

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DINÂMICA DO USO DO SOLO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
DAS SUB-BACIAS DO RIO TINDIBA E CÓRREGO DO
CATONHO, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO - RJ.

MALENA
51
PRETO

José Eduardo Bezerra da Silva

Instituto de Geociências - Departamento de Geografia
UFRJ - Curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado

Orientador: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro

Abril/2001

T
1106
5586A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**Dinâmica do Uso do Solo e Diagnóstico Ambiental das Sub-
bacias do Rio Tindiba e Córrego do Catonho, Jacarepaguá,
Rio de Janeiro - RJ**

José Eduardo Bezerra da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra - Orientador

Prof^ª. Dra. Sandra Baptista da Cunha

Prof. Dr. Flávio Gomes de Almeida

Rio de Janeiro

Abril/2001

T
1106
5586D

FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, José Eduardo Bezerra da.

Dinâmica do Uso do Solo e Diagnóstico Ambiental das Sub-bacias do rio Tindiba e córrego do Catonho, Jacarepaguá, Rio de Janeiro - RJ/José Eduardo Bezerra da Silva. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2001.

xi, 164 p.il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGG, 2001.

1.Introdução 2.Bases Conceituais 3. Metodologia 4.Caracterização do Ambiente Físico 5.Processo de Ocupação e Impactos Associados 6.Legislação Ambiental 7 Monitoria Ambiental e Dinâmica do Uso do Solo 8.Avaliação Ambiental 9.Conclusões 10.Referências Bibliográficas

I. Dinâmica do uso do solo e diagnóstico ambiental das sub-bacias do rio Tindiba e córrego do Catonho, Jacarepaguá, Rio de Janeiro. II. Mestrado - UFRJ/PPGG.

A meus pais, Maria de Lourdes e Severino;
e a meu filho, Daniel.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, pela confiança e apoio, através das chefias imediatas, particularmente a Sueli Caldeiron, Ricardo Braga, José E. Collares, Trento Natali Filho e Wolney Cogoy.

Ao professor Antonio José Teixeira Guerra, pela orientação segura, estímulo e amizade demonstrados durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Jorge Xavier da Silva e a todos os integrantes do Laboratório de Geoprocessamento - LAGEOP/UFRJ pelo apoio durante a vetorização dos mapas.

À Oswaldo Elias Abdo, do LAGEOP/UFRJ, cuja inestimável contribuição possibilitou a realização do trabalho em tempo hábil.

Aos integrantes do LAGESOLOS/UFRJ, Flávia Lopes Oliveira, Sandra Cristina Pinheiro da Silva, Blícia Milman Marques de Jesus, Alexandre de Almeida Mascarenhas, André Magalhães Rocha, Simone Ferreira Garcia, Renata Maria Singer Corato e Juliere Gomes da Silva, pela valiosa colaboração nos trabalhos de campo, gabinete e de laboratório.

À Celso Gutemberg, pela contribuição e crítica na caracterização de solos.

À Wanderley S. Napoleão e aos funcionários da Divisão Hidrologia da SERLA.

Aos funcionários dos setores de Cartografia e da Biblioteca do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos - IPP.

Aos funcionários da Biblioteca e da Secretaria do PPGG/UFRJ.

À CAPES, através do PROAP, pelo apoio financeiro para realização dos trabalhos de campo.

Ao Departamento de Cartografia do IBGE.

À Fundação GEORIO.

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Ao INMET - 6º Distrito de Meteorologia.

Aos meus amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do trabalho, especialmente Solange Mello, Rosa Brum, Denise Kronemberger, Warley P. Azevedo, Eduardo Leandro, João Batista Pereira, Marcos Saisse, Paula Terezina e Pedro Amêndola.

RESUMO

Este estudo, realizado nas sub-bacias do rio Tindiba e do córrego do Catonho, na XVI Região Administrativa - Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro - RJ, em uma área de 16,8 km², visa avaliar o processo de ocupação regional e suas implicações sobre a erosão do solo.

O trabalho está estruturado em três itens principais. Inicialmente, realizou-se a caracterização do ambiente físico, onde são identificados, em mapas temáticos, os fatores condicionantes do processo erosivo. A seguir, procedeu-se a análise da dinâmica do uso do solo e das modificações na cobertura vegetal, através de monitoria ambiental para os anos de 1957, 1975 e 1999, com a utilização de fotografias aéreas e dados estatísticos, enfatizando as alterações ocorridas em áreas de florestas, áreas construídas contínuas, áreas construídas esparsas e áreas de horticultura. Finalmente, foram realizadas avaliações ambientais para identificar áreas com predisposição à erosão, a partir da utilização de mapas de caracterização do ambiente físico, de cobertura vegetal e uso do solo e das análises das propriedades dos solos. Estas análises envolveram trabalhos de campo, com coletas de amostras volumétricas e deformadas do horizonte superficial do solo, realização de experimentos nos locais de coletas para avaliar as taxas e os totais de infiltração, e trabalhos de laboratório, para determinação de densidade aparente, densidade real, porosidade e textura das amostras de solos.

A monitoria e as avaliações ambientais foram realizadas pelo Sistema Geográfico de Informações (SGI) SAGA/UFRJ.

Os resultados mostraram que a área em questão apresenta sinais evidentes de degradação ambiental, como a redução da cobertura florestal e ocorrência de erosão acelerada, associadas, a partir de meados da década de 1970, ao crescimento urbano desordenado e à exploração mineral.

ABSTRACT

This study, carried out in the sub-basins of the Tindiba river and Catonho stream, within the XVI Administrative Region, Jacarepaguá district, city of Rio de Janeiro, RJ, and within an area of 16.8 km² aims to assess the occupational process and its implications on soil erosion.

The work is structured on three main items. In the first place, characterization of the physical environment was performed, where conditioning factors of the erosive process were identified on thematic maps. Then, an analysis of the land-use dynamics and vegetation modifications took place, through environmental monitoring in the years 1957, 1975 and 1999, with the use of aerial photographs and statistical data, emphasizing the changes occurred in forest land, continually built-up areas, sparsely built-up areas and horticultural areas. Finally, environmental evaluations were performed to identify areas with erosion risk, by the use of maps featuring physical environment, vegetation and land-use, and by analyzing the soil properties. Such analyses involved field work, with the collection of undisturbed and disturbed samples of the soil surface horizon, experiments on the collecting sites to evaluate infiltration rates and totals, and laboratory work to determine bulk density, particle density, porosity and particle-size classes of the soil samples.

Monitoring and environmental assessments were carried out by the Geographic Information System (GIS), SAGA/UFRJ.

Results showed that the area in question presents evident signs of environmental degradation, such as a decrease of forest cover and occurrence of accelerated erosion, together with, as from the middle of the 1970 decade, disordered urban growth and mineral exploitation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. BASES CONCEITUAIS.....	5
2.1. A Natureza da Erosão.....	8
2.2. Fatores Controladores da Erosão.....	12
2.3. Erosão nas Áreas Urbanas.....	18
2.4. Diagnóstico Ambiental e Unidades de Gestão Ambiental.....	20
2.5. Geoprocessamento e Integração de Dados Ambientais.....	23
3. METODOLOGIA.....	26
3.1. Trabalho de Gabinete.....	27
3.2. Trabalho de Campo.....	29
3.3. Análise de Laboratório.....	30
3.4. Geoprocessamento.....	32
4. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE FÍSICO.....	35
4.1. Localização da Área de Estudo.....	35
4.2. Geologia.....	37
4.3. Geomorfologia.....	41
4.4. Solos.....	47
4.5. Clima.....	52
4.6. Hidrografia.....	56
4.7. Cobertura Vegetal.....	61
5. PROCESSO DE OCUPAÇÃO E IMPACTOS ASSOCIADOS.....	65
5.1 Histórico.....	65
5.2.Crescimento Populacional.....	74
6. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	76
7. MONITORIA AMBIENTAL E DINÂMICA DO USO DO SOLO.....	81
7.1. Resultados da Monitoria Ambiental.....	83
8. AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	113
8.1. Mapas e dados utilizados na elaboração do mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo.....	114

8.2. Mapas e dados utilizados na elaboração do mapa de Predisposição Real à Erosão do Solo.....	137
8.3. Resultados das Prospecções Ambientais.....	142
9. CONCLUSÕES.....	148
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	152

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização da área de estudo.....	36
Figura 2 - Área de estudo.....	36
Figura 3 - Hipsometria.....	36
Figura 4 - Mapa geológico.....	40
Figura 5 - Mapa geomorfológico.....	46
Figura 6 - Mapa de solos.....	51
Figura 7 - Precipitação média mensal das estações meteorológicas da Jacarepaguá, Bangu, Penha e Jardim Botânico, período de 1931-1975.....	55
Figura 8 - Balanço hídrico da estação meteorológica de Jacarepaguá - Médias mensais de Evapotranspiração Potencial (EP), Evapotranspiração Real (ER) e Armazenamento de Água no Solo (ARM), período de 1931-1975.....	55
Figura 9 - Sub-bacias da área de estudo.....	56
Figura 10 - Perfis longitudinais dos rios principais.....	58
Figura 11 - Assoreamento e marcas do nível atingido pelas águas, por ocasião de enchentes, em trecho do rio Covanca, no Largo do Tanque.....	59
Figura 12 - Maiores vazões do rio Tindiba.....	60
Figura 13 - Aspecto da cobertura vegetal na localidade do Mato Alto, destacando-se os remanescentes da floresta secundária e área desmatada sob linha de transmissão de energia.....	64
Figura 14 - Aspecto típico de campo antrópico, próximo à saibreira do Vale do Paraíso, com marcas de pisoteio de gado e sinais de erosão laminar.....	64
Figura 15 - Evolução da população residente no bairro de Jacarepaguá.....	74
Figura 16 - Variação da densidade populacional nos bairros da XVI RA, no período de 1991-1996, comparada à variação municipal.....	75
Figura 17 - Favela Chacrinha do Mato Alto, ao fundo. Em primeiro plano, a Associação de Moradores Fazenda Mato Alto.....	84
Figura 18 - Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1957.....	85
Figura 19 - Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1975.....	86
Figura 20 - Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1999.....	87

Figura 21 - Mapa de Monitoria Simples de Florestas - 1957/1975.....	90
Figura 22 - Mapa de Monitoria Simples de Florestas - 1975/1999.....	91
Figura 23 - Mapa de Monitoria Simples de Áreas Construídas Contínuas - 1957/1975..	95
Figura 24 - Mapa de Monitoria Simples de Áreas Construídas Contínuas - 1975/1999..	96
Figura 25 - Mapa de Monitoria Simples de Áreas Construídas Esparsas ou Desordenadas - 1957/1975.....	99
Figura 26 - Mapa de Monitoria Simples de Áreas Construídas Esparsas ou Desordenadas - 1975/1999.....	100
Figura 27 - Marca de fluxo concentrado, com início de ravinamento, na Associação de Moradores Fazenda Mato Alto.....	101
Figura 28 - Corte em talude na Associação de Moradores Fazenda Mato Alto.....	102
Figura 29 - Ocupação desordenada de encosta no bairro da Taquara.....	103
Figura 30 - Favela Barão, morro São José Operário, com trecho reflorestado na alta encosta.....	104
Figura 31 - Monitoria Simples de Horticultura - 1957/1975.....	106
Figura 32 - Monitoria Simples de Horticultura - 1975/1999.....	107
Figura 33 - Movimentação de terra na saibreira da localidade Vale do Paraíso.....	109
Figura 34 - Saibreira em atividade no Vale do Paraíso, ao fundo. Em primeiro plano, loteamentos no vale do rio Covanca.....	110
Figura 35 - Saibreira desativada na estrada do Catonho, em área do Parque Estadual da Pedra Branca.....	111
Figura 36 - Sedimentos em suspensão no rio Tindiba, após chuva ocorrida em 3 de janeiro de 2000.....	112
Figura 37 - Pontos de coletas de amostras de solos.....	118
Figura 38 - Gráfico de correlação infiltração-densidade aparente das 31 amostras de solos.....	120
Figura 39 - Gráfico de correlação infiltração-porosidade das 31 amostras de solos.....	121
Figura 40 - Texturas das amostras de solo LVAd2.....	124
Figura 41 - Totais de infiltração dos locais de coletas de amostras de solo LVAd2....	124
Figura 42 - Texturas das amostras de solo LVAd1.....	125

Figura 43 - Totais de infiltração dos locais de coletas de amostras de solo LVAd1.....	125
Figura 44 - Texturas das amostras de solo PVAd3.....	126
Figura 45 - Totais de infiltração dos locais de coletas de amostras de solo PVAd3.....	127
Figura 46- Texturas das amostras de solo PVAd1.....	128
Figura 47 - Totais de infiltração dos locais de coletas de amostras de solo PVAd1.....	129
Figura 48- Texturas das amostras de solo PV Ae2.....	130
Figura 49 - Totais de infiltração dos locais de coletas de amostras de solo PV Ae2.....	130
Figura 50 - Mapa de declividade.....	134
Figura 51 - Mapa de forma das encostas.....	136
Figura 52 - Mapa de predisposição potencial à erosão do solo.....	144
Figura 53 - Mapa de predisposição real à erosão do solo.....	147

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Correlação entre as legendas de solos.....	47
Tabela 2 - Setores censitários localizados em favelas nos bairros da área de estudo	98
Tabela 3 - Classificação dos índices de erosividade para o Estado do Rio de Janeiro...	115
Tabela 4 - Índices de erosividade e precipitação media anual de algumas estações meteorológicas do município do Rio de Janeiro.....	115
Tabela 5 - Valores de erodibilidade (K) já determinados para vários solos brasileiros..	116
Tabela 6 - Classes de erodibilidade.....	116
Tabela 7 - Exemplos de solos e respectivas limitações quanto ao uso.....	117
Tabela 8 - Totais de infiltração e declividade da encosta, nos locais de coletas, e propriedades físicas e texturas das amostras de solos.....	122
Tabela 9 - Coeficientes de escoamento superficial direto (C).....	138
Tabela 10 - Escoamento em superfícies e calhas rasas (C_v).....	138
Tabela 11 - Valores de coeficiente k.....	139

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano transforma diretamente grandes áreas da superfície terrestre, sendo particularmente significativo nos países em desenvolvimento, onde as desigualdades regionais provocam um êxodo para as áreas urbanas, que crescem desordenadamente sem uma infra-estrutura adequada e capaz de acompanhar o ritmo de crescimento da população.

A grande maioria das cidades brasileiras sofre com a falta de serviços essenciais e enfrenta, entre outros, problemas de habitação, saneamento, saúde e educação. A especulação imobiliária, por exemplo, é responsável por danos ecológicos e sociais, fazendo crescer nas cidades as ocupações irregulares, ou mesmo loteamentos regulares liberados pelo Poder Público, em áreas de riscos de inundações ou com infra-estrutura precária, e está, freqüentemente, associada a populações de baixa renda, expressando com clareza o fenômeno da pobreza metropolitana (Moreira, 1997; Brandão, 1999).

O crescimento das áreas periféricas está aliado à ausência de investimentos em serviços de infra-estrutura nas áreas urbanas, como observam Castello Branco e Gusmão (1990), sendo responsável por altos níveis de degradação ambiental e pela baixa qualidade de vida de suas populações. A esse respeito, Coelho (2001) assinala que os setores menos favorecidos da população são mais vulneráveis, tendo em vista “não poder enfrentar custos de moradia em áreas ambientalmente mais seguras ou beneficiadas por obras mitigadoras de impactos ambientais, e encontrarem-se confinados às áreas mais suscetíveis aos processos ecológicos”.

Esta situação de pobreza urbana gera, com isso, um tipo de segregação espacial, no qual populações de baixa renda fixam residências em áreas consideradas de riscos ambientais, como pode ser observado no adensamento populacional localizado nas áreas próximas às margens dos rios e nas encostas, tendo como consequência a geração de impactos ambientais, desencadeando eventos como a erosão acelerada do solo.

A erosão acelerada é um fenômeno decorrente do mau uso do solo, constituindo um dos impactos mais sérios sobre o ambiente, como as graves consequências para a fertilidade natural e para a economia agrícola, nas áreas rurais. Verifica-se, contudo, que este também é um dos problemas ambientais presentes nas áreas urbanas. Nelas, este

processo se dá de maneira intensa devido à ocupação das encostas que, de acordo com Cunha (1991), embora predominantemente associada às populações de baixa renda, afeta a cidade como um todo, tendo em vista que a derrubada indiscriminada da vegetação que protege os morros expõe o solo a processos erosivos, coloca em risco a estabilidade dos terrenos, e propicia o carreamento de materiais pela drenagem, que atingirá as partes mais baixas da cidade, assoreando rios e contribuindo para o agravamento do problema de inundações.

Moreira (1997), ao analisar a ocupação urbana acelerada e desordenada verificada nas últimas décadas, na região do Grande Rio, verificou que as inundações das baixadas, consideradas até então fenômenos naturais e periódicos, passaram a ser mais freqüentes e rigorosas, agravadas pela ação antrópica, que inclui o desmatamento, a ocupação das encostas e das planícies de inundação, e chega hoje à ocupação dos leitos secundários dos cursos d'água que, obstruídos com construções ribeirinhas, dificultam os serviços de canalização e manutenção.

Constatações desta natureza têm gerado discussões em fóruns especializados, trabalhos nos planos acadêmico e administrativo, que visam investigar e identificar as causas dos problemas, ao mesmo tempo que buscam diretrizes e medidas saneadoras e de recuperação ambiental. Nestes casos, o espaço de análise do Rio de Janeiro pode ser o município como um todo, regiões do município ou setores específicos do sistema ambiental (rede hidrográfica e encostas).

O Seminário de Prevenção e Controle dos Efeitos dos Temporais no Rio de Janeiro, realizado nesta cidade em 1996, é um exemplo de importante debate em torno da questão ambiental no espaço municipal que envolveu a participação de profissionais de diferentes áreas (climatologia, engenharia, saúde pública, ensino e transportes) vinculados a instituições de pesquisa e de tomada de decisão (UFRJ, GEORIO, FIOCRUZ, SERLA, COPPE, Defesa Civil, Secretarias Estadual e Municipal do Meio Ambiente). Deste fórum resultou a publicação *Tormentas Cariocas* (Rosa e Lacerda, 1997) onde são apresentadas as conclusões e recomendações dos grupos de trabalho organizados com a finalidade de discutir, entre outras, as questões das encostas, da rede de drenagem e do planejamento e ordenamento urbanos.

Trabalhos de pesquisa também têm sido elaborados com objetivos específicos para investigar a ocorrência de enchentes (Ferreira e Cunha, 1996), movimentos de massa (Porto Jr. *et al.*, 1997), ou mesmo para a realização de planos de manejo de unidades de conservação existentes na região em que se insere a área de estudo (Costa e Costa, 1997; Francisco, 1995).

Dentre os trabalhos elaborados no plano acadêmico e que dizem respeito à área de estudo, destaca-se por seu conteúdo e objetivo, a tese de Marques (1990) que investiga a importância da ação dos rios na mobilização de sedimentos dos maciços da Tijuca e da Pedra Branca para o sistema fluvial e lagunar da Baixada de Jacarepaguá, onde evidencia-se o papel da ação antrópica como responsável por favorecer e intensificar o fluxo de águas e sedimentos, com implicações para o sistema flúvio-lacustre, como poluição, assoreamento das lagoas e inundações.

As sub-bacias dos rios Tindiba e do córrego do Catonho, integrantes da área de estudo, fazem parte do sistema hidrográfico da macro-bacia do rio Grande, um dos principais rios do sistema flúvio-lacustre da Baixada de Jacarepaguá.

Localizada no Domínio da Mata Atlântica do Rio de Janeiro, constitui uma área degradada pelo antropismo, nela verificando-se a existência de inúmeros problemas ambientais, dentre os quais destacam-se: redução da cobertura florestal, exploração mineral representada por saibreiras, ocupação desordenada de encostas, cortes em taludes configurando áreas de riscos à erosão acelerada, assoreamento dos rios, elevada quantidade de sedimentos em suspensão transportada por ocasião de chuvas intensas e/ou prolongadas, ocorrência de enchentes localizadas, despejo de lixo nos leitos fluviais e nas encostas, poluição fluvial pelo despejo de lixo e de esgotos domésticos.

Constata-se, com isso, que existem flagrantes desrespeitos à legislação ambiental, como é o caso da exploração de saibro (atualmente embargada) na área do Parque Estadual da Pedra Branca (Lei Estadual N° 2377/74), ocupações irregulares em áreas com declives superiores a 30% (Lei Federal N° 6766/79), ou nas margens dos rios (Lei Federal N° 4771/65).

O presente trabalho visa contribuir para o conhecimento e a caracterização da região em pauta, com ênfase na dinâmica do uso do solo e suas possíveis implicações sobre a degradação ambiental e intensificação dos processos erosivos nas encostas.

Busca-se entender essa dinâmica dentro de uma visão integrada do meio ambiente, procurando discernir em que medida essas modificações podem ser atribuídas às condições naturais e/ou ao antropismo. Visa, com isso, investigar as conseqüências das intervenções antrópicas sobre os fatores controladores dos processos erosivos e sobre a dinâmica ambiental, nas quais se incluem a monitoria da cobertura florestal e da ocupação desordenada das encostas e dos vales fluviais, através da identificação de áreas de fragilidade ambiental, com a definição de classes de avaliação de predisposição à erosão do solo.

2. BASES CONCEITUAIS

Os quadros de desequilíbrio ambiental verificados no mundo nas últimas décadas manifestam-se sob diferentes maneiras de agressão à natureza. Estas modificações impostas ao meio ambiente pela ação humana têm sido conceituadas de maneira genérica de degradação ambiental. De acordo com Magnanini (1990), são consideradas áreas degradadas “todas aquelas áreas naturais, modificadas pelo homem, cuja paisagem ou ecologia natural ou inculta foi substituída por paisagem artificial - também denominada humanizada, cultural ou aculturada”.

De uma maneira geral, os problemas ambientais resultam da combinação do desenvolvimento das atividades econômicas e da pressão exercida pelas populações humanas sobre os recursos naturais, ou sobre os ecossistemas, na qual a ação humana é capaz de afetar, entre outras, a cobertura vegetal e a estabilidade do solo (Coltrinari, 1996). Esta capacidade de alteração deve-se fundamentalmente ao avanço e à disponibilidade de tecnologia, responsável pela libertação gradual da humanidade das restrições inerentes ao meio natural, ampliando o campo de ação para toda a superfície terrestre.

A percepção de novos fenômenos globais reforça, segundo Almeida *et al.* (1993), a necessidade de encarar a biosfera por um prisma sistêmico na medida que aprofundou-se o conhecimento dos mecanismos de ligação entre processos econômicos, ecológicos e culturais que se desenvolvem em regiões afastadas umas das outras, firmando-se, assim, a consciência da integralidade das interconexões.

No que diz respeito à temática ambiental na investigação geográfica, Sousa (1995) observa que a partir da década de 60, quando a Geografia Física passa a adotar uma concepção integrativa, onde são enfatizadas as relações entre os componentes geoambientais, o espaço pôde ser apreendido em sua totalidade, tornando possível identificar unidades espaciais, de acordo com seus potenciais e limitações de uso dos recursos. A respeito da utilização da abordagem sistêmica na Geografia Física e de sua utilização como base referencial, Gregory (1992) destaca a importância da publicação do livro *Physical Geography: A Systems Approach* (Chorley e Kennedy, 1971) o qual

buscava apresentar uma visão da paisagem e dos processos, indicando as formas pelas quais os sistemas físicos e sócio-econômicos inter-relacionam e interagem.

Admite-se, assim, que o ambiente é composto por dois sistemas intimamente relacionados, o natural e o antrópico, que apesar da aparente dicotomia no estudo das relações homem-ambiente pelas ciências naturais e sociais, na realidade estes componentes são inseparáveis (White *et al.*, 1992). As atividades antrópicas que caracterizam esse sistema, por sua vez, compreendem componentes políticos, econômicos, sociais e culturais e devem ser consideradas com essa amplitude quando se pretende explicar o nível das alterações, ou impactos, que as mesmas desencadeiam nos ambientes naturais.

Neste contexto, as mudanças que ocorrem nas paisagens resultam tanto de um processo de evolução associado às causas naturais, como também àquelas relacionadas a influências humanas, representadas, entre outros aspectos, pelas diferentes modalidades de atividades econômicas e pela urbanização (Bastian e Röder, 1998). As mudanças relacionadas ao antropismo desenvolvem-se em um ritmo acelerado quando comparadas com os eventos naturais e, como consequência, podem gerar quadros de desequilíbrios ou degradação dos recursos naturais (Peixoto *et al.*, 1997), com o agravante que tais interferências raramente atuam em um aspecto isolado do sistema ambiental.

Williams *et al.* (1993) reconhecem que as diversas atividades humanas devam ser acrescidas à lista de estímulos naturais das mudanças ambientais, mas consideram que o crescente conhecimento a respeito dos mecanismos que regulam o ambiente global e seu comportamento devam ser utilizados para prognosticar e orientar os impactos potenciais sobre o ambiente, pois como observam White *et al.* (1992), antes de manejar o ambiente, é preciso compreendê-lo.

As mudanças ambientais, inclusive as relacionadas às atividades antrópicas, devem ser consideradas no espaço e no tempo. Sauer (1925) refere-se à paisagem cultural como o resultado da atuação de um determinado grupo cultural sobre o meio natural, em que ela, através do tempo, apresenta um desenvolvimento, ou seja, uma transformação. “Com a introdução de uma cultura diferente, isto é, estranha, estabelece-se um rejuvenescimento da paisagem cultural ou uma nova paisagem se sobrepõe sobre o que sobrou da antiga” (Sauer, 1925).

Black *et al.* (1998) ressaltam a importância do estudo histórico de uma região como condição para o entendimento de como as atividades humanas podem ser responsabilizadas pelas alterações na cobertura do solo e da integridade ecológica, e como estas informações podem ser utilizadas para o manejo local. Assinalam estes autores que o entendimento das mudanças na paisagem fornece informação crítica para as decisões políticas e para o uso da terra, na medida em que a utilização de dados históricos permite a identificação de áreas para conservação e áreas a serem restauradas ou recuperadas. Consideram ainda que os dados históricos de uso da terra e de crescimento populacional também são úteis para identificar áreas de conflito entre conservação e desenvolvimento, uma vez que os mapas gerados indicam os locais preferenciais dos assentamentos.

A apreciação da mudança na paisagem através da avaliação de situações do passado e do presente também é encontrada em Bastian e Röder (1998), em um trabalho caracterizado por uma abordagem ecológica, onde destaca-se a importância de dedicar uma atenção especial aos aspectos funcionais da paisagem. A esse respeito, Antrop (1998) observa que o princípio ecológico básico de uma paisagem é a contínua interação entre estrutura e funções, onde as relações funcionais se baseiam em trocas de energia, matéria ou informação entre diferentes objetos e feições.

Uma das mais importantes formas de alterações ambientais que envolve troca de matéria e energia, e que diz respeito diretamente ao objetivo do presente trabalho, é a erosão do solo.

O fenômeno da erosão constitui o conjunto de agentes dinâmicos responsáveis pela destruição do solo e através do qual atuam de maneira combinada todos os processos degradacionais terrestres, incluindo intemperismo, transporte, ação mecânica e química da água corrente e de outros agentes erosivos, responsável pela destruição das saliências ou reentrâncias do relevo (Leinz e Leonardos, 1982; Guerra e Guerra, 1997), sendo por isso mesmo um agente modelador da superfície terrestre.

Dorst (1973) considera que a erosão natural faz parte do processo de evolução do solo e do relevo, efetuando-se em ritmo lento, de modo que o material retirado é compensado pela decomposição da rocha e pela incorporação de elementos alóctones. Ao contrário, a erosão acelerada é um fenômeno gerado pelo mau uso do solo, na qual

as perdas não são compensadas pela reposição de material pelos processos naturais, trazendo graves conseqüências, entre outras, para a fertilidade natural e para a economia agrícola de uma maneira geral, constituindo um dos impactos mais sérios sobre o ambiente.

Contudo, também as modificações devidas a fenômenos naturais podem desencadear uma intensificação dos processos de erosão dos solos. A esse respeito, Christofolletti (1999) assinala que quando ocorrem mudanças climáticas, por exemplo, as respostas imediatas se dão nos elementos biológicos dos ecossistemas e que as mudanças na cobertura vegetal representam uma alteração na potencialidade do manto protetor do solo, intensificando o escoamento superficial e acelerando a erosão.

2.1. A Natureza da Erosão

A transferência de materiais que ocorre nas encostas realiza-se de diferentes maneiras, incluindo os movimentos de massa, os movimentos de particulados e o movimento de sedimentos em solução. Embora a distinção entre eles nem sempre seja clara, nos movimentos de massa os detritos movem-se como uma massa coerente, ao passo que no movimento de partículas, estas deslocam-se como corpos individuais, constantemente mudando de posição em relação aos vizinhos (White *et al.*, 1992).

2.1.1. *Processos erosivos*

A erosão do solo é um processo que consiste nas fases de remoção de partículas individuais da massa do solo pelo impacto das gotas de chuva, seguida do transporte realizado pelos agentes erosivos como a água de escoamento e o vento (Morgan, 1986). Os processos de remoção dos materiais intemperizados, ou transportáveis presentes na superfície, estão associados à erosão diferencial, ao profundo intemperismo químico, à dissolução pelas águas de escoamento subsuperficial, à denudação química, à atividade fluvial ao longo dos cursos d'água superficiais, ao escoamento em lençol e aos movimentos de massa (Faniran e Jeje, 1983).

As condições naturais das regiões tropicais caracterizadas em geral por chuvas abundantes e elevadas temperaturas, favorecem o desenvolvimento de um profundo intemperismo químico que conduz à produção de espessos regolitos, geradores de

grande quantidade de material disponível para as fases posteriores de transporte e deposição. Guerra (1999) ressalta que embora o processo erosivo causado pela água da chuva tenha uma abrangência em quase toda a superfície terrestre, é particularmente importante nas áreas tropicais devido à concentração das chuvas em determinadas estações do ano e ao uso agrícola do solo, freqüentemente precedido da remoção da cobertura vegetal.

Podem-se distinguir, a partir da precipitação pluvial, os seguintes processos, a partir dos quais se desenvolve a erosão causada pelas águas de escoamento superficial: o *splash* e a formação de crostas, a infiltração e o *runoff*.

A ação por *splash*, causada pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo, não somente tem o papel de preparar as partículas do solo para o transporte como também, ao romper os agregados provoca a selagem do mesmo. Este efeito pode ser observado com a formação de crostas na superfície, normalmente de poucos milímetros de espessura, que resulta da obstrução dos poros pela compactação do solo, que reduz a taxa de infiltração e induz os processos erosivos com o aumento do escoamento superficial (Morgan, 1986; Le Bissonnais e Singer, 1992).

A infiltração, por sua vez, desenvolve-se até o ponto em que o suprimento de água exceda a capacidade do solo em absorvê-la ocorrendo que, quando esta capacidade é superada, pode iniciar-se o escoamento superficial. Contudo, ainda que as taxas de infiltração dependam, entre outros fatores, das características do solo tais como textura e densidade aparente, estes não podem ser os únicos considerados quando pretende-se avaliar a produção do *runoff*. Importantes reguladores da infiltração, como conteúdo de umidade inicial ou antecedente do solo, cobertura vegetal e declividade da encosta devem ser considerados na geração do *runoff* (Poesen, 1984; White *et al.*, 1992). White *et al.* (1992) acrescentam que o movimento da água é proporcional às diferenças de potencial total do solo e estas serão menores em um solo úmido do que em um solo seco que recebe a precipitação.

O escoamento superficial está diretamente associado aos fatores anteriormente assinalados do *splash* e das taxas de infiltração do solo e também às características da precipitação, como o total e a intensidade das chuvas. Faniran e Jeje (1983) e Morgan (1986) distinguem que a ocorrência da chuva nas formas de tempestade, chuva

prolongada e chuva intensa está associada a situações específicas de geração de fluxo superficial, respectivamente nos pontos em que são excedidas as quantidades de água acumulada nas depressões da superfície (tempestade), de umidade do solo (chuva prolongada) e da capacidade de infiltração do solo (chuva intensa).

2.1.2. Formas erosivas causadas pelo escoamento superficial

A ação da água no desenvolvimento dos processos erosivos pode se dar na forma de ataque direto, quando ela atinge o solo na superfície desagregando-o e possibilitando o transporte de partículas menores, ou ainda em subsuperfície, afetando a massa de material inconsolidado. No primeiro caso, sua ação está relacionada ao início do escoamento superficial, gerando formas erosivas associadas aos fluxos de escoamento difuso e concentrado, sendo as principais formas a erosão em lençol (*sheet erosion*), ravinas (*rill erosion*) e voçorocas (*gully erosion*).

A erosão em lençol, ou erosão laminar, depende da ação da chuva e do escoamento superficial difuso. Este tipo de escoamento caracteriza-se por se dar de forma dispersa, não se concentrando em canais, quase sempre ocorrendo sob condições de chuva prolongada.

O fluxo laminar (*laminar flow, sheetflow*) é definido por Faniran e Jeje (1983) como um movimento de água com baixa velocidade mensurável em frações de milímetros por segundo, onde a água se move em camadas paralelas, que não sendo capaz de suportar partículas sólidas em suspensão é caracteristicamente não-erosivo. Contudo, de acordo com Merritt (1984 *in* Guerra, 1999), o fluxo em lençol pode ser considerado o primeiro estágio do processo erosivo, por compreender um fluxo mais ou menos regular, no qual a concentração de sedimentos e a velocidade das partículas aumentam com o fluxo encosta abaixo, ao mesmo tempo em que a erosão começa a se estabelecer.

O processo de formação e desenvolvimento de ravinas pode estar associado ao uso do solo, sobretudo em áreas que sofreram a retirada da vegetação. A erosão das encostas, particularmente aquelas destituídas da cobertura vegetal, associada à precipitação e ao fluxo superficial, como observa Parsons (1987), freqüentemente causa a formação de uma rede de ravinas sub-paralelas. Ludwig *et al.* (1995) verificaram que a

erosão por fluxo concentrado é particularmente generalizada nos platôs ocupados por agricultura intensiva, resultando da conexão hidrológica entre uma área de contribuição de escoamento, onde a remoção do solo não ocorre necessariamente, e um canal coletor, onde a velocidade e a descarga do fluxo excedem os valores críticos para a iniciação e o desenvolvimento de ravinas. Nestas áreas, profundas e extensas voçorocas efêmeras podem aparecer mesmo onde o gradiente das encostas e a intensidade das chuvas sejam relativamente baixos, acreditando-se serem os sistemas de cultivo responsáveis por este problema ambiental. Por outro lado, Woo *et al.* (1997) observaram que ravinas vegetadas apresentam reduzidos volumes de fluxo e sedimentos após as chuvas, devido à interceptação da vegetação, que reduz o *runoff* e aumenta a infiltração.

As voçorocas, ao contrário das ravinas, são feições erosivas relativamente permanentes com paredes laterais íngremes, que experimentam fluxos efêmeros durante as tempestades, estando quase sempre associadas à erosão acelerada e portanto com a instabilidade da paisagem.

Guerra (1998) reconhece que o desmatamento e o manejo do solo, combinados aos tipos de chuvas e às propriedades do solo são responsáveis diretos pelo surgimento de voçorocas. Estas feições originam-se, portanto, de um desequilíbrio hidrológico causado principalmente pela ocupação das terras com remoção generalizada da floresta protetora, sendo freqüentes nos planaltos do sudeste do Brasil, como é o caso da região do Vale do Paraíba, onde os ciclos econômicos sucessivos provocaram a exaustão dos solos e sua posterior utilização como pastagens.

Contudo, conforme observa Morgan (1986), nem todas as voçorocas têm origem na erosão superficial. Em situações em que grande parte da água que escoas das encostas ocorre pelo fluxo subsuperficial através de dutos, na ocasião de chuvas fortes em que o fluxo seja suficiente para transportar o solo em seu interior, ocorre a subsidência do terreno, expondo, então, a rede de dutos na forma de voçorocas.

Embora existam diversas classificações a respeito destas feições erosivas, não são estabelecidos valores precisos de largura e profundidade que possam ser utilizados como indicadores capazes de estabelecer a diferença entre elas.

2.2. Fatores Controladores da Erosão

Os processos erosivos que se desenvolvem nas encostas fazem parte de uma complexa relação que depende de inúmeras variáveis, internas e externas. Tais fatores exercem um controle sobre a erosão e a dinâmica hidrológica, podendo ser relacionados a erosividade da chuva, as propriedades do solo, a cobertura vegetal e as características das encostas. Guerra (1998) considera que a intervenção antrópica pode alterar esses fatores, contribuindo para apressar ou retardar os processos erosivos.

2.2.1. Erosividade da chuva

A erosividade constitui a habilidade da chuva em causar erosão, e sua importância pode ser avaliada pelo grande número de trabalhos dedicados à sua investigação (Carvalho *et al.*, 1993; Loureiro e Coutinho, 1995; Marques *et al.*, 1997). Porém, dados de chuva em totais, médias mensais e anuais são poucos significativos em relação à avaliação da erosão, sendo a intensidade o fator pluviométrico mais importante a ser considerado (Bertoni e Lombardi Neto, 1999). Taxas muito elevadas de erosão podem estar associadas, por exemplo, a eventos chuvosos excepcionais, aos quais podem relacionar-se a formação de ravinas em áreas agrícolas (Fullen e Brandsma, 1995). Bertoni e Lombardi Neto (1999) assinalam, contudo, que devido à escassez de registros ou à inexistência de pluviógrafos, à morosidade inerente à análise destes diagramas quando existentes, diversos autores têm procurado correlacionar o índice de erosão a fatores climáticos que não requerem registros de intensidade de chuva. Este é o caso da utilização da equação que calcula a média mensal do índice de erosão a partir dos registros de precipitação média mensal e precipitação média anual (Lombardi Neto e Moldenhauer, 1980 *in* Bertoni e Lombardi Neto, 1999; Beltrame, 1994; Salomão, 1999), o que evidencia a importância de séries históricas de precipitação média mensal de estações meteorológicas para a investigação da erosividade, quando não houverem registros da intensidade da chuva.

2.2.2. *Propriedades do solo*

As propriedades do solo representam o conjunto de características que, interagindo com outros fatores, afetam sua erosão, ou seja, determinam uma maior ou menor suscetibilidade do solo à erosão.

A natureza do solo é um dos fatores que exerce maior influência sobre o material erodido e esta depende essencialmente das propriedades físicas e químicas, especialmente textura, estrutura e permeabilidade, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e pH do solo.

A textura do solo representa, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999), talvez sua mais importante característica por fornecer sua identidade taxonômica e por condicionar as demais propriedades e características. A textura do solo superficial, acrescentam os autores, fornece, entre outros aspectos, indicações sobre sua erodibilidade, permeabilidade e capacidade de retenção de umidade.

A textura afeta a erosão porque algumas frações granulométricas são removidas mais facilmente do que outras mas, apesar de constituir uma característica importante para a avaliação da erodibilidade, deve ser analisada em conjunto com outras propriedades do solo pois a agregação das frações granulométricas é afetada por outros elementos, como o teor de matéria orgânica (Guerra, 1998).

A matéria orgânica é um bom agente agregador do solo, proporcionando alta estabilidade aos agregados (Guerra, 1998). Topos de solos siltosos ou arenosos com menos de 2% de matéria orgânica freqüentemente têm baixa estabilidade de agregados e elevada formação de crostas, sendo muito propensos à erosão (Fullen e Brandsma, 1995).

Áreas de cultivo com utilização de arado, por sua vez, podem contribuir para o decréscimo dos conteúdos orgânicos do solo, sendo que a deterioração rápida da estabilidade dos agregados pode também resultar de cultivos anuais freqüentes com pequeno suprimento de matéria orgânica, o que evidencia a necessidade de investigações sobre as estratégias de manejo que promovam e mantenham a fertilidade e a estabilidade do solo.

A densidade aparente se refere à maior ou menor compactação dos solos e está relacionada tanto ao uso agrícola do solo como também ao teor de matéria orgânica. A

utilização de máquinas e a redução de matéria orgânica pela agricultura afeta diretamente esta propriedade. Solos compactados dificultam a infiltração causando um aumento no escoamento superficial (*runoff*) e na erosão, uma vez que a capacidade de infiltração, ou seja, a taxa máxima que um solo pode absorver de água, é influenciada entre outros fatores pelo tamanho dos poros e estes são menores em solos compactados. Ludwig *et al.* (1995), ao analisarem a suscetibilidade do solo à erosão em ravinas, verificaram que ela depende principalmente da coesão das camadas do topo do solo, determinada pela densidade aparente, da textura, da umidade e da malha de raízes e que sua variabilidade depende fortemente das operações agrícolas, sendo o uso da terra o principal fator de controle.

A erodibilidade, definida por Morgan (1986) como sendo a resistência do solo tanto à remoção como ao transporte, está primeiramente relacionada às propriedades do solo, sendo por isso mesmo, de acordo com Bryan (2000), crítica em determinar padrões temporais e espaciais de transporte de sedimento na encosta, desse modo afetando não apenas sua evolução, mas o aporte de sedimento nas bacias de drenagem. Depende, secundariamente, da posição topográfica, do gradiente da encosta e do montante da perturbação criada pelo homem, o que a torna essencialmente dinâmica no decorrer do tempo.

Devido à sua importância para a produtividade agrícola e para a conservação do solo, a determinação de valores de erodibilidade tem sido objeto de inúmeros trabalhos regionais (Pombo *e al.* 1981; Cavalieri, 1994; Marques *et al.*, 1997; Silva *et al.* 1997), alguns realizados em estações experimentais, utilizando métodos diretos (chuva natural e simulada) ou indiretos (análises químicas e físicas).

De acordo com Cassol *et al.* (1981), a erodibilidade do solo é um dos parâmetros de mais difícil determinação e as tentativas realizadas com êxito limitam-se a condições específicas. Resende e Almeida (1985), ao relacionarem a erodibilidade de vários solos brasileiros, observaram que estes valores apresentam grande variação, mesmo quando considerada uma mesma classe de solo, podendo variar, também, de acordo com o uso e manejo.

2.2.3. Cobertura vegetal e uso do solo

A cobertura vegetal de uma região pode ser considerada como o resultado de processos históricos e representa, nas palavras de Negret (1982), uma manifestação de épocas passadas, das condições presentes e de interações ambientais de espaço-tempo. Constitui um dos mais importantes fatores controladores do processo erosivo, tendo em vista a função protetora que a mesma exerce sobre o solo, sendo sua influência relacionada, de acordo com Guerra (1998), aos efeitos que exerce sobre a energia cinética da chuva, na formação de húmus e, conseqüentemente, no teor e estabilidade de agregados.

A cobertura vegetal está ligada, ainda, a três importantes aspectos que interferem diretamente em sua eficiência e que dizem respeito a densidade, distribuição espacial e o tipo. A densidade da cobertura vegetal, é um importante fator de controle na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda do solo (Guerra, 1998). Com relação ao tipo de cobertura, Goudie (1986) sustenta que a substituição de um tipo de floresta por outro pode afetar o fluxo superficial, em razão dos valores diferenciados da interceptação, e subseqüente evaporação da chuva, para diferentes tipos de formações florestais.

O uso do solo também é um fator a ser considerado na avaliação da erosão do solo. Bigarella (1974), analisando os problemas de erosão dos solos no Brasil, constatou que diferentes tipos de uso da terra (floresta, pastagem, cafezal, e algodoal) apresentaram valores de perda anual de solo, por hectare, variando desde 4kg (floresta) a 38.000kg (algodoal). Da mesma forma Kosmas *et al.* (1997) verificaram que o uso da terra pode afetar o *runoff* e a erosão do solo, tendo sido registradas as taxas mais elevadas de *runoff* e perda de sedimento em colinas recobertas com vinhedos (142,8 t/km²/ano), e que olivais desenvolvidos sob condições semi-naturais reduzem a perda de solo a valores quase nulos (0,8 t/km²/ano).

Entretanto, Sorriso-Valvo *et al.* (1995) ao monitorarem os efeitos do reflorestamento em três pequenas bacias hidrográficas constataram resultados complexos na geração de *runoff* e produção de sedimentos, refletindo o efeito do microclima e variações sutis na vegetação sobre as características da infiltração. Observaram que a colonização por gramíneas e arbustos reduz significativamente o *runoff* devido ao

retardamento hidráulico e melhoria da infiltração pela penetração das raízes, e que o *Eucalyptus occidentalis*, ao inibir o crescimento de gramíneas e arbustos, desenvolve uma camada de *litter*, responsável pela redução no volume de sedimentos, mas conduz ao aumento do *runoff*. A esse respeito, Chisci e Martinez (1993) admitem que coberturas vegetais reconstituídas e sistemas de manejo exercem potenciais marcantes para a proteção do solo, e acrescentam que experimentos realizados demonstraram o quanto diferentes tipos de vegetação influenciam a qualidade química e física do *runoff* e do material erodido. Referem-se, por exemplo, ao sistema de manejo que utiliza o *Pinus halepensis*, que exerce melhor proteção do que o solo arado, embora seja menos eficiente do que outros sistemas de controle da erosão.

Tais experimentos não invalidam a importância da vegetação como fator de proteção, mas destacam o quanto é importante a escolha correta de espécies na reconstituição da cobertura vegetal, da mesma forma que o uso do solo deve atentar para condições de manejo adequadas a minimizar as perdas por erosão.

2.2.4. Características das encostas

As características das encostas que podem afetar a erosão dos solos dizem respeito ao declive, ao comprimento e a forma que elas apresentam.

A importância do declive e do comprimento das encostas sobre a erosão do solo é atribuída devido à influência que estes fatores exercem sobre a velocidade e o volume do escoamento superficial (Morgan, 1986). O transporte de sedimento, associado ao escoamento laminar, freqüentemente é expresso como uma função do gradiente e da descarga de água (Mathier *et al.*, 1989).

De acordo com Morgan (1986), normalmente seria de se esperar que a erosão aumentaria com o aumento do declive e do comprimento da encosta, como um resultado de um respectivo aumento na velocidade e volume do escoamento superficial. Contudo, em encostas muito íngremes a erosão pode diminuir em função do decréscimo do material disponível, o que torna as superfícies rochosas e o suprimento de solo fatores limitantes ao processo erosivo.

Guerra (1998) reconhece que tanto a declividade como o comprimento das encostas afetam a quantidade de *runoff* e a erosão, devendo ser relacionados a outros

fatores como as características da superfície do solo, mas considera o comprimento um parâmetro de difícil avaliação.

A forma das encostas, por sua vez, exerce influência significativa no escoamento superficial e na erosão dos solos, com importantes implicações para o balanço de materiais e processos na encosta (White *et al.*, 1992), sendo comumente aceito que, onde as encostas se formam como resultado de um processo predominante desenvolvem um perfil que está em equilíbrio com aquele processo (Selby, 1985).

A forma das encostas constitui, portanto, um importante fator de controle da erosão devido à influência que exerce sobre o movimento da água do escoamento superficial e sobre sua velocidade. Conforme demonstrado por Resende e Almeida (1985), a velocidade da enxurrada diminui do topo até a base nas encostas com perfis côncavos, mantém-se uniforme nas de perfis retilíneos e aumenta nas de perfis convexos. É importante assinalar que a velocidade não está condicionada somente à forma da encosta, mas varia de acordo com a conjugação desta com o declive.

Bloom (1970) observou que as encostas controladas por lavagens por chuva (*rainwash*), laminares (*sheetwash*) ou filetes de água (*rillwash*) são, geralmente, de perfis côncavos. O setor convexo do perfil, geralmente localizado na porção superior da encosta, é controlado por escorregamentos, e que encostas retilíneas parecem formar-se quando a erosão é muito rápida. Chorley *et al.* (1984) e Selby (1985) assinalam que, nos segmentos convexos, a ação do *splash* é mais eficiente em áreas recobertas por vegetação esparsa, ao passo que, nas áreas bem vegetadas, predomina o rastejamento; os segmentos côncavos resultam tanto de processos hidráulicos, associados ao fluxo hortoniano, quanto à deposição de tálus; os segmentos retilíneos estão associados aos processos erosivos dominantes responsáveis pela remoção do solo em profundidade uniforme, e que os depósitos de tálus também apresentam segmentos retilíneos.

No que se refere à forma da encosta em planta, Bloom (1970) identifica aquelas cujas curvas de nível deslocam-se de forma convexa para fora das encostas como distribuidoras de água, nas quais a água se espalha lateralmente declive abaixo, tendendo esses setores serem mais secos que as concavidades. Ao contrário, prossegue, as encostas de contornos côncavos são consideradas coletoras de água, a jusante das quais localizam-se as cabeceiras de rios.

2.3. Erosão nas Áreas Urbanas

A urbanização pode criar mudanças significativas nas taxas de erosão, verificando-se que os valores mais elevados são produzidos na fase de construção, quando existe uma grande superfície de terreno exposta e muita perturbação é produzida pelo movimento de veículos e escavações (Goudie, 1986). Contudo, além das construções, existem muitas outras atividades responsáveis pela erosão dos solos nas áreas urbanas, sendo mais evidentes o desmatamento, os movimentos de terra resultantes de aterros e escavações, a impermeabilização e as alterações no escoamento superficial.

Douglas (1986) identifica determinados tipos de feições criadas pelas atividades humanas que alteram radicalmente a paisagem urbana, como é o caso dos aterros, que podem obscurecer a topografia e os depósitos superficiais e subjacentes e eliminar, ou modificar de forma considerável a rede de drenagem, fazendo com que ela apresente-se diferente daquela representada em mapas topográficos mais antigos. Da mesma forma, as chamadas feições de remoção, representadas por pedreiras, depósitos de cascalho e outras obras de extração, como é o caso da extração de saibro para as construções, promovem transformações na maioria das vezes de difícil recuperação.

Douglas (1983) considera que a construção de uma cidade cria uma nova paisagem que envolve a modificação maciça da circulação de energia, água e materiais, mas que essa nova paisagem não pode ser criada sem considerar a paisagem pré-existente. Em outras palavras, ainda que o ecossistema urbano seja o resultado de um processo de criação humana, as condições ambientais, sobretudo o que se refere ao relevo e ao sítio urbano, devem ser consideradas.

Gupta e Ahmad (1999) identificam a elevada taxa de urbanização em curso nas regiões tropicais como um fenômeno moderno e que, em muitos casos, este crescimento conduz a cidade a se expandir sobre relevos inadequados, como é o caso de encostas com elevado gradiente ou as planícies de inundação.

Ebisemiju (1989), ao avaliar os efeitos da urbanização sobre a rede de drenagem, reconhece que tanto os efeitos diretos e indiretos da urbanização sobre os processos e formas fluviais são muito pronunciados nos trópicos úmidos, devido a fatores como a elevada suscetibilidade dos solos tropicais, profundamente intemperizados, à erosão quando destituídos de sua cobertura florestal ou de gramíneas, ao elevado total e à

longa duração da precipitação, à elevada erosividade da chuva e das tempestades tropicais, à maior proporção de superfícies expostas (especialmente de estradas não pavimentadas) e o crescimento não planejado na maioria das cidades dos países em desenvolvimento. Estes fatores, associados a sistemas de drenagem inadequados, normalmente, resultam em cheia generalizada nas ruas e na descarga de uma grande quantidade de escoamento superficial e sedimentos para os canais fluviais. Vieira e Cunha (2001) consideram que o crescimento urbano, muitas vezes, também é responsável pela mudança nas características naturais dos rios, como é caso de obras de engenharia que modificam as seções transversais e os perfis longitudinais, alterando a eficiência do fluxo, sendo um dos fatores causadores de enchentes.

Amaral (1996), ao analisar os resultados parciais de um inventário sobre os problemas de erosão e deslizamentos nas encostas da cidade do Rio de Janeiro, revela que, embora o deslizamento de lixo e entulho esteja se tornando mais freqüente, o maior número de acidentes ainda é causado pelo deslizamento de solo residual em taludes escavados para a formação de favelas, confirmando que tais problemas estão relacionados, entre outros fatores, a um processo de ocupação desordenada característico das grandes metrópoles brasileiras. A esse respeito Douglas (1986) observa que, com o crescimento de construções em encostas íngremes no Rio de Janeiro, o corte na base das encostas rompe o manto de solo da superfície em seu ponto mais crítico e coloca toda a encosta sob o risco de movimento de massa. A possibilidade da ocorrência deste fenômeno se dá na medida em que a alteração na drenagem e na concentração do fluxo de água na superfície pode desenvolver linhas preferenciais de movimento de água com a remoção do material fino, conduzindo a uma eventual instabilidade da encosta. Áreas de risco potencial, quer seja de erosão ou movimento de massa, podem ser derivadas, entre outros, de uma avaliação do declive do terreno, da estabilidade relativa dos materiais do substrato rochoso e de evidências de ocorrências passadas ou atuais dos referidos fenômenos.

No estudo da geomorfologia da cidade, os problemas relativos à erosão e ao transporte de sedimentos não se limitam à ocupação das encostas ou à expansão desordenada das cidades dos países subdesenvolvidos, oriundas do processo de urbanização crescente. Sala e Inbar (1992), por exemplo, ao analisarem os efeitos

hidrológicos da urbanização sobre determinados rios na Espanha, constataram que com o aumento da urbanização e a criação de superfícies impermeáveis pela construção de estradas, estacionamentos, casas e edifícios reduz-se grandemente a infiltração, aumentando o total de escoamento superficial e os fluxos de pico. Como as cheias são agentes geomórficos importantes, o escoamento crescente nos rios causa um aumento na velocidade do fluxo no canal, gerando seu alargamento e transporte de sedimento.

2.4. Diagnóstico Ambiental e Unidades de Gestão Ambiental

A finalidade básica de um diagnóstico ambiental diz respeito, segundo Macedo (1991), à identificação do quadro físico, biótico e antrópico de uma dada região, através dos fatores ambientais constituintes e das suas relações. Dessa forma diagnósticos ambientais e zoneamentos ecológico-econômicos têm sido utilizados como subsídios à gestão territorial por estabelecerem diretrizes para a ocupação e organização espaciais (Moraes, 1993).

Ogata (1995) e Moraes (1993) destacam, entretanto, que, devido ao nível de experimentação presente na elaboração destes tipos de trabalhos, é desaconselhável qualquer transposição de modelos, devendo-se buscar soluções particulares para cada caso.

A análise de propostas de diagnósticos e zoneamentos ambientais, em escala regional, elaborados por diferentes órgãos permite constatar que, em linhas gerais, todas elas buscam uma orientação metodológica que visa a uma abordagem integrada do ambiente, onde procura-se identificar as interações existentes entre os componentes ambientais e as variáveis sócio-econômicas. Para Becker e Egler (1997), a elaboração de um diagnóstico ambiental deve atentar para a visão integrada das relações sociedade/natureza, na qual o critério analítico da homogeneidade é substituído pelo da complexidade resultante de interação dinâmica dos sistemas natural e sócio-econômico.

2.4.1. A bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental

A utilização da bacia hidrográfica como unidade básica para a gestão ambiental tem sido proposta por alguns autores (Souza, 1987; Pires e Santos, 1995; Cunha e Guerra, 2000), que a identificam como uma unidade espacial onde o resultado das

alterações decorrentes das interferências humanas sobre o ambiente reflete-se na bacia como um todo (Christofoletti, 1974; Cunha, 1998).

Como observa Ganzeli (1991), a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento está normalmente relacionada a estudos que buscam soluções de problemas relacionados aos recursos hídricos, como pode ser constatado em Mota (1995). Este autor, entretanto, ressalta que, na definição do uso e ocupação do solo, devem ser considerados os condicionantes naturais do meio físico que influem sobre os recursos hídricos, tais como as características climáticas, a cobertura vegetal, a topografia, o tipo de solo, as características geológicas, o sistema de drenagem natural das águas e os próprios recursos em si. Porém, é consenso que tal abordagem não deve deter-se ao aspecto técnico da questão. Ganzeli (1991) considera que as atividades relacionadas ao uso do solo urbano, industrial e agrícola são causadoras de transformações ambientais e de degradação e que a bacia hidrográfica como área de trabalho não deve impor limites ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos, uma vez que as atividades econômicas quase sempre não respeitam os limites dos divisores de águas.

Lanna (1995) apresenta experiências antigas de gerenciamento de recursos hídricos na França (Companhia Nacional do Ródano, criada em 1933), de desenvolvimento de bacias hidrográficas nos Estados Unidos (*Tennessee Valley Authority*, criada em 1933), ou de gerenciamento sistêmico de recursos hídricos, como é o caso do sistema francês, que divide o país em 6 bacias ou regiões hidrográficas, nas quais atuam em conjunto as comunas e os departamentos, a Agência da Água e o Comitê de Bacia. Nestes moldes, por exemplo, foi criado no Brasil, pelo Decreto Federal 1.842/96, o Comitê para a Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - CEIVAP (CEIVAP, 1999) consubstanciado na Lei nº 9433/97, que estabelece em seu artigo 1º “a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.

Em um outro nível de análise, podem ser citadas experiências de manejo de microbacias hidrográficas cuja origem, segundo Lanna (1995), está na Europa, no século XIX e nos Estados Unidos, em 1930. No Brasil, o manejo de microbacias é geralmente vinculado a áreas rurais, conforme o que estabelece o Programa Nacional de Microbacias

Hidrográficas - PNMH, instituído pelo Decreto Federal Nº 94.076/87, e que tem como exemplo o Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Neste Programa são estabelecidas como diretrizes básicas que as microbacias hidrográficas constituem unidades de planejamento, dentro de uma visão integrada, onde os princípios da gestão dos recursos naturais incorporam a questão social - combate à miséria e à marginalidade. São objetivos do Programa, entre outros, o manejo adequado dos recursos naturais renováveis, principalmente o solo e a água; a redução dos processos de degradação do solo, principalmente a erosão; a garantia de uma maior disponibilidade e uma melhor qualidade de água para usos múltiplos; a diminuição dos riscos de secas e de inundações através de técnicas adequadas de irrigação e drenagem.

No processo de ocupação histórica de uma determinada região, a transformação de um ambiente rural em um ambiente urbano resulta em intensas alterações ambientais. Mota (1999) evidencia que o planejamento urbano deve ter como objetivo o ordenamento do espaço físico, de modo a garantir a qualidade de vida a seus habitantes, utilizando-se de instrumentos capazes de disciplinar, entre outros, o uso e a ocupação do solo e a utilização racional dos recursos ambientais, nos quais se incluem medidas de controle da erosão do solo. Com a elaboração de cartas de suscetibilidade aos processos erosivos, a partir de dados do meio físico, podem ser definidas áreas mais ou menos suscetíveis aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo. A exemplo do que ocorre com as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Recursos Hídricos, o planejamento de microbacias ou sub-bacias urbanas deve, segundo Mota (1999), ser realizado considerando as recomendações para a bacia como um todo, e da mesma forma, partir de um diagnóstico de toda a bacia considerando as características dos meios físico, biológico e sócio-econômico. Com isso é possível estabelecer um zoneamento capaz de definir áreas mais indicadas para a ocupação urbana e aquelas que devem ser preservadas.

No que se refere à utilização de microbacias hidrográficas como unidades de planejamento ambiental, Botelho (1999) considera como condição essencial que “a microbacia seja representativa das condições físicas e sócio-econômicas locais, de modo que os resultados e experiências gerados a partir dela possam ser implementados com sucesso nas demais microbacias da região”, o que torna de fundamental importância a

seleção da área ou da microbacia que será avaliada. A parte mais importante da avaliação, segundo a autora, reside no levantamento de dados do meio físico e de sua conjugação e interpretação para o estabelecimento de unidades cartográficas de planejamento, fazendo com que a etapa de levantamento ou diagnóstico ambiental ganhe ainda maior importância em função da necessidade de maior detalhamento de informações. A par de diferentes sugestões a respeito da área da bacia e dos objetivos do trabalho a ser realizado, a autora considera como mais adequada para o planejamento ambiental áreas entre 25 e 45 km².

Dixon (1994) ressalta, contudo, que as abordagens tradicionais de manejo de recurso em bacias hidrográficas têm falhado em produzir resultados desejados, afirmando ser necessária uma análise integrada em diferentes níveis para identificar ligações, planos, políticas e programas (de governo), na qual a análise econômica oferece uma alternativa ao examinar as interações entre as diferentes partes do sistema da bacia hidrográfica - recursos hídricos e do solo, população, organizações e instituições. Deve-se buscar também informações existentes na literatura a respeito das interações físicas em uma bacia hidrográfica para identificar os efeitos do antropismo ou dos eventos naturais tendo em vista que toda e qualquer atividade humana encontrada em uma bacia hidrográfica cria efeitos diretos e indiretos.

A abordagem integrativa em bacias hidrográficas, portanto, não deve restringir-se aos aspectos físicos desta unidade espacial. O planejamento ambiental e toda a gama de atividades a ele relacionadas, por sua vez, somente poderão ser implementados a partir de um sólido conhecimento dos cenários sobre os quais se deseja atuar, cenários esses representados pela dinâmica natural, econômica e social.

2.5. Geoprocessamento e Integração de Dados Ambientais

Amplamente utilizadas na pesquisa ambiental, as técnicas de Geoprocessamento associadas aos Sistemas Geográficos de Informação demonstram ser ferramentas de extrema utilidade na integração de dados temáticos, em estudos de avaliação, bem como na monitoria das mudanças no uso do solo de determinada área, conforme atestam os diferentes trabalhos existentes, tanto na área acadêmica como de planejamento (Garg e Harrison, 1992; Beltrame, 1994; Santiago, 1996). Com a ampliação do

conhecimento no país desta tecnologia a partir de 1982, inicia-se a disseminação de seu uso, o que pode ser constatado, na atualidade, pela disponibilidade de diferentes *softwares* de análise ambiental disponíveis como o SPRING (INPE) e o SAGA (UFRJ).

O Sistema Geográfico de Informação, denominado por Xavier da Silva (1992) de Modelo Digital do Ambiente, corresponde a “uma base de dados georreferenciados que comporta estruturas de captura, exibição e análise, associadas ao conjunto territorialmente integrado de dados ambientais. Tem a capacidade de analisar relações taxonômicas e topológicas entre variáveis e entre localidades constantes da sua base atualizável de dados georreferenciados, permitindo uma visão holística do ambiente” (Xavier da Silva, 1999). Representa, portanto, um sistema que incorpora *hardware* e *software* para possibilitar aos usuários a coleta, o manuseio e análise de uma grande quantidade de dados espaciais e seus atributos (Marble *et al.*, 1984 *in* Garg e Harrison, 1992).

No que se refere à análise ambiental, a diversidade de dados ambientais impõe à pesquisa uma tarefa de homogeneização, uma vez que os mesmos podem apresentar-se de acordo com quatro diferentes escalas de mensuração (nominal, ordinal, de intervalo e de razão), criando a necessidade de conversão (Xavier da Silva, 1992). Neste caso, segundo Xavier da Silva (1992), a escala ordinal pode ser utilizada para converter todas as outras, sendo particularmente importante na análise ambiental, quando utilizada na conversão da escala nominal, uma vez que ela mantém respeitada a natureza dos dados ambientais e permite que sejam estabelecidas classes e hierarquizações de grande utilidade para a realização de inferências ambientais.

Zhou (1991) reconhece que a integração de dados pelos Sistemas Geográficos de Informação (SGI) pode incluir, entre outros, a combinação de inventário de solos e dados climáticos com muitos outros tipos de dados espaciais, por exemplo, que incorporam valores modelados de rendimento dos cultivos, umidade do solo e erosão, e aspectos econômicos da produção agrícola. Ressalta que, neste caso, onde os dados de solos são insuficientes para uma interpretação, os dados de perfil de locais específicos podem ser considerados como uma fonte para complementar o mapa de solo, embora a compatibilização dos dados deva ser cuidadosamente avaliada.

Becker e Egler (1997) destacam a importância do emprego de SGI na gestão do território, na medida em que a utilização de informação geográfica permite um conhecimento preciso, atualizado e bem controlado do território e por tratar-se de uma atividade fundamental para “as coletividades, para executivos que tomam decisões políticas, para técnicos que atuam no dia-a-dia, bem como para as autoridades que fiscalizam o processo de gestão do território”.

Ressaltam, entretanto, que, assim como a aplicação do SGI e do sensoriamento remoto não substituem o analista capacitado, torna-se necessário avaliar as lógicas disponíveis para agrupamento espacial de dados, tendo em vista que os procedimentos usuais de classificação não são capazes de refletir as nuances existentes na realidade, tanto do ponto de vista dos sistemas naturais, como das formações sócio-econômicas (Becker e Egler, 1997).

Tendo em vista o exposto acima, verifica-se que a análise integrada de dados ambientais, que pressupõe a caracterização inicial dos elementos do ambiente físico e do quadro sócio-econômico, apoiada na utilização de metodologias e ferramentas integradoras e em uma base conceitual sólida, são requisitos básicos para os estudos de organização espacial e para o estabelecimento de zoneamentos capazes de orientar o processo de ocupação do espaço, quer seja a nível local ou regional.

3. METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida no presente trabalho tem como base a visão integrada do meio ambiente e considera que a dinâmica ambiental somente pode ser compreendida levando-se em consideração a inter-relação entre os diversos componentes ambientais, que incluem elementos físicos (abióticos), bióticos e antrópicos (Drew, 1986).

Buscou-se estabelecer, inicialmente, uma caracterização dos condicionantes físicos (fase de análise), relacionados à ocorrência de eventos específicos (erosão, assoreamento e enchentes), considerados como indicadores de desequilíbrios ambientais, quando intensos ou acelerados.

Uma vez estabelecida a caracterização ambiental, foi realizado o cruzamento de informações (fase de síntese), com a utilização do geoprocessamento, identificando-se áreas de predisposição potencial à erosão do solo.

Paralelamente, foi realizada a monitoria ambiental da cobertura vegetal e uso do solo no decurso de 42 anos e investigado o contexto histórico ao qual relaciona-se a área de estudo, com vistas a identificar a dinâmica de ocupação, através de fotointerpretação e da utilização de geoprocessamento, além da pesquisa em fontes estatísticas, cujas informações estejam relacionadas à ocupação e uso do solo e ao crescimento populacional.

Finalmente, procedeu-se uma nova avaliação, a partir do cruzamento das informações da cobertura vegetal e uso atual do solo com as áreas de potencial (fragilidade) ambiental identificadas anteriormente, evidenciando as áreas de uso conflitivo e aquelas de interesses social e de preservação. Nela é identificado, entre outros aspectos, o processo de expansão urbana sobre áreas consideradas de fragilidade ambiental, o que torna possível delimitar as áreas onde existe a necessidade de proteção.

Os trabalhos foram realizados nas seguintes etapas:

3.1. Trabalho de Gabinete

Fotointerpretação

Empregada na elaboração dos mapas temáticos de Cobertura Vegetal e Uso do Solo, anos 1957, 1975 e 1999, e geomorfológico, tendo sido utilizadas as seguintes fotografias aéreas:

- SF-219 - 126/127/128 - USAF, escala aproximada de 1:33.000, ano de 1957;
- 1251, 1252, 3257/3273, 3393/3414, 3436/3442, 1085/1090, 4799/4805, 1192/1195, 3624, 3767/3769 - Consórcio CRUZEIRO-PROSPEC-GEOFOTO-VASP-AEROMAPA, escala aproximada de 1:8.000, ano de 1975;
- 20 A/016/017/018/019/020 - AEROFOTO, escala 1:20.000, ano de 1996;
- 04 b - 005/006/007/008 e 05 - 020/021/022 - ENGEFOTO, escala 1:30.000, ano de 1999.

Elaboração da Base Cartográfica

Elaborada a partir das folhas topográficas Vila Militar-SO e Vila Militar-SE da Diretoria de Serviço Geográfico - DSG, Ministério do Exército, escala 1:25.000, de 1979. Nela estão representadas a rede de drenagem e as vias principais, compatíveis com a escala de representação cartográfica. Este trabalho foi complementado com a consulta às bases cartográficas 286 A e C, 285 B e D, da Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral da cidade do Rio de Janeiro, escala 1:10.000, de 1976; ao Mapa do Município do Rio de Janeiro, da Empresa Municipal de Informática e Planejamento S.A./PLANRIO, escala 1: 50.000, de 1997; e trabalhos de campo.

Elaboração do Mapa de Hipsometria

Elaborado com base nas folhas topográficas do DSG, escala 1:25.000, ano de 1979.

Elaboração do Mapa de Forma das Encostas

Elaborado com base nas folhas topográficas do DSG, escala 1:25.000, ano de 1979, no mapa geomorfológico e em fotointerpretação, no qual são identificadas as formas das encostas em planta e em perfil.

Elaboração do Mapa de Declividade

Elaborado com base na utilização das folhas topográficas do DSG, escala 1:25.000, a partir do método de De Biase (1970) e Sanchez (1993), e fotointerpretação.

Os intervalos foram definidos de acordo com as classes existentes em Lemos e Santos (1996).

Elaboração do Mapa de Geologia

Elaborado com base no Mapa Geológico do Estado da Guanabara, folha Vila Militar, Ministério das Minas e Energia - DNPM, escala 1:50.000, ano de 1965, e no Mapeamento Geológico-Geotécnico do Município do Rio de Janeiro, Carta Geológico-Geotécnica, escala 1:10.000, da Fundação GEORIO, ano de 1997.

Elaboração do Mapa de Solos

Elaborado com base no Mapa Semidetalhado de Solos do Município do Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, escala 1:50.000, ano de 1980, tendo sido feita a atualização das legendas de solos com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA/CNPS, 1999).

Elaboração do Mapa de Geomorfologia

Elaborado com base em fotointerpretação, consulta a fontes bibliográficas e cartográficas e trabalho de campo. As fotografias aéreas utilizadas foram as anteriormente citadas da AEROFOTO, escala 1:20.000. Este trabalho apoiou-se ainda na utilização das folhas topográficas, escala 1:25.000 e 1:10.000, anteriormente citadas.

Elaboração dos Mapas de Cobertura Vegetal e Uso do Solo, anos de 1957, 1975 e 1999.

Mapas elaborados com base em fotointerpretação e trabalho de campo, sendo todos compatibilizados com a base cartográfica.

Levantamento de Dados Estatísticos

Os dados estatísticos utilizados na monitoria ambiental foram obtidos nos Anuários Estatísticos da Cidade do Rio de Janeiro de 1995-1997 e de 2000, publicados pelo Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos - IPP.

Elaboração de Perfis Longitudinais

Os perfis longitudinais dos rios Tindiba, Covanca e córrego do Catonho foram elaborados com base na utilização das folhas topográficas do DSG, escala 1:25.000, ano de 1979.

3.2. Trabalho de Campo

O desenvolvimento de trabalho de campo compreendeu:

Coleta de amostras de solo

Compreendeu a coleta de amostras volumétricas e deformadas do horizonte superficial do solo, em 31 pontos previamente selecionados, para identificar as características morfológicas e propriedades físicas e químicas do solo.

A escolha dos locais de coleta procurou estabelecer uma distribuição uniforme na área de estudo, salvo as dificuldades de acesso e o fato de a maior parte da mesma corresponder à área urbanizada, de modo que todos os tipos de solos existentes na área tivessem amostras representativas para análise. Também o uso do solo foi considerado na escolha dos pontos.

Para as análises das propriedades, cálculo da densidade real ou de partículas e morfologia do solo são recolhidas amostras deformadas do horizonte superficial (até 5cm) em pontos selecionados. A coleta é feita com o uso de martelo pedológico, sendo as mesmas colocadas em sacos plásticos com numeração dos pontos de coleta para posterior análise em laboratório.

Para o cálculo da densidade aparente são recolhidas amostras do horizonte superficial do solo em pontos selecionados, com o uso de trado para amostras volumétricas e cilindro de aço inoxidável com 50mm de diâmetro, 51mm de altura e volume de 100cm^3 ; quando o solo encontra-se muito seco admite-se umedecê-lo para facilitar a coleta. Após a coleta da amostra do solo o cilindro é retirado cuidadosamente, para que não haja perda de material e que o mesmo corresponda exatamente ao volume do cilindro, sendo então colocado em um saco plástico com o número do ponto de amostragem para ser seco e pesado.

Utilização do Infiltrômetro de Hills

Correspondeu à utilização do infiltrômetro de Hills (1970) para o cálculo das taxas e dos totais de infiltração nos pontos selecionados.

O cálculo das taxas de infiltração envolve a utilização do infiltrômetro de Hills (1970) e de uma régua graduada de 10cm fixa em sua parte interior. O infiltrômetro corresponde a um cilindro de ferro com 10cm de diâmetro interno e 15cm de altura, que é enterrado no solo até 5cm. Feito isto, o infiltrômetro é preenchido com água até a

borda e sempre que atingir a marca de 5cm no decorrer do experimento. A marca que a água atinge durante a infiltração no solo deve ser anotada a cada minuto, durante o tempo total de 30 minutos de experimento. Com isto, pode-se elaborar um gráfico onde estão representados o total de infiltração e o tempo decorrido do experimento, sendo possível a visualização da taxa de infiltração do ponto considerado, através de uma curva representativa do experimento.

Entrevistas

Durante a realização dos trabalhos de campo buscou-se, junto à população, informações a respeito dos eventos investigados pela presente pesquisa, ou seja, o comportamento da drenagem, ocorrência de cheias, evidências de processos erosivos acelerados, resgate de dados históricos com moradores antigos da região.

Checagem de fotointerpretação

Compreendeu a correção e/ou confirmação dos trabalhos de fotointerpretação dos mapas de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1999 e de Geomorfologia.

3.3. Análise de Laboratório

Após o trabalho de coleta de amostras, foram realizadas em laboratório as seguintes análises:

Análise Granulométrica e definição da classe textural da amostra

Para análise granulométrica (dispersão total) foi utilizado o método da pipeta, para solos normais, de acordo com o manual da EMBRAPA (1997). Este método baseia-se na utilização de 20 g de terra fina, aos quais são adicionados água destilada e solução normal de hidróxido de sódio, ou de hexametáfosfato de sódio, tamponada com carbonato de sódio (Calgon). Seguem-se etapas de passagem por peneira e lavagem, após as quais é utilizado dispersante (hidróxido de sódio) para determinação da argila e resíduo da prova em branco. Completada a lavagem da areia retida na peneira, as frações de areia grossa são separadas, e pesada a areia fina.

O cálculo dos valores das frações é feito utilizando-se as seguintes expressões:

- % de argila = $[(\text{peso da argila} + \text{dispersante}) - \text{peso do dispersante}] 100 \times "f";$
- % de areia fina = $\text{peso da areia fina} \times 5 \times "f";$

• % de areia grossa = [(peso da areia fina + peso da areia grossa) - peso da areia fina] \times "F";

• % de silte = 100 - (% de argila + % de areia fina + % de areia grossa)

Cálculo da Densidade Aparente

Para o cálculo da densidade aparente, as amostras são colocadas em *beckers* numerados e pesadas. São levadas à estufa a 105⁰C por 24 horas, para que seja eliminada a umidade, sendo realizada após esse período nova pesagem, com o cuidado de subtrair-se o peso do *becker*. O peso da amostra após a estufa corresponde ao seu peso sem umidade, sendo este resultado dividido pelo volume do cilindro (100cm³) tendo-se, assim, a densidade aparente de cada amostra (g/cm³).

Cálculo de Densidade Real ou de Partículas

Para o cálculo da densidade real ou de partículas utiliza-se 20 g de amostra destorroada (terra fina, com menos de 2mm, sem cascalho) que é levada à estufa a 105⁰C por 24 horas e pesada após esse período para avaliar o peso da amostra seca. A seguir a amostra é transferida para um balão volumétrico de 50ml, acrescentando-se nele, vagarosamente, álcool absoluto, até que se complete o volume do balão, anotando-se o volume de álcool gasto na operação.

Para o cálculo da densidade real ou de partículas (g/cm³) é utilizada a seguinte expressão:

$D = a/50 - b$, onde:

a = peso da amostra seca a 105⁰C.

b = volume do álcool gasto.

Cálculo da Porosidade

Uma vez calculada as densidades aparente e real é possível estabelecer o valor da porosidade. Para o cálculo da porosidade utiliza-se a seguinte fórmula:

$P = \frac{D_r - D_a}{D_r} \times 100$, onde:

D_r

P = porosidade

D_r = densidade real

D_a = densidade aparente

3.4. Geoprocessamento

As etapas do geoprocessamento foram realizadas com a utilização dos módulos Montagem, Traçador Vetorial, Monitoria, Assinatura e Avaliação Ambientais, do SAGA/UFRJ (LAGEOP, 1999). São elas:

Entrada de Dados

A entrada de dados foi realizada no Laboratório de Geoprocessamento - LAGEOP/UFRJ e incluiu a geração de base cartográfica e mapas temáticos. A entrada de dados e transformação dos mapas para o formato digital é feita em duas etapas: 1) uso do *scanner* de mesa na aquisição das informações dos mapas temáticos e; 2) vetorização. Estas etapas utilizaram os módulos Montagem e Traçador Vetorial do SAGA/UFRJ.

Assinatura Ambiental

Assinatura Ambiental consiste em identificar, através de planimetrias dirigidas, as características de determinada ocorrência em diferentes mapas temáticos, de acordo com o interesse da investigação.

Monitoria Ambiental

Monitoria Ambiental consiste no acompanhamento das alterações ambientais de diversas naturezas que tenham significância para o usuário, constituindo uma forma de obter conhecimento sobre os agentes modificadores do ambiente e propiciar apoio à busca de soluções para os problemas resultantes (Xavier da Silva, 1999).

A monitoria ambiental do Sistema de Análise Geo-Ambiental SAGA/UFRJ permite que sejam realizadas monitorias *simples* e *múltiplas* de determinadas categorias, a partir do confronto do registro em um mapa mais antigo com o registro em um mapa mais recente, sendo necessário que os mapas confrontados abranjam a mesma área geográfica, possuam o mesmo georreferenciamento e as legendas utilizadas sejam as mesmas nos dois mapas. Com isto, é possível estimar em que áreas a categoria deixou de existir (*deixou de ser*), onde ela permaneceu inalterada (*permaneceu*) ou onde passou a ocorrer (*passou a ser*).

Dessa forma, considerando os objetivos do presente trabalho, realizou-se, a princípio, *monitorias simples* para identificar os locais que sofreram alteração nas

categorias floresta, áreas de ocupação contínua, áreas de ocupação esparsa ou desordenada e horticultura, nos períodos 1957/1975 e 1975/1999.

Em uma etapa posterior realizou-se *monitorias múltiplas*, nas quais foram identificados os destinos dados às áreas alteradas.

Procedimentos Diagnósticos

A etapa de prospecções ambientais representa uma extrapolação territorial baseada na conjugação de características ambientais que interessem a uma finalidade específica, constituindo as avaliações ambientais (Xavier da Silva, 1999). Estas podem ser diretas ou complexas.

A avaliação ambiental direta possibilita, entre outros, a identificação de potenciais ambientais, considerados como “levantamentos de condições ambientais no qual são identificadas a extensão e possível expansão de um processo ambiental” (Xavier da Silva, 1999).

Mapas de avaliação ambiental têm sido elaborados, com a utilização de geoprocessamento, para diferentes finalidades: riscos à desmoronamentos e escorregamentos, riscos de enchentes e suscetibilidade à erosão. Utilizando metodologias diversas, tais avaliações têm em comum o procedimento de cruzar diferentes mapas temáticos que representam os fatores envolvidos no fenômeno que buscam investigar. Santiago (1996), para elaborar cartas de riscos de escorregamento/desmoronamento e de enchentes para a Baixada de Sepetiba, utilizou os mapas temáticos de geologia, declividade, altimetria, solo, cobertura vegetal e proximidades. Marçal (2000), ao identificar áreas suscetíveis à erosão na bacia do rio Açailândia, no Maranhão, associou, inicialmente, os planos de informação de relevo e solo à ocorrência de feições erosivas para, em seguida realizar um segundo cruzamento com o plano de informações de uso do solo, resultando na análise conjunta de relevo, solo e uso do solo com a localização das voçorocas identificadas. Souza (1999), ao elaborar carta de vulnerabilidade à erosão em área intensamente antropizada, utilizou as informações temáticas relativas à geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, climatologia e uso da terra. A representação do relevo, neste caso, considerou a dimensão interfluvial média e a amplitude altimétrica como indicadores da densidade de drenagem e do aprofundamento de dissecação no

plano vertical. Souza (1999) refere-se, ainda, à importância do parâmetro declividade para avaliar as formas de relevo ou para estimar perdas de solos, e cita Ross (1992 e 1994), que sugere a utilização dos parâmetros morfométricos forma das vertentes e classes de declividade para análise genética do relevo em escalas de detalhe.

As avaliações ambientais desenvolvidas no presente trabalho resultam da adaptação do roteiro metodológico presente em Bastian e Röder (1998), que identifica as variáveis que participam da erosão do solo. Neste modelo, a resistência real à erosão do solo é avaliada a partir do cruzamento de informações da cobertura vegetal e uso do solo com um plano de informações anteriormente gerado de resistência potencial à erosão, onde são consideradas informações a respeito das propriedades dos solos, declividade e características das encostas.

Com isso foram elaborados um mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo, baseado nos levantamentos de solo, relevo, declividade e formas das encostas, e um mapa de Predisposição Real à Erosão do Solo, a partir do confronto do mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo com o mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1999.

4. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE FÍSICO

4.1. Localização da Área de Estudo

A Baixada de Jacarepaguá engloba as áreas das XVI e XXIV RA (Região Administrativa), que fazem parte da AP 4 (Área de Planejamento 4). A XVI Região Administrativa (Jacarepaguá), por sua vez, é constituída por 11 bairros, nos quais estão incluídos, além de Jacarepaguá, quatro dos cinco bairros que abrangem a área de estudo - Praça Seca, Tanque, Taquara e Pechincha. O bairro de Jardim Sulacap, pertencente à XXXIII RA (Realengo) não foi considerado na presente análise. Nesta pesquisa, os dados históricos e estatísticos, quando não forem feitas referências, dizem respeito à XVI RA, sobre a qual é feita a análise histórica desenvolvida no capítulo 4.

A área de estudo compreende as sub-bacias do rio Tindiba e do córrego da estrada do Catonho (aqui denominado córrego do Catonho por não existir referência à sua toponímia nos mapas consultados), integrantes da bacia do rio Grande e do sistema flúvio-lacustre da Baixada de Jacarepaguá. Localiza-se entre as coordenadas geográficas de $22^{\circ}53'30''$ e $22^{\circ}56'30''$ de latitude sul e $43^{\circ}23'30''$ e $43^{\circ}18'30''$ de longitude oeste (Figuras 1 e 2), possuindo uma área aproximada de $16,8 \text{ km}^2$. É limitada a oeste pela Serra do Engenho Velho (morro da Caixa D'Água, 319m); a noroeste pela Serra do Valqueire (morros do Cachambi, 265m e do Valqueire, 311m), a norte pelo vale do rio Tindiba; a nordeste pela Serra do Inácio Dias (morros do Inácio Dias, 188m, de São Jorge, 451m e do Careca, 334m); a leste pela Serra dos Pretos Forros (487m); os limites ao sul abrangem a área urbanizada, com cotas em torno de 20m, onde sobressaem elevações isoladas que configuram morros e colinas com altitudes inferiores a 100m. Verifica-se, contudo, que grande parte da área situa-se acima da cota de 100m (Figura 3).

Devido à importância do crescimento urbano para a presente análise, optou-se por estender a área de estudo além dos limites das bacias nas áreas urbanizadas com topografia muito plana, tendo em vista as modificações impostas à drenagem e a dificuldade em estabelecer com precisão onde estão localizados os divisores naturais.

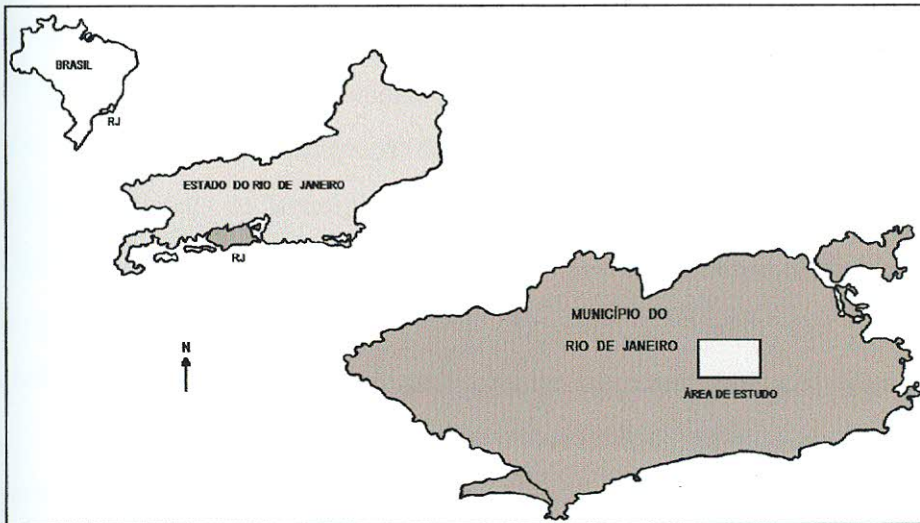


Figura 1. Localização da Área de Estudo

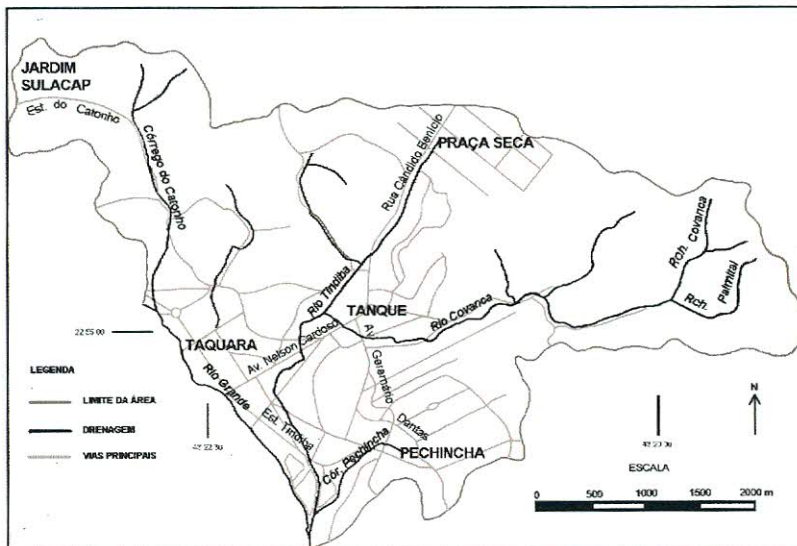


Figura 2. Área de Estudo Fonte: Diretoria de Serviço Geográfico - DSG (1979)

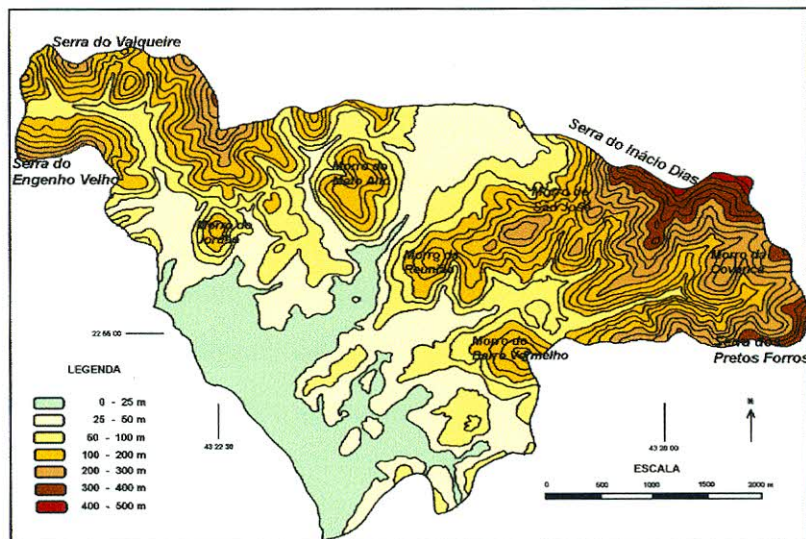


Figura 3. Hipsometria Fonte: Diretoria de Serviço Geográfico - DSG (1979)

4.2. Geologia

A geologia da área de estudo é marcada pela presença de terrenos pré-cambrianos dos maciços litorâneos da Tijuca e da Pedra Branca, e sedimentares quaternários da Baixada de Jacarepaguá, para onde flui a rede hidrográfica (Figura 4).

Estes maciços, originados de blocos falhados e basculados, elevam-se a altitudes de 1.000 metros. O embasamento de rochas cristalinas pré-cambrianas foi submetido à intensa ação tectônica, como atesta a existência de intrusões e metamorfismos de idades variadas. Constituem-se de rochas ígneas e metamórficas, com predomínio de rochas magmáticas de idade caledoniana-taconiana, como o granito plutônico, no Maciço da Pedra Branca. No Maciço da Tijuca predominam os paragneisses de fácies geossinclinal, de idade pré-cambriana, com composição e textura diversificadas (Marques, 1990).

Costa (1986) assinala que a constituição litológica dos dois maciços determina uma atuação diferencial dos processos erosivos, visto que a heterogeneidade dos gnaisses, predominantes no Maciço da Tijuca, predispõe a maior atuação dos processos erosivos.

A série formada por paragneisses, de derivação sedimentar, que ocupa toda a área de estudo constitui, de acordo com Costa (1986), basicamente o substrato rochoso do Maciço da Tijuca e parte do da Pedra Branca. De idade presumivelmente algonquiana, representados essencialmente pelos biotita-gnaisses, é mineralogicamente definida por dois tipos principais:

- microclina-quartzo-oligoclásio-biotita-granada-gnaisses;
- microclina-oligoclásio-andesina-quartzo-biotita-granada-gnaisses.

Cabral (1979), com base no mapa geológico do Município do Rio de Janeiro (Helmbold *et al.* 1965), identifica na área de estudo os seguintes grupos:

- grupo Pão de Açúcar - constituído de leptinitos, augen-gnaisses e biotita-gnaisses com feldspatos predominantemente potássicos (correspondendo no mapeamento de 1965 a **m** (microclina-oligoclásio-andesina-quartzo-biotita-granada-gnaisses) e **mp** (ocorrência mista de microclina-gnaisses e plagioclásio-quartzo (microclina)-biotita-granada-gnaisses);
- grupo Sepetiba - constituído por uma seqüência madura de sedimentos pelíticos bem segregados, sedimentos calcários e arenitos quartzosos, que foram metamorfisados

em sillimanita e cordierita-gnaisses, rochas calco-silicáticas e quartzitos (corresponde no mapa de 1965 a g (biotita-plagioclásio(ortoclásio)-quartzito-granada-gnaisses).

Cabral (1979) assinala que encontram-se intercalados aos gnaisses intrusões graníticas pós-tectônicas (Ordoviciano), e que todas essas rochas são atravessadas por intrusões hipo-abissais básicas (Cretáceo) ou alcalinas (Terciário-Cretáceo), sempre com direção NE-SW, correspondendo ao preenchimento de fraturas.

As séries de paragneisses, chamadas de biotita-gnaisses constituem uma unidade litológica complexa. Representada por rochas com textura semifacoidal, facoidal, laminar e migmatítica, correspondem aos tipos definidos por Helmbold *et al.* (1965) como: microclina-gnaisses, plagioclásio-gnaisses e ocorrências mistas desses dois tipos, além de biotita-plagioclásio-granada-gnaisses, que passam gradativamente a tipos ricos em granada, sillimanita e cordierita.

As rochas do tipo biotita-plagioclásio-granada-gnaisses, integrantes do grupo Sepetiba, apresentam-se profundamente intemperizadas e com poucos afloramentos frescos, delas resultando um solo quartzoso típico. As rochas do grupo Pão de Açúcar, do qual são integrantes as dos tipos microclina-gnaisses e plagioclásio-gnaisses, são menos intemperizadas e formam a maioria das escarpas do Rio de Janeiro (Cabral, 1979).

Dentre as rochas hipoabissais, constituídas por diques de diabásio e basalto, que cortam as rochas mencionadas e citados anteriormente, podem variar de poucos centímetros até dezenas de metros de espessura, sendo sua composição mineralógica mais comum a labrodorita-albita-pigeonita-apatita, sendo anfibólio e clorita minerais secundários (Cabral, 1979).

Cabral (1979) descreve os solos residuais de granito como os que mostram melhores desenvolvimentos do horizonte C e que, por isso mesmo, apresentam um caráter arenoso dominante. Os solos residuais de gnaisse, por sua vez, caracterizam-se por possuir perfis profundos e horizonte C muito heterogêneo, apresentando, entre outras, variações texturais silto-argilosas, areno-siltosas e argilo-arenosas, sendo seu caráter siltoso determinado pelas concentrações de biotita. Os horizontes B são iluviais, com colorações avermelhadas e texturas variando de argilo-arenosas a areno-argilosas. Os gnaisses quartzíticos (grupo Sepetiba) são os mais intemperizados, com raros

aflorescimentos e predominam na área de estudo, estimando-se que as espessuras variem de 10 a 25 metros (Cabral, 1979).

A presença de solos residuais representa a possibilidade de extração de material para aterros ou calçamento de estradas, embora tal atividade acarrete sérias implicações ambientais, devido ao caráter de degradação a ela associado. Os solos residuais oriundos da decomposição do granito, por proporcionarem texturas essencialmente areno-argilosas e materiais mais homogêneos, são os mais adequados para a utilização como aterro, ao passo que os solos residuais oriundos da decomposição de gnaisses, com maiores variações texturais, apresentam boas capacidades de suporte (Cabral, 1979). Estas áreas, segundo o autor, “configuram taludes instáveis onde é freqüente a ação erosiva das águas de escoamento superficial que, em épocas de chuvas torrenciais, é responsável pelo aumento da quantidade de sedimentos em suspensão transportado pela rede de drenagem”.

Os terrenos sedimentares quaternários compreendem as baixadas aluviais formadas ao longo da rede de drenagem, com altitudes em torno de 20m, declives inferiores a 3% e topografia plana horizontal.

A origem da Baixada de Jacarepaguá, de acordo com Roncarati e Neves (1976), está ligada a um ciclo de deposição continental iniciado em toda a área durante o Pleistoceno. A deposição inicial, provavelmente desenvolvida em condições de clima úmido com período de cheias, compreende depósitos de areias e conglomerados fluviais ao lado de argilas de planícies de inundação.

Segundo os autores, estes sedimentos acham-se recobertos pelos sedimentos de leques aluviais pleistocênicos e são observáveis somente em cortes à beira de riachos. Seu topo, relativamente preservado, forma superfície plana, com ligeira inclinação para o centro da baixada (clinoplano periférico) e altitude máxima em torno de 10-14m, estando em contato gradacional com os sedimentos denominados camadas de areia pretas, a norte e nordeste da baixada. Estas camadas, constituídas por areias médias imersas em matriz argilosa, assentam-se em contato gradacional sobre os depósitos de leques aluviais pleistocênicos, entre 8-12m e cotas máximas de 20m e, em discordância erosiva sobre o embasamento (Roncarati e Neves, 1976).

SUB-BACIAS DO RIO TINDIBA E CÓRREGO DO CATONHO, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO - RJ

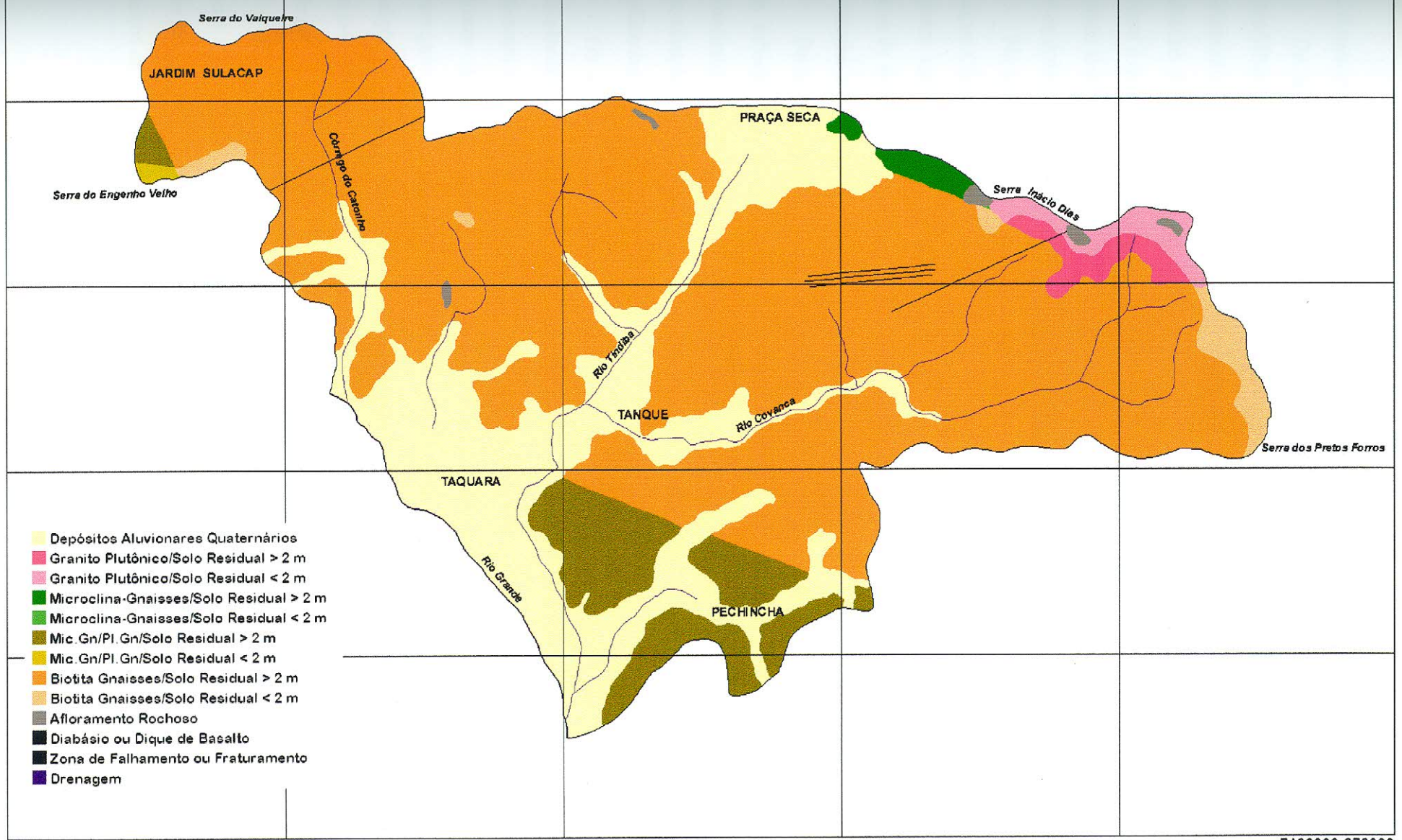


Figura 4. Mapa Geológico

4.3. Geomorfologia

De acordo com a caracterização geomorfológica regional presente no Projeto RADAMBRASIL (1983), a área de estudo situa-se no Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados. Este domínio, segundo o relatório, caracteriza-se por evidências de movimentos crustais, marcas de falhas e deslocamentos de blocos que impõem à morfologia atual um nítido controle estrutural, evidenciado pela existência de extensas linhas de falha, escarpas de grandes dimensões e relevos alinhados, coincidentes com os dobramentos originais ou com falhamentos mais recentes.

No que se refere à morfologia, a mesma identifica-se na Unidade Colinas e Maciços Costeiros, que compreendem as feições de colinas côncavo-convexas e um conjunto morfológico mais elevado, integrado pelas serras e maciços litorâneos. As colinas de forma convexa e/ou convexo-côncava são separadas por depressões alveolares colmatadas e planícies aluviais.

Estas colinas apresentam cobertura coluvial no topo e linha de pedra angulosa e/ou subarredondada, que separa a cobertura do gnaiss alterado. Nesta unidade predominam sedimentos areno-siltosos e/ou areno-argilosos, muitas vezes com concentrações ferruginosas. Nas encostas, em áreas onde não se registram espessuras significantes de colúvio, ocorrem matacões e blocos rochosos.

Os alteritos, as linhas de pedra e os colúvios são indicadores do balanço alteração/desnudação equivalente à pedogênese/morfogênese. O colúvio, no qual se encontram os acamamentos de seixos, estão relacionados a fluxos de massas oriundos de encostas dos maciços e serras circundantes. A desnudação é provocada pelo remanejamento das formações superficiais, devido ao escoamento superficial sob condições climáticas mais secas. Esses colúvios aparecem em maior espessura nas concavidades das bases das vertentes e diminuem gradativamente em direção ao topo das colinas (RADAMBRASIL, 1983).

Processos bastante significativos nestas áreas são os movimentos de massa, devido à existência de espessos mantos de alteração nas vertentes e favorecidos pelos altos índices pluviométricos e pela ocupação antrópica. Destacam-se, nesta unidade, os Maciços da Pedra Branca e da Tijuca.

De acordo com estudo publicado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC, 1998), o mapeamento geológico-geomorfológico individualiza, segundo a origem dos materiais, três tipos de compartimentos de relevo no município do Rio de Janeiro: as ocorrências primárias, que incluem os morros graníticos e gnáissicos; as formações secundárias ou derivadas, correspondentes às restingas, mangues, solos aluvionares e colúvios e as ocorrências intermediárias ou de transição, que incluem as superfícies arrasadas, rebaixadas e com frequência entulhadas por sedimentos, representadas por morrotes e solos residuais do cristalino, tálus e colúvios.

Com base nos dados existentes na literatura, em fotointerpretação e observações de campo, foi elaborado o Mapa Geomorfológico (Figura 5) para o presente trabalho, que identifica as seguintes feições de relevo:

Relevos de Acumulação (Agradação)

Planícies e Terraços Fluviais

Terrenos planos, horizontais, com declividades inferiores a 3%, correspondentes aos depósitos aluvionares quaternários, localizados ao longo da rede de drenagem, sendo mais significativos nos trechos dos baixos cursos dos rios Tindiba e Covanca. Os processos morfodinâmicos dominantes correspondem ao escoamento concentrado, com inundações freqüentes e localizadas, provocadas pela variação do regime hidrológico. O solapamento das margens e o assoreamento dos canais são verificados em vários pontos, tendo sido observada a extração de areia no rio Tindiba, no período que sucede as chuvas mais intensas.

Atualmente, estas áreas de topografia plana horizontal têm sido ocupadas de forma mais intensa, incluindo-se loteamentos irregulares, caracterizando-a como de elevada densidade de áreas construídas e de superfícies impermeáveis. Nestes setores, a rede hidrográfica recebe diretamente o despejo de esgotos domésticos e lixo, o que contribui para contaminação das águas e para o assoreamento dos canais. Com o estrangulamento e obstrução de seções do canal, agravam-se as condições do escoamento, favorecendo a ocorrência de transbordamentos e inundações.

Relevos de Dissecação (Degradação)

Colinas e Morrotes Cristalinos

Compreendem os relevos colinosos e de morrotes baixos desenvolvidos em rochas cristalinas, sobre os quais se assentam coberturas coluviais. Apresentam topografia suave ondulada, com declividades variáveis de menos de 8% e de 8% a 75%, amplitudes altimétricas locais inferiores a 100m, com predomínio de perfis de encostas côncavas e retilíneas.

Podem ocorrer de forma dispersa ou como espigões alongados que projetam-se das áreas vizinhas de morros convexos. Estão separados pelas áreas planas aluviais ou por vales preenchidos por sedimentos com topografia suavemente ondulada, que interdigitam-se com as superfícies inclinadas em rampa, que prolongam-se de suas encostas. A origem desses sedimentos é presumivelmente alúvio-coluvionar. O processo dominante nesta unidade é o escoamento superficial, em função da elevada densidade de área construída e da existência de superfícies impermeáveis.

Morros Cristalinos

Esta unidade é composta por feições de morros desenvolvidos em rochas cristalinas, que ocorrem como serras alongadas (Inácio Dias e Valqueire), ou como morros isolados (Mato Alto, Catonho, Jordão e Barro Vermelho). Com declividades predominantes variando de 20% a 75%, amplitudes altimétricas locais de 100m a menos de 250m e perfis de encostas variáveis, este ambiente pode ser caracterizado como de alta energia, potencialmente favorável à ocorrência de processos erosivos generalizados. Os processos morfogenéticos dominantes incluem desde a desagregação mecânica de rochas, até processos de escoamento superficial difuso e concentrado com o desenvolvimento de sulcos, ravinas e voçorocas, além de movimentos de massa localizados, como escorregamento, rastejamento e deslizamento.

A erosão laminar ocorre nas encostas desprovidas de cobertura vegetal, tendo sido observado que, nas áreas de ocupação recente, precariamente ou não urbanizada, desenvolvem-se formas erosivas induzidas por este tipo de ocupação. É o caso das áreas de favelas situadas em encostas desmatadas, onde a característica do assentamento realiza inicialmente o corte de taludes. A existência de ruas não pavimentadas, por sua vez, expõe o solo à ação erosiva das águas de escoamento superficial, sendo que as

mesmas funcionam como eixos da drenagem. Este fato acentua-se por ocasião de chuvas intensas, quando o escoamento em lençol evolui para o fluxo concentrado, com o desenvolvimento de ravinas.

Ocorrências de voçorocamento foram verificadas na favela Fazenda Mato Alto, posteriormente às chuvas de fevereiro de 1996, conforme documentado pelo Projeto Favela-Bairro, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (IPP, 1996).

Este mesmo tipo de feição erosiva foi observado em campo, na rua José Braga, no eixo de drenagem de uma bacia de ordem zero, não canalizada. A voçoroca desenvolveu-se ao longo do talvegue, na média encosta, lateralmente à rua e abaixo de uma área ocupada por casas esparsas.

Ocorrências de deslizamentos estão registradas em fotografias aéreas de 1996, no morro do Valqueire, localizadas nas encostas de uma bacia de primeira ordem, com declives superiores a 75% e recobertas por vegetação florestal. Escorregamento e queda de blocos no morro do Inácio Dias, em encosta com declives superiores a 45%, estão documentados em fotografia aérea de 1957.

O inventário destes registros, determinados por condicionantes naturais ou induzidos por atividade antrópica, possibilita identificar áreas que, segundo as características específicas, possam ser qualificadas como potencialmente favoráveis à ocorrência de erosão ou de movimentos de massa.

Relevos de Transição (Depósitos de Encosta e de Fundo de Vale)

Depósitos de Alúvio-Colúvio

Compreendem os terrenos localizados nos fundos de vales, não identificados com depósitos aluvionares quaternários, de topografia horizontal a sub-horizontal com declividades inferiores a 8%. Nestas áreas, a topografia é suavemente ondulada, diferenciando-se das superfícies planas correspondentes aos depósitos quaternários aluviais. Estes fundos de vale foram identificados como resultado de colmatagem, provavelmente de natureza alúvio-coluvionar.

Correspondem, nas áreas onde não existem drenagem canalizada a rampas de alúvio-colúvio, representadas por superfícies sub-horizontais de declives em torno de 3% que interdigitam-se com as superfícies inclinadas das baixas encostas vizinhas. Nos vales

canalizados, estas feições podem relacionar-se a rampas-terraços, uma vez que constituem superfícies livres da ação fluvial. Em ambos os casos correspondem a antigos vales entulhados, característicos da região Sudeste do Brasil.

Depósitos de Tálus-Colúvio

Estas formações compreendem os terrenos inclinados, derivados da acumulação de material detrítico proveniente das superfícies de montante e ocorrem junto à base ou à meia encosta dos morros, com declividades predominantes de 8% a 45% e perfis retilíneos a côncavos.

Devido à natureza do material constituinte, de caráter inconsolidado e heterogêneo, os depósitos de tálus são altamente suscetíveis à erosão. Os processos dominantes são o transporte de material por movimentos coletivos do solo e a atuação da água de escoamento superficial e subsuperficial.

Na área de estudo, as ocorrências mais significativas correspondem aos depósitos situados na encosta do morro de São José, sobre o qual assenta-se a favela Barão e aqueles identificados na base do morro da Covanca, com declives superiores a 20%.

SUB-BACIAS DO RIO TINDIBA E CÔRREGO DO CATONHO, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO - RJ

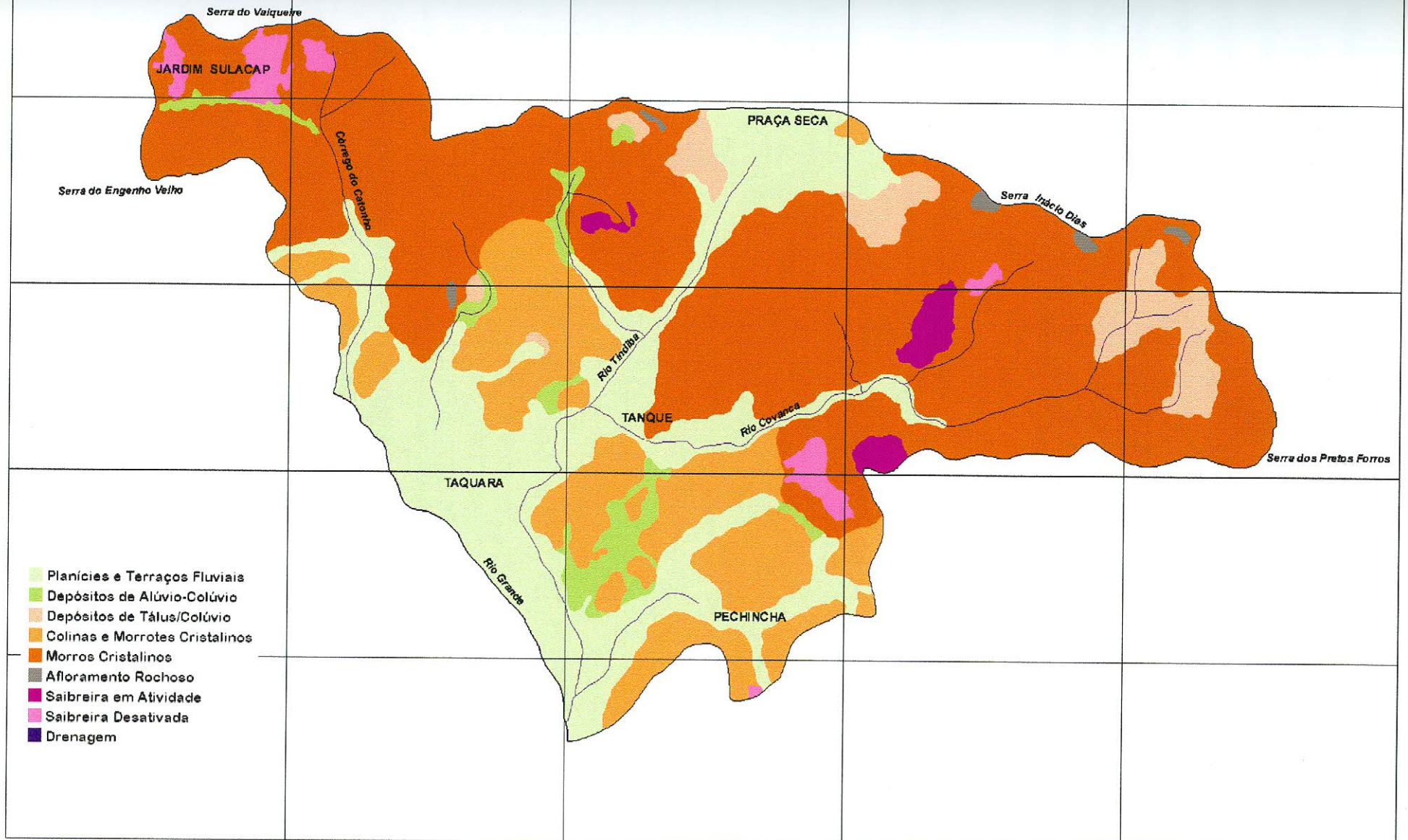


Figura 5. Mapa Geomorfológico

4.4. Solos

Dois grandes grupos de solos estão presentes na área de estudo: os Latossolos e os Argissolos. Pequenas manchas de Neossolos Flúvicos podem ser encontradas a oeste, onde ocorrem exposições em meio à área urbanizada (Figura 6). Para a descrição de suas propriedades utilizou-se o Levantamento Semidetalhado e Aptidão Agrícola dos Solos do Município do Rio de Janeiro, RJ (EMBRAPA/SNLCS, 1980) e a atualização das legendas (Tabela 1) está de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA / CNPS, 1999).

Tabela 1. Correlação entre as legendas de solos

Identificação das Unidades de Mapeamento	
Mapa Semidetalhado de Solos do Município do Rio de Janeiro (Embrapa / SNLCS, 1980)	Atualização de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa / CNPS, 1999)
Ade	RUde
LVa1	LVAd1
LVa2	LVAd2
PVa1	PVAd1
PVa3	PVAd3
PVe2	PVAe2

Fonte: EMBRAPA/SNLCS (1980); EMBRAPA/CNPS (1999)

Latossolos

Os Latossolos, encontrados no Brasil geralmente em áreas de florestas e cerrado, caracterizam-se por apresentar um horizonte B latossólico, em avançado estágio de intemperização. São solos profundos, geralmente, ácidos a fortemente ácidos, bastante porosos e permeáveis, com textura que varia de média a muito argilosa, e com predomínio de argilominerais do grupo 1:1 (caulinítico-gibbíticos), quartzo e outros minerais altamente resistentes a intemperização. Tendo em vista apresentarem propriedades caracterizadas pela boa permeabilidade e drenalidade e a pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B, estes solos apresentam reduzida suscetibilidade à erosão (Guerra e Botelho 1998).

Os Latossolos Vermelho-Amarelos, presentes na área de estudo, compreendem solos minerais não hidromórficos, pouco profundos a profundos, com textura argilosa e horizonte B latossólico. Apresentam transição entre os horizontes gradual ou difusa, pouco se distinguindo a diferenciação do conjunto das propriedades físicas, químicas e morfológicas ao longo do perfil. São solos, em geral, muito porosos, bem acentuadamente drenados.

Estes solos apresentam caráter distrófico, em função da baixa a muito baixa disponibilidade de nutrientes neles presentes. Devido a esta característica, constituem solos de fertilidade natural muito baixa.

Ocorrem, geralmente, em relevo forte ondulado, com declividades entre 20% e 45%, em altitudes superiores a 400 metros, nos maciços com rochas alcalinas do Cretáceo-Jurássico e gnaisses e/ou granitos do Pré-Cambriano.

Constituem solos de potencialidade agrícola muito baixa e suas principais limitações ao uso advêm da deficiência da fertilidade natural, resultante dos reduzidos teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, bem como da elevada saturação por alumínio trocável. Têm, também, limitação pela forte declividade e pelos riscos de erosão.

Na área de estudo, os Latossolos Vermelho-Amarelos ocupam as unidades de mapeamento LVAd1 e LVAd2. Estas unidades podem ser descritas como:

- LVAd1- Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado, textura argilosa, relevo forte ondulado;

- LVAd2 - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico pouco profundo A moderado, textura argilosa, relevo forte ondulado.

Argissolos

Os Argissolos Vermelho-Amarelos constituem solos minerais não hidromórficos, variando de rasos a profundos, bem drenados e com horizonte B textural, caracterizado por acumulação de argila

De modo geral, estes solos apresentam um gradiente textural acentuado, resultante da grande diferença de textura entre os horizontes, com os horizontes subsuperficiais mais argilosos que os superficiais, mais arenosos, o que pode constituir um obstáculo à infiltração da água ao longo do perfil, diminuindo sua permeabilidade e favorecendo o escoamento superficial e subsuperficial na zona de contato entre os diferentes materiais (Guerra e Botelho 1998). Apresentam-se com as texturas média/argilosa, média/muito argilosa e arenosa/argilosa.

A fertilidade natural varia de muito baixa a baixa, nos solos distróficos e de média a alta, nos solos eutróficos.

Ocorrem em áreas com relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado, com declividades entre 3% e 45% e altitudes inferiores a 150 metros. De uma maneira geral, estes solos são provenientes da decomposição de rochas gnáissicas e graníticas. Apesar de suas características de agregação e boa estruturação, apresentam relativa suscetibilidade aos processos erosivos, que será mais intensa quanto maiores forem as descontinuidades texturais e estruturais ao longo do perfil (Guerra e Botelho 1998), ou nas áreas de maiores declives.

Nas áreas com relevo menos acidentado, e menores declives, os Argissolos Vermelho-Amarelos têm melhor potencialidade agrícola. Nelas, a principal limitação ao uso advém da baixa a muito baixa fertilidade natural dos solos. Já nas áreas mais acidentadas, a principal limitação ao uso é devida aos riscos de erosão, resultando em potencialidade agrícola muito baixa.

Na área de estudo, os Argissolos Vermelho-Amarelos constituem os principais componentes das unidades de mapeamento PVAd1, PVAd3 e PVAe2, assim descritas:

- PVAd1 - Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado, textura média/argilosa, relevo ondulado;
- PVAd3 - Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico A moderado, textura média/muito argilosa, relevo ondulado;
- PVAe2 - Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico Tb raso A moderado textura média/argilosa + Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico Tb A moderado, textura média/argilosa + Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado, textura média/argilosa + Neossolos Litólicos indiscriminados fase substrato rochas graníticas e gnáissicas ácidas e básicas (migmatitos), relevo forte ondulado.

Neossolos Flúvicos

Os Neossolos Flúvicos têm distribuição regionalizada. São solos minerais pouco evoluídos, não hidromórficos, formados em depósitos aluviais recentes. Ocorrem em áreas de várzeas, pouco ou não sujeitas à erosão, ocupando as partes mais altas das baixadas, em superfícies de relevo plano, com declividades inferiores a 3%. De um modo geral, não apresentam grande risco à erosão devido à ocorrência em topografia plana.

Estes solos caracterizam-se por apresentar um horizonte Ap superficial (horizonte antropizado) bem diferenciado sobrejacente a camadas estratificadas, em geral gleizadas. São moderadamente a mal drenados, com textura indiscriminada e baixa a média fertilidade natural.

De modo geral, apresentam grande potencialidade agrícola, porém, suas principais limitações ao uso decorrem do risco de inundações a que podem estar sujeitos tendo em vista a natureza dos terrenos em que ocorrem.

Na área de estudo, os Neossolos Flúvicos são os principais componentes da unidade de mapeamento RUde. Esta unidade é formada pela associação de Neossolos Flúvicos distróficos e eutróficos Tb A moderado, textura indiscriminada + Cambissolo Háptico distrófico e eutrófico Tb A, moderado, textura indiscriminada, fase substrato sedimentos aluviais, relevo plano.

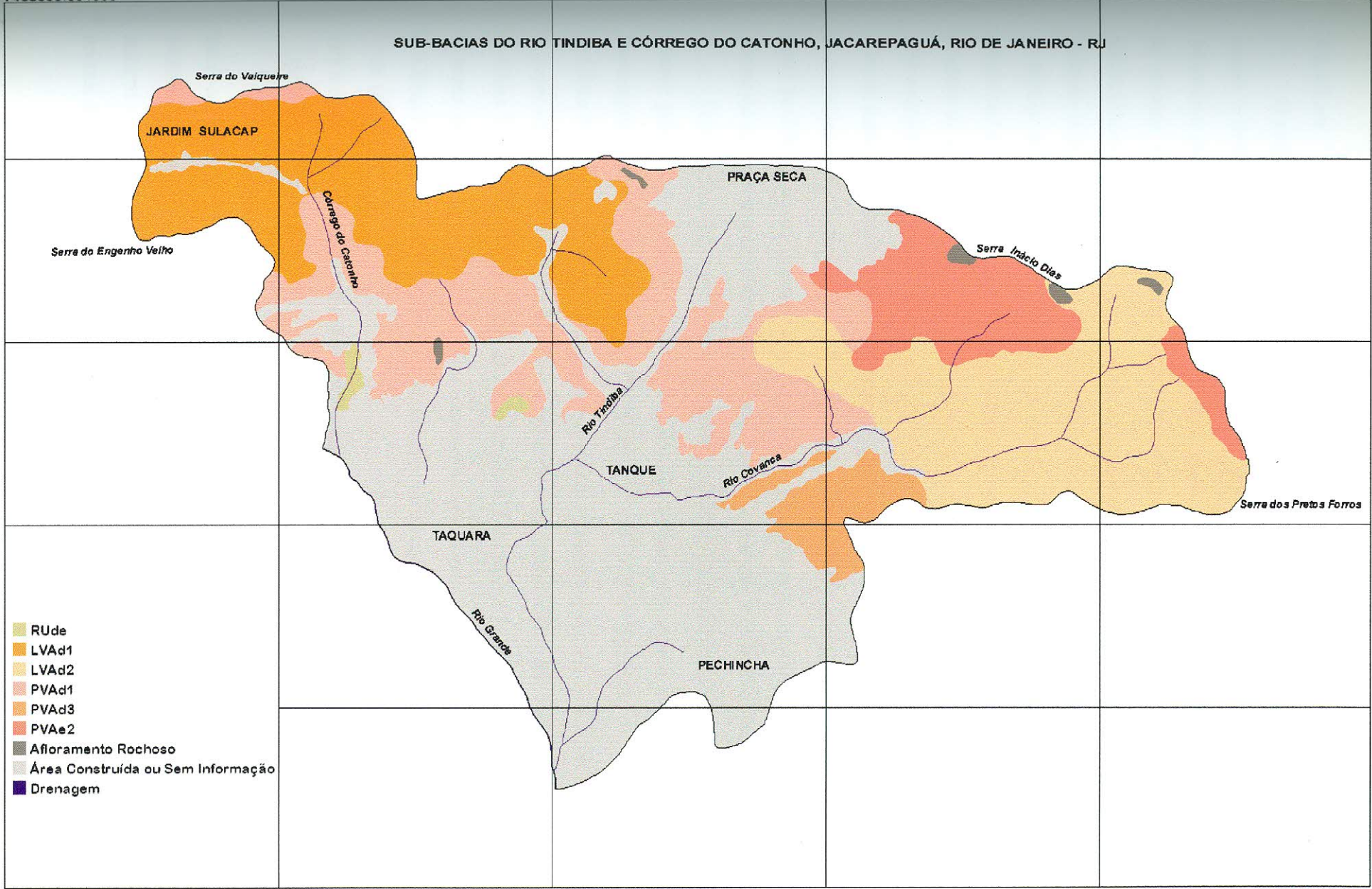


Figura 6. Mapa de Solos

4.5. Clima

O clima do Estado do Rio de Janeiro pode ser classificado como do tipo tropical, quente e úmido, apresentando diferenciações regionais determinadas por sua posição geográfica, pela disposição do relevo e pela influência exercida pelas entradas freqüentes de massas de ar de origem polar (Domingues *et al.*, 1976). A localização nas proximidades do Trópico de Capricórnio e do Oceano Atlântico confere à região intensa radiação solar e disponibilidade de superfícies líquidas, responsáveis pela criação de condições ótimas à evaporação, o que explica, em parte, os elevados índices de precipitação. Dessa forma, a Região Sudeste permanece a maior parte do ano sob o domínio da Massa Tropical Atlântica, quente e úmida, sendo freqüentemente perturbada pela circulação de anticiclones móveis de origem polar, tratando-se, portanto, de uma zona de transição entre o ar polar e o tropical (Nimer, 1989). Os anticiclones polares que se deslocam para o Estado durante o verão, quase sempre com direções de vento S e SE, tendo modificadas suas propriedades originais ao absorver calor e umidade na superfície quente do mar, provocam chuvas e trovoadas intensas durante a estação (Nimer, 1989).

Tendo como base o sistema geral de circulação atmosférica e a influência dos fatores geográficos locais, o estado do Rio de Janeiro apresenta, de acordo com Domingues *et al.* (1976) e Nimer (1977), a seguinte sub-divisão climática:

- a) Clima Tropical Quente (todos os meses com temperatura superior a 18⁰C)
 - super-úmido (sem seca); úmido (1 a 3 meses secos); semi-úmido (4 a 5 meses secos)
- b) Clima Tropical Subquente (temperatura média do mês mais frio entre 18 e 15⁰C)
 - super-úmido (sem seca); úmido (1 a 3 meses secos); úmido (1 a 3 meses secos)
- c) Clima Tropical Brando Super-Úmido (sem seca e temperatura média do mês mais frio de 15 a 10⁰C)
- d) Clima Tropical Mesotérmico Médio Super-Úmido (sem seca e temperatura média do mês mais frio inferior a 15⁰C)

Neste contexto, o tipo climático característico do município do Rio de Janeiro insere-se no Tropical Quente, com os valores de umidade variando de úmido (menos de 1400mm de precipitação), na área que se estende em uma faixa contínua no reverso dos maciços da Tijuca e da Pedra Branca, desde o norte da Baía de Sepetiba até o setor oriental da Baía de Guanabara, a super-úmido (acima de 1400mm de precipitação) nas

áreas onde é maior a influência marítima ou do relevo, localizadas na faixa litorânea ao sul e baixadas vizinhas (Sepetiba e Jacarepaguá) e nas áreas de cotas mais elevadas dos maciços da Tijuca e da Pedra Branca. A temperatura média anual é superior a 22°C , com exceção das áreas elevadas dos mencionados maciços, onde a mesma atinge valores inferiores, de acordo com a variação da altitude (Abreu, 1957).

A área de estudo, localizada na extremidade norte da Baixada de Jacarepaguá, situa-se em uma posição intermediária entre os dois sub-tipos climáticos existentes no município. De acordo com dados da FIDERJ (1978), a estação meteorológica de Jacarepaguá apresentou para o período de 1931-1975 os valores de 1243,5mm de precipitação média anual e $23,1^{\circ}\text{C}$ de temperatura média compensada. A temperatura média do mês mais frio é de 20°C em julho, sendo os meses mais quentes janeiro e fevereiro, com temperaturas médias de $26,5^{\circ}\text{C}$. O período mais seco compreende os meses de junho-julho-agosto, com precipitações médias inferiores a 50mm; o período mais úmido estende-se de novembro a março, com precipitações médias superiores a 120mm. O padrão de distribuição anual da precipitação, coincidente com as estações de Bangu, Penha e Santa Cruz (Figura 7), confirma a existência na área de estudo de um curto período seco (3 meses). Estes dados, associados ao valor da temperatura média anual, permitem classificar o tipo climático da área como Tropical Quente e Úmido.

Os valores do balanço hídrico são dados que fornecem informações importantes para a avaliação do escoamento superficial e da disponibilidade de água no solo, tendo, entre, outras, aplicabilidade na agricultura e nos estudos de erosão dos solos. De acordo com dados da FIDERJ (1978) representados na Figura 8, os valores de Evapotranspiração Potencial e Evapotranspiração Real são equivalentes, exceto nos meses de julho a outubro, período no qual os valores de Evapotranspiração Potencial são maiores do que os de Evapotranspiração Real. A Evapotranspiração Potencial representa a quantidade máxima de água evaporada e transpirada pela vegetação ao passo que a Evapotranspiração Real representa a quantidade de água efetivamente evaporada e, quando estes valores são iguais, a quantidade de água no solo é suficiente para manter a vegetação verde (FIDERJ, 1978). No período de junho a outubro, a quantidade de água armazenada no solo (ARM) diminui e o valor da Evapotranspiração Potencial ultrapassa o da Evapotranspiração Real, o que se explica pelo fato de os meses de setembro e

outubro representarem o final do período seco, ou seja, os meses em que o valor de Armazenamento de Água no Solo apresenta-se mais baixo. Com o início do período chuvoso em outubro/novembro, os valores de EP e ER se equilibram, aumentando a disponibilidade de água no solo, com o que os valores de ARM mantêm-se acima de 100mm.

Estes dados, de acordo com Jackson (1977, *in* Ayoade, 1986) podem ser aplicados, entre outros, como “parte de um modelo para investigar as relações precipitação - escoamento, com vistas a prever o escoamento a partir de dados de precipitação”. A equação de balanço hídrico, conforme demonstra Ayoade (1986) é:

$$P - Q - E \pm \Delta S = 0$$

onde P é a precipitação, Q é o escoamento, E é a evapotranspiração e ΔS representa as variações de água do solo e da umidade armazenada. Ayoade (1986) refere-se a simplificações no cálculo do balanço hídrico, no qual considera-se que o escoamento superficial somente se inicie após excedida a capacidade de armazenamento de umidade do solo, sendo esta comumente considerada como um valor determinado em 250 mm, invariável nos diversos tipos de vegetação. Os dados de ARM aqui apresentados são valores médios e devem ser analisados como indicativos dos períodos onde é maior a disponibilidade de água no solo, sendo, portanto, úteis para uma avaliação do escoamento superficial, principalmente nos meses do verão, quando por ocasião das chuvas torrenciais esta capacidade pode ser excedida em um curto intervalo de tempo. Valores extremos de precipitação máxima em 24 horas, no período de 1971 a 1987, foram registrados na Estação Meteorológica de Jacarepaguá, de acordo com dados do INMET /Departamento Nacional de Meteorologia, nos dias 26/02/87, 100mm, para um total mensal de 133,4mm; 12/04/85, 144,2mm, para um total mensal de 212,6mm; 11/04/87, 109,3mm, para um total mensal de 240,9mm.

Embora os valores apresentados refiram-se a condições extremas, servem para ilustrar o comportamento da distribuição da precipitação na área de estudo, considerando-se que nos meses mais chuvosos do verão também é maior a umidade antecedente do solo, não sendo necessário atingir-se estes valores extremos para que ocorra o escoamento superficial.

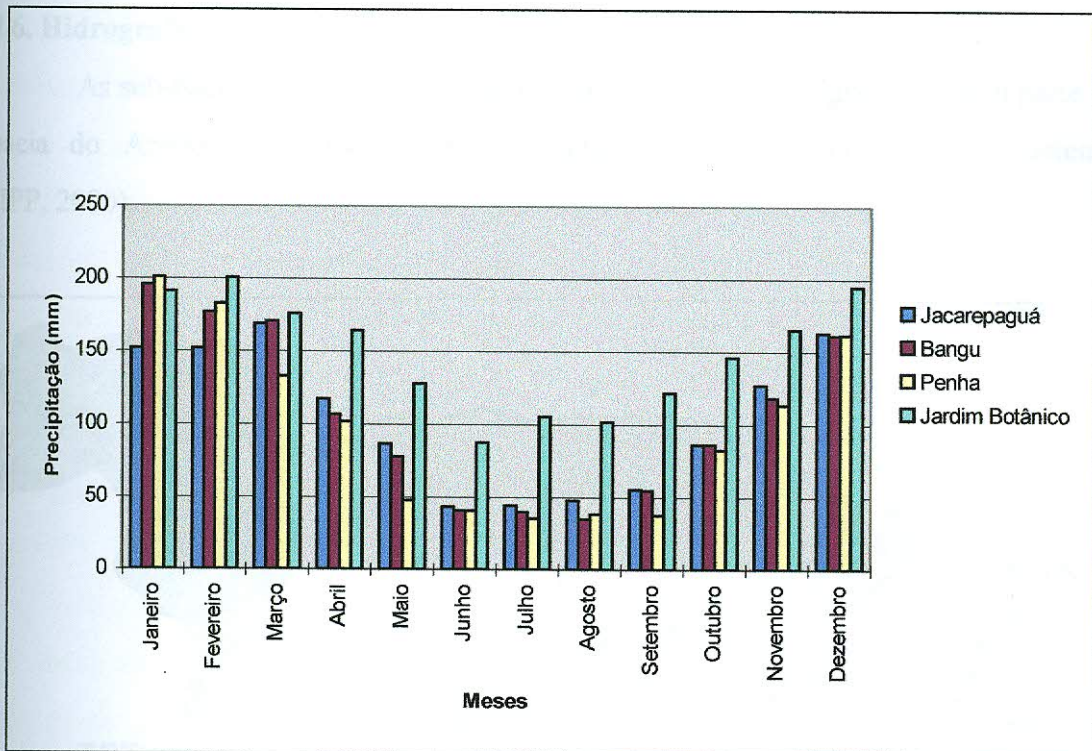


Figura 7. Precipitação média mensal das estações meteorológicas de Jacarepaguá, Bangu, Penha e Jardim Botânico, período de 1931-1975.

Fonte: FIDERJ (1978)

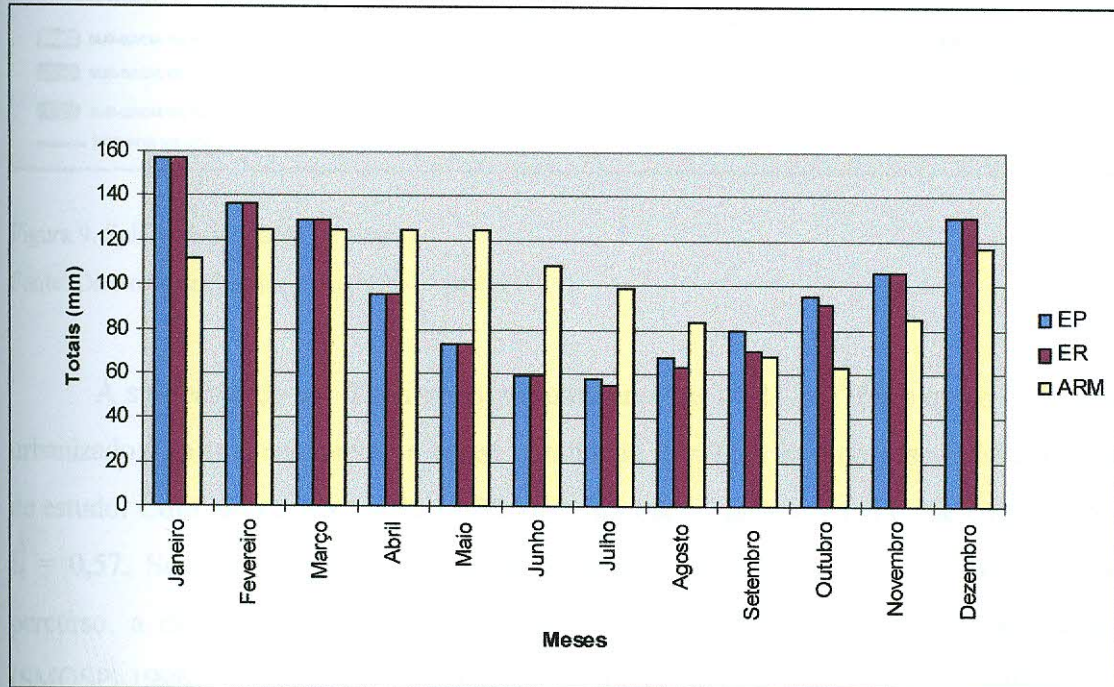


Figura 8. Balanço hídrico da estação meteorológica de Jacarepaguá - Médias mensais de Evapotranspiração Potencial (EP), Evapotranspiração Real (ER) e Armazenamento de Água no Solo (ARM), período 1931-1975.

Fonte: FIDERJ (1978)

4.6. Hidrografia

As sub-bacias do rio Tindiba e do córrego do Catonho (Figura 9) fazem parte da bacia do Arroio Fundo/Rio Grande, integrante da Bacia das Lagoas Costeiras (IPP, 2000).

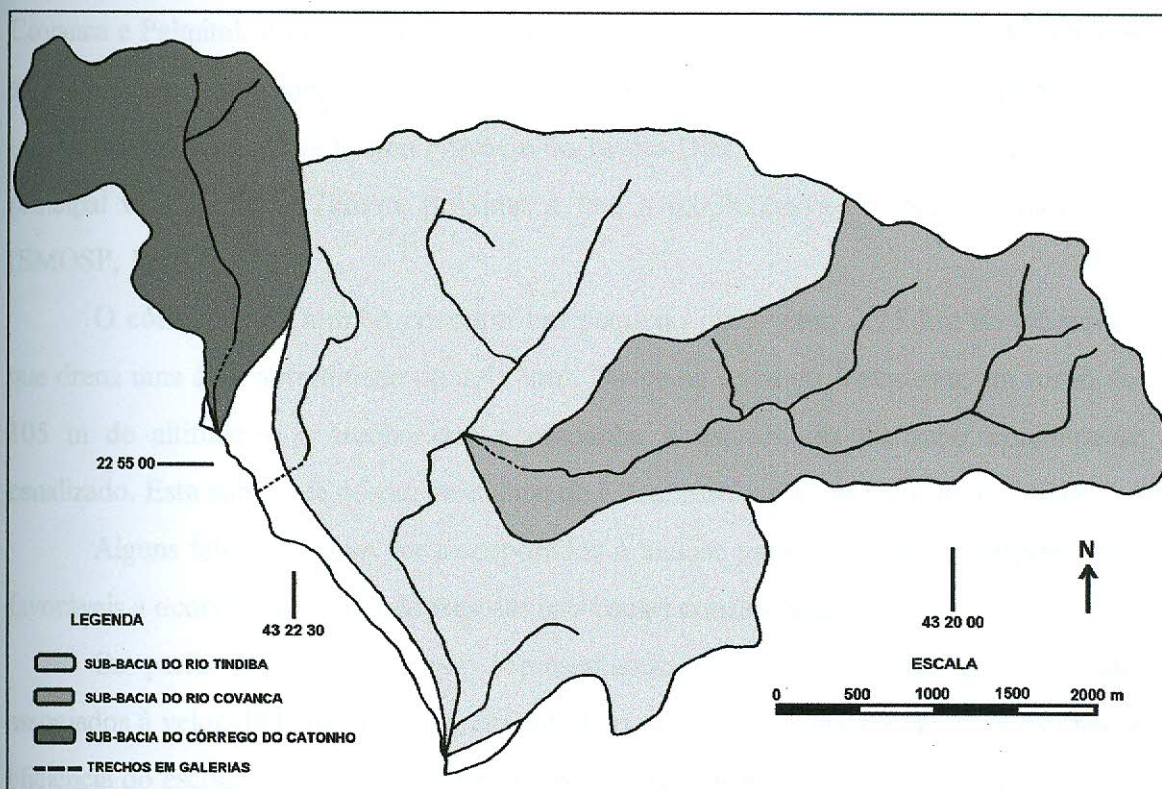


Figura 9. Sub-bacias da área de estudo.

Fonte: Diretoria de Serviço Geográfico - DSG (1979)

A sub-bacia do rio Tindiba possui uma área de $14,21 \text{ km}^2$ (dos quais 66,4% são urbanizados), o que representa a quase totalidade dos $16,8 \text{ km}^2$ correspondentes à área de estudo. Com um perímetro de $17,75 \text{ km}$, esta bacia apresenta índice de circularidade, $I_c = 0,57$. Seu rio principal, o Tindiba, tem um comprimento de $4,91 \text{ km}$ e, neste percurso, a declividade média do seu canal varia de $0,00381 \text{ m/m}$ a $0,00456 \text{ m/m}$ (SMOSP, 1996). É um rio de 3ª. ordem, segundo a classificação de Strahler (1952).

Seus afluentes pela margem direita são pequenos cursos com nascentes no morro do Mato Alto (estrada da Chácara) e no morro do Catonho (rua Jordão). Este último teve seu curso desviado através de galeria subterrânea sob a rua Caviana, para desaguar

diretamente no rio Grande. Pela margem esquerda, o rio Tindiba recebe sua principal sub-bacia contribuinte, a do rio Covanca (ou Pechincha).

A sub-bacia do rio Covanca possui uma área de $4,76 \text{ km}^2$ (dos quais 34,2% são urbanizados) e um perímetro de 12 km, que resulta no valor de $I_c = 0,41$. Seu canal principal, com um comprimento de 4,97 km, tem como formadores os riachos da Covanca e Palmital. As nascentes destes riachos encontram-se no Maciço da Tijuca, em área com vegetação florestal secundária bem preservada, a 325m e 225m de altitude, localizadas nas serras dos Pretos Forros e do Inácio Dias. A declividade média do canal principal varia de 0,02172m/m, próximo à foz, a 0,02822m/m no trecho a montante (SMOSP, 1996).

O córrego do Catonho constitui um pequeno curso com 2,25 km de extensão, que drena uma área aproximada de $2,45 \text{ km}^2$. Nasce na serra do Valqueire, em torno de 105 m de altitude e o trecho que acompanha a estrada do Catonho encontra-se canalizado. Esta sub-bacia possui perímetro de 8 km, resultando no valor de $I_c = 0,48$.

Alguns fatores podem ser incorporados à análise para avaliar as condições mais favoráveis à ocorrência de inundações nas sub-bacias consideradas.

Os perfis longitudinais, por representarem os gradientes dos canais, estão associados à velocidade da corrente, constituindo parâmetros importantes para estimar a eficiência do escoamento, bem como a intensidade dos processos de erosão e transporte. Na Figura 10 estão representados os perfis longitudinais dos principais rios da área de estudo.

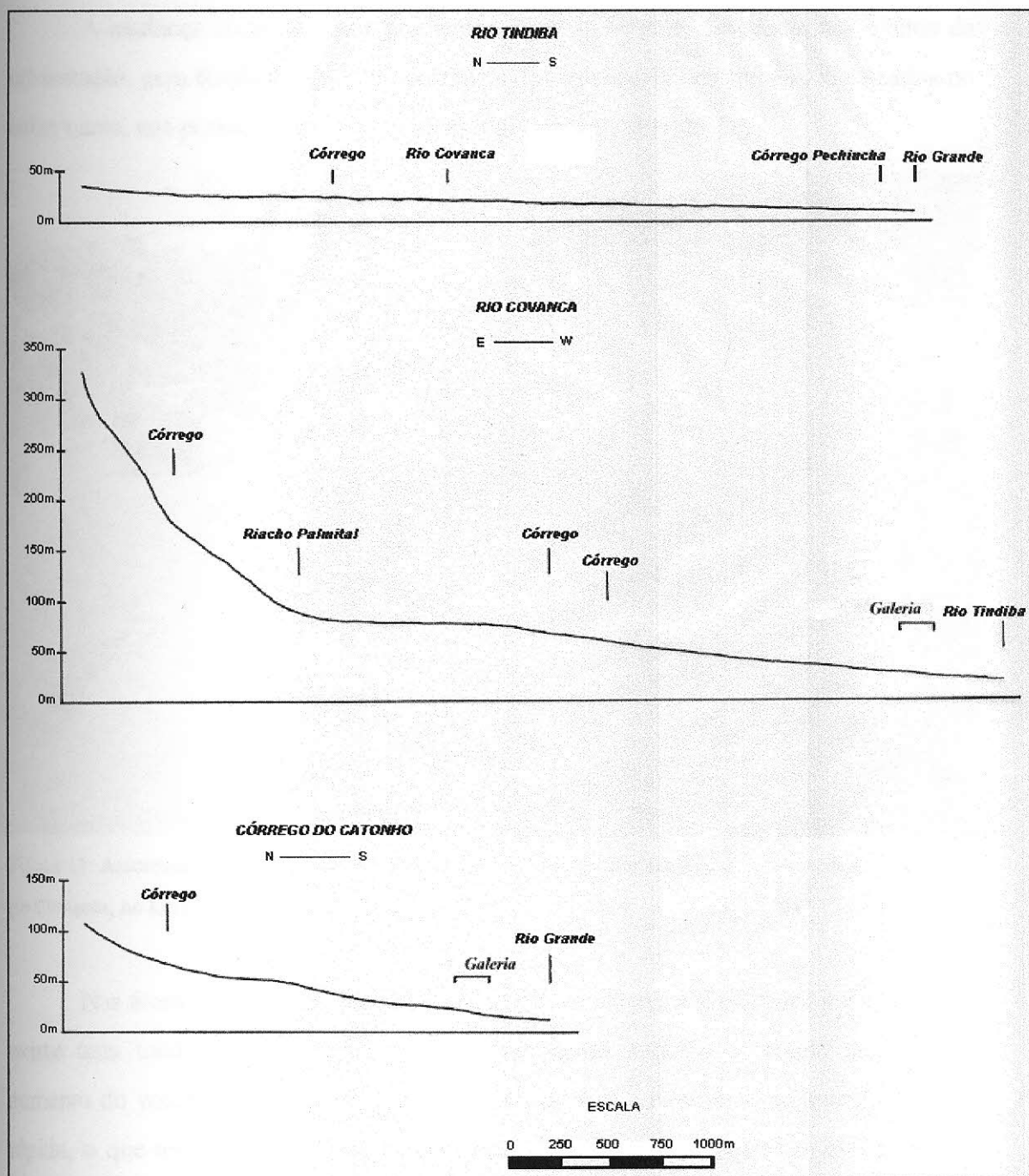


Figura 10. Perfis longitudinais dos rios principais.

Fonte: Diretoria de Serviço Geográfico - DSG (1979)

No rio Covanca, por exemplo, os gradientes tornam-se mais acentuados a montante da confluência dos riachos formadores, em altitudes superiores a 100m, sendo que os trechos situados em cotas inferiores a 100m correspondem a baixos gradientes, conforme pode ser constatado pelo perfil longitudinal do canal principal.

A mudança acentuada nos gradientes, nesta sub-bacia, associada aos efeitos da urbanização, gera condições para a ocorrência de inundações nos trechos localizados no baixo curso, nos períodos de precipitações mais intensas (Figura 11).



Figura 11. Assoreamento e marcas do nível atingido pelas águas, por ocasião de enchentes, em trecho do rio Covanca, no Largo do Tanque.

Nas áreas urbanizadas, devido à existência de extensas superfícies impermeáveis, existe uma tendência a intensificar-se o escoamento superficial, resultando em um aumento do volume de água escoada e um pico de vazão elevado e de ocorrência mais rápida, o que tem sido identificado como uma das causas das cheias em áreas urbanas (Mota, 1999). Foram observados na área de estudo e, particularmente na sub-bacia do rio Covanca, entre outros fatores decorrentes da urbanização, a redução nas seções transversais devido ao assoreamento dos canais e ocupação das margens, o lançamento de lixo e a grande quantidade de carga transportada pelos rios, resultando na obstrução parcial da galeria existente na área urbana.

O clima do tipo tropical, por sua vez, caracterizado pela existência de uma estação mais úmida, com chuvas intensas concentradas no período que se estende de

novembro a março, confere a estes rios um regime onde é mais freqüente, nesses meses, a ocorrência de vazões elevadas (Figura 12).

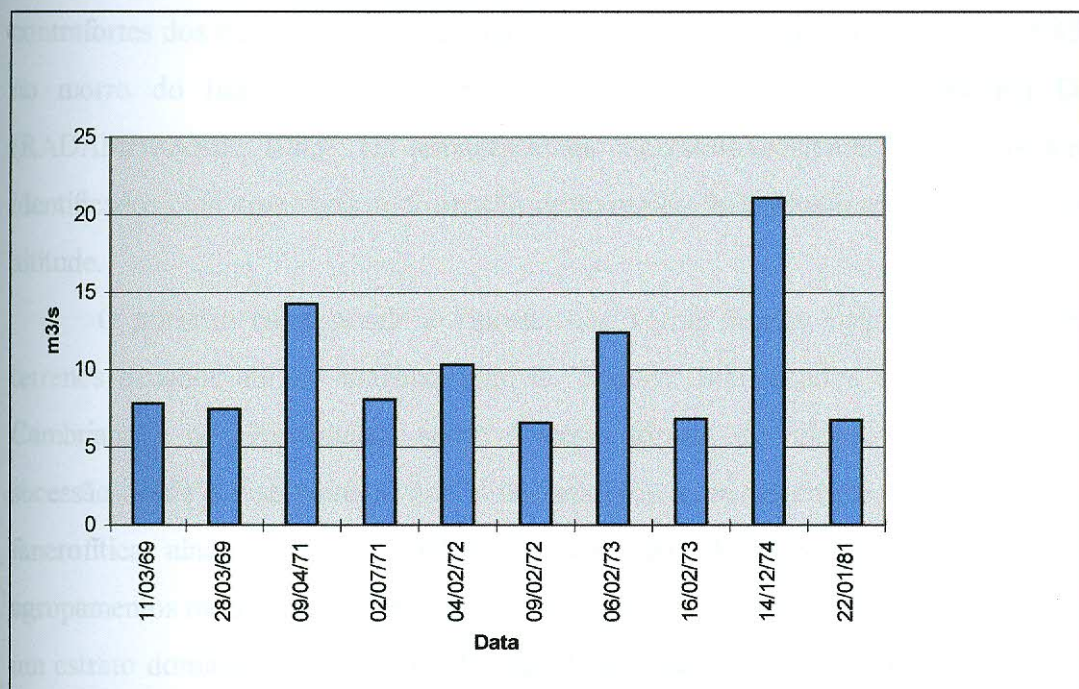


Figura 12. Maiores vazões do rio Tindiba.

Fonte: SERLA (1995)

Um outro fator a ser considerado é o tempo de concentração (T_c). Este é um importante indicador para estimar a intensidade da precipitação (Bidone e Tucci, 1995) e para o seu cálculo é necessário determinar o comprimento médio e a declividade do canal. O tempo de concentração da sub-bacia do rio Tindiba é de 1,83 h e da sub-bacia do rio Covanca de 1,00 h. Dentre as sub-bacias integrantes da bacia do Arroio Fundo/Rio Grande, a que apresenta menor valor é a do córrego da Panela com $T_c = 0,60$ h; a do Arroio Fundo, em sua foz, apresenta $T_c = 6,47$ h (SMOSP, 1996).

Finalmente, o índice de circularidade (I_c) pode ser utilizado como indicador de maior ou menor tendência para a ocorrência de cheias em uma bacia hidrográfica, considerando-se que quanto maior for o índice (valor máximo = 1,0), a forma da bacia estará mais próxima da forma circular, condição que sugere concentração mais rápida das águas conduzidas pelos afluentes, com de picos de vazão mais elevados e possibilidade de cheias mais violentas (Selby, 1985).

4.7. Cobertura Vegetal

A área de estudo, localizada na porção centro-oriental do município do Rio de Janeiro, compreende o extremo norte da Baixada de Jacarepaguá e trechos dos contrafortes dos maciços da Tijuca e da Pedra Branca, atingindo altitudes de até 450 m, no morro do Inácio Dias, inserindo-se na região da Floresta Ombrófila Densa. (RADAMBRASIL, 1983). Os remanescentes florestais existentes na área podem ser identificados com dois tipos de formação desta região, individualizados de acordo com a altitude.

O primeiro corresponde à Floresta das Terras Baixas, originalmente ocupando terrenos situados até no máximo 50m de altitude, relacionados a litologias do Pré-Cambriano e do Quaternário, sobre diversas formas de relevo. Caracteriza-se pela sucessão desde a fase pioneira dos locais salobros, com vegetação higrófila, até a fase fanerófitica, ainda em áreas úmidas mas com água doce. Na parte bem drenada os agrupamentos mais estáveis apresentam um estrato dominante de cerca de 25m de altura, um estrato dominado de cerca de 20m da altura e um estrato intermediário de cerca de 10m de altura. A estrutura fanerófitica da formação apresenta lianas e epífitas em abundância. Contudo, devido à sua localização, a maior parte da área recoberta por esta formação é atualmente ocupada pelo uso urbano e por pastagens.

A segunda formação corresponde à Floresta Submontana, que ocorre em áreas dissecadas com altitudes de 50 a 500m, sobre solos oriundos de litologia do Pré-Cambriano. Este tipo de vegetação caracteriza-se por possuir estrutura fanerófitica, com ocorrência de caméfitas, epífitas (dentre as quais bromélias) e lianas, e a presença de um estrato arbóreo de até 25-30m de altura. Existe muita ocorrência de imbaúba (*Cecropia sp.*) e é comum encontrarem-se no estrato inferior plântulas de regeneração de espécies do estrato dominante, algumas criptófitas e umas poucas caméfitas das famílias *Rubiaceae*, *Myrtaceae* e *Melastomataceae*. Remanescentes dessa formação são encontrados nas cotas mais elevadas das serras do Inácio Dias (floresta da Covanca) e dos Pretos Forros (floresta dos Pretos Forros). Porém, grande parte do ambiente da Floresta Ombrófila Densa Submontana encontra-se ameaçada por antropismos, principalmente pelo avanço da ocupação urbana desordenada, como favelas e

loteamentos irregulares, ou pela formação de pastagens. Por localizar-se em encostas com declive acentuado é considerada área de interesse para a preservação permanente.

Este tipo de formação florestal, que recobre as serras e maciços cariocas, corresponde à floresta tropical úmida, que distribui-se por toda a vertente atlântica da Região Sudeste (Domingues *et al.* 1976). Deve sua existência à umidade que, trazida pelos ventos marítimos, precipita-se nas encostas das serras voltadas para o oceano (Hueck, 1972; Domingues *et al.* 1976; Ferri, 1980), estando, portanto, fortemente condicionada pelas condições da pluviosidade e pelo relevo. Recebe diferentes designações como “mata megatérmica hidrófila”, “floresta da encosta atlântica”, “zona de matas costeiras”, “florestas orientais” ou “matas tropicais” (Abreu, 1957). Esta floresta, também conhecida pela denominação de Mata Atlântica, é, na apreciação de Romariz (1974), quase tão rica e variada quanto à amazônica, embora com árvores mais baixas, em virtude destas recobrirem encostas quase sempre íngremes, com maior facilidade quanto à iluminação.

Devido à sua localização, este ecossistema sofreu fortemente os impactos ambientais decorrentes dos diferentes ciclos econômicos do Brasil. A degradação da Floresta Tropical Atlântica teve como principais agentes a extração e a derrubada sistemática da vegetação, refletindo o interesse iniciado no século XVI com a extração do pau-brasil e outras árvores da Mata Atlântica, para a utilização como corante ou madeira para marcenaria (Dean, 1996). Posteriormente, com o avanço da colonização após a segunda metade do século XVII, no Estado do Rio de Janeiro, as encostas e meia-encostas foram ocupadas com cultivos e construções, desencadeando a conseqüente retirada da vegetação, sendo preservadas apenas as áreas de maiores declives ou de difícil acesso.

A área de estudo apresenta, por conseguinte, níveis variados de degradação ambiental (IPP, 2000) e reflete a intensidade com que a intervenção humana, voltada para o uso da terra, contribuiu para a descaracterização da vegetação primitiva, originando o que Veloso *et al.* (1991) qualificam como sistemas de vegetação secundária (Figuras 13 e 14). A vegetação existente encontra-se em estágios diferenciados de regeneração, incluindo-se a floresta secundária, em estágio avançado, que compreende as comunidades com mais de 25 anos (Artigo 6º. do Decreto 750, de 10/02/93).

Embora ameaçados pelo avanço da ocupação, remanescentes da vegetação primitiva acham-se parcialmente preservados nas principais unidades de conservação existentes na área ou próximo a ela, onde ainda podem ser encontrados exemplares de espécies nativas (IBAM, 1998). Dentre as espécies encontradas no Parque Nacional da Tijuca podem ser citadas a caviúna (*Dalbergia nigra* - *Leguminosae*), as canelas (*Ocotea spp* e *Cryptocaria spp* - *Lauraceae*), as embaúbas (*Cecropia spp* - *Moraceae*) e os ipês (*Tabebuia spp*); no Parque Estadual da Pedra Branca citam-se os jequitibás (*Cariniana legalis* e *Cariniana estrellensis* - *Lecythidaceae*), tapinhoã (*Mezilaurus navalium* - *Lauraceae*), noz-moscada-silvestre (*Cryptocarya jacarepaguensis* - *Lauraceae*) e o vinhático (*Plathymenia foliosa* - *Leguminosae*). Entremeadas na vegetação do Parque Estadual da Pedra Branca e nas áreas próximas aos remanescentes florestais do Maciço da Tijuca, encontram-se espécies exóticas introduzidas pelo homem, testemunhando o passado de ocupação e exploração da região, como o cafeeiro (*Coffea arabica* - *Myrtaceae*), a jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* - *Myrtaceae*), a jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* - *Moraceae*), a mangueira (*Mangifera indica* - *Anacardiaceae*) e o eucalipto.

A cobertura vegetal remanescente da área de estudo encontra-se representada no mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo, 1999 (Figura 20), apresentado no item Monitoria Ambiental e Dinâmica do Uso do Solo.



Figura 13. Aspecto da cobertura vegetal na localidade do Mato Alto, destacando-se os remanescentes da floresta secundária e área desmatada sob linha de transmissão de energia.



Figura 14. Aspecto típico de campo antrópico, próximo à saibreira do Vale do Paraíso, com marcas de pisoteio de gado e sinais de erosão laminar.

5. PROCESSO DE OCUPAÇÃO E IMPACTOS ASSOCIADOS

5.1. Histórico

O vale do rio Tindiba localiza-se entre os maciços da Tijuca e da Pedra Branca e constitui um dos mais antigos acessos à Baixada de Jacarepaguá, tendo sido através dele que deu-se o processo de ocupação da região da Praça Seca e arredores. Por esse vale estende-se a rua Cândido Benício que, até meados da década de 1950, quando foi construída a auto-estrada Grajaú-Jacarepaguá, representava a principal artéria de comunicação do bairro com o Centro da Cidade.

O povoamento desta região insere-se, portanto, no processo histórico de ocupação do bairro de Jacarepaguá e da baixada vizinha, tendo em vista a peculiaridade de sua localização geográfica.

Até o início do século XX esta passagem era conhecida como o Vale do Marangá, topônimo de origem tupi-guarani, que significa campo de batalha ou lugar de combate, alusão a prováveis confrontos entre portugueses e índios ocorridos na região da atual Praça Seca, ou entre portugueses e franceses da expedição de 1710 chefiada por Jean François Duclerc (Costa, 1986a).

A colonização de Jacarepaguá, contudo, é anterior a estes episódios e remonta ao final do século XVI, quando Salvador Correia de Sá, primeiro Governador do Rio de Janeiro doou a seus filhos Gonçalo Correia de Sá e Martim Correia de Sá, em 1594, como duas sesmarias, as terras da restinga da Tijuca de Jacarepaguá, estendendo-se a primeira desde a Barra da Tijuca, passando pela Freguesia e Taquara, até o Campinho e a segunda desde o Camorim até o Recreio dos Bandeirantes, incluindo a faixa litorânea (Costa, 1986a e 1995; Araújo, 1995). Costa (1986a) atribui a transformação urbana mais rápida ocorrida nas terras de Gonçalo Correia de Sá ao fato deste tê-las ocupado imediatamente após a concessão e aí ter fundado engenhos de açúcar, ao passo que Martim Correia de Sá, dedicado à política, relegou suas terras a um plano de interesse secundário, fazendo com que as mesmas mantivessem por um período mais longo os traços de um passado rural.

O tipo de ocupação desenvolvido inicialmente na Baixada de Jacarepaguá nos séculos XVII e XVIII ilustra, segundo Vianna (1992), uma tendência geral das primeiras

formas de ocupação do país, na qual grandes sesmarias, fazendas e engenhos foram sendo progressivamente fracionados por venda, herança, doações e aluguel.

A concessão de glebas e as diferentes formas de aluguel da terra possibilitaram um aumento da população e, em torno das grandes propriedades, representadas pelas fazendas religiosas e engenhos de açúcar, instalaram-se núcleos de colonização que aos poucos tomavam os contornos de povoados.

Porém, este meio rural, dominado por senhores de engenho e por padres administradores, apresentava uma tendência para o isolamento. Os engenhos coloniais concentravam os espaços de moradia, trabalho, lazer e religião sendo, por isso mesmo, caracterizados por uma relativa auto-suficiência, o que contribuía, juntamente com as distâncias e a precariedade de caminhos para aumentar o isolamento da região (Vianna, 1992).

Neste aspecto evidencia-se a importância do Vale do Marangá que, por sua posição geográfica, constituía o elo de ligação entre a planície e a via de acesso ao Centro da cidade do Rio de Janeiro, Santa Cruz e São Paulo. Sua extremidade norte atinge a localidade de Campinho, considerada por Vianna (1992) sob a influência do porto de Irajá. Este porto, na época, representava uma das alternativas para alcançar as regiões a oeste do Rio de Janeiro, o que reforça o papel do Vale do Marangá como via de acesso à Baixada de Jacarepaguá.

No século XVII, além desta ligação, Vianna (1992) cita outras vias de acesso a Jacarepaguá, como a oriunda da Lagoa Rodrigo de Freitas até a atual Freguesia, trilhas de menor importância pela atual estrada do Catonho e o caminho para Guaratiba. Durante este século merecem destaque as estradas construídas pelos beneditinos para interligar suas propriedades, como o caminho vindo das proximidades do Pontal de Sernambetiba, passando pela Taquara e daí até a Porta d'Água, hoje Freguesia e que, neste trecho final, corresponde à atual avenida Geremário Dantas.

A despeito do relativo isolamento imposto à região pela distância e dificuldade de comunicação com o centro urbano, a existência de numerosos monumentos setecentistas do ciclo do açúcar testemunham a prosperidade decorrente daquele período, justificando a denominação de planície dos Onze Engenhos atribuída à Baixada de Jacarepaguá. A distribuição geográfica destes engenhos contribui para compreender a formação das

diversas localidades, hoje reconhecidas como bairros, que compunham o antigo bairro de Jacarepaguá. Vianna (1992) refere-se às áreas de influência existentes em torno das mais importantes propriedades no período de transição do século XVIII para o século XIX, que seriam:

- três propriedades dos beneditinos em Camorim, Vargem Grande e Vargem Pequena;
- fazenda da Taquara;
- fazenda do Engenho d'Água;
- Engenho de Fora (Vale do Marangá);
- Engenho Novo (atual Colônia Juliano Moreira);
- Fazenda Rio Grande (atual Pau-da-Fome);
- Engenho da Serra;
- Engenho Velho da Taquara (atual Boiúna)

O século XIX representa para a região de Jacarepaguá um período de mudanças sob diferentes aspectos, desde o padrão de uso do solo, com implicações diretas sobre o meio ambiente, até a quebra do isolamento que caracterizava a sociedade açucareira.

Com o declínio do cultivo da cana, as grandes propriedades foram subdivididas em fazendas e posteriormente, no final do século, em lotes menores. Estas novas propriedades diferiam das existentes no século anterior por serem menos especializadas e auto-suficientes, dedicando-se tanto à agricultura quanto à criação de animais.

Com isso, é introduzida na região a cultura do café, que expandira-se no Rio de Janeiro desde fins do século XVIII. Este novo tipo de cultivo tinha como característica a preferência pelas terras altas, uma vez que não adaptara-se bem ao terrenos de baixada. Ocupando os morros e as encostas, esta atividade implicaria na retirada da vegetação, sendo responsável pelo desmatamento, não somente da região, como de grande parte do território do atual município do Rio de Janeiro. Vianna (1992) destaca como principais áreas de cultivo em Jacarepaguá as localidades do Itanhangá, estrada Velha de Jacarepaguá e os morros da Freguesia. A partir de 1810 multiplicam-se as terras dedicadas ao cultivo do café, dentre as quais citam-se as áreas da fazenda da Taquara, do Engenho Novo e do Pau-da-Fome e médias propriedades nas estradas da Covanca,

Teixeiras e Santa Maria. No território do antigo Engenho de Fora surgem sítios e chácaras.

É justamente esta diversificação da produção que, ao exigir um mercado que a sustentasse, remete os interesses da região para fora de seus limites. Em Jacarepaguá, de acordo com Vianna (1992), tanto as velhas fazendas como os novos sitiantes passariam a exigir novos contatos no Centro do Rio que garantissem a comercialização de seus produtos.

Alguns fatos novos ocorridos a partir da segunda metade do século XIX contribuíram ainda mais para as mudanças que se estabeleciam na região, em função, desta feita, da melhoria das condições de acesso e de transporte. A partir de 1858, com a inauguração da estação de Cascadura, a ligação com o Centro do Rio poderia ser realizada através de ferrovia, a qual, em 1875, seria fortalecida com a inauguração da linha de bondes que, de forma complementar, estabeleceria a ligação de Cascadura ao Largo do Tanque e posteriormente às localidades da Taquara e da Freguesia. Com a abolição da escravatura no final do século XIX, observa Vianna (1992), inicia-se um período de colapso nos cultivos e na manutenção das vias navegáveis, atividades baseadas na mão-de-obra escrava, desviando toda circulação para os caminhos terrestres. Tais melhorias motivaram o interesse de um segmento da população formado principalmente por profissionais liberais para aí fixarem residência, seguidos da instalação de pequeno comércio responsável pela mudança da fisionomia do bairro na década final do século.

No início do século XX a eletrificação das linhas de bonde a partir de 1911 favoreceria, ainda mais, o aumento da população residente e do número de prédios comerciais e de serviços ao longo das vias principais. Bernardes (1990) assinala que, com algum atraso em relação à penetração da ferrovia, o bonde exerceu, em Jacarepaguá, o mesmo papel pioneiro na expansão urbana.

A ocupação das terras afastadas da linha de bonde, contudo, fez-se de modo mais lento, principalmente por imigrantes dedicados à horticultura. Estes locais, tidos como distantes do Centro do Rio, desencorajavam o assentamento em larga escala de novos moradores, o que tornava o valor da terra baixo em relação a bairros mais centrais.

Datada de 1932, a obra *O Sertão Carioca* (Corrêa, 1932), constitui um dos mais importantes documentos históricos, desta primeira metade do século XX, a respeito da geografia do bairro de Jacarepaguá, nele presente a descrição pormenorizada dos principais tipos humanos e de suas atividades, no qual o autor estabelece relações destas com o meio sobre o qual elas se desenvolvem. Uma das características da obra de Corrêa (1932) é a sua lucidez no que diz respeito à questão ambiental e a riqueza de detalhes que, em muito, contribui para a reconstituição histórica do referido período.

Uma das maiores preocupações de Corrêa (1932) refere-se à preservação das florestas do então Distrito Federal. Devastada desde o período colonial, quer seja para assentamentos ou para a extração de lenha ou carvão, o autor denuncia a transformação de “exuberante vegetação secular em depauperada capoeira”. A questão da utilização da lenha como combustível pela população mais humilde, ou pela indústria, resultava em uma destruição sistemática das áreas de matas, fato agravado, segundo observação do autor, pelo “aumento de ano para ano da população, nas zonas urbana, suburbana e rural, e do consumo no tráfego das estradas de ferro e mesmo nas indústrias de todos os gêneros...”.

Os efeitos da devastação das matas causados pelo comércio de lenha e de carvão são considerados pelo autor não somente pela substituição destas por capoeiras, mas também pelo risco de erosão do solo nas áreas mais acidentadas. No trecho a seguir é marcante a lucidez e a visão sistêmica do autor:

“As matas, capoeirões e mesmo capoeiras, localizadas nas serras, montes e morros com declividade pronunciada, devem ser poupados, pois, após as derrubadas, o solo só suportará uma cultura, porque, as chuvas tropicais lavarão o solo e não penetrando nele, em virtude de sua inclinação, produzirão grandes enxurradas, nos vales e terrenos planos; em tempo bom, o sol torrificante esterilizará a terra matando as bactérias nitrogenicas” (Corrêa, 1932, p.85).

São citadas como áreas utilizadas para a indústria do carvão, entre outras, as localidades de Cafundá, Chacrinha, Mato Alto, Serra do Engenho Velho, Taquara, bem como para a exploração de madeira para construção, moirões e cabos, as matas da vertente dos Três Rios, e da Covanca, da Serra do Engenho Velho e da Taquara.

O uso do solo no vale do rio Taquara, situado entre as Serras do Engenho Velho e da Chacrinha, na localidade atualmente servida pela estrada do Cafundá, era marcado pela agricultura dedicada à produção de banana, batata e laranja, além da exploração da lenha e do carvão.

O trecho do Vale do Marangá, situado entre a Praça Seca e o Largo do Tanque, na época, segundo a descrição existente na obra, “verdadeira garganta ladeada de morros”, tinha “à direita, o Mato Alto e, à esquerda, um belo capoeirão, onde está em uma meia laranja, edificada a nova habitação, outrora Engenho de Fora” sendo “ainda hoje uma bela situação, com pomares, pasto, criação de gado e uma estrada rústica bem interessante” (Corrêa, 1932).

Observa-se que até meados da década de 1930 a região ao sul da Praça Seca ainda possuía características rurais, apesar de, conforme assinalado anteriormente, as grandes propriedades já terem sofrido desmembramentos e da atuação das companhias imobiliárias ter atingido locais afastados como o Recreio dos Bandeirantes.

A disponibilidade de terras e os preços baixos determinaram, desde as primeiras décadas do século XX, a atuação de investidores e companhias imobiliárias na revenda como loteamentos, ou simplesmente na espera de maior valorização. Vianna (1992) cita a Companhia Proprietária Brasileira, a Companhia Territorial Riachuelo e o Banco Oliveira Roxo como empresas que realizaram loteamentos na região da Praça Seca nas décadas de 1920 e 1940. Durante a década de 1930 a atuação das imobiliárias atinge o Recreio dos Bandeirantes e a Barra da Tijuca.

Vianna (1992) assinala que, para a transformação da condição de periferia para a de uma área em franco processo de valorização imobiliária da Baixada de Jacarepaguá, muito contribuiu a melhoria nas condições viárias, como o asfaltamento da avenida Suburbana até o bairro de Cascadura, na gestão do prefeito Prado Júnior (1926-1930), permitindo maior facilidade de acesso à área, com o que sua urbanização e povoamento, nos anos seguintes, foram incrementados.

Numa etapa posterior a dos loteamentos pioneiros, parcelas dos antigos engenhos e fazendas foram compradas por particulares na virada do século, vindo a predominar, depois de 1920, o modelo de arruamentos retilíneos com terrenos de pequenas dimensões para moradia. A maioria das antigas propriedades rurais, já então

muito fracionadas, não se prestava mais a investimentos na agropecuária (Vianna, 1992). A esse respeito, Corrêa (1932, p.225) observa:

“Estas fazendas, retalhadas em lotes de 10x50 por companhias aproveitadoras, são hoje pequenas lavouras, pomares, granjas, laranjais, pastos, terrenos baldios e desertos, salvando-se as terras pertencentes ao Governo Federal, as quais ainda possuem capoeirões, nos mananciais”.

A ação de companhias imobiliárias intensifica-se a partir da década de 1930, loteando e revendendo terras pertencentes às grandes propriedades locais, remanescentes dos séculos anteriores e como efeitos localizados da atuação destes grupos surgem, entre 1935 e 1950, os bairros da Barra da Tijuca e do Recreio dos Bandeirantes.

A segunda metade do século XX representa um período de marcantes alterações na fisionomia da Baixada de Jacarepaguá, principalmente em decorrência da expansão da cidade, inicialmente em direção à zona sul e depois aos subúrbios. A cidade do Rio de Janeiro apresentava-se, nos anos 50 e 60, em pleno período de crescimento vertical e, tendo esgotadas praticamente as terras por ocupar, fez com que a baixada vizinha tivesse modificada sua situação de relativo isolamento, para tornar-se o prolongamento natural da cidade e despertasse o interesse de novos moradores que aí fixariam suas residências (Vianna, 1992).

Na década de 1950, Abreu (1957) atesta que a região do Vale do Marangá já quase não apresentava fisionomia rural, mas refere-se à existência de chácaras que resistiam ao avanço da ocupação urbana. Neste particular, o autor observa que, no contexto do crescimento da cidade, os terrenos ocupados pelas chácaras foram sendo gradativamente substituídos por construções, fazendo com que esta atividade se deslocasse para os subúrbios e para a zona rural. Neste ano (1957) ainda era significativa a participação da horticultura nas terras de Jacarepaguá, exploradas predominantemente por sítiantes portugueses.

Abreu (1957) refere-se também à progressiva perda das características rurais nas antigas terras do Engenho d'Água e da Taquara, em parte ocupadas por sítios ou habitações urbanas modestas, resultado da chegada de uma camada da população que não pôde estabelecer-se no Centro da Cidade. Este processo configura, de acordo com

Bernardes (1990), a maneira mais freqüente de como ocorre a expansão da faixa suburbana, ou seja, “o da incorporação à cidade de novos setores residenciais, destinados, em parte, aos recém-vindos do interior da aglomeração, que se instalam em condições mais econômicas em sua periferia”.

Neste período, observa Abreu (1957), o povoamento aglomerado relacionava-se diretamente com as vias de transporte, acompanhando preferencialmente as linhas de bonde, verificando-se que, com a valorização da terra, as grandes chácaras foram sendo progressivamente subdivididas, multiplicando-se os pequenos lotes e as áreas verdes substituídas por novas construções. Jacarepaguá, segundo Bernardes (1990), representava o exemplo mais típico de subúrbio de chácaras, espacialmente organizado como área residencial e agrícola.

Bernardes (1990) assinala que, à medida que a produção agrícola perdia a importância na faixa suburbana periférica, os sítios passaram a abrigar uma população que tem emprego nos subúrbios próximos ou no Centro da Cidade, e que o seu desmembramento em lotes menores contribuiu para integrar essas áreas à paisagem suburbana.

A partir dos anos 60, principalmente depois da abertura da estrada Rio-Santos, estabeleceram-se novas vias de circulação na planície de Jacarepaguá e, em decorrência disso, surgem novas áreas para fins industriais, comerciais e residenciais.

Na década de 70, grupos em franca ascensão econômica começam a se estabelecer na região, superando-se às classes de antigos moradores. Neste período, o ritmo das construções em obras públicas e particulares atrai operários, que diante da grande oferta de trabalho e das dificuldades de transporte, acabam-se fixando nas favelas, freqüentemente estabelecidas em terrenos improdutivos (Vianna, 1992).

Este crescimento urbano rápido e desordenado ocorrido na região, nas décadas de 1970 e 1980, deve-se, entre outros aspectos, à disponibilidade de terras e à crise econômica, responsável pelo aumento do desemprego e do déficit habitacional, resultando na proliferação de favelas e de loteamentos irregulares. Em um contexto nacional, Davidovich (1995) identifica um fenômeno de pauperização recente das metrópoles no Brasil, particularmente no início dos anos 80, decorrente de fatores como os períodos de recessão econômica e compressão salarial, no qual a “metrópole

empobrecida constitui-se no palco de conflitos crescentes em prol de trabalho, moradia, educação, saúde e segurança” (Davidovich, 1995).

No caso específico da área metropolitana do Rio de Janeiro, Abreu (1997) identifica o Rio como uma metrópole cujo núcleo concentra a maioria da renda e dos recursos urbanísticos disponíveis, cercado por uma periferia carente de serviços e de infra-estrutura, local de moradia de populações de baixa renda decorrente da menor valorização em relação à zona nuclear.

A faixa periférica imediata, assim denominada por Abreu (1997) face às características físicas do espaço metropolitano e da estrutura viária, inclui o bairro de Jacarepaguá e nela verifica-se que o valor da terra somente é superado pelo do núcleo metropolitano, devido à sua proximidade relativa aos centros de trabalho e de serviços. O valor da terra é responsável pelos padrões de uso do solo urbano e pela distribuição espacial de setores da população diferenciados pela renda, na qual as populações de menor poder aquisitivo acabam fixando-se em favelas. De acordo com Souza (2000), as localizações das favelas estão associadas às encostas dos morros ou às margens dos rios e canais, razões que se explicam, segundo o autor, por estes locais terem sido preteridos pelas classes mais abastadas como áreas residenciais, ou por se tratar de áreas *non aedificandi*, restando como opções para os mais pobres. Contudo, conforme observa Souza (2000), as construções nas encostas não se limitam a favelas e loteamentos irregulares, como atestam as áreas residenciais de Santa Teresa, de alguns setores do Maciço da Tijuca ou costões rochosos do Joá. Na área de estudo também é antiga a ocupação das encostas dos morrotes e colinas localizados no Largo do Tanque e no Pechincha, ocupação esta caracterizada pela existência de significativa cobertura arbórea que permanece nos dias atuais.

A importância que reveste o estudo da expansão recente da ocupação desordenada das encostas da periferia do Rio de Janeiro, e na qual insere-se Jacarepaguá, está diretamente associada à questão ambiental, na medida que envolve a produção de lixo, os diferentes tipos de poluição e a existência de uma deficiente rede de saneamento básico. Por outro lado, ao se estabelecerem em encostas desmatadas, estes tipos de assentamentos realizam cortes em taludes, fato que contribui para acentuar a atuação dos processos erosivos.

5.2. Crescimento Populacional

Embora o período iniciado na década de 60 não represente o de maior crescimento relativo da população, em números absolutos o resultado é significativo, notando-se que a participação do efetivo populacional do bairro sobre o total municipal salta de 5% para 8% no período de 1960 a 1996. Neste período, enquanto a população do município do Rio de Janeiro passou de 3.307.163 habitantes em 1960 para 5.551.538 habitantes em 1996, representando um crescimento de 67%, o bairro de Jacarepaguá (XVI RA) passou de 166.672 habitantes para 446.360 habitantes no mesmo período, o que representa um crescimento de 172% (IPP,1997) (Figura 15).

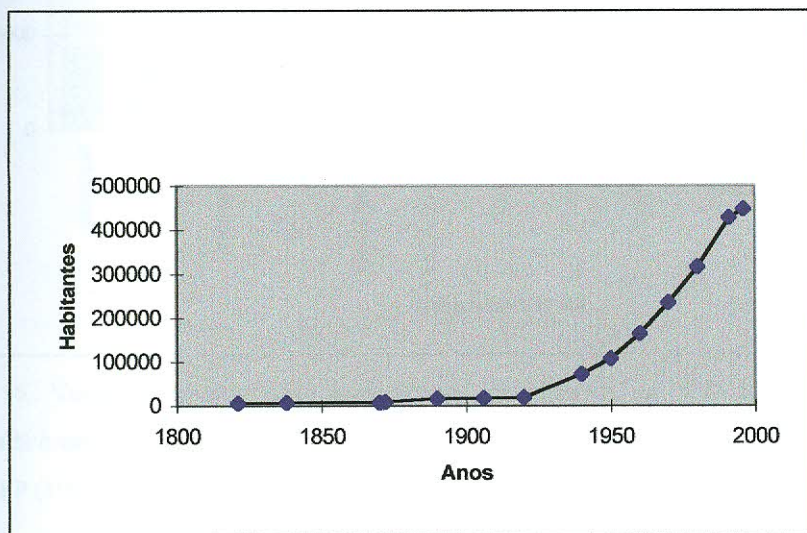


Figura 15. Evolução da população residente no bairro de Jacarepaguá.

Fontes: Abreu, (1997) e IPP (1997).

Este crescimento pode ser constatado pelos valores de densidade populacional dos bairros da XVI RA e do município do Rio de Janeiro nos anos de 1991 e 1996 (Figura 16).

Contudo, observa-se que, considerando a variação relativa da população na área de estudo no período de 1991 a 1996, houve um decréscimo nos bairros do Pechincha (-3,3), Taquara (-2,4) e Tanque (-4,8), verificando-se crescimento somente na Praça Seca (2,6).

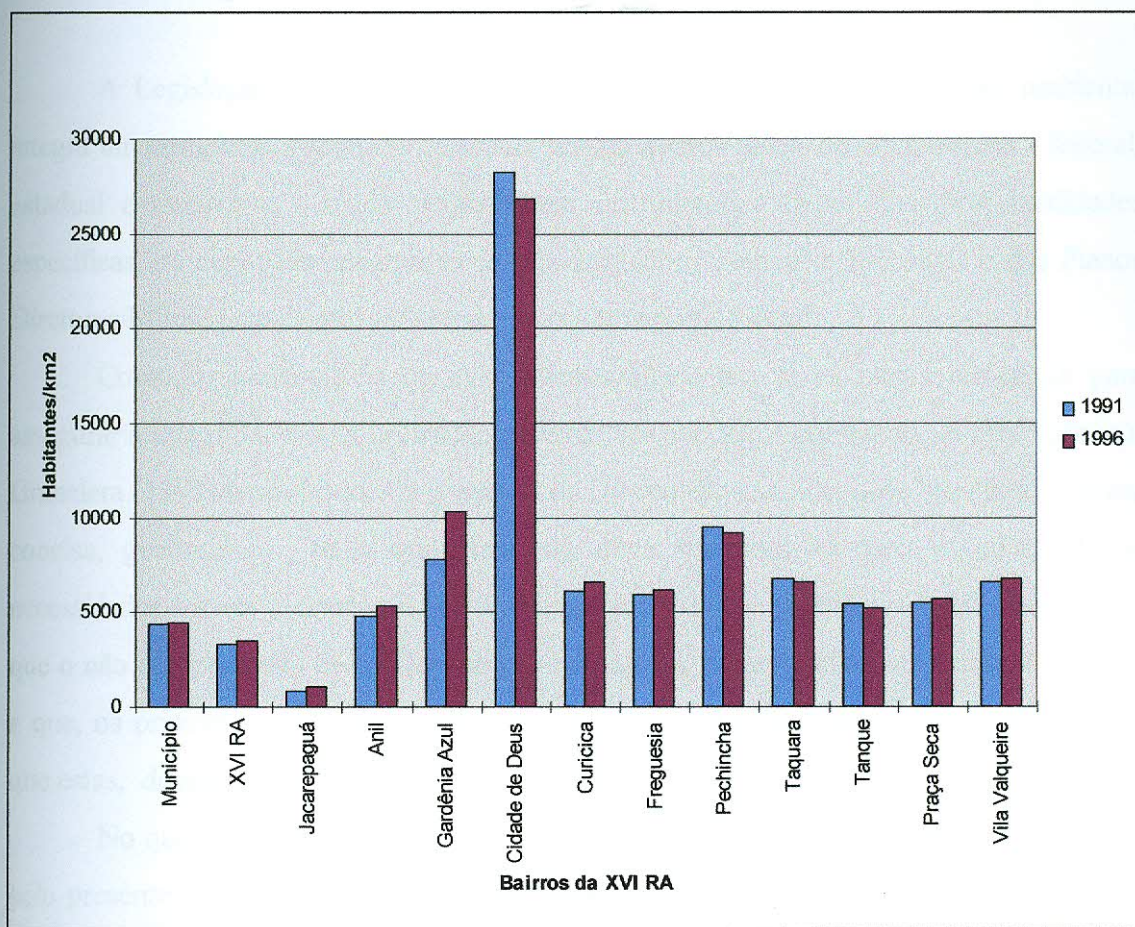


Figura 16. Variação da densidade populacional dos bairros da XVI RA no período 1991-1996, comparada à variação municipal.

Fonte: IPP (1997)

6. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A Legislação Brasileira elaborada com a finalidade de preservação ambiental integra um complexo sistema organizado nos diferentes níveis administrativos - federal, estadual e municipal - sendo disposta em instrumentos elaborados com finalidades específicas, ou capítulos integrantes das Constituições Federal e Estaduais e dos Planos Diretores Municipais e pode ser considerada abrangente e atual.

Contudo, a existência de instrumentos legais por si só não é suficiente para assegurar a integridade ou a utilização racional dos recursos ambientais. A esse respeito, Granziera (1993) assinala que “o princípio de Direito diz que a lei deve ser clara, precisa, concisa, genérica e, mais que isso, ela deve ser possível, isto é, adequada às necessidades sociais presentes e aos interesses econômicos da coletividade”. Reconhece que o não cumprimento de muitas leis deve-se à falta de praticidade e de funcionalidade e que, os princípios específicos que regem a elaboração das normas, da mesma forma que estas, devem ser simples, sob pena das mesmas não serem aplicadas.

No que diz respeito aos problemas ambientais e padrões de ocupação e de uso do solo presentes na área de estudo, julgamos oportuna uma apreciação sumária sobre os itens dispostos nas leis abaixo, por considerar que dispositivos legais configuram parâmetros disciplinadores das intervenções antrópicas sobre os sistemas ambientais.

Lei N° 4771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o Novo Código Florestal, com dispositivos alterados pela Lei N° 7.803, de 18 de julho de 1989.

A vegetação constitui um fator importante para a integridade da rede hidrográfica, sendo sua preservação condição essencial para a manutenção dos mananciais e para a proteção das encostas. O artigo 2° desta lei considera como de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o nível alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:*
- 1. de 30 m (trinta metros) para os curso d'água de menos de 10 m (dez metros) de largura;*

2. *de 50 m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10 m (dez) a 50 m (cinquenta metros) de largura;*
3. *de 100 m (cem metros) para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 m (duzentos metros) de largura;*
4. *de 200m (duzentos metros) para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 m (seiscentos metros) de largura;*
5. *de 500 m (quinhentos metros) para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 m (seiscentos metros).*

Está claro no disposto na alínea supracitada a intenção de conservar as matas ciliares, que desempenham o papel de preservar as margens dos rios, evitando a erosão e o assoreamento dos canais. A mesma dispõe medidas variáveis para as faixas de preservação marginais, proporcionais à largura do canal, considerando que quanto maior a largura do mesmo, maior a necessidade de uma área disponível com cobertura vegetal.

A alínea c do mesmo artigo estabelece que a vegetação deve ser preservada:

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos-d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 m (cinquenta metros) de largura.

Lei Nº 2.377, de 28 de junho de 1974, que cria o Parque Estadual da Pedra Branca, e dá outras providências

Pelo disposto na presente Lei, entre outros, estabelece-se que:

Art. 1º - Fica criado no (então) Estado da Guanabara o Parque Estadual da Pedra Branca, compreendendo todas as áreas situadas acima da linha de cota de cem metros do Maciço da Pedra Branca e seus contrafortes.

Art. 2º - No tocante às áreas de propriedade da União, adjacentes ou inclusas no Parque Estadual, o órgão estadual competente deverá propor ao Governo Federal o convênio indispensável para que a programação dos serviços estaduais se integrem harmonicamente com os serviços federais.

Art. 3º - Fica declarada de utilidade pública para fins de desapropriação toda a área abrangida pelo artigo 1º, respeitadas a jurisdição e a administração federais existentes.

Art. 4º - As ocupações existentes na data da presente Lei poderão ser toleradas enquanto não for possível sua remoção ou transferência para fora dos limites do Parque;

Art. 5º - Nas áreas onde for necessário o florestamento ou reflorestamento de preservação permanente, o Estado poderá fazê-lo, se não o fizer o proprietário.

Lei Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências

O Capítulo I, referente às Disposições Preliminares, estabelece o seguinte em seu artigo 3º:

Art. 3º - Somente será permitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas ou de expansão urbana, assim definidas por lei municipal.

Parágrafo Único - Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços e sujeitos à inundação, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das  guas;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo   saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento) salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - em terrenos onde as condi es geológicas não aconselham a edifica o;

V - em áreas de preserva o ecológica ou naquelas onde a polui o impeça condi es sanitárias suportáveis, até a sua corre o.

Lei n  7754, de 14 de Abril de 1989, que estabelece medidas para prote o das florestas existentes nas nascentes dos rios, e dá outras providências

Nos artigos 1º, 2º e 3º desta lei são ratificados os dispositivos do Código Florestal e estabelecidos os limites de prote o às nascentes dos rios, de acordo com:

Art. 1º - São consideradas de preservação permanente, na forma da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, as florestas e demais formas de vegetação natural existentes nas nascentes dos rios.

Art. 2º . Para os fins do disposto no artigo anterior, será constituída, nas nascentes dos rios, uma área em forma de paralelograma, denominada Paralelograma de Cobertura Florestal, na qual são vedadas a derrubada de árvores e qualquer forma de desmatamento.

Art. 3º . As dimensões dos Paralelogramas de Cobertura Florestal serão fixadas em regulamento, levando-se em consideração o comprimento e a largura dos rios cujas nascentes serão protegidas.

Lei Nº 9433, de 8 de Janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

O capítulo I, dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, considera, entre outros aspectos, a água um bem de domínio público, sendo ela um recurso natural limitado e dotado de valor econômico; considera, ainda, a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O capítulo III, das diretrizes gerais de ação, estabelece que constituem diretrizes gerais de ação para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, entre outros aspectos, a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental e sua articulação com a do uso do solo.

Constata-se nestes dois capítulos a importância atribuída à bacia hidrográfica como unidade de gestão territorial considerando que para tal não é possível dissociar a utilização da água como recurso da gestão ambiental e do uso do solo. O artigo 15, da seção III, de Outorga de Direitos de Uso de Recursos Hídricos, prevê que *a outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser suspensa parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado (...) na necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental.* Verifica-se, portanto, uma postura que busca identificar na

utilização racional de um recurso natural a garantia de sua perpetuação futura. É o que pode ser constatado, por exemplo, no Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, instituído pelo Decreto N° 94076/87, que estabelece em seu artigo 2° como um dos objetivos *executar ações voltadas para a prática de manejo e conservação dos recursos naturais renováveis, evitando sua degradação e objetivando um aumento sustentado da produção e produtividade agropecuárias (...).*

No que diz respeito ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos o capítulo III é dedicado aos Comitês de Bacia Hidrográfica, com três artigos nos quais são delimitadas suas áreas de atuação, competência e representantes. Aos Comitês estão vinculadas as Agências de Água, que exercem a função de secretaria executiva de um ou mais Comitês, sendo de sua competência, no âmbito de sua área de atuação, entre outros, manter o balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação, manter o cadastro de usuários de recursos hídricos e efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Esta lei introduz a questão do valor econômico atribuído ao recurso natural, condicionando seu uso à autorização através da outorga e com pagamento, visando a utilização racional e o combate ao desperdício.

Neste sentido, o título III da referida lei, que dispõe sobre as Sanções e Penalidades, especifica o que constituem as infrações das normas de utilização de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, atribuindo aos infratores desde a advertência por escrito ao pagamento de multa ou embargo definitivo, com revogação da outorga.

7. MONITORIA AMBIENTAL E DINÂMICA DO USO DO SOLO

A monitoria ambiental baseou-se na análise espaço-temporal dos padrões da cobertura vegetal e do uso do solo em dois períodos determinados (1957/1975 e 1975/1999). O recorte temporal foi condicionado à existência de fotografias aéreas antigas para que fosse possível realizar a reconstituição da cobertura vegetal e do uso pretéritos, através da elaboração de mapas de uso do solo.

A classificação utilizada nos mapas de cobertura vegetal e uso do solo baseou-se nos trabalhos de Anderson *et al.* (1979), Journaux (1987) e Veloso *et al.* (1991), conforme apresentado na legenda abaixo:

I - Espaços Construídos

Área Construída Contínua - representado por manchas contínuas de ocupação urbana, com arruamentos visíveis.

Área Construída Esparsa ou Desordenada - inclui as manchas de ocupação urbana descontínua ou pontual e contínuas que não apresentam arruamentos visíveis, ou melhorias típicas da urbanização; ocupam as áreas periféricas da malha urbana e nela se incluem loteamentos irregulares recentes, favelas em encostas e margens de rios.

Área Construída Arborizada (pomares em quintais, praças, parques, jardins, clubes campestres) - distingue-se da área urbana densamente construída por apresentar superfícies consideráveis de vegetação arbórea, facilmente identificáveis, e que apresentam terrenos com solo não impermeabilizado com asfalto ou concreto.

II - Espaços Cultivados

Horticultura - representada por áreas de várzeas ocupadas para a produção de hortaliças, facilmente identificáveis pelo padrão geométrico das covas e pela tonalidade cinza da superfície.

Culturas cíclicas ou permanentes - representadas por cultivos temporários ou permanentes, identificáveis pelo padrão geométrico das áreas de cultivo, apresentando textura de fina a média e tons de cinza claro a médio.

III - Espaços Verdes

Formações arbóreas, arbustivas e arborescentes

Floresta - representado pela existência de estrato arbóreo denso e árvores emergentes, a textura é grosseira e a tonalidade cinza médio a escuro.

Capoeirão - representado pela existência de estrato arbóreo denso de até 15m, de porte inferior ao estágio florestal, sua textura é média devido à inexistência de árvores emergentes e o tom predominante é o cinza médio.

Capoeira - representado pelo predomínio de estrato arbóreo/arbustivo de até 5m descontínuo, com manchas de vegetação herbácea, sua textura é média com tons predominantes de cinza médio.

Bosque com Vegetação Arbórea - manchas contínuas de vegetação arbórea localizadas dentro da área construída que, apesar de densa em alguns locais, não pode ser considerada como cobertura florestal. Nesta categoria podem ser incluídas manchas de vegetação mista onde ocorrem remanescentes da vegetação florestal, árvores frutíferas e espécies exóticas utilizadas em reflorestamento, situadas fora ou dentro do perímetro urbano, incluindo os sítios localizados na área periférica aos espaços construídos. A textura varia de média a grosseira e a tonalidade é o cinza médio a escuro.

Reflorestamento - corresponde às manchas onde foi realizado o plantio de árvores, sendo facilmente identificável pelo aspecto homogêneo e pelas formas geométricas que apresenta; no estágio inicial de desenvolvimento pode ser confundido com a capoeira. A textura é média e a tonalidade varia do cinza médio ao cinza escuro.

Formações herbáceas

Campo Antrópico - corresponde às áreas com cobertura contínua de gramíneas ocupadas anteriormente por vegetação arbórea/arbustiva; apresenta textura fina a muito fina e tons de cinza claro, incluindo as áreas com afloramentos rochosos e solos rasos que, possivelmente, jamais apresentaram vegetação florestal.

Campo Antrópico com Arbustos Esparsos - corresponde às áreas com cobertura contínua de gramíneas e arbustos esparsos, caracterizados pela presença de indivíduos lenhosos e espécies arbustivas, denotando um avanço da vegetação sobre a área (ou a existência de remanescentes da floresta original); a textura é fina e os tons são cinza médio a claro.

IV - Dinâmica do Meio Ambiente

Modificações e Degradações Antrópicas

Saibreira em Atividade - corresponde às áreas onde é realizada a retirada de material para construção ou pavimentação de estradas, sendo visíveis as marcas que imprimem ao relevo, com cortes profundos nas encostas e descaracterização da paisagem; a textura varia de média a fina e os tons são o cinza claro e o quase branco.

Saibreira Desativada - da mesma forma que a anterior, diferencia-se, contudo, pela presença de vegetação em estágio inicial de colonização e pela tonalidade de cinza médio.

Solo Exposto - correspondem às áreas de solo exposto e apresentam-se normalmente sem vestígios de cobertura herbácea ou arbustiva, com textura muito fina e os tons variando de cinza claro a quase branco; nesta categoria incluem-se os terrenos com terraplenagem e a área do Cemitério de Jacarepaguá.

7.1. Resultados da Monitoria Ambiental

7.1.1. Uso do Solo em 1957, 1975 e 1999

A análise dos mapas de Cobertura Vegetal e Uso do Solo dos anos de 1957, 1975 e 1999 (Figuras 18, 19 e 20) evidencia as alterações no uso do solo no período considerado na pesquisa, e permite constatar que houve uma redução nas áreas recobertas pela floresta secundária, o que foi acompanhado pela expansão das áreas construídas. Os resultados das assinaturas ambientais indicam que a Área Construída Contínua, que representa a área urbanizada densamente construída, teve, no período considerado, um aumento de 58,49%, passando de 3,75 Km², em 1957, para 5,18 Km², em 1975, e 5,94 Km² em 1999. As áreas de Floresta, ao contrário, tiveram, no período, uma redução de 43,72%, passando de 4,73 Km², em 1957, para 3,20 Km², em 1975, e 2,66 Km² em 1999.

Vários trechos anteriormente recobertos por floresta têm sentido, recentemente, o impacto da ocupação desordenada, por populações de baixa renda, representada por favelas e loteamentos irregulares. Embora as ocupações irregulares não devam ser responsabilizadas pela devastação florestal, uma vez que o desmatamento esteve ligado, inicialmente, à extração de lenha e produção de carvão, e, posteriormente à formação de

pastagens, é marcante o avanço deste tipo de ocupação sobre as encostas desmatadas, recobertas por campos antrópicos, ou mesmo sobre encostas com remanescentes florestais (Figura 17).

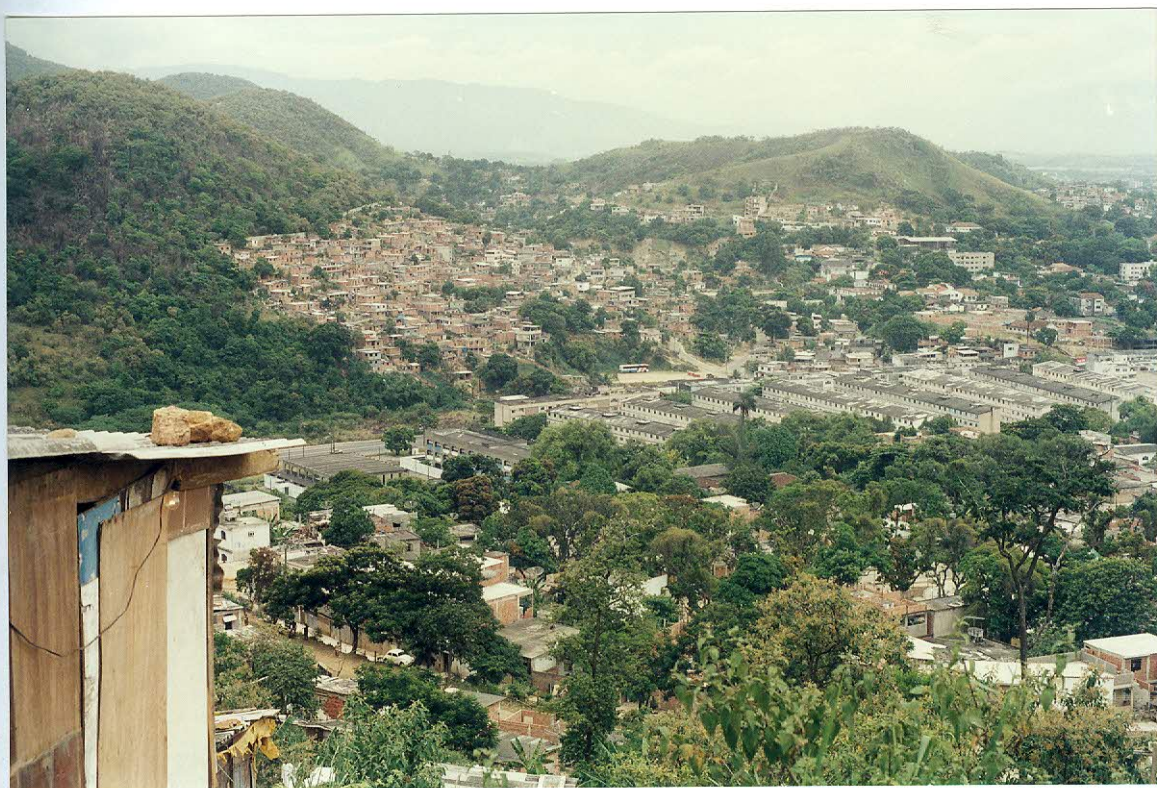
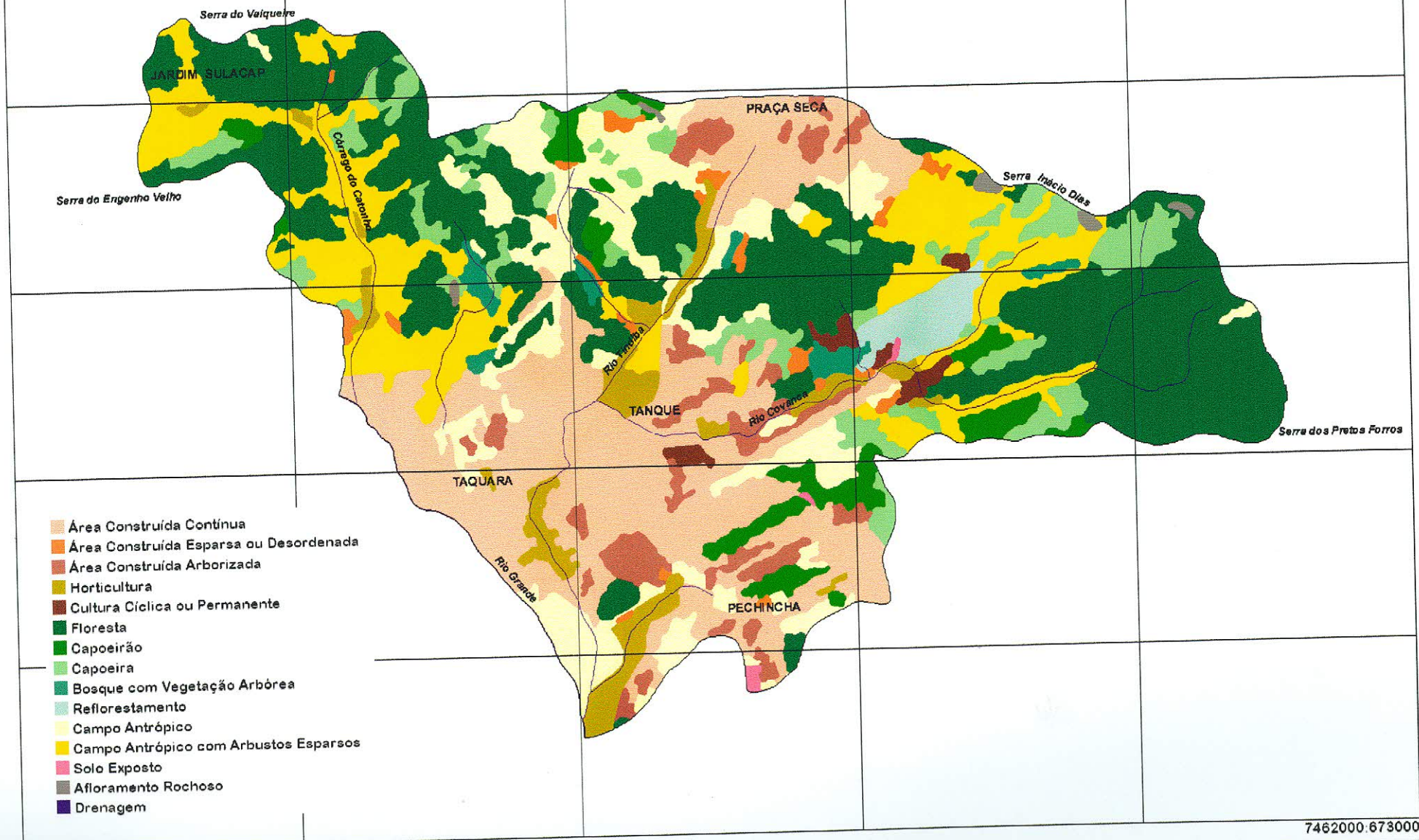


Figura 17. Favela Chacrinha do Mato Alto, ao fundo. Em primeiro plano, a Associação de Moradores Fazenda Mato Alto.

7468000.664000

SUB-BACIAS DO RIO TINDIBA E CÓRREGO DO CATONHO, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO - RJ



7462000.673000

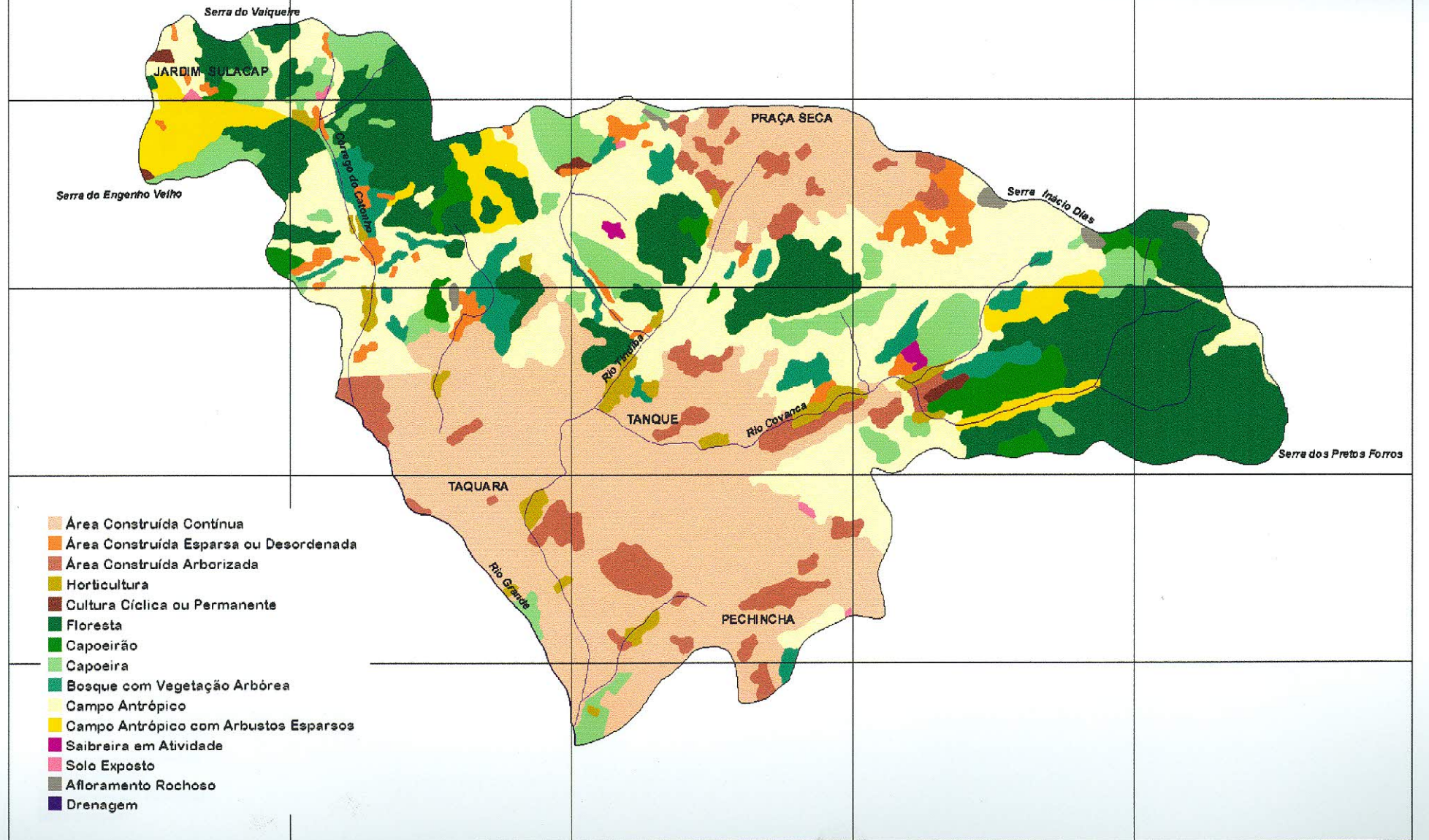
1000m

7462000.664000

Data: 27/12/00
Resolução: 5m
Fonte:
Fotointerpretação

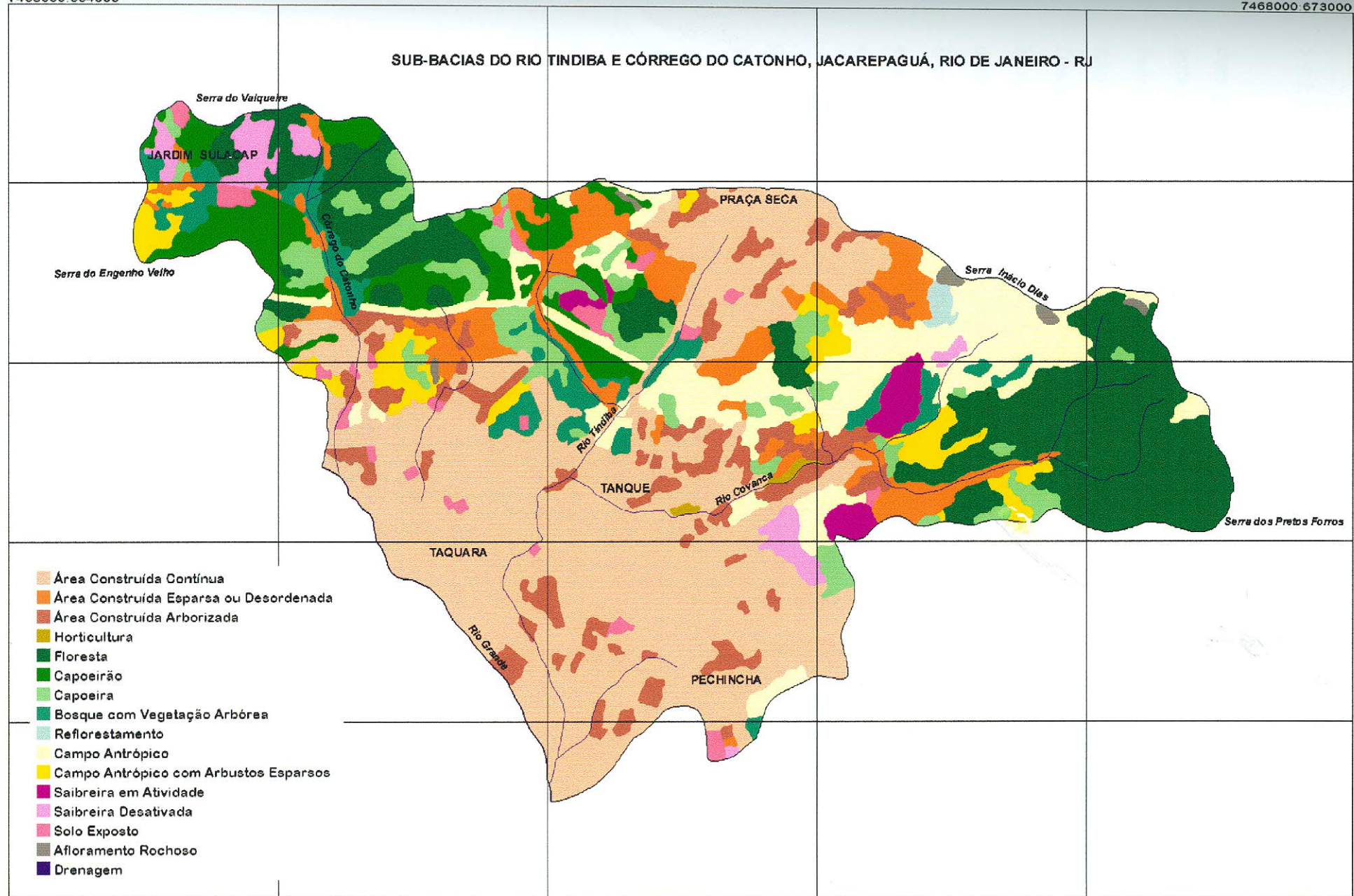
Figura 18. Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1957

SUB-BACIAS DO RIO TINDIBA E CÔRREGO DO CATONHO, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO - RJ



7468000.664000

7468000.673000



7462000.664000

7462000.673000

Data: 27/12/00
 Resolução: 5m
 Fonte:
 Fotointerpretação

Figura 20. Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1999

1000m

7.1.2. Alterações nas Áreas de Florestas

No ano de 1957, os remanescentes florestais bem preservados recobriam, em duas grandes manchas contínuas, a serra dos Pretos Forros e o morro da Reunião, no setor correspondente ao Maciço da Tijuca. Nos trechos correspondentes ao Maciço da Pedra Branca ocorriam manchas menores, descontínuas, recobrando o morro do Mato Alto e manchas mais extensas, ao longo das serras do Valqueire e do Engenho Velho. Observa-se que a vegetação campestre aparece distribuída por toda a área, desde a baixada até as encostas, confirmando o desmatamento que a mesma foi submetida durante o processo de ocupação. Um fato que chama a atenção é a existência de uma área de reflorestamento de eucaliptos no local conhecido como Vale do Paraíso, e cujos vestígios ainda podem ser encontrados atualmente, a despeito da maior parte da área ter sido modificada pela intensa exploração de saibro.

A redução que as áreas de floresta sofreram desde então pode ser acompanhada pelos resultados das monitorias ambientais realizadas para os períodos 1957/1975 e 1975/1999 (Figuras 21 e 22).

Dos 4,73 Km² de floresta existentes em 1957, 2,00 Km² tornaram-se, em 1975, principalmente, campos antrópicos (1,04 Km²), capoeira (0,45 Km²), capoeirão (0,23 Km²) e área construída contínua (0,11 Km²). Por outro lado, apenas 0,48 Km² corresponderam às áreas florestais regeneradas em 1975, ocupadas em 1957 por capoeira (0,22 Km²), capoeirão (0,13 Km²), e campos antrópicos (0,12 Km²).

Em 1975, as áreas recobertas por floresta representavam 3,20 Km², dos quais 1,15 Km² tornaram-se, em 1999, capoeirão (0,34 Km²), capoeira (0,28 Km²), campos antrópicos (0,19 Km²), área construída esparsa ou desordenada (0,17 Km²), área construída contínua (0,06 Km²). Observa-se, ainda, que as áreas de saibreiras localizadas em áreas anteriormente ocupadas por floresta representavam, em 1999, o equivalente a 0,03 Km².

No período 1975/1999, 0,61 Km² corresponderam ao total das áreas florestais regeneradas, ocupadas em 1975, principalmente, por capoeirão (0,22 Km²), campos antrópicos (0,20 Km²), capoeira (0,12 Km²).

Os resultados da monitoria ambiental indicam que as áreas recobertas pela vegetação florestal obedecem a uma dinâmica particular, uma vez que áreas recobertas

por campos ou capoeiras podem, através da regeneração natural, tornarem-se áreas recobertas pela floresta secundária, o que contribui para reduzir o impacto causado pelo desmatamento e para a expansão destas áreas. Por outro lado, também, a maior parte da área de floresta que foi reduzida passou a ser ocupada por campos antrópicos ou capoeira. Estes dados podem ser indicadores de um tipo de atividade itinerante, na qual áreas anteriormente desmatadas foram abandonadas e novas áreas de interesse, provavelmente para utilização de pastagens, foram incorporadas à dinâmica do uso do solo. A faixa identificada no mapa como campo antrópico, que se estende das encostas do Morro da Reunião até o Morro do Inácio Dias, é utilizada como pastagens, conforme atestam os currais existentes nos Morros de São José e da Reunião. Os incêndios nas áreas de campos ocorrem com frequência, principalmente nos períodos de estiagem prolongada ou de temperaturas elevadas, quando este tipo de vegetação encontra-se muito ressecado. As causas, presume-se serem acidentais ou induzidas, acarretando prejuízo para o crescimento dos arbustos existentes e, conseqüentemente, para a recuperação da vegetação arbórea.

No ano de 1999, a cobertura florestal mantinha-se mais bem preservada a leste da área, nas cabeceiras e no alto curso dos rios Covanca e Palmital. A segunda área recoberta pelos remanescentes florestais neste trecho do maciço da Tijuca praticamente desapareceu, restando apenas um vestígio de mata degradada na localidade do Mato Alto.

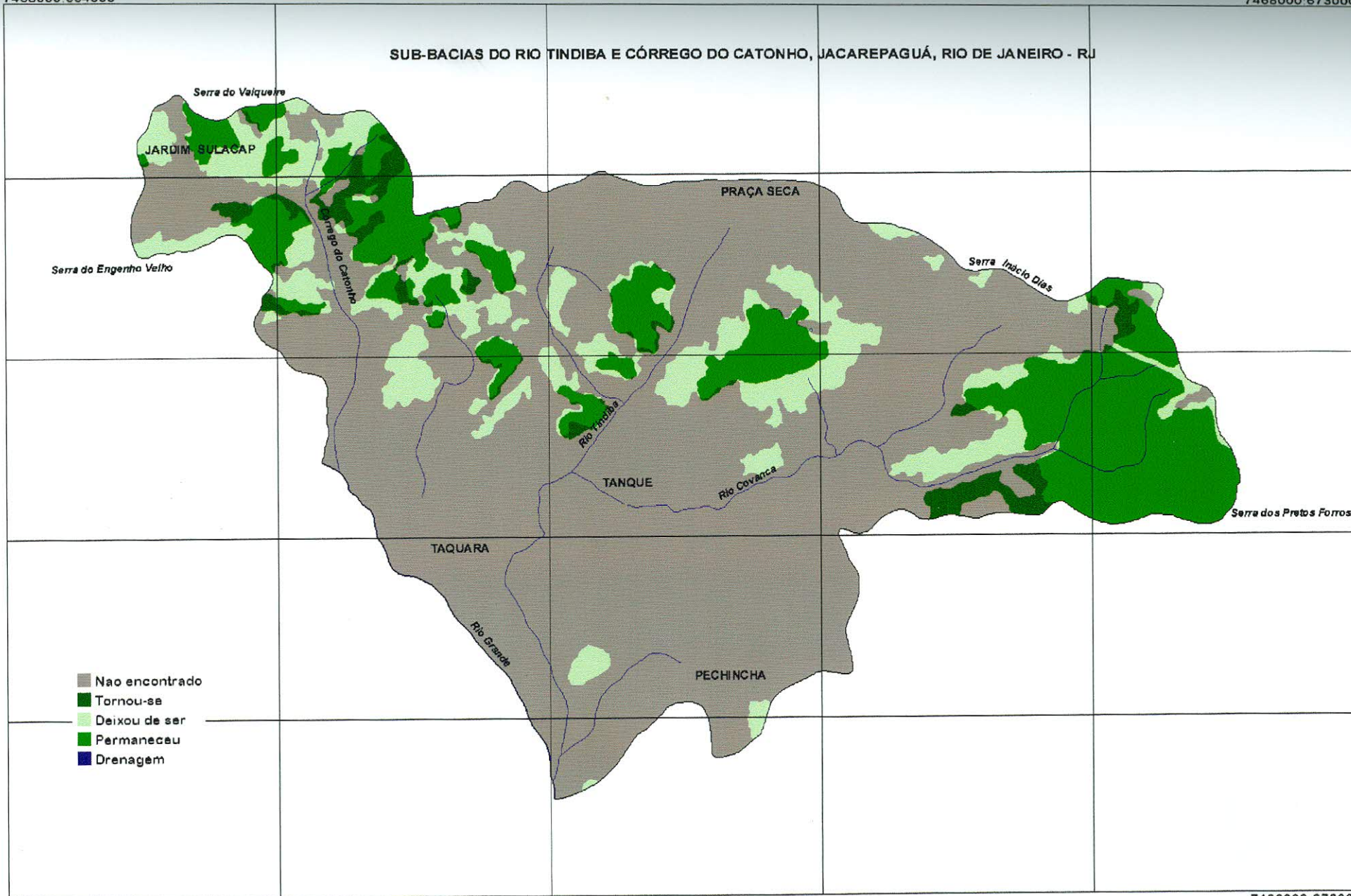


Figura 21. Mapa de Monitoria Simples de Florestas - 1957/1975

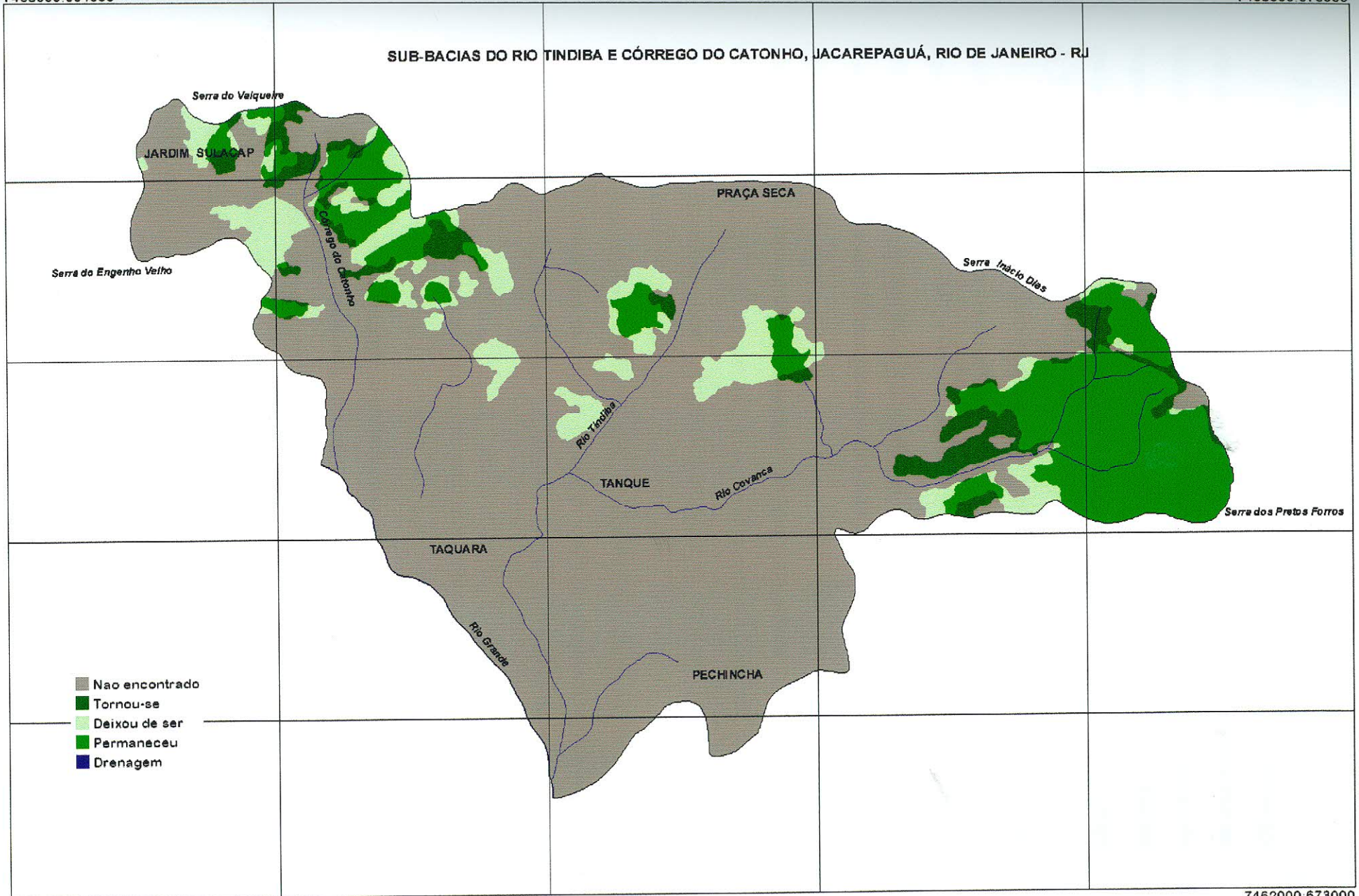


Figura 22. Mapa de Monitoria Simples de Florestas - 1975/1999

7.1.3. Alterações nas Áreas Construídas Contínuas

A área construída contínua, no período 1957/1999, expandiu-se em direção ao vale do Catonho e à região do Maciço da Pedra Branca e seu entorno, não somente na baixada mas em alguns trechos das baixas encostas. Com isso, os remanescentes da vegetação florestal mantiveram-se mais bem preservados nas altas e médias encostas ou nas áreas particulares, como é caso do Hospital Estadual de Curupaiti, próximo ao Largo do Tanque.

Grande parte da cobertura arbórea, entretanto, teve suas características modificadas, quando comparadas com a situação de 1957. Embora, do ponto de vista fisionômico, ou pelos padrões de tonalidade e textura apresentados pelas fotografias aéreas, vários trechos assemelhem-se à vegetação florestal, verificou-se em campo que a composição destas matas é heterogênea, onde misturam-se aos remanescentes florestais, elementos exóticos como árvores frutíferas, tendo sido, então, estas manchas identificadas como bosques com vegetação arbórea. Isto ocorre nos pontos onde a ocupação humana se limita com as áreas onde desenvolvia-se um processo de recuperação da vegetação original, ou havia a presença de elementos remanescentes da floresta secundária.

A Área Construída Contínua ocupa, atualmente, as superfícies de topografia plana a suave ondulada e os morrotes e colinas de cotas menos elevadas, ao norte da área de estudo, na Praça Seca e ao sul, desde o Largo do Tanque até os Largos da Taquara e do Pechincha, tendo sua continuidade interrompida somente no trecho do vale do rio Tindiba, localizado entre os dois maciços. Em toda área construída destacam-se os espaços verdes, representados pelas áreas ocupadas arborizadas e por manchas de vegetação arbórea, principalmente a sudeste, no bairro do Pechincha, nas quais se incluem quintais, pomares, parques e áreas de lazer.

Os resultados da monitoria ambiental para esta categoria indicam que, em termos espaciais, a expansão da área construída foi maior no período de 1957/1975 do que no período de 1975/1999, correspondendo, respectivamente, a um crescimento de 38,12% e 14,75% (Figuras 23 e 24).

À área total de 3,75 km², existente em 1957, foram acrescidos, em 1975, 1,79 km², ocupando, principalmente, as áreas anteriores de campos antrópicos

(0,82 km²), área construída arborizada (0,44 km²), horticultura (0,22 km²), floresta (0,11 km²) e capoeirão (0,09 km²). Uma pequena parcela correspondente a 0,36 km² teve a condição modificada, em sua maior parte, para área construída arborizada (0,30 km²).

Com isso, a Área Construída Contínua representava, em 1975, o equivalente a 5,18 km². Esta área teve um acréscimo de 1,25 km² no período de 1975/1999, correspondendo à ocupação, principalmente, de áreas de campos antrópicos (0,46 km²), área construída arborizada (0,41 km²), horticultura (0,15 km²), bosque com vegetação arbórea (0,07 km²), capoeira (0,07 km²) e floresta (0,06 km²). Neste período, 0,49 km² de Área Construída Contínua teve sua condição modificada, principalmente, para área construída arborizada (0,39 km²) e solo exposto (0,06 km²).

Verifica-se que, nos dois períodos considerados, as áreas construídas contínuas ocuparam principalmente as áreas de campos antrópicos, áreas construídas arborizadas e horticultura. Também, em sua maior parte, tiveram sua condição modificada para áreas construídas arborizadas e, mais recentemente, para solo exposto. Estes dados refletem um dinamismo na construção do espaço, onde o processo de ocupação obedece, entre outros aspectos, à valorização do solo urbano. O avanço de áreas construídas contínuas sobre áreas construídas arborizadas explica-se pela existência, na região, de residências com quintais que, aos poucos, cederam lugar para a construção de modernos condomínios, que representam uma mudança no padrão de ocupação das áreas residenciais, devido ao crescimento populacional da XVI Região Administrativa (Jacarepaguá).

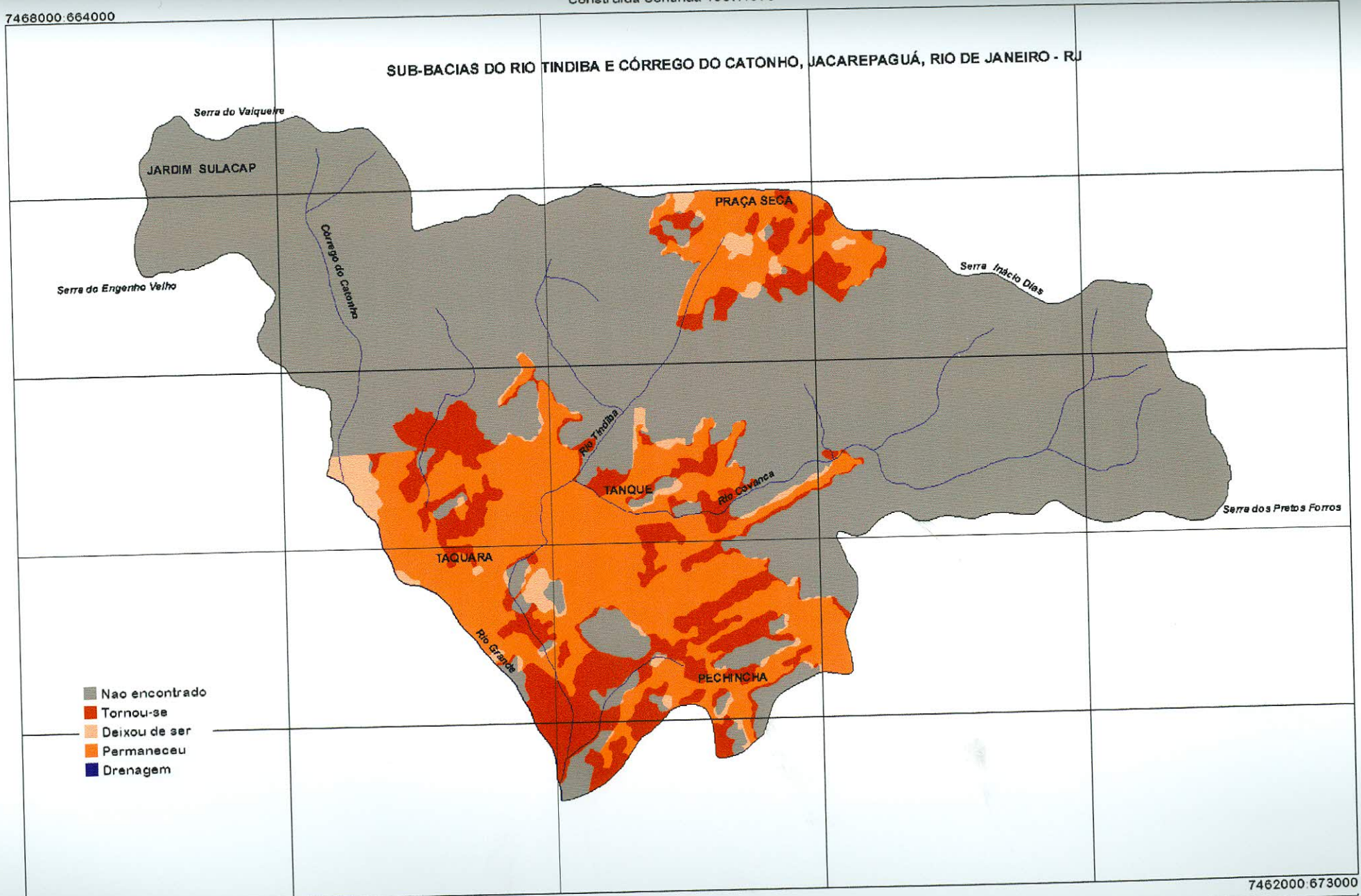
O elevado crescimento populacional dos bairros da XVI RA nos últimos 40 anos, imprimiu à região um padrão de uso do solo urbano caracterizado pelo predomínio de áreas construídas para fins residenciais : 82,03% na XVI RA; 87,65% no Pechincha; 75,21% na Taquara; 86,84% no Tanque e 90,51% na Praça Seca (IPP, 2000), com a existência de áreas livres de ocupação, nas quais ainda é marcante a presença de casas com quintais arborizados e áreas verdes, onde se incluem praças, parques e jardins. Dados estatísticos (IPP, 2000) indicam que a XVI RA possuía um total de 61 logradouros identificados nas categorias de praças, parques e jardins, recobrando uma área de aproximadamente 44 km², o que corresponde a 23,84% do total municipal. Deste

total, 0,27 km² se distribuem pelos bairros do Pechincha, Taquara, Tanque e Praça Seca, representados por 17 praças e 3 largos. Chamamos a atenção para o fato de que os dados estatísticos existentes no Anuário (IPP, 2000) referem-se aos valores relativos aos bairros e os dados da monitoria apenas à área de estudo, que não recobre estes bairros em sua totalidade.

Este crescimento recente ainda pode ser avaliado pela faixa de idade dos imóveis existentes na Região Administrativa de Jacarepaguá. Do total de 104.121 imóveis existentes em 1999, 66.156 (63%) tinham menos de 20 anos e 32.554 (31%) situavam-se entre 21 e 44 anos, ou seja, 94% dos imóveis existentes em 1999 tinham idade inferior a 50 anos. Embora estes dados não possam ser considerados de forma absoluta, indicam que houve um crescimento recente e uma renovação na área construída, principalmente se considerarmos que grande parte do casario antigo foi substituído por modernos condomínios ou prédios comerciais e de serviços. Isto pode ser constatado pela participação minoritária do número de imóveis com idade superior a 45 anos, correspondendo a um total de 5.411, ou 5% (IPP, 2000).

A malha urbana expandiu-se em direção às encostas e tornou-se mais densa na baixada. Dados do Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro (IPP, 1997) revelam que a densidade da área construída nos bairros que compõem a área de estudo são: XVI RA (0,11); Pechincha (0,35); Taquara (0,19); Tanque (0,14) e Praça Seca (0,13). Para este cálculo é considerada a relação entre as áreas total construída e territorial líquida (descontadas aquelas localizadas acima da cota 100m), em m², e não tendo sido incluídos os imóveis informais, não cadastrados na Secretaria Municipal de Fazenda. Comparando-se estes valores com o total municipal (0,14) e com áreas de densidades elevadas como Copacabana (1,86) ou o Centro da cidade (1,29) verifica-se que, somente os bairros do Pechincha e da Taquara apresentam valores acima da média municipal, embora muito inferiores aos bairros do Centro da Cidade e de Copacabana.

7468000-664000



7462000-664000

Data: 05/01/01

Figura 23. Mapa de Monitoria Simples de Áreas Construídas Contínuas - 1957/1975

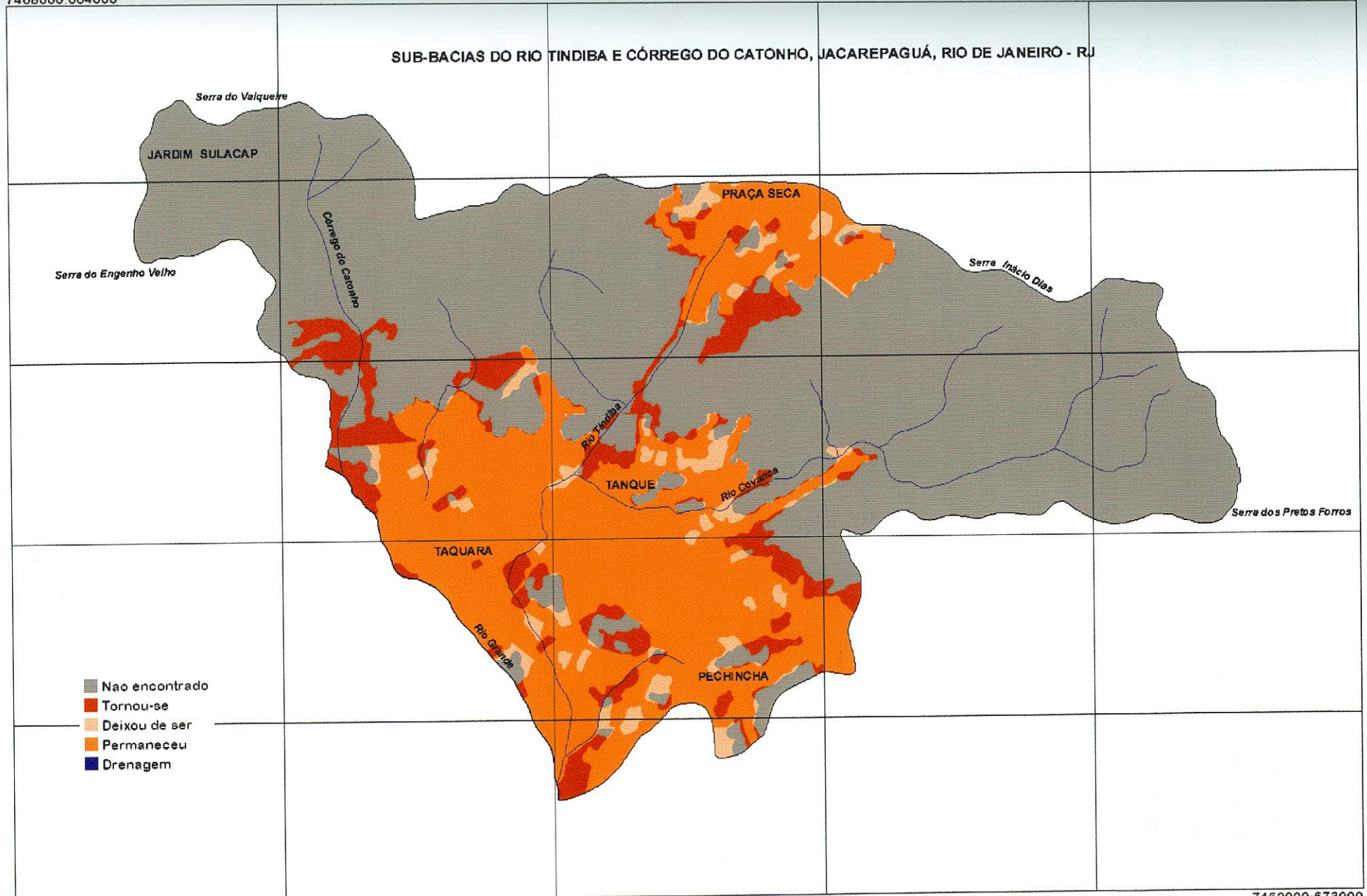


Figura 24. Mapa de Monitoria Simples de Áreas Construídas Contínuas - 1975/1999

7.1.4. Alterações nas Áreas Construídas Esparsas ou Desordenadas

A monitoria ambiental realizada para a categoria Área Construída Esparsa ou Desordenada indica que a mesma recobria, em 1957, 0,20 Km². O período de 1957/1975 representou um crescimento de 91,65%, quando esta passou a ocupar uma área de 0,39 km² (Figura 25). Este avanço estabeleceu-se sobre áreas de campos antrópicos (0,27 km²), floresta (0,01 km²) e parcelas menores de capoeira, bosque e reflorestamento. Por outro lado, parte da área existente em 1957 foi incorporada às áreas construídas contínua (0,02 km²) e arborizada (0,04 km²), ou campos antrópicos (0,05 km²) e bosques com vegetação arbórea (0,03 km²). Neste período, considerando-se o crescimento das áreas de favelas, destaca-se a do Barão, localizada no morro de São José, cujo ano de ocupação remonta a 1969 (IPP, 1993).

É oportuno ressaltar que, nesta categoria, estão incluídas as áreas ocupadas por antigos sítios localizados, em sua maioria, fora da área construída contínua, identificados, principalmente, no mapa de 1957. O crescimento recente, por sua vez, está associado ao surgimento de favelas e loteamentos irregulares e ao aumento da população residente na Região Administrativa de Jacarepaguá, a partir da década de 1970, conforme pode ser constatado pela monitoria realizada para o período de 1975/1999 (Figura 26).

Neste período, o crescimento registrado foi de 214,24%, passando a ocupar uma área de 1,22 km². O avanço deu-se, principalmente, sobre áreas de campos antrópicos (0,56 km²), floresta (0,18 km²), área construída arborizada (0,09 km²), capoeira (0,07 km²) e bosque com vegetação arbórea (0,07 km²). Destaca-se, aqui, o surgimento das favelas Inácio Dias (1986), Morro da Bela Vista (1986), Comandante Luis Souto (1988) e a expansão de outras existentes, como é o caso da Fazenda Mato Alto, no morro da Reunião. Ocupada atualmente pela Associação de Moradores da Fazenda Mato Alto, esta comunidade teve um crescimento acelerado a partir do final da década de 1980. De acordo com o Cadastro de Favelas do Município do Rio de Janeiro (IPP, 1993), em 1988, a população residente neste local era de 605 moradores estabelecidos em 121 domicílios. Em 1993, o total de moradores aumentou para 3440, ocupando 782 domicílios.

Dados do IBGE (1996) confirmam o aumento no número de setores censitários localizados em favelas, no período de 1985 a 1991, sendo significativo em alguns bairros localizados na área de estudo, sobretudo na Taquara, Tanque e Praça Seca (Tabela 2).

Tabela 2. Setores censitários localizados em favelas nos bairros da área de estudo

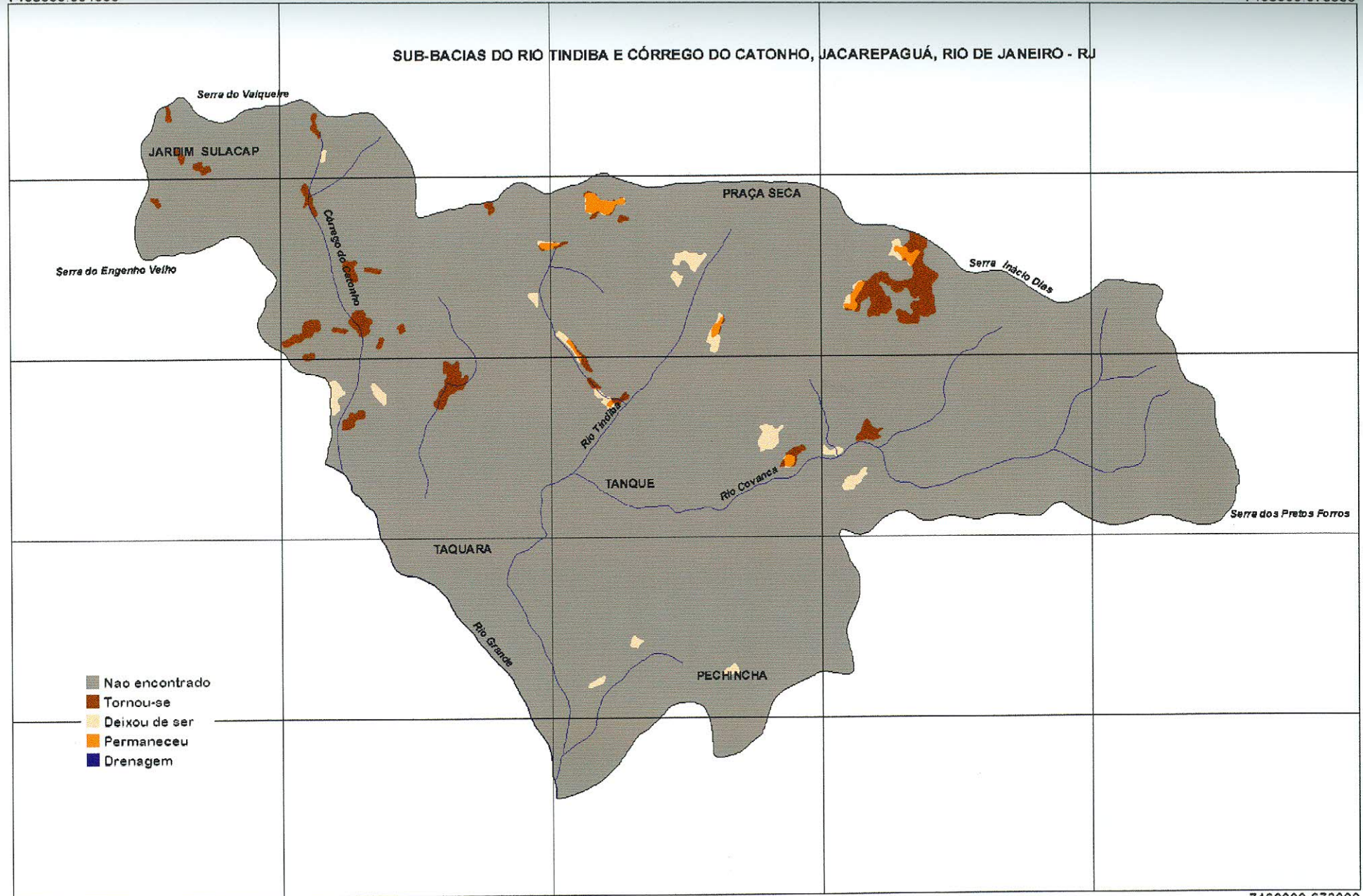
Bairro	Anos		
	1985	1991	1996
Taquara	2	6	6
Tanque	0	5	3
Praça Seca	8	16	9

Fonte: IBGE (1996)

Estas áreas são consideradas de risco à erosão, tendo em vista a localização em encostas com declives acentuados e a natureza da ocupação, que envolve, entre outros aspectos, a retirada de vegetação arbórea e o corte de taludes para a construção de casas. Os espaços de circulação existentes entre as construções, normalmente representados por ruas não pavimentadas, funcionam como superfícies de concentração do escoamento das águas pluviais, onde desenvolve-se o processo de erosão laminar e o início do escoamento concentrado, aumentando assim a probabilidade da formação de ravinas, que podem evoluir para voçorocas (Figuras 27, 28, 29 e 30).

7468000.664000

7468000.673000



7462000.664000

Data: 06/01/01
Resolução: 5m
Fonte:
Fotointerpretação

Figura 25. Mapa de Monitoria Simples de Áreas Construídas Esparsas ou Desordenadas - 1957/1975

7462000.673000

1000m

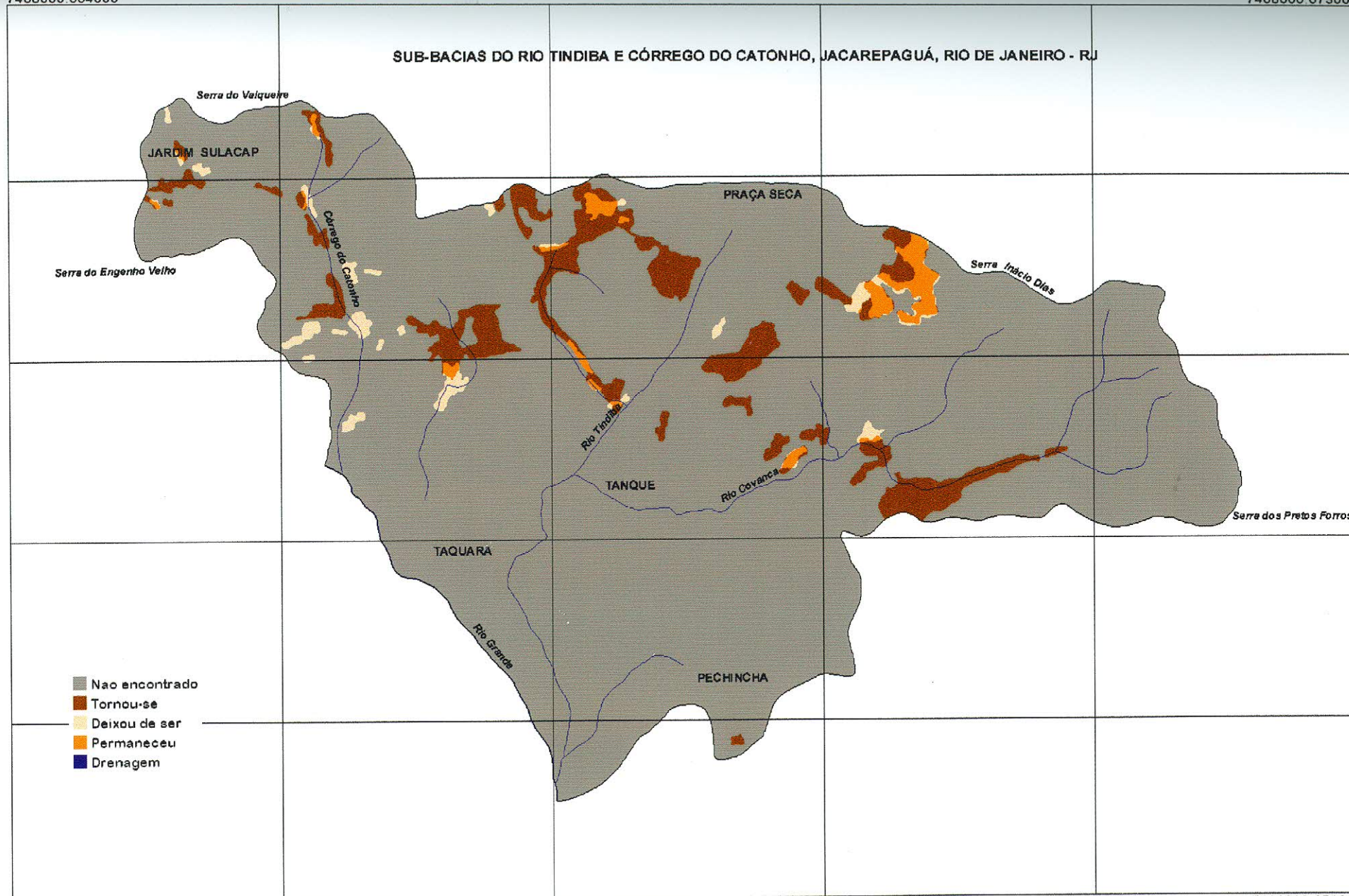


Figura 26. Mapa de Monitoria Simples de Áreas Construídas Esparsas ou Desordenadas - 1975/1999



Figura 27. Marca de fluxo concentrado, com início de ravinamento, na Associação de Moradores Fazenda Mato Alto.



Figura 28. Corte em talude na Associação de Moradores Fazenda Mato Alto.

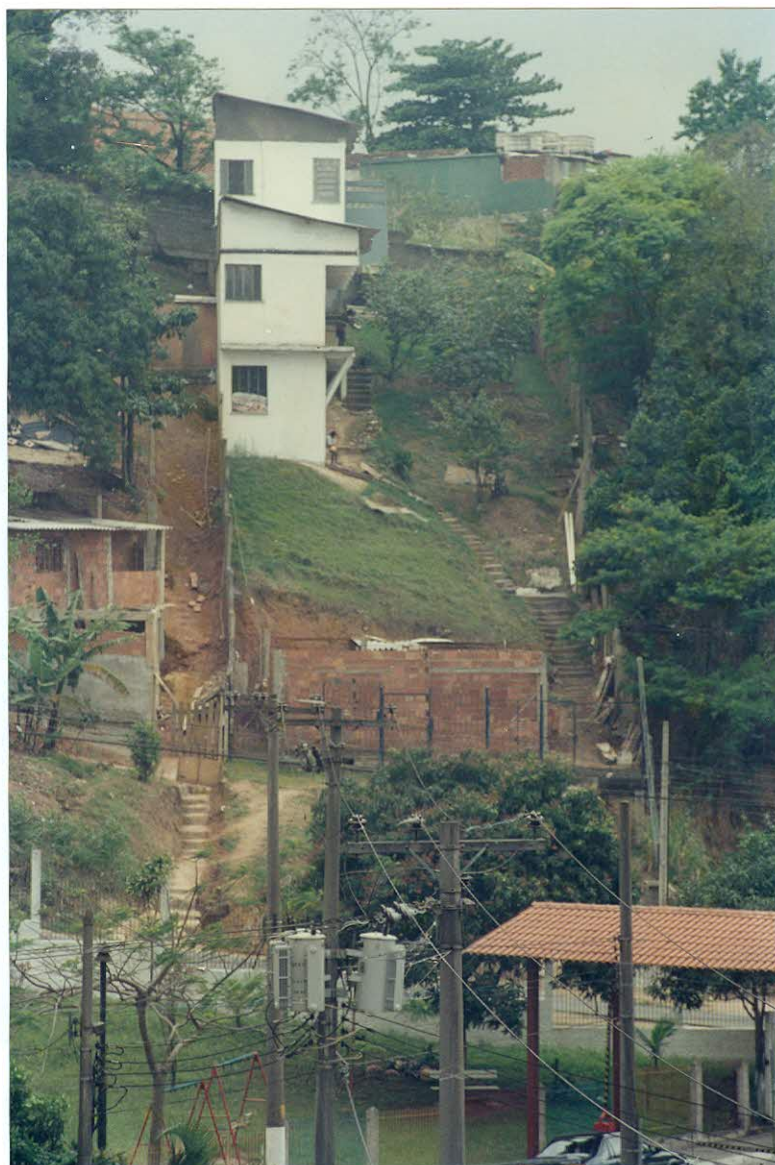


Figura 29. Ocupação desordenada de encosta no bairro da Taquara.

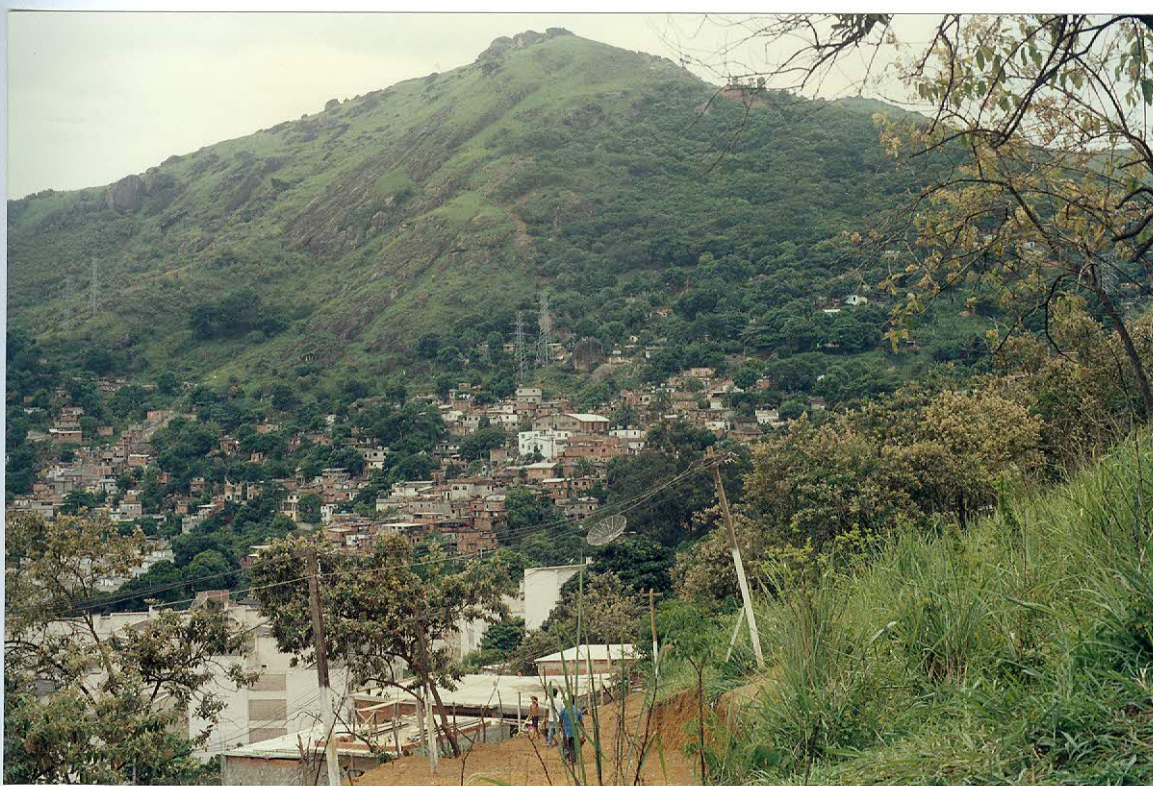


Figura 30. Favela Barão, morro de São José Operário, com trecho reflorestado na alta encosta.

7.1.5. Alterações nas Áreas de Horticultura

Do ponto de vista econômico, a horticultura se faz presente, no ano de 1957, em praticamente todos os vales fluviais, sendo as áreas mais expressivas encontradas ao longo dos rios Tindiba e da Covanca, podendo também ser encontrada em áreas menores e descontínuas no vale do Catonho. Esta é uma das atividades que imprimiram sua marca à região mas que tem sua importância reduzida nos dias atuais. Este fato pode ser explicado, em parte, pela valorização do solo urbano decorrente do interesse recente que o bairro passou a despertar como local de moradia a partir da década de 1950, fazendo com que as chácaras existentes fossem progressivamente vendidas.

A monitoria ambiental realizada para esta categoria indica que a mesma ocupava, em 1957, uma área equivalente a 0,69 km², reduzida para 0,31 km², em 1975, e 0,03 km² em 1999, assinalando o desaparecimento de uma atividade que por décadas identificou-se com a região (Bernardes, 1990).

O período de 1957/1975 apresentou uma redução de 55%, em que 0,46 km² ocupados pela horticultura foram substituídos, principalmente, por áreas construídas (0,25 km²), campos antrópicos (0,12 km²) e capoeira (0,06 km²). O crescimento da área cultivada, no período, correspondeu a apenas 0,08 km², em sua maior parte ocupando áreas de campos antrópicos (0,05 km²) (Figura 31).

O período de 1975/1999 apresentou uma redução de 89% na área ocupada por esta atividade, em que, dos 0,31 km² existentes em 1975, 0,28 km² passaram a ser ocupados por áreas construídas contínuas (0,15 km²), áreas construídas arborizadas (0,05 km²), áreas construídas esparsas ou desordenadas (0,03 km²), bosques com vegetação arbórea (0,02 km²) e capoeira (0,01 km²), principalmente. O total de crescimento da área cultivada no período é insignificante (0,13 ha), fazendo com que a área ocupada pela horticultura em 1999 correspondesse a apenas 4,93% da área existente em 1957. Em 1999, a horticultura limitava-se a 0,03 Km², ocupando duas áreas no vale do rio Covanca (Figura 32).

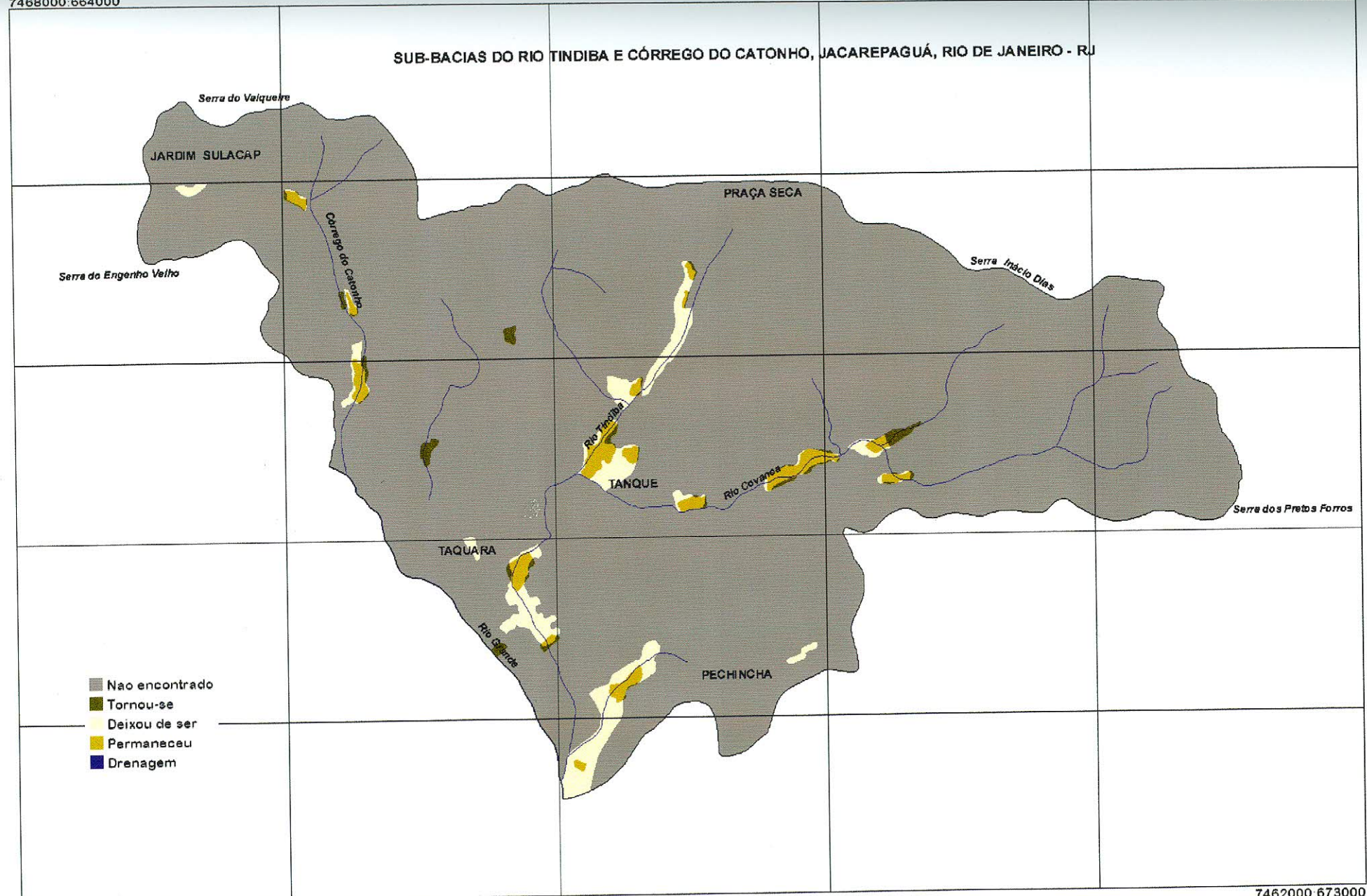


Figura 31. Mapa de Monitoria Simples de Horticultura - 1957/1975

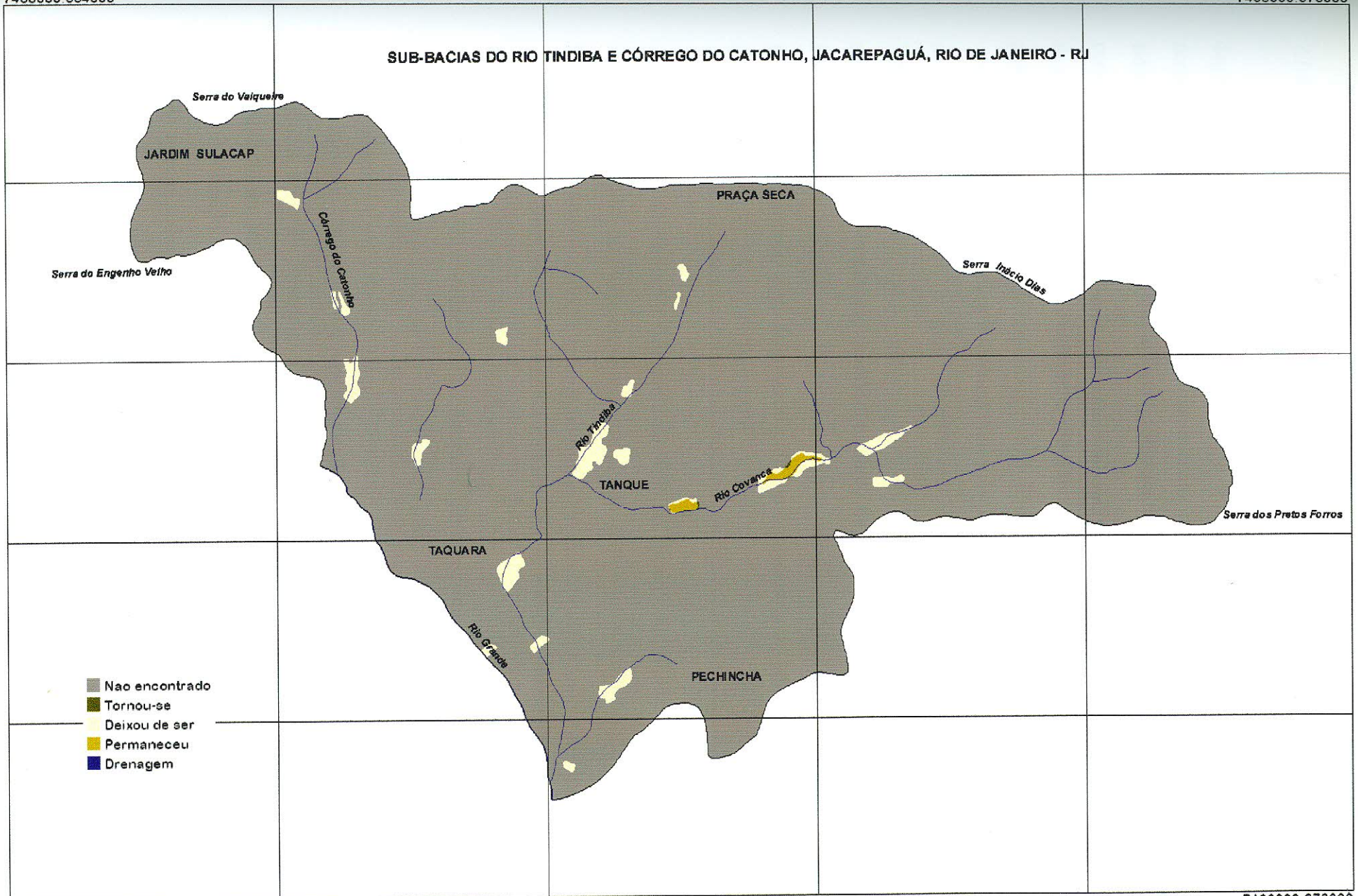


Figura 32. Mapa de Monitoria Simples de Horticultura - 1975/1999

7.1.6. *Exploração Mineral*

Dentre as atividades recentes que mais contribuíram para a descaracterização e degradação ambientais da área de estudo, considerando-se o período pesquisado, nenhuma se compara com a exploração mineral. De acordo com Araújo (2001), na cidade do Rio de Janeiro, os danos ambientais decorrentes de exploração mineral constituem o terceiro evento de maior ocorrência, sendo superado apenas pelo número de denúncias em Ações Cíveis Públicas Ambientais a respeito de atividades causadoras de poluição sonora e danos ambientais decorrentes de empreendimentos imobiliários.

A presença, na área de estudo, de um solo residual com espessura superior a 2m de profundidade, sobre o qual desenvolveu-se predominantemente o Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa, é condição para a existência de um tipo de atividade caracterizado pela exploração de saibro. As marcas impressas na paisagem são identificadas com facilidade nas fotografias aéreas, devido ao padrão criado pelo corte profundo das encostas, pela tonalidade clara que apresenta e, principalmente, pela dimensão espacial da área de exploração.

Dentre as saibreiras que permanecem em atividade na área, as de maior extensão são a do Morro do Barro Vermelho e a do Vale do Paraíso, localizadas no Maciço da Tijuca. No Maciço da Pedra Branca, a exploração localizada no Morro do Mato Alto funciona regularmente.

As áreas de exploração localizadas na estrada do Catonho, sobre os Morros do Cachambi e do Valqueire foram embargadas. Na vertente oeste do Morro do Barro Vermelho registra-se a existência de antiga exploração, desativada e com obras de contenção representadas por um tipo de terraceamento.

Em todos os casos citados a exploração ultrapassa o limite da cota 100m (Morro Barro Vermelho, 183m; Morro do Mato Alto, 174m; Morro do Cachambi, 265m), consideradas áreas de preservação no Maciço da Pedra Branca, por integrar o Parque Estadual da Pedra Branca.

Tais atividades representam, entre outros, ameaça à “desestabilização das encostas sujeitas a deslizamentos pelo depósito de rejeitos da lavra...; erosão da encosta com reflexos no assoreamento dos cursos d’água naturais...; devastação da cobertura

vegetal”(Ação Civil Pública Ambiental 20, *in* Araújo, 2001), conforme atestam as Figuras 33, 34 e 35.

Por outro lado, estas áreas, além da erosão antropogênica, característica do tipo de exploração, estão sujeitas a um intenso processo de erosão pelas águas pluviais, fazendo com que as mesmas sejam áreas-fonte de sedimentos carregados em suspensão pela rede hidrográfica. Este fato pode ser observado freqüentemente durante a ocorrência de chuvas intensas, com a mudança da coloração das águas do rio Tindiba, que recebe as águas do rio da Covanca, e em cuja bacia localizam-se as saibreiras do Vale do Paraíso e do morro do Barro Vermelho (Figura 36).



Figura 33. Movimentação de terra na saibreira da localidade Vale do Paraíso.



Figura 34. Saibreira em atividade no Vale do Paraíso, ao fundo. Em primeiro plano, loteamentos no vale do rio Covanca.



Figura 35. Saibreira desativada na estrada do Catonho, em área do Parque Estadual da Pedra Branca.



Figura 36. Sedimentos em suspensão no rio Tindiba, após chuva ocorrida em 3 de janeiro de 2000.

8. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

A análise empírica de diferentes níveis de fragilidade ambiental, nos quais se inclui a predisposição à erosão acelerada causada pela água de escoamento superficial, exige como condição necessária, de acordo com Ross (1996), a realização de levantamentos de campo, serviços de gabinete e a geração de mapas temáticos específicos. Deve-se, também, levar em consideração a utilização de estudos existentes e classificações consagradas que contemplem os objetivos da pesquisa.

As análises de avaliação de predisposição do solo à erosão hídrica, realizadas no presente trabalho, tiveram como premissa a interação de dados referentes às características dos solos, do relevo, das encostas e da cobertura vegetal de uso do solo, através da utilização de mapas temáticos, dados de campo e de laboratório. Para isto foi aplicado o conjunto de técnicas de apoio à decisão do SAGA/UFRJ, que possibilita, entre outras, realizar avaliações ambientais diretas. A aplicação destas técnicas consiste na atribuição de pesos relativos a cada mapa temático, de acordo com sua importância para o evento considerado, de modo que o somatório desses pesos seja de 100%, e na atribuição de notas a cada categoria ou classe dos mapas temáticos, que variam de 0 (zero) a 100 (cem).

Para a atribuição de pesos e notas foram realizadas consultas à literatura, apoiadas em fotointerpretação, no conhecimento empírico, em trabalhos de campo e análises de laboratório. Dessa forma, foram consideradas as observações de campo, os resultados dos totais de infiltração e os valores existentes na literatura relativos à erodibilidade dos solos, ao escoamento superficial e à importância da declividade do terreno quanto à suscetibilidade à erosão. Também foram consideradas as assinaturas ambientais dos locais onde foram observados a erosão acelerada e movimentos de massa.

8.1. Mapas e dados utilizados na elaboração do mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo

Erosividade

A erosividade da chuva, apesar de sua importância para a avaliação da predisposição real dos solos à erosão, não foi incorporada ao modelo devido à estação meteorológica de Jacarepaguá estar localizada na Praça Seca, fazendo com que sua influência estenda-se por toda a área de estudo e, conseqüentemente, o valor de erosividade seja considerado constante para toda a área. Contudo, foi realizado o cálculo da erosividade desta estação e de outras representativas do Estado e do Município do Rio de Janeiro com a finalidade de estabelecer uma comparação do comportamento deste parâmetro no contexto do clima regional e local.

Os dados utilizados das estações meteorológicas de Jacarepaguá, Bangu, Penha, Jardim Botânico, localizadas no município do Rio de Janeiro, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, em Teresópolis, e Álcalis, em Cabo Frio, correspondem às precipitações médias mensais e anuais relativas ao período de 1931-1975, existentes na publicação Indicadores Climatológicos do Estado do Rio de Janeiro (FIDERJ, 1978). A localização das estações é a seguinte:

- Jacarepaguá - Latitude: 22^o55'00"S; Longitude: 43^o21'00"W; Altitude: 12 m.
- Bangu - Latitude: 22^o52'00"S; Longitude: 43^o28'00"W; Altitude: 40 m.
- Penha - Latitude: 22^o49'00"S; Longitude: 43^o15'00"W; Altitude: 6 m.
- Jardim Botânico - Latitude: 22^o58'00"S; Longitude: 43^o13'00"W; Altitude: 5 m.
- Parque Nacional da Serra dos Órgãos - Latitude: 22^o27'00"S; Longitude: 42^o56'00"W; Altitude: 959 m.
- Álcalis - Latitude: 22^o59'00"S; Longitude: 42^o02'00"W; Altitude: 7 m.

Para o cálculo do potencial erosivo da chuva foi utilizada a equação $E = 6,866 (p^2/P)^{0,85}$, conforme sugerido por Salomão (1999), onde:

E = média mensal do índice de erosão (t/ha.mm/h);

p = precipitação média mensal em mm;

P = precipitação média anual em mm.

Esta equação também é utilizada por Beltrame (1994) e, com base neste trabalho, foi elaborada a tabela de classificação dos índices de erosividade para o Estado do Rio de

Janeiro (Tabela 3). Da mesma forma, as classes foram definidas com base nos dados das estações que registram a mais baixa precipitação média anual (Álcalis, com 820,9 mm) e a mais alta precipitação média anual (Parque Nacional da Serra dos Órgãos, com 2.813,3 mm), da acordo com dados da FIDERJ (1978). A média anual dos índices de erosividade para estas duas estações são: Álcalis = 384,19 t/ha.mm/h e Parque Nacional da Serra dos Órgãos = 1.182,69 t/ha.mm/h.

Tabela 3. Classificação dos índices de erosividade para o Estado do Rio de Janeiro

Índice (t/ha.mm/h)	Qualificação
< 543,89	erosividade débil
543,90 a 703,59	erosividade média
703,60 a 863,29	erosividade forte
863,30 a 1.022,99	erosividade muito forte
> 1.022,99	erosividade excessiva

Fonte: FIDERJ (1978)

Com base nesta classificação, foram determinados os índices de erosividade da chuva para as estações consideradas na presente análise (Tabela 4).

Tabela 4. Índices de erosividade e precipitação média anual das estações meteorológicas do município do Rio de Janeiro

Estação	Precipitação Anual (mm)	Média Índice (t/h.mm/h)	Qualificação
Jacarepaguá	1.243,5	578,11	erosividade média
Bangu	1.262,6	610,33	erosividade média
Penha	1.174,6	592,29	erosividade média
Jardim Botânico	1.782,5	725,86	erosividade forte
Álcalis	820,9	384,19	erosividade débil
P.N. Serra Órgãos	2.813,3	1.182,69	erosividade excessiva

Fonte: FIDERJ (1978)

Mapa de Solos: Importância muito grande, peso 40%.

Nos estudos que visam determinar os diferentes graus de limitação do uso do solo por suscetibilidade à erosão, são considerados como causas a erosão hídrica e a atuação da água de escoamento superficial (causa ativa) e a resistência ou erodibilidade do solo (causa passiva ou facilitadora), como demonstram Cassol *et al.* (1981), Mendes (1982) e Bertoni e Lombardi Neto (1999).

As notas aqui atribuídas consideraram os valores de erodibilidade e de limitações de uso por suscetibilidade à erosão, disponíveis na literatura (Tabelas 5, 6, e 7), e os resultados das análises das amostras de solos.

Tabela 5- Valores de erodibilidade (K) já determinados para vários solos brasileiros

Solos	Erodibilidade (K)	Observações
LATOSSOLOS		
Latossolo Vermelho Amarelo	0,102 (N)	Textura argilosa (SP)
Latossolo Vermelho Amarelo	0,205 (N)	Textura média (SP)
SOLOS COM B TEXTURAL		
Argissolos	0,468 (N)	Textura média (SP)
Argissolos	0,240 (N)	Latossólico (SP)
OUTROS SOLOS		
Neossolos Litólicos	0,130 (N)	Substrato granito-gnaisse
Cambissolos	0,085 (N)	Latossólico (PB)

Obs: Neste quadro, os valores K variam de 0,030 (N) para o Nitossolo (SP) a 0,540 (N) para o Espodossolo (SP).

(N) erodibilidade determinada pelo método do nomograma.

Fonte: Modificado de Resende e Almeida (1985)

Tabela 6. Classes de erodibilidade

Classes de Erodibilidade	Índices relativos de Erodibilidade	Unidades Pedológicas
I	10,8 a 8,1	- Cambissolos e Neossolos Litólicos - Argissolos abrupticos, textura arenosa/média - Neossolos Quartzarênicos
II	8,0 a 6,1	- Argissolos não abrupticos, textura média/argilosa e textura média
III	6,0 a 4,1	- Argissolos de textura argilosa
IV	4,0 a 2,1	- Latossolos de textura média - Latossolos de textura argilosa - Nitossolos
V	2,1 a 0	- Solos Hidromórficos em relevo plano

Fonte: Modificado de Bertoni e Lombardi Neto (1985, *in* Salomão, 1999)

Tabela 7. Exemplos de solos e respectivas limitações quanto ao uso.

LIMITAÇÃO NULA, SOLOS PRATICAMENTE NÃO SUSCETÍVEIS À EROSÃO
<ul style="list-style-type: none"> • Neossolos Flúvicos distróficos A fraca e moderada textura média fase floresta perene de várzea relevo plano ES
LIMITAÇÃO LIGEIRA, SOLOS POUCO SUSCETÍVEIS À EROSÃO
<ul style="list-style-type: none"> • Latossolo Vermelho Amarelo distrófico A moderado textura argilosa fase floresta subperenifólia relevo forte ondulado ES
LIMITAÇÃO MODERADA, SOLOS MODERADAMENTE SUSCETÍVEIS À EROSÃO.
<ul style="list-style-type: none"> • Latossolo Vermelho Amarelo distrófico A moderado textura média fase transição floresta caducifólia-caatinga hipoxerófita relevo plano e suave ondulado com murundus MG. • Argissolo Vermelho Amarelo latossólico A moderado textura argilosa fase floresta subperenifólia relevo ondulado ES
LIMITAÇÃO FORTE, SOLOS FORTEMENTE SUSCETÍVEIS À EROSÃO
<ul style="list-style-type: none"> • Latossolo Vermelho Amarelo distrófico podzólico A moderado textura argilosa fase floresta subperenifólia relevo forte ondulado ES
LIMITAÇÃO MUITO FORTE, SOLOS MUITO FORTEMENTE SUSCETÍVEIS À EROSÃO
<ul style="list-style-type: none"> • Argissolo Vermelho Amarelo equivalente eutrófico A moderado textura argilosa fase floresta subcaducifólia relevo forte ondulado e montanhoso ES • Neossolos Litólicos: r - associação neossolos litólicos eutrófico e distróficos A moderado e proeminente textura média e argilosa fase floresta subperenifólia e subcaducifólia relevo escarpado, montanhoso e forte ondulado + afloramento de rocha ES

Fonte: Modificado de Mendes (1982)

Propriedades das amostras de solos da área de estudo

Com exceção dos solos aluviais, foram coletadas amostras do horizonte superficial de todos os tipos presentes na área, com prioridade às áreas de encostas, nos 31 pontos indicados na Figura 37. A classe RUde corresponde à associação de Neossolos Flúvicos e Cambissolo Háptico, distróficos e eutróficos, texturas indiscriminadas, não tendo sido realizadas coletas em virtude desta classe estar localizada em área densamente urbanizada e serem classificados como de limitação nula a ligeira, não ou pouco suscetíveis à erosão. A legenda de solos está atualizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA/CNPS, 1999), sendo feita, contudo, referência à antiga classificação existente no Mapa Semidetalhado de Solos do Município do Rio de Janeiro (EMBRAPA/SNLCS, 1980).

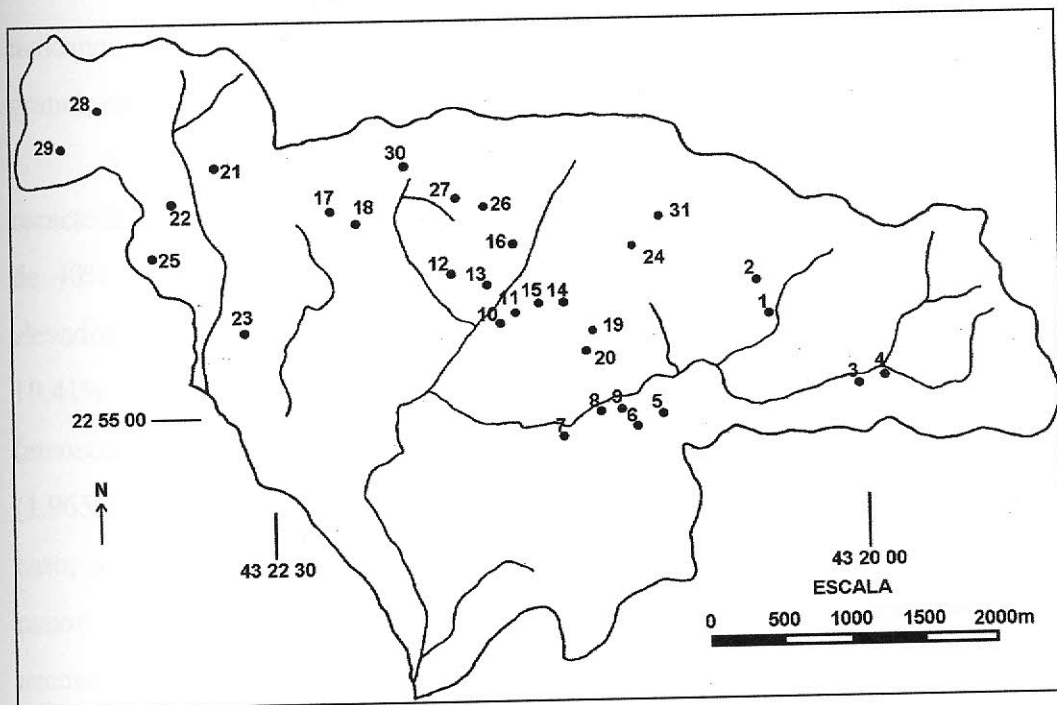


Figura 37. Pontos de coletas de amostras de solos.

Análise da textura e dos totais de infiltração das amostras coletadas:

Textura

A análise de textura das 31 amostras de solo da área de estudo indica que estes valores variam de 21,02% a 66,43% nos teores de areia grossa; de 4,90% a 16,94% nos teores de areia fina; de 9,87% a 33,19% nos teores de silte e de 12,07% a 57,02% nos teores de argila.

A análise individual das amostras demonstra que há um predomínio da classe textural franco-argilo-arenosa (12 amostras), encontrada em todos os tipos de solos presentes na área de estudo. Esta classe caracteriza-se por apresentar percentuais de areia superiores a 45% e de argila entre 20 e 35%. O teor de silte é inferior a 28%. Nas amostras selecionadas os valores mais elevados de cada fração granulométrica são 52,01% de areia grossa (amostra 7), 16,74% de areia fina (amostra 13), 22,09% de silte (amostra 28) e 32,55% de argila (amostra 28). Os totais de infiltração variam de 2.348,35 ml (amostra 11) a 16.807 ml (amostra 28), sendo a média de 5.763,53 ml. Verifica-se que os percentuais de areia e de argila imprimem a esta classe valores de infiltração de médio a alto, com exceção do valor extremo encontrado na amostra 28,

indicando que a erosão pode ter intensidade variável, de acordo com a fração granulométrica predominante e de sua influência sobre o escoamento superficial.

A segunda classe textural mais representativa é a argilosa (8 amostras), caracterizada por apresentar percentuais de areia no máximo de 45%, de silte no máximo de 40% e de argila entre 40% e 60%. Nas amostras relacionadas, os valores mais elevados de cada fração granulométrica são 33,99% de areia grossa (amostra 31), 10,41% de areia fina (amostra 22), 27,03% de silte (amostra 8) e de 57,02% de argila (amostra 2). Esta classe é a que apresenta o menor valor médio de infiltração (1.965,46 ml), variando de 329,87 ml (amostra 18) a 4.052,66 ml (amostra 4). Neste caso, o elevado teor de argila determina baixos valores de infiltração, o que possibilita maior escoamento superficial, embora não se possa afirmar que isto corresponda necessariamente à erosão elevada, tendo em vista que a argila, quando em agregados, apresenta resistência à remoção.

A classe franco-arenosa aparece em seis amostras e caracteriza-se por apresentar teores de areia que variam de 45% a 85%, até 50% de silte e entre 15% e 20% de argila. Nas amostras relacionadas, os maiores valores encontrados foram 66,43% de areia grossa (amostra 29), 16,94% de areia fina (amostra 25), 22,19% de silte (amostra 6) e 18,26% de argila (amostras 6 e 12). Os totais de infiltração têm média de 4.482,02 ml, com valores variando de 2.128,43 ml (amostras 6 e 10) a 14.027,24 ml (amostra 12). As médias de infiltração elevadas correspondem, teoricamente, a menor escoamento superficial, mas os elevados teores de areia são indicadores de uma maior disponibilidade de partículas ao transporte e à erosão.

Dois classes texturais ocorrem em apenas duas amostras. A amostra 23, classe franca, apresentando teores de 36,53% de areia grossa, 11,99% de areia fina, 33,19% de silte e 18,29% de argila, com infiltração total de 3.463,61 ml. A amostra 19, classe franco-argilosa, apresenta teores de 30,81% de areia grossa, 8,21% de areia fina, 31,59% de silte e 29,39% de argila. O total de infiltração é de 2.277,66 ml. Da mesma forma que o verificado nas amostras anteriores, o predomínio de frações grosseiras corresponde a totais mais elevados de infiltração, ocorrendo o inverso quando predomina a argila, o que conduz a valores diferenciados de escoamento superficial e, conseqüentemente, de erosão.

Infiltração

As taxas e os totais de infiltração constituem parâmetros que permitem avaliar de maneira indireta o volume de escoamento superficial e refletem, de uma maneira geral, os valores de densidade aparente e de porosidade do solo. Estão, portanto, diretamente associados às características do solo e ao uso e cobertura vegetal, sendo importantes indicadores para a avaliação do início do processo erosivo.

A análise dos resultados das 31 amostras coletadas (Tabela 8) indicou, para um total de 30 minutos em cada experimento, uma infiltração média de 4.017,95 ml, sendo que os valores extremos foram representados por 267,04 ml (amostra 1) e 16.807,56 ml (amostra 28). A distribuição dos valores totais indica que metade das amostras apresenta valores inferiores a 2.898,13 ml (mediana) e, das amostras com valores acima da mediana, oito são superiores à média. O valor médio de densidade aparente para as 31 amostras é de $1,26 \text{ g/cm}^3$ e o da porosidade 48,74%.

Os valores de correlação infiltração/densidade aparente (-0,32), infiltração/porosidade (0,29), infiltração/areia grossa (0,27) e infiltração/argila (-0,25) mostraram-se baixos, verificando-se, através da análise do gráfico de dispersão (Figuras 38 e 39), que três amostras (12, 28 e 30) não apresentavam os resultados coerentes com o padrão geral.

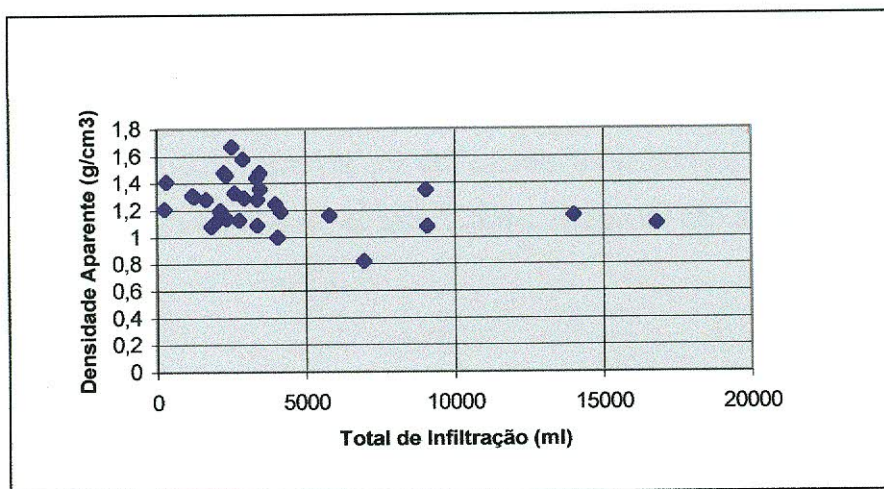


Figura 38. Correlação infiltração-densidade aparente das 31 amostras de solos.

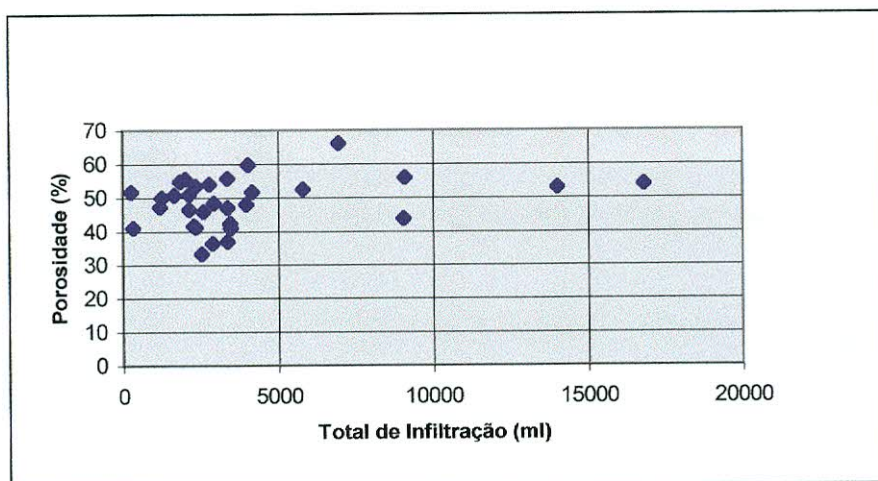


Figura 39. Correlação infiltração-porosidade das 31 amostras de solos.

Com a exclusão destas amostras, a média dos valores de infiltração diminuiu para 3.024,07 ml, mas os valores de correlação apresentaram mudanças significativas: infiltração/densidade aparente (-0,41); infiltração/porosidade (0,37); infiltração/areia grossa (0,20) e infiltração/argila (-0,31).

Na tentativa de compor um conjunto das amostras mais representativas foram selecionadas 16 amostras, conforme indicam os dados em destaque na Tabela 8. As 16 amostras selecionadas apresentaram infiltração média de 3.049,32ml e valores de correlação maiores para infiltração/densidade aparente (-0,55) e para infiltração/porosidade (0,51). Os valores de correlação infiltração/areia grossa (0,31) e infiltração/argila (-0,36) mostraram-se satisfatórios, apesar de não serem elevados.

Tabela 8. Totais de infiltração e declividade da encosta, nos locais de coletas, e propriedades físicas e texturas das amostras de solos.

Amostras	Infiltração total (ml)	Densidade aparente (g/cm ³)	Densidade real (g/cm ³)	Porosidade (%)	Declividade (graus)	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)
1	267,04	1,21	2,49	51,65	8	46,6	5,97	9,95	37,48
2	1264,49	1,30	2,61	49,99	13	21,02	6,43	15,53	57,02
3	6958,64	0,82	2,4	66,1	21	47,91	10,08	17,62	24,39
4	4052,66	1,00	2,49	59,84	20	30,73	6,15	13,25	49,87
5	3981,98	1,25	2,41	47,95	28	47,1	7,15	14,28	31,47
6	2128,43	1,19	2,42	50,96	20	50,17	9,38	22,19	18,26
7	2937,40	1,29	2,51	48,39	16	52,01	12,29	13,53	22,17
8	1837,84	1,08	2,39	54,82	21	24,92	5,24	27,03	42,81
9	3471,47	1,48	2,51	41,08	23	41,58	13,08	19,07	26,27
10	2128,43	1,20	2,25	46,51	18	51,79	15,96	14,06	18,19
11	2348,35	1,14	2,46	53,40	18	41,28	10,29	15,82	32,61
12	14027,24	1,16	2,47	53,06	23	59,56	10,65	11,53	18,26
13	5811,96	1,16	2,45	52,45	23	38,06	16,74	15,96	29,51
14	1193,81	1,31	2,48	47,24	21	25,88	8,83	12,5	52,79
15	2607,53	1,33	2,46	45,98	21	43,75	7,66	11,03	37,56
16	2780,32	1,13	2,46	53,90	25	49,36	12,77	17,6	20,27
17	3369,37	1,44	2,29	36,99	19	49,46	15,5	17,81	17,23
18	329,87	1,41	2,40	41,07	31	32,08	6,59	12,6	48,73
19	2277,66	1,48	2,53	41,57	28	30,81	8,21	31,59	29,39
20	2536,84	1,67	2,51	33,28	18	48,68	10,21	14,83	26,28
21	9102,79	1,08	2,44	55,89	35	44,84	6,63	21,27	27,26
22	2010,62	1,12	2,52	55,53	33	31,99	10,41	9,87	47,73
23	3463,61	1,36	2,37	42,44	19	36,53	11,99	33,19	18,29
24	4162,62	1,19	2,46	51,77	26	37,89	9,71	16,8	35,6
25	2898,13	1,58	2,48	36,49	26	54,07	16,94	16,94	15,17
26	3385,07	1,09	2,47	55,79	15	30,27	7,69	16,17	45,87
27	3377,22	1,28	2,42	47,09	15	51,01	5,21	14,43	29,35
28	16807,56	1,10	2,40	53,94	30	40,13	5,23	22,09	32,55
29	2340,49	1,46	2,49	41,22	21	66,43	9,1	12,4	12,07
30	9047,81	1,35	2,40	43,76	38	50,15	4,9	16,35	28,6
31	1649,34	1,28	2,59	50,65	20	33,99	9,88	13,12	43,01

Análises dos totais de infiltração, textura, uso e cobertura vegetal das classes de solos da área de estudo

As análises de textura e totais de infiltração das amostras, de acordo com as classes de solos, buscaram relacionar estes resultados às propriedades dos solos e aos tipos de cobertura e uso do solo, com vistas a atribuir valores e notas a serem utilizados na avaliação ambiental.

Classes de Solos:

LVAd2 - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico pouco profundo (antigo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico pouco profundo - LVa2)

As amostras coletadas correspondentes aos pontos 1 a 4 (pontos 1 a 4 nas Figuras 40 e 41) nas áreas de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico pouco profundo (LVad2), de textura argilosa, apresentaram infiltração média de 3.135,71 ml, com elevada correlação infiltração/densidade aparente (-0,95) e infiltração/porosidade (0,97). Compreendem 3 amostras de textura argilosa e 1 de textura média (Figura 40).

Nesta classe de solo encontra-se o menor valor de infiltração da área de estudo, ou seja, 267,04 ml (amostra 1), correspondendo a um local recoberto com remanescentes de antigo reflorestamento de eucaliptos, hoje ocupado por uma saíbreira em exploração. A densidade aparente está abaixo da média (1,21 g/cm³), e os valores elevados de porosidade (51,65 %) e teor de areia grossa (46,6 %) não confirmam o baixo valor do total de infiltração. A classe textural desta amostra corresponde a argilo-arenosa.

A amostra que apresenta valor de infiltração mais elevado, nesta classe de solo, é a de número 3, localizada em uma área de floresta secundária com serapilheira, sobre um depósito de tálus, com um total de 6.958,64 ml. Corresponde à classe textural franco-argilo-arenosa, com o mais baixo valor de densidade aparente (0,82 g/cm³) e o mais alto de porosidade (66,1 %), proporcionando o valor elevado de infiltração (Figura 41).

Face aos resultados apresentados e às características do solo pouco profundo, esta classe foi considerada de limitação ligeira a moderada, pouco a moderadamente suscetível à erosão.

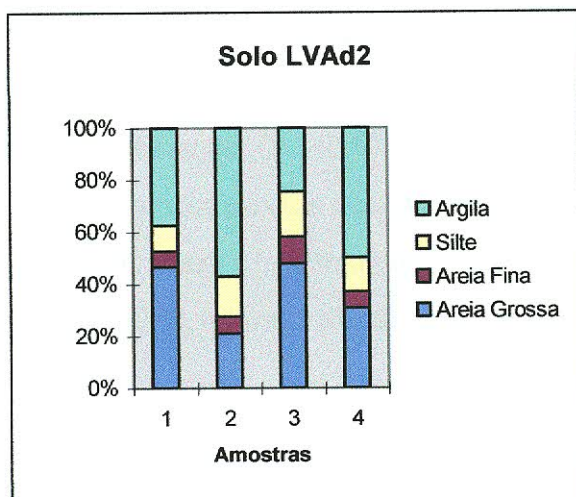


Figura 40. Texturas das amostras.

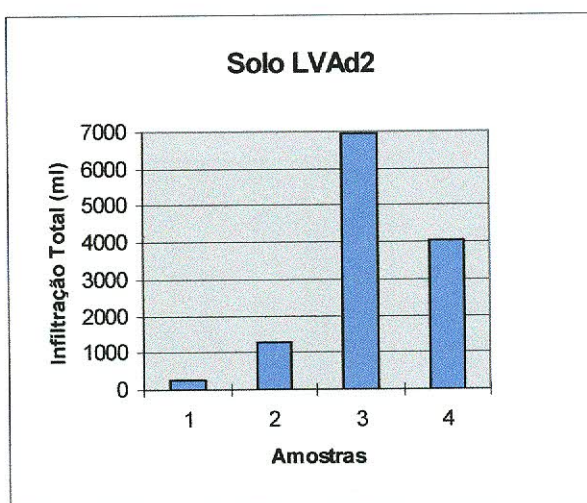


Figura 41. Totais de infiltração dos locais de coletas.

LVAd1 - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (antigo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico - LVa1)

A segunda classe analisada corresponde ao Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd1), de textura argilosa, tendo sido coletadas 3 amostras de textura média, 1 argilosa e 1 arenosa, dos pontos 26 a 30 (pontos 1 a 5 nas Figuras 42 e 43). Neste tipo de solo ocorrem dois dos mais elevados totais de infiltração, responsáveis pela elevada média da classe (6.991,63 ml). Estas duas amostras, de textura franco-argilo-arenosa, correspondem aos pontos 28 (16.807,56 ml) e 30 (9.047,81 ml) e estão relacionadas à cobertura de floresta secundária, com espessa serapilheira.

A densidade aparente oscila entre $1,09 \text{ g/cm}^3$ e $1,46 \text{ g/cm}^3$, apresentando baixos valores de correlação infiltração/densidade aparente ($-0,45$) e infiltração/porosidade ($0,37$). O menor valor de infiltração ($2.340,49 \text{ ml}$, na amostra 29, cobertura de gramíneas) está coerente com a mais elevada densidade aparente ($1,46 \text{ g/cm}^3$) e a mais baixa porosidade ($41,22 \%$), mas o mesmo não ocorre com as amostras 26 ($3.385,07 \text{ ml}$, $1,09 \text{ g/cm}^3$ e $55,79 \%$, arbustos plantados) e 30 ($9.047,81 \text{ ml}$, $1,35 \text{ g/cm}^3$ e $43,76 \%$).

Face aos resultados apresentados e às características do solo, esta classe foi considerada de limitação ligeira, pouco suscetível à erosão.

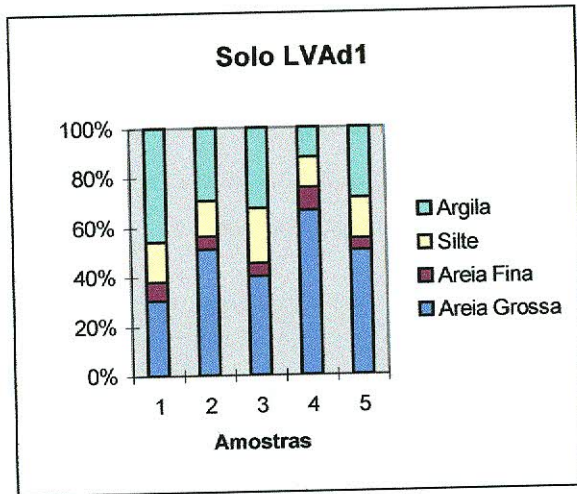


Figura 42. Texturas das amostras.

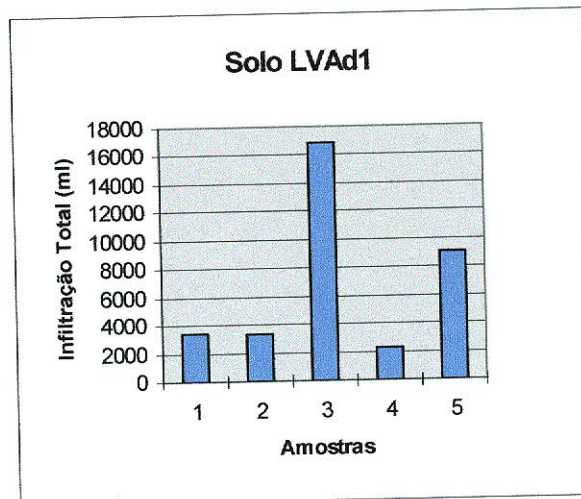


Figura 43. Totais de infiltração dos locais de coletas.

PVAd3 - Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico (antigo Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Latossólico - PVa3)

A terceira classe, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico (PVAd3), de textura média/muito argilosa, é a que apresenta o menor valor médio de infiltração (2.871,42 ml), compreendendo predominantemente cobertura de gramíneas. As amostras coletadas dos pontos 5 a 9 (4 amostras de textura média e 1 argilosa, pontos 1 a 5 nas Figuras 44 e 45) apresentaram valores de densidade aparente que variaram de 1,08 g/cm³ a 1,48 g/cm³, embora não tenha sido verificada correlação destes valores com os totais de infiltração.

Esta classe de solo foi considerada de limitação moderada, moderadamente suscetível à erosão, como indicam os baixos valores de infiltração a e os elevados valores de densidade aparente (Tabela 8).

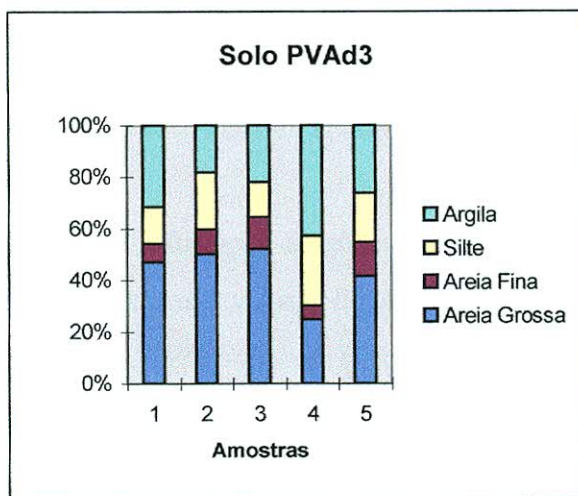


Figura 44. Texturas das amostras.

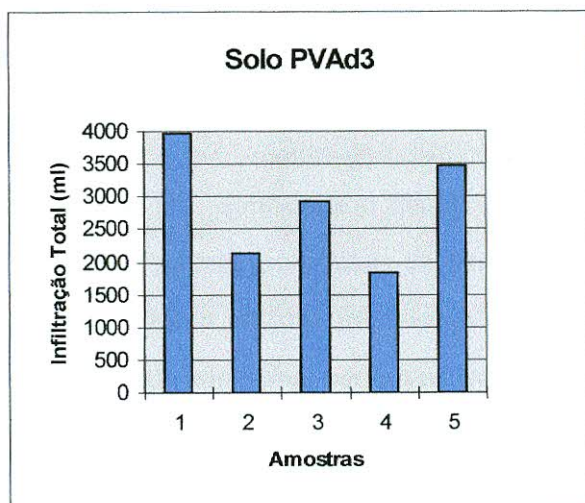


Figura 45. Totais de infiltração dos locais de coletas.

PVAd1 - Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (antigo Podzólico Vermelho-Amarelo Álico - PVa1)

A classe Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd1), de textura média/argilosa, dispõe do maior número de amostras (11 amostras de textura média e 5 argilosas, pontos 1 a 16 nas Figuras 46 e 47), correspondendo aos pontos 10 a 25, sendo, por isso mesmo, a classe com mais diversidade no que diz respeito ao uso do solo e à cobertura vegetal.

A média dos totais de infiltração é relativamente elevada (3.815,57 ml), pois nesta classe ocorrem dois dos maiores valores de toda a área de estudo: as amostras 12, com 14.027 ml, e 21, com 9.102,79 ml, de texturas franco-arenosa e franco-argilo-arenosa, respectivamente. Localizadas em áreas recobertas por capoeirão e floresta secundária (bosque com vegetação arbórea mista), os baixos valores de densidade aparente, 1,16 g/cm³ e 1,08 g/cm³ respectivamente, e elevadas porosidades (53,06 % e 55,89 %, idem) explicam os valores de infiltração elevados (Tabela 8).

Caso estes dois valores não fossem considerados, a média de infiltração sofreria uma redução para 2.708,51 ml, embora também se reduzissem os valores de correlação infiltração/densidade aparente (-0,39 para -0,20) e infiltração/porosidade (0,41 para 0,19).

Os dois menores valores de infiltração, correspondem às amostras 18 e 14, ambas com textura argilosa, localizadas sobre cobertura de gramíneas e próximas a áreas de ocupação esparsa. Os valores encontrados são 329,87 ml (amostra 18) e 1193,81 ml

(amostra 14), com valores de densidade aparente de $1,41 \text{ g/cm}^3$ e $1,31 \text{ g/cm}^3$, de porosidade $41,07 \%$ e $47,24 \%$ e teores de argila de $48,73 \%$ e $52,79 \%$, respectivamente.

A amostra 20 destaca-se por apresentar o maior valor de densidade aparente de toda a área de estudo, com $1,67 \text{ g/cm}^3$. Localizada em um bananal, próximo a uma área de ocupação esparsa, corresponde à textura franco-argilo-arenosa, com teor de areia grossa equivalente a $48,68 \%$. Tais condições podem provocar altas taxas de escoamento superficial e erosão.

Em dois locais foram observadas cicatrizes de deslizamentos (ponto 18) e uma voçoroca ativa (ponto 20), verificando-se, nestes casos, uma correspondência entre os elevados teores de argila e de areia e a existência de movimentos de massa e processos erosivos acelerados.

Face aos resultados apresentados, esta classe de solo foi considerada de limitação moderada ou muito forte, moderadamente ou muito fortemente suscetível à erosão.

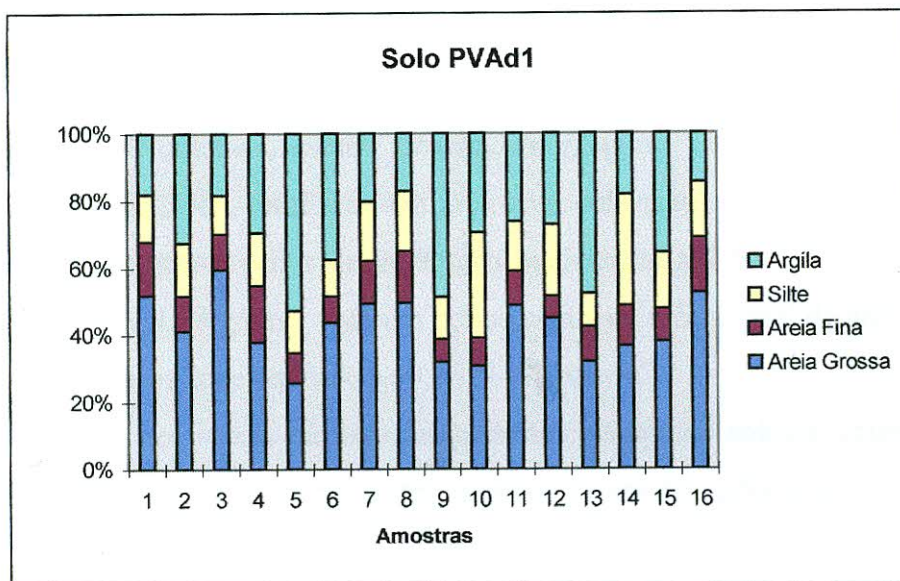


Figura 46. Texturas das amostras.

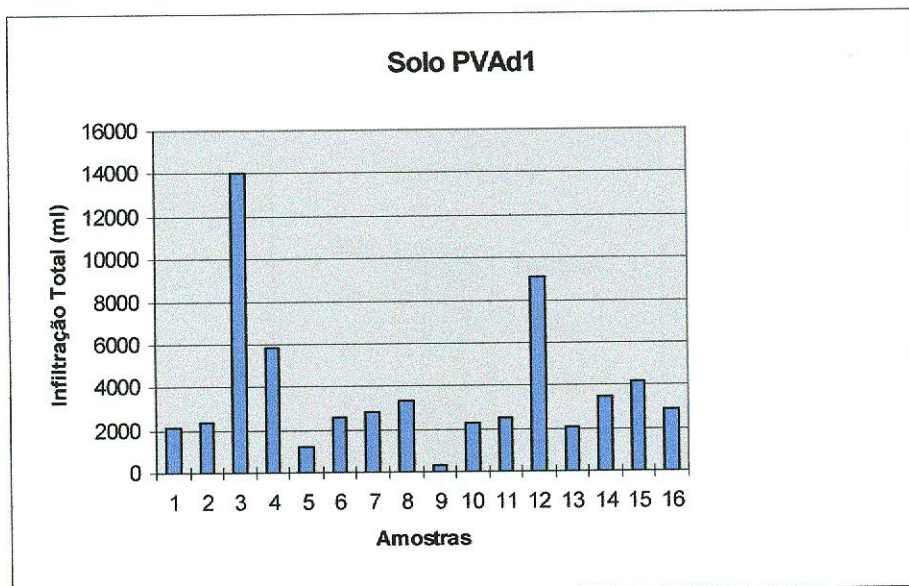


Figura 47. Totais de infiltração dos locais de coletas.

PVAe2 - Associação de Argissolos Vermelho-Amarelo, eutróficos e distrófico, e Neossolos Litólicos indiscriminados (antigos Podzólicos Vermelho-Amarelo, eutróficos e distrófico, e Solos Litólicos indiscriminados - PVe2)

A classe PVAe 2 compreende a associação de Argissolos Vermelho-Amarelo, eutrófico e distrófico, de textura média/argilosa, e Neossolos Litólicos de textura indiscriminada. Teve coletada, apenas, uma amostra no ponto 31 (ponto 1 nas Figuras 48 e 49), de textura argilosa, localizada em área com cobertura de gramíneas e arbustos plantados, que apresentou valor de infiltração equivalente a 1.649,34 ml. O valor de densidade aparente ($1,28 \text{ g/cm}^3$) está um pouco acima da média geral da área de estudo ($1,26 \text{ g/cm}^3$) e a porosidade eqüivale a 50,65 % (Tabela 8).

A área de ocorrência da associação destas classes de solos é considerada de limitação muito forte, muito fortemente suscetível à erosão, principalmente devido à presença de solos litólicos, localizados em relevo forte ondulado, e aos valores de infiltração e densidade aparente.

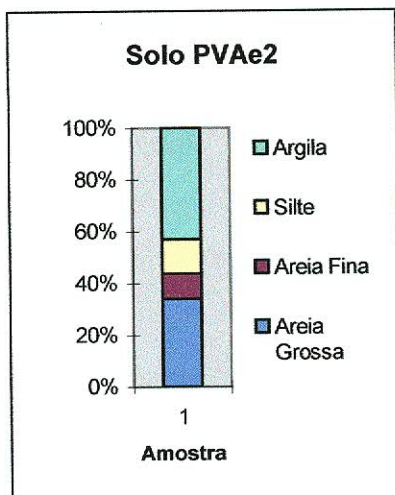


Figura 48. Textura da amostra.

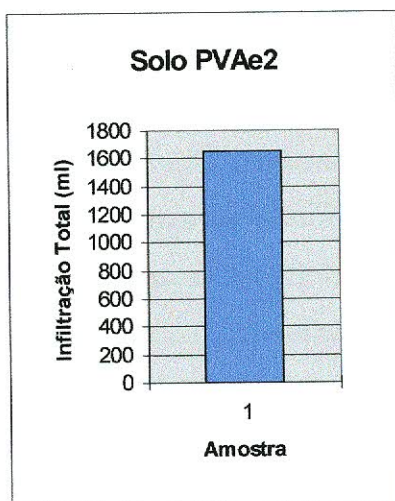


Figura 49. Total de infiltração do local de coleta.

Categorias ou classes de solos

RUde (antigo Ade), nota 10. Associação de solos aluviais e cambissolos, relacionados a áreas de várzeas, de topografia horizontal, pouco ou não sujeitas à erosão, de suscetibilidade nula a ligeira à erosão (Mendes, 1982).

LVAd1 (antigo LVa1), nota 40. Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa, relacionado à limitação ligeira à erosão (Mendes, 1982) e erodibilidade variável de 0,102 (Tabela 5) e 2,1 a 4,0 (Tabela 6), teve coletada 3 amostras de textura média, 1 argilosa e 1 arenosa.

LVAd2 (antigo LVa2), nota 50. Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico pouco profundo, de textura argilosa, relacionado à limitação ligeira à erosão (Mendes, 1982) e erodibilidade variável de 0,102 (Tabela 5) e 2,1 a 4,0 (Tabela 6), é considerado um solo mais suscetível devido ser pouco profundo, apesar de terem sido coletadas 3 amostras argilosas e 1 média.

PVAd3 (antigo PVa3), nota 60. Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, de textura média/muito argilosa, relacionado à limitação moderada à erosão (Mendes, 1982), a erodibilidade varia de 0,240 (Tabela 5) e 4,1 a 8,0 (classes II e III, Tabela 6), e foi considerado de limitação moderada por apresentar o horizonte B latossólico, tendo sido coletadas 4 amostras de textura média e 1 argilosa.

PVAd1 (antigo PVa1), nota 70. Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura média/argilosa, relacionado à limitação moderada ou muito forte à erosão (Mendes, 1982), a erodibilidade varia de 0,468 (Tabela 5) e 4,1 a 8,0 (classes II e III, Tabela 6), e foi considerado de limitação forte, tendo sido coletadas 11 amostras de textura média e 5 argilosas.

PVAe2 (antigo PVe2), nota 100. Associação de Argissolos Vermelho-Amarelos, de textura média/argilosa, e Neossolos Litólicos indiscriminados, relacionados à limitação muito forte à erosão (Mendes, 1982); a erodibilidade apresenta valores variáveis para os Neossolos Litólicos (0,130, Tabela 5 e 8,1 a 10,8, Tabela 6) e elevados para os Argissolos (0,468, Tabela 5 e, 6,1 a 8,0, Tabela 6), e foi considerado de limitação muito forte, devido à presença de Neossolos Litólicos em relevo forte ondulado, com a ocorrência de afloramentos rochosos em blocos fraturados, embora tenha sido coletada apenas uma amostra de textura argilosa.

Mapa de Geomorfologia: Importância grande, peso 30%.

Categorias de formas de relevo

Planícies e Terraços Fluviais, nota 10. Terrenos planos, horizontais, com declividades inferiores a 3%, correspondentes aos depósitos aluvionares quaternários; os processos morfodinâmicos dominantes correspondem ao escoamento concentrado, com inundações localizadas.

Colinas e Morrotes Cristalinos, nota 40. Relevos com declividades inferiores a 8% e de 8% a 75%, amplitudes locais inferiores a 100m e perfis de encostas côncavos e retilíneos; o processo dominante é o escoamento superficial, em função da elevada densidade de área construída e de superfícies impermeáveis.

Morros Cristalinos, nota 80. Relevos com declividades predominantes de 20% a 75%, amplitudes locais de 100m a menos de 250m e perfis de encostas variáveis; os processos morfogenéticos dominantes incluem a desagregação mecânica de rochas, processos de escoamento superficial difuso e concentrado com o desenvolvimento de sulcos, ravinas e voçorocas, além de movimentos de massa localizados, como escorregamento, rastejamento e deslizamento.

Depósitos de Alúvio-Colúvio, nota 20. Terrenos localizados nos fundos de vales de topografia horizontal a sub-horizontal e declividades inferiores a 8%; o processo dominante é o escoamento superficial, em função da elevada densidade de área construída.

Depósitos de Tálus-Colúvio, nota 60. Superfícies inclinadas localizadas nas média e baixa encostas, com declividades predominantes de 8% a 45%, com perfis retilíneos a côncavos; os processos dominantes são o transporte de material por movimentos coletivos do solo e a atuação da água de escoamento superficial e subsuperficial

Saibreira em Atividade, nota 100. Constitui o tipo de atividade de maior impacto sobre a erosão dos solos na área de estudo devido ao tipo de exploração.

Saibreira Desativada, nota 50. Representam áreas anteriormente utilizadas para a exploração de saibro, que tiveram as atividades interrompidas.

Afloramento Rochoso, nota 1. Compreendem blocos fraturados e, portanto, mais sujeitos à ação do intemperismo do que afloramentos maciços.

Mapa de Declividade: Importância média, peso 20%

A existência de diferentes propostas de classificações de declividade atesta a preocupação no estabelecimento de critérios que sejam capazes de orientar o uso adequado do solo, possibilitando a identificação de áreas suscetíveis aos processos erosivos e a movimentos de massa. Classificações como a utilizada pelos agrônomos (Lemos e Santos, 1996) são úteis na descrição geral do relevo e, por servir para a identificação dos tipos de solos, foi empregada no presente trabalho.

Com base nas classes de avaliação da suscetibilidade à erosão descritas por Bennema e Camargo (1964, *in* Bigarella e Mazuchowski, 1985), foram atribuídas as seguintes notas para as categorias de declividade (Figura 50):

Categorias ou classes de declividade

0 a 3%, nota 1. Relevo plano, onde os desnivelamentos são muito pequenos, associado a grau de suscetibilidade nula à erosão.

3 a 8%, nota 20. Relevo suave ondulado, quando associado a ocorrência de solos com horizonte B pouco desenvolvido, com textura argilosa, considerado com grau de suscetibilidade ligeira à erosão.

8 a 20%, nota 50. Relevo ondulado, quando associado a solos com boas propriedades físicas, considerado com moderada suscetibilidade à erosão.

20 a 45%, nota 70. Relevo forte ondulado, considerado de suscetibilidade forte à erosão.

45 a 75%, nota 90. Relevo montanhoso, considerado de suscetibilidade muito forte à erosão.

mais de 75%, nota 100. Relevo escarpado, considerado de suscetibilidade muito forte à erosão.

SUB-BACIAS DO RIO TINDIBA E CÓRREGO DO CATONHO, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO - RJ

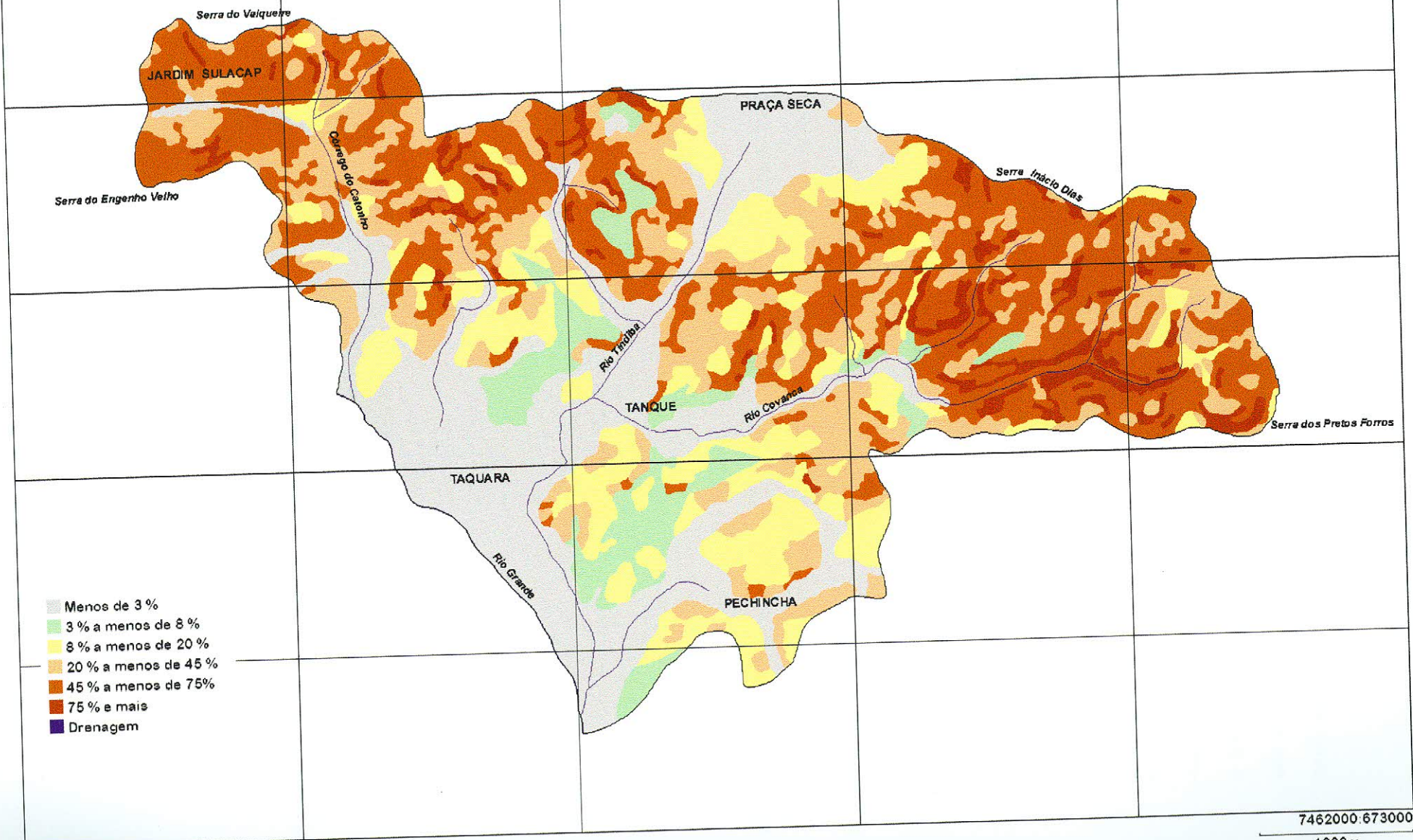


Figura 50. Mapa de Declividade

Mapa de Forma das Encostas: Importância pequena, peso 10%.

Da combinação das formas de encostas, em planta e em perfil, resultam nove tipos de encostas, a partir dos quais será possível avaliar o parâmetro forma e sua contribuição para a erosão hídrica. São elas: convexo-convexa, convexo-retilínea e convexo-côncava; retilíneo-convexa, retilíneo-retilínea e retilíneo-côncava; côncavo-convexa, côncavo-retilínea e côncavo-côncava (Figura 51). As notas atribuídas aos diferentes tipos levaram em conta sua natureza e importância para o comportamento do escoamento superficial, e assinaturas ambientais dos locais de ocorrência de processos erosivos. Estas notas resultam do somatório da participação percentual de cada segmento de encosta, em planta e em perfil, no evento identificado na assinatura ambiental, sendo as seguintes:

Categorias de formas das encostas

Depósitos aluviais e alúvio-colúviais, nota 10.

Convexo-convexa, nota 65.

Convexo-retilínea, nota 95.

Convexo-côncava, nota 75.

Retilíneo-convexa, nota 40.

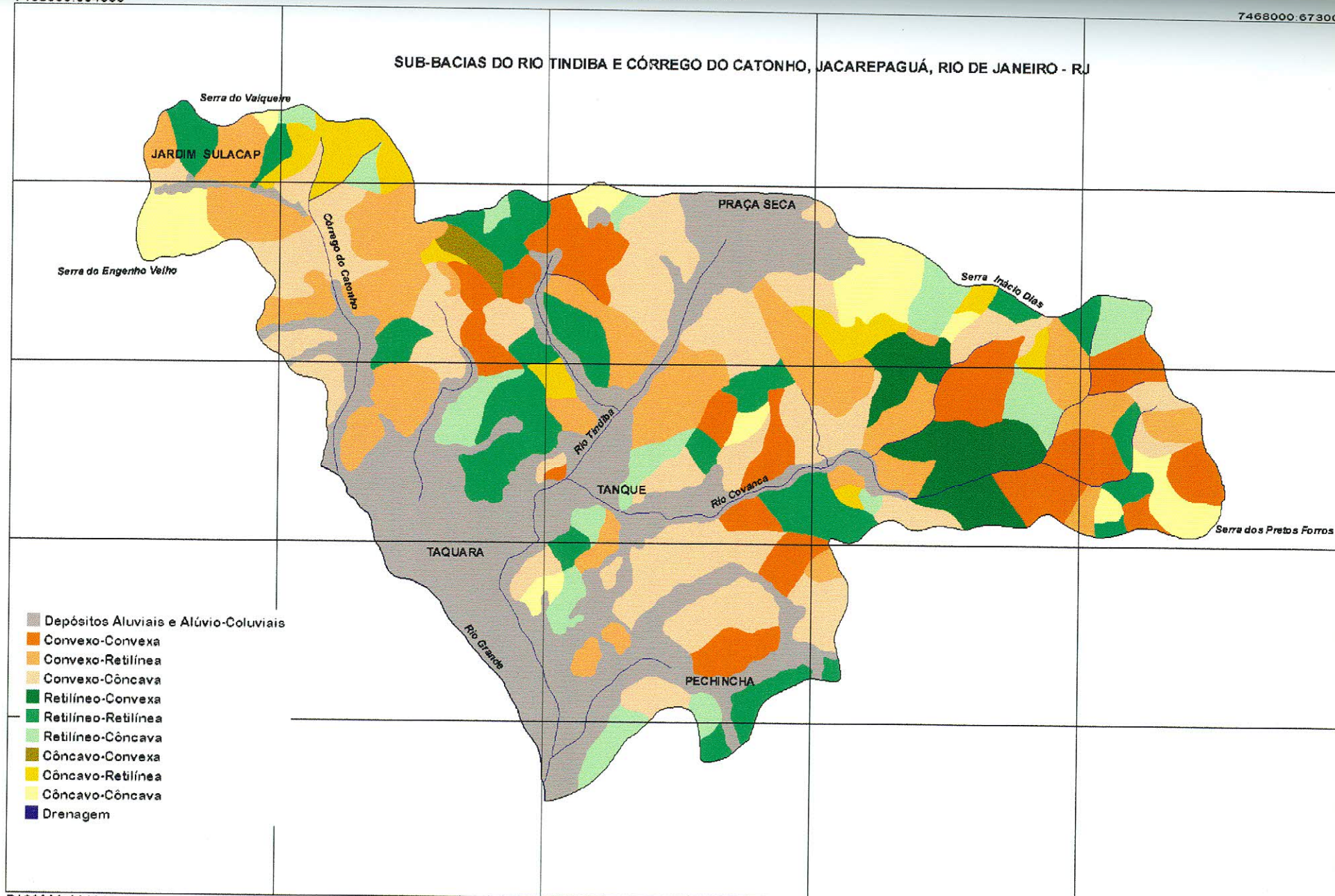
Retilíneo-retilínea, nota 60.

Retilíneo-côncava, nota 50.

Côncavo-convexa, nota 55.

Côncavo-retilínea, nota 80.

Côncavo-côncava, nota 70.



7462000.664000

Data: 04/04/01
Resolução: 5m

Fonte:

Ministério do Exército - DSG (1979)
Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (1976)
Fotointerpretação

7462000.673000

1000m

Figura 51. Mapa de Forma das Encostas

Com o cruzamento dos mapas acima, foi gerado um mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo e um relatório, nos quais foram identificadas categorias, com notas que variavam de 5 a 94. Estas categorias foram, então, agrupadas em classes, de acordo com as seguintes notas:

Categorias de Predisposição Potencial à Erosão do Solo

Muito Baixa, notas de 5 a 17.

Baixa, notas de 18 a 31.

Média, notas de 32 a 61.

Alta, notas de 62 a 80.

Muito Alta, notas de 81 a 94.

8.2. Mapas e dados utilizados na elaboração do mapa de Predisposição Real à Erosão do Solo

O segundo mapa foi elaborado a partir do cruzamento de informações do mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo com o de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1999, sendo denominado de Predisposição Real à Erosão do Solo

Este procedimento baseou-se em Bastian e Röder (1998) e os resultados mostraram-se representativos, na medida em que o mapa final pressupõe uma participação equivalente dos dois mapas utilizados.

A seguir, são relacionados os mapas utilizados nas avaliações, os pesos a eles atribuídos e as notas de cada categoria.

Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo - 1999: Importância muito grande, peso 50%.

A classificação proposta nos mapas de cobertura vegetal e uso do solo tem a finalidade de avaliar a dinâmica da sucessão vegetal e medidas de recuperação como o reflorestamento, além de identificar padrões de uso do solo que apresentem comportamento diferenciado no que se refere ao escoamento superficial, importante indicador na avaliação dos processos erosivos (Guerra, 1998) e do aporte de água e

sedimentos para as bacias de drenagem, considerado por Porto (1995) o maior responsável pelas vazões de cheia, principalmente em bacias pequenas e urbanizadas.

De acordo com Bidone e Tucci (1995), o coeficiente de escoamento depende, entre outros aspectos, do solo, da cobertura vegetal, do tipo de ocupação, do tempo de retorno e da intensidade da precipitação. Estes autores e Porto (1995) apresentam valores estimados para esse coeficiente existentes na literatura, tendo como base a natureza da superfície e o tipo de ocupação (SCS, 1975, *in* Bidone e Tucci, 1995; Porto, 1995, Tabelas 9, 10 e 11).

Tabela 9. Coeficientes de escoamento superficial direto (C)

Ocupação do solo	C
DE EDIFICAÇÃO DENSA: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
DE EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
DE EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes	0,25 a 0,50
DE SUBÚRBIO COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esportes sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Porto (1995)

Tabela 10 . Escoamento em superfícies e calhas rasas (C_v)

Ocupação do solo	C_v
Florestas densas	0,075
Campos naturais pouco cultivados	0,135
Gramas e pastos ralos	0,210
Solos quase nus	0,300
Canais gramados	0,450
Escoamento em lâmina sobre pavimentos ou em sarjetas e calhas rasas	0,600

Fonte: Porto (1995)

Tabela 11 . Valores do coeficiente k

Uso da terra e regime de escoamento	k
floresta com muita folhagem no solo	0,076
área com pouco cultivo; terraceamento	0,152
pasto ou grama baixa	0,213
áreas cultivadas	0,274
solo quase nu sem cultivo	0,305
caminhos de escoamento em grama, pasto	0,457
superfície pavimentada; pequenas voçorocas de nascentes	0,610

Fonte: SCS (1975, *in* Bidone e Tucci, 1995)

Obs: o coeficiente k é utilizado para estimar a velocidade das superfícies, no cálculo do tempo de concentração de superfícies urbanas, através da equação $v = kS^{0,5}$, onde S é a declividade em %.

Contudo, Porto (1995) considera a adoção de um valor de coeficiente de escoamento como uma hipótese pouco realista, devendo ser adotada com cuidado. Por isso, para avaliar a intensidade do escoamento superficial e dos processos erosivos, no presente trabalho, considerou-se os valores estimados na literatura, além de observações de campo e realização de experimentos para o cálculo dos totais de infiltração nos locais onde foram coletadas amostras de solo. Tais procedimentos constituíram a base para a atribuição das notas às categorias do mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo, 1999.

Categorias de Cobertura Vegetal e Uso do Solo, 1999

Área Construída Contínua, nota 1. Apesar de constituir a área onde é maior o escoamento superficial (0,70 a 0,95, Tabela 9), devido a existência de superfícies impermeáveis, não representa área de risco à erosão do solo, uma vez que, nestas áreas, o mesmo encontra-se recoberto pelas construções.

Área Construída Esparsa ou Desordenada, nota 55. Constituem áreas onde alternam-se áreas construídas e espaços livres, representados, em grande parte, por vias não pavimentadas, compactadas pela circulação de pessoas, por onde concentram-se os fluxos de escoamento superficial. Em campo foram observadas marcas de erosão por fluxo concentrado e transporte de sedimentos em suspensão, por ocasião de chuvas fortes. Pontos localizados nas proximidades destas áreas (14, 19, 22 e 31) apresentaram totais de infiltração menores que 2.500ml e, portanto, inferiores à média. Estão

relacionadas às categorias 2 e 3 da Tabela 9, cujos valores do coeficiente de escoamento superficial oscilam de 0,50 a 0,70.

Área Construída Arborizada, nota 28. Compreendem quintais arborizados e áreas de parques e jardins, relacionadas às categorias 4 e 6 da Tabela 9, com valores de coeficiente de escoamento superficial oscilando de 0,05 a 0,50. O ponto 7, localizado no pomar de uma residência apresentou valor de infiltração de 2.937,4ml.

Horticultura, nota 10. Constitui atividade relacionada à áreas de várzea, praticamente não sujeita à erosão, mas que envolve manejo do solo.

Floresta, nota 5. Constitui o tipo de formação vegetal que exerce forte proteção contra o impacto direto das gotas de chuva no solo, além de apresentar o solo recoberto por serapilheira e trama de raízes que favorecem a infiltração, reduzindo o escoamento superficial. Os valores de coeficiente de escoamento superficial existentes nas Tabelas 9, 10 e 11 são os menores, porém não são nulos. Os pontos localizados em área de floresta (3 e 4) apresentaram valores de infiltração de 6.958,64ml e 4.052,66ml, superiores à média da área de estudo.

Capoeirão, nota 7. Representam áreas em estágio avançado da sucessão natural, com características muito próximas da formação florestal. Os pontos localizados em capoeirões (12 e 30) apresentaram valores de infiltração muito elevados (14.027,24ml e 9.047,81ml).

Capoeira, nota 20. Constitui estágio intermediário da sucessão natural, onde coexistem formações gramíneo-lenhosas e arbóreo-arbustivas. Os pontos identificados com a capoeira (16 e 17) apresentaram infiltração de 2780,32ml e 3369,37ml.

Bosque com Vegetação Arbórea, nota 15. Tipo misto de vegetação arbórea, com fisionomia próxima da florestal, apresentou nos pontos com ele relacionados elevados totais de infiltração (ponto 28, 16.807,56ml, ponto 21, 9.102,79ml).

Reflorestamento, nota 12. Área relacionada ao projeto piloto de reflorestamento, que utiliza espécies leguminosas arbóreas, nativas ou exóticas, de rápido crescimento, e frutíferas adaptadas ao plantio adensado, iniciado em 1987 no Morro de São José Operário.

Campo Antrópico, nota 30. Constitui formação constituída por vegetação herbácea, relacionada a valores de coeficiente de escoamento de 0,210 e 0,213 das Tabelas 10 e

11. Os locais recobertos com gramíneas apresentaram valores variáveis de infiltração (extremos de 329,87ml, no ponto 18 e 3981,98ml no ponto 5).

Campo Antrópico com Arbustos Esparsos, nota 25. Constitui formação com predomínio de vegetação herbácea e presença de vegetação lenhosa arbustiva, relacionada a valores de coeficiente de escoamento de 0,210 e 0,213 das Tabelas 10 e 11. Os locais recobertos com gramíneas e arbustos esparsos apresentaram valores de infiltração entre 2128,43ml, nos pontos 6 e 10, e 2.898,13ml, no ponto 25.

Saibreira em Atividade, nota 100. Constitui atividade que envolve intensa movimentação de terra e exposição de manto de intemperismo profundamente alterado à ação das águas das chuvas. Está relacionada à presença acentuada de sedimentos em suspensão na rede hidrográfica, conforme observações de campo.

Saibreira Desativada, nota 50. Áreas de exploração desativadas, representadas pela presença de solo exposto e por trechos com obras de recuperação. Relaciona-se às categorias de solos quase nus das Tabelas 10 e 11, com valores de coeficiente de escoamento 0,300 e 0,305.

Solo Exposto, nota 40. Compreende terrenos existentes no interior da área construída, associados a trabalhos de terraplenagem ou à área de cemitério. Relaciona-se às categorias de solos quase nus das Tabelas 10 e 11, com valores de coeficiente de escoamento 0,300 e 0,305.

Afloramento Rochoso, nota 1. Compreende afloramentos de blocos fraturados, sujeitos à ação do intemperismo físico e químico.

Mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo: Importância muito grande, peso 50%.

Categorias de Predisposição Potencial à Erosão do Solo

Muito Baixa, nota 5.

Baixa, nota 25.

Média, nota 50.

Alta, nota 75.

Muito Alta, nota 100.

Com o cruzamento dos mapas acima, foi gerado um mapa de Predisposição Real à Erosão do Solo e um relatório, nos quais foram identificadas categorias cujas notas variavam de 3 a 100. Estas categorias foram, então, agrupadas em classes, de acordo com as seguintes notas:

Categorias de Predisposição Real à Erosão do Solo

Muito Baixa, notas de 3 a 20.

Baixa, notas de 22 a 38; 40 a 42.

Média, notas 39; 45 a 56; 60 e 64.

Alta, notas 58; 62; 65; 75 e 78.

Muito Alta, notas de 88 a 100.

8.3. Resultados das Prospecções Ambientais

8.3.1. Mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo (Figura 52)

As assinaturas ambientais realizadas para as classes de predisposição potencial à erosão do solo identificaram as seguintes características:

Muito Baixa - Compreende, predominantemente, os terrenos com menos de 3% de declividade, onde ocorre a associação dos Neossolos Flúvicos com Cambissolos Háplicos, englobando as planícies e terraços fluviais e os depósitos de alúvio-colúvio. Esta classe, devido ser ocupada por 57% da área construída contínua, não apresenta informações detalhadas a respeito dos tipos de solos nela existentes;

Baixa - Também, em sua maior parte, compreende áreas construídas, onde não estão identificados os tipos de solos. A declividade predominante situa-se entre 8% e 20% (65% da área), sendo significativa a participação da classe de 3% a 8% (28% da área). As feições de relevo dominantes nesta categoria são as colinas e morrotes cristalinos (96% da área). Predominam os perfis de encostas côncavos e, em menor proporção, retilíneos;

Média - Nesta classe predominam o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (22% da área) e distrófico pouco profundo (11% da área) e o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (10% da área), embora seja majoritária a participação de áreas construídas, sem informação sobre os tipos de solos existentes (53% da área). As

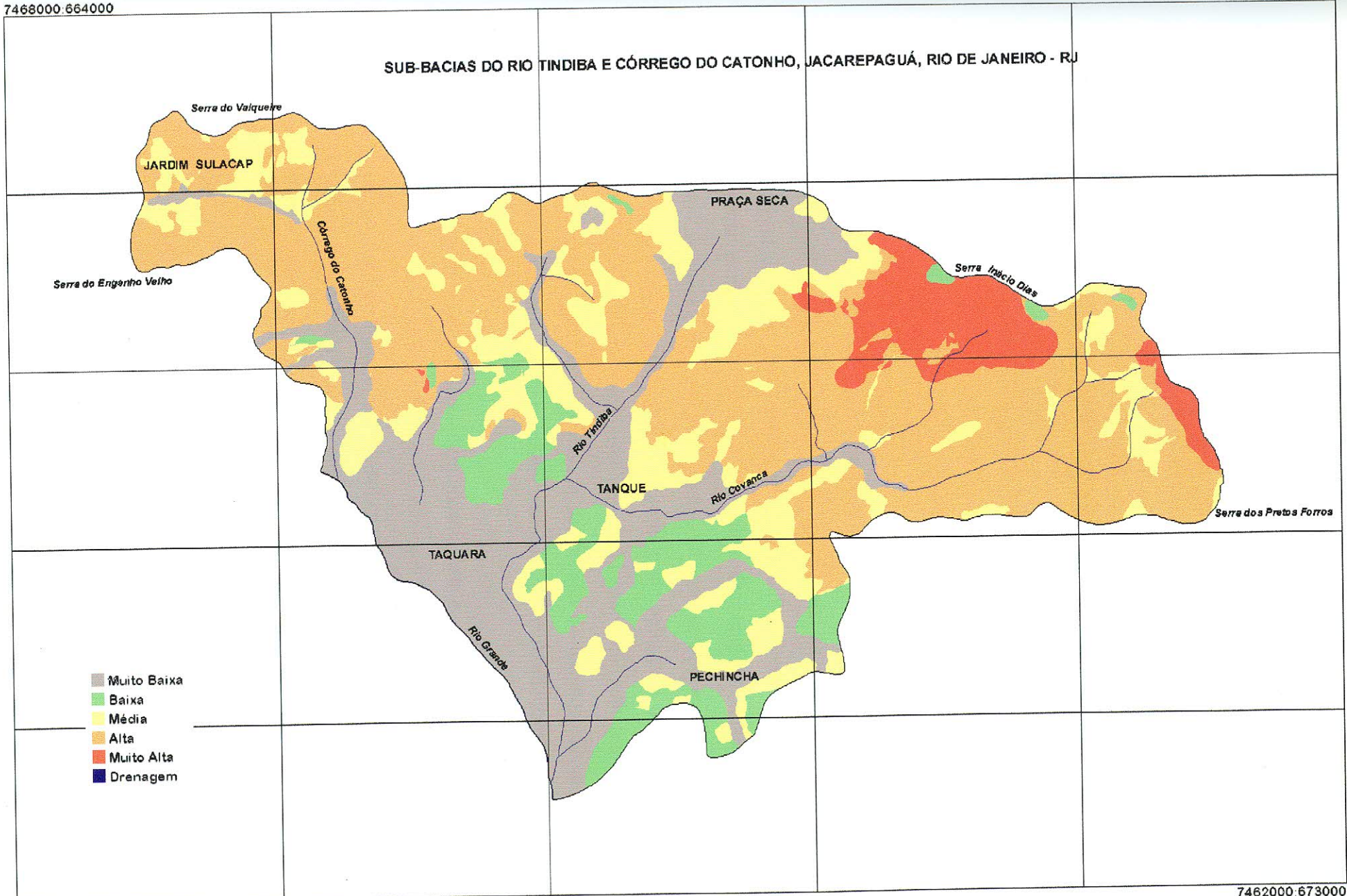
declividades predominantes compreendem os valores de 8% a 20% (36% da área) e 20% a 45% (43% da área). Embora ainda seja significativa a participação de terrenos com 3% a menos de 8% declividade (10% da área), observa-se que 10% desta classe compreendem terrenos com declives entre 45% e 75%. Isto pode ser constatado pelo predomínio do relevo de morros cristalinos (54% da área), além da expressiva participação de colinas e morrotes cristalinos (34% da área) e depósitos de tálus/colúvio (13% da área), o que confirma a situação intermediária desta categoria. Os perfis de encosta predominantes são os côncavos e os retilíneos;

Alta - Esta é a categoria com maior expressão espacial, ocupando, predominantemente, os terrenos situados em declives de 45% a 75% (52% da área) e de 20% a 45% (30% da área). As declividades inferiores a 20% (7% da área) e superiores a 75% (10% da área) são minoritárias, mas a ocorrência de áreas com declives acentuados indica que esta variável tem uma participação importante na definição desta categoria. No que se refere aos tipos de solos predominantes, é maior a participação da classe de Latossolos, com destaque para o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico pouco profundo (34% da área), seguido do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (27% da área). Os Argissolos, somados, representam cerca de 37% da área, sendo o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico o de maior expressão espacial (32% da área). As feições do relevo são constituídas basicamente de morros cristalinos (93% da área), com pequenos trechos de depósitos de tálus/colúvio e colinas e morrotes cristalinos. Os perfis de encosta predominantes são os retilíneos;

Muito Alta - Inclui basicamente a associação de Argissolos Vermelho-Amarelo, eutrófico e distrófico, com Neossolos Litólicos (99% da área), considerados os de maior erodibilidade, e menos de 1% da área correspondente ao Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. As declividades desta categoria também são acentuadas, não sendo menos importante sua participação para a definição da classe. Praticamente toda a área (98%) encontra-se em terrenos acima de 20% de declividade, com predomínio para os valores situados entre 45% e 75% (64% da área) e participação significativa da classe de mais de 75% (8% da área). As feições de relevo restringem-se basicamente aos morros cristalinos (96% da área) e pequenos trechos de depósitos de tálus/colúvio. Os perfis de encosta predominantes são os côncavos, seguidos dos retilíneos.

7468000.664000

7468000.673000



7462000.664000

Data: 26/03/01
Resolução: 5m
Fonte:
Mapas Temáticos

Figura 52. Mapa de Predisposição Potencial à Erosão do Solo

8.3.2. Mapa de Predisposição Real à Erosão do Solo (Figura 53)

Este mapa reflete, sobretudo, a influência dos fatores antrópicos, representados pelo uso e manejo do solo, e o papel da cobertura vegetal como fatores potencializadores ou inibidores do processo erosivo, na medida em que interferem nos condicionantes potenciais da erosão.

As assinaturas ambientais realizadas para as classes de predisposição real à erosão identificaram as seguintes características:

Muito Baixa - Engloba as categorias muito baixa e baixa. Contribuem para esta avaliação, a participação de áreas construídas contínuas que, devido apresentarem superfícies impermeáveis revestidas com concreto, constituem áreas onde a erosão é praticamente inexistente;

Baixa - Esta categoria reflete, sobretudo, o papel da cobertura florestal como importante fator de controle da erosão. Compreende, em sua maior parte, as áreas recobertas por floresta e capoeirão, localizadas em terrenos com predisposição potencial à erosão muito baixa, baixa, média e alta que, devido à existência da vegetação arbórea, foram classificadas como de baixa predisposição à erosão. Observa-se que, em alguns pontos das áreas construídas, ocorre a mudança da categoria muito baixa para baixa, tendo em vista, principalmente, à existência de solo exposto, considerado como uma das categorias de maior suscetibilidade à erosão. Neste caso, a declividade do terreno, inferior a 3%, contribui para que as mesmas não apresentem valores maiores de predisposição real à erosão;

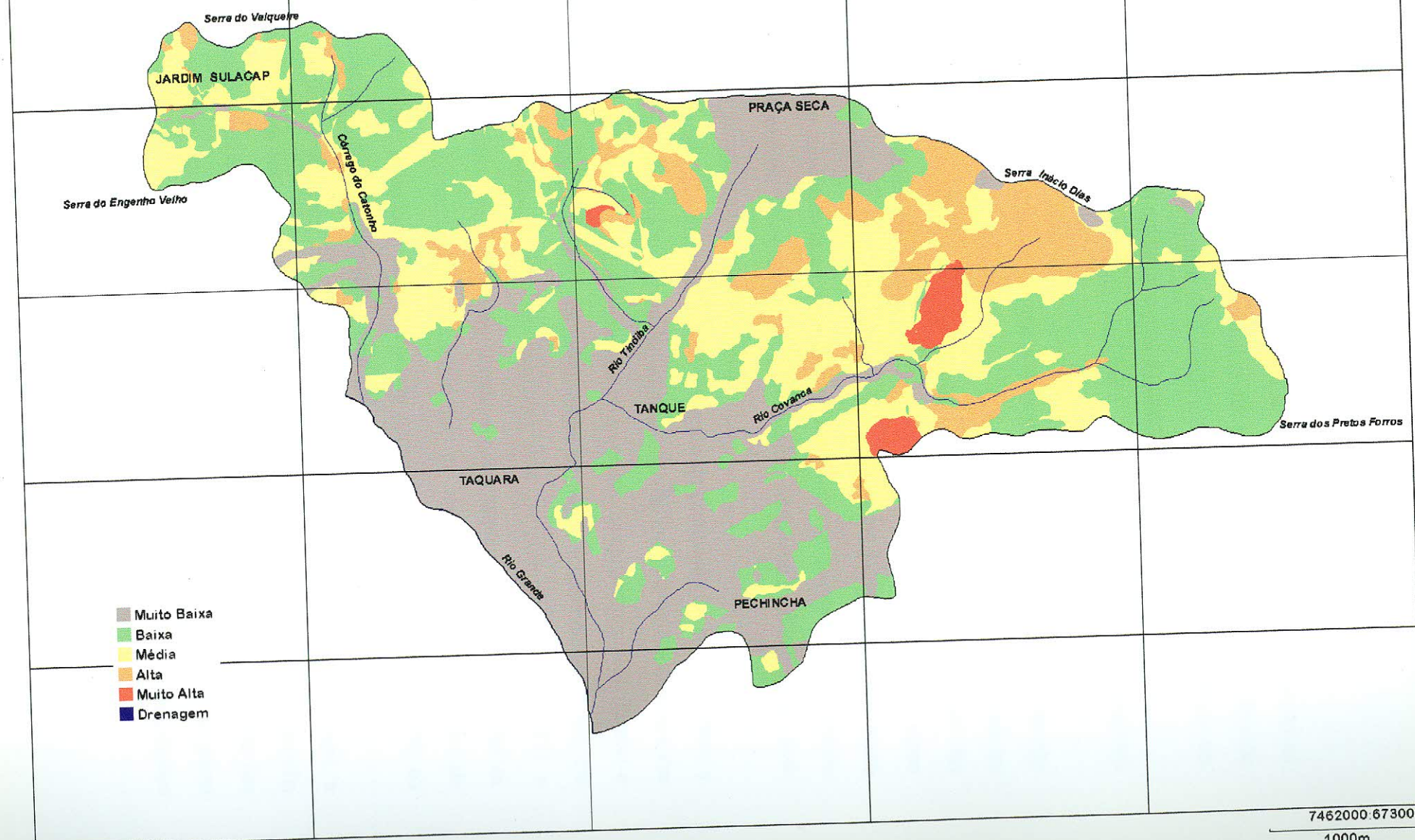
Média - Esta categoria engloba áreas com média, alta e muito alta predisposição potencial à erosão, verificando-se também neste caso que a cobertura vegetal exerce um controle, ainda que um pouco mais restrito, sobre a avaliação final de predisposição à erosão. Isto pode ser constatado pelo predomínio, nesta categoria, de cobertura vegetal herbáceo-arbustiva representada pelos campos antrópicos (36% da área), seguida de capoeira (21% da área), áreas construídas arborizadas (17% da área) e bosques com vegetação arbórea (8% da área). Vale ressaltar a participação, nesta classe, de cerca de 5 ha de área reflorestada no morro de São José, localizada em um trecho de predisposição potencial muito alta, o que confirma a importância deste tipo de medida na recuperação de áreas degradadas e com elevado risco à erosão;

Alta - Esta classe engloba, em sua maior parte (98%), as áreas de predisposição potencial à erosão alta e muito alta. O predomínio nesta categoria de áreas construídas esparsas ou desordenadas (50% da área) e de campos antrópicos (37% da área) justifica, de maneira geral, as mudanças ocorridas na avaliação final. Observa-se que, áreas com potencial erosivo muito alto tiveram sua condição modificada para a classe inferior, sobretudo por encontrarem-se recobertas com gramíneas. Isto se aplica basicamente aos trechos localizados na vertente sul da serra do Inácio Dias e parte do morro de São José. Por outro lado, é marcante a participação da ocupação esparsa ou desordenada, representada em sua maior parte por favelas, na definição de áreas com predisposição real à erosão elevada. Este tipo de ocupação é reconhecido, por sua natureza, como de risco à erosão, sobretudo, por localizarem-se, em grande parte, em encostas com declives acentuados (33% localizam-se em declives superiores a 45%) e por serem responsáveis pela criação de superfícies expostas à erosão, tendo em vista a existência de vias de circulação internas sem pavimentação, que concentram os fluxos de escoamento superficial. No mapa final, sobressaem nesta categoria, as ocupações das favelas do caminho do Inácio Dias, da Fazenda Mato Alto, da Chácara, do morro do Piolho e do Jordão, todas localizadas em áreas de alta predisposição potencial à erosão. As favelas do Barão e do Catonho, também presentes na categoria alta, apresentam setores considerados de muito alta predisposição potencial à erosão, devido à influência do tipo de solo e à declividade elevada, respectivamente. Nesta categoria registra-se, ainda, a participação de trechos de saibreiras desativadas (3% da área) e solo exposto (6% da área);

Muito Alta - Esta categoria engloba as áreas com classes de predisposição potencial à erosão alta (98%) e muito alta (2%). Restringe-se às áreas de saibreiras em atividade, que representam o tipo de intervenção antrópica responsável pela maior degradação registrada na área de estudo e, conseqüentemente, mais intensa forma de erosão.

7468000.664000

SUB-BACIAS DO RIO TINDIBA E CÔRREGO DO CATONHO, JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO - RJ



- Muito Baixa
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta
- Drenagem

7462000.673000

1000m

7462000.664000

Data: 26/03/01
Resolução: 5m

Figura 53. Mapa de Predisposição Real à Erosão do Solo

9. CONCLUSÕES

As transformações ambientais ocorridas no período de 42 anos, relacionadas ao uso do solo, ao crescimento populacional e ao processo de urbanização acelerado verificado na área de estudo, a partir da segunda metade do século XX, refletiram-se em sérios impactos para o meio ambiente e para a qualidade de vida das populações.

Dessa forma, os dados aqui analisados permitem que sejam feitas algumas considerações.

O processo de degradação a que a área de estudo está sendo submetida não restringe-se ao crescimento urbano recente. O mesmo iniciou-se com as atividades econômicas ligadas à agricultura e à pecuária, responsáveis pelo desmatamento das encostas e à conseqüente redução da cobertura florestal. Na década de 1950, como atestam fotografias aéreas do ano de 1957, a área construída já apresentava extensão considerável e são significativas as áreas desmatadas recobertas por campos antrópicos, embora remanescentes florestais bem preservados estivessem distribuídos mais amplamente nos morros e nas serras da região.

O crescimento urbano, associado ao aumento da população residente na área, a partir da década de 1960, traduz-se em um adensamento da malha urbana existente e em uma expansão desta em direção às encostas desmatadas, materializada pelas favelas e loteamentos irregulares, que avançam sobre áreas de maior fragilidade ambiental. Os resultados das monitorias ambientais realizadas para os períodos de 1957/1975 e 1975/1999 confirmam que a expansão urbana foi acompanhada de uma redução da cobertura florestal remanescente e praticamente do desaparecimento das áreas de horticultura. Neste período, a área urbanizada apresentou um aumento de 58,5 %, ao passo que as áreas de florestas tiveram uma redução de 44,0 %.

Verifica-se que estes fatos estão relacionados à valorização do solo urbano, a partir do momento em que a região passou a despertar interesse como local de moradia de uma classe média, de maior poder aquisitivo. Com isso, a região perdeu uma das características marcantes de sua geografia, ou seja, a existência das chácaras, ao passo que as áreas verdes presentes em meio à área construída cedem, cada vez mais, espaço para novos condomínios residenciais.

Por outro lado, esta valorização recente do solo urbano, determinou que classes de população, consideradas menos favorecidas e de baixa renda, ocupassem locais de riscos ambientais, como as margens dos rios e as encostas, em grande parte dos casos, carentes de infra-estrutura e serviços.

Estas atividades antrópicas atuam como agentes de desequilíbrio em um sistema caracterizado pela existência de solos com média a alta suscetibilidade à erosão, encostas com declives acentuados e um regime pluviométrico com chuvas concentradas nos meses de dezembro a março. A conjunção dos condicionantes naturais com o padrão de uso do solo nas áreas de ocupações irregulares tem feito com que, em diversos pontos, a área de estudo venha sofrendo um processo de erosão acelerada nas encostas, o que contribui para o assoreamento dos rios.

A análise dos dados relativos à morfometria das bacias e da erosividade da chuva, contudo, indica que, de acordo com estes parâmetros, as condições naturais não apresentam valores extremos capazes de identificar situações de maior gravidade. Os índices de circularidade, que fornecem informações a respeito da eficiência do escoamento, apresentam valores médios, da mesma forma que os valores de erosividade da chuva. Porém, foram verificados, em campo, locais de ocorrência de enchentes no Largo do Tanque, associados à ocupação das margens, assoreamento do leito e obstrução de trechos do rio Covanca, decorrentes do crescimento urbano verificado na região que, entre outros aspectos, conduziu ao aumento de superfícies impermeáveis nas áreas densamente construídas e à ocupação das encostas, o que justifica a importância atribuída ao uso do solo na avaliação final.

Com isso, as avaliações ambientais permitiram a identificação de áreas comparativamente de maior ou menor fragilidade, tendo em vista a participação relativa dos fatores controladores da erosão. O mapa de predisposição real à erosão do solo representa a síntese das condições existentes na área de estudo e evidencia o papel da cobertura vegetal e do uso do solo em inibir, ou acentuar, os processos erosivos.

Os dados relacionados às análises das propriedades dos solos, utilizados no trabalho, forneceram importantes informações para uma avaliação preliminar da predisposição à erosão. Observa-se, contudo, que, devido às análises realizadas no presente estudo limitarem-se a algumas propriedades dos solos, prestam-se,

principalmente, a estabelecer uma comparação entre as áreas consideradas. A partir do que foi realizado, caso haja a intenção de estabelecer quantificações a respeito da erosão, torna-se necessário realizar análises que envolvem a determinação do teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e pH e realizar monitorias em áreas selecionadas, de modo a gerar uma base de dados mais consistente.

Dentro deste ponto de vista, estudos de detalhe com objetivos específicos também poderão ser realizados com os métodos e ferramentas utilizados no presente estudo, tais como: inquéritos sistemáticos aplicados junto à população com vista a caracterizar o quadro sócio-econômico; levantamento detalhado da rede de microdrenagem para avaliar as condições do escoamento nas áreas densamente construídas e sujeitas a enchentes periódicas; identificação das espécies vegetais mais apropriadas para projetos de recomposição da flora e da fauna nas encostas e nas margens dos rios; realização, através de geoprocessamento, de avaliações ambientais complexas com a finalidade de subsidiar futuros zoneamentos ambientais, ou seja, identificando áreas críticas ou com necessidade de preservação.

Embora não tenha sido objetivo do presente trabalho o estabelecimento de planos de manejo ou elaboração de zoneamentos ambientais, as etapas de levantamentos de dados e informações, que dizem respeito à identificação de problemas na área de estudo, poderão orientar futuros projetos a serem implantados na região.

As sugestões propostas a seguir podem ser resumidas nas seguintes medidas:

- monitoramento sistemático da cobertura vegetal e do uso do solo, através da utilização de imagens de satélite ou fotografias aéreas, em escala de detalhe, principalmente nas áreas de maior risco à erosão;
- levantamento das áreas com remanescentes de mata ciliar e dos locais onde se faz necessária sua reconstituição, face à sua importância para o equilíbrio do sistema fluvial;
- restauração ou manutenção dos remanescentes florestais em encostas com declives acentuados, nas cabeceiras de drenagem ou naquelas que apresentam riscos à erosão, tendo em vista a ameaça do avanço das ocupações irregulares;

- implantação de projetos para a criação de bosques ou pomares, através das Associações de Moradores, em encostas desmatadas que apresentam riscos à erosão decorrentes da ocupação desordenada;
- implantação de projetos de educação ambiental, através das Associações de Moradores, como a utilização de cartilhas de recomendações para evitar a erosão nas encostas ocupadas;
- realização de campanhas de esclarecimento sobre o destino do lixo domiciliar, incentivando a coleta seletiva e buscando evitar que haja despejo nas encostas e na rede de drenagem;
- incentivo, através de cartazes nos estabelecimentos comerciais, à utilização das lixeiras dispostas nas ruas e da necessidade de manter os bueiros desobstruídos, principalmente nos locais sujeitos a enchentes, com vista a melhorar as condições de escoamento das águas pluviais;
- esclarecimento à população a respeito da importância da manutenção da vegetação nas encostas e dos riscos de incêndios decorrentes da prática religiosa nas áreas de florestas;
- tomada de consciência a respeito da necessidade da realização de estudos voltados para a recuperação de áreas degradadas por mineração.

Esta análise buscou demonstrar que a área em questão vem sofrendo uma gama variada de impactos ambientais, devido ao desmatamento, ao crescimento urbano rápido e desordenado e às condições do meio físico. Ressalta, contudo, que, face à complexidade das questões a eles relacionadas, a implementação de medidas mitigadoras somente será possível com a participação efetiva dos diversos setores da sociedade, que envolvem pessoal técnico qualificado, os órgãos competentes e as comunidades interessadas.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.A. (1997). *Evolução Urbana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: IPLANRIO. 156p.

ABREU, S.F. (1957). *O Distrito Federal e seus Recursos Naturais*. Rio de Janeiro: IBGE/CNG. 318 p.

ALMEIDA, J.R. (COORDENADOR), ORSOLON, A.M., MALLHEIROS, T.M., PEREIRA, S.R.B., AMARAL, F., SILVA, D.M. (1993). *Planejamento Ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum. Uma necessidade, um desafio*. Rio de Janeiro: Thex Editora Ltda. 176 p.

AMARAL, C. (1996). *Encostas I: O conhecimento recuperado*. In: Rosa, L.P., Lacerda, W.A. (coordenadores). *Tormentas Cariocas: Seminário Prevenção e Controle dos Temporais no Rio de Janeiro*: COPPE/UFRJ. pp. 39-44.

ANDERSON, J.R., HARDY, E.E., ROACH, J.T., WITMER, R.E. (1979). *Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para a utilização com dados de sensores remotos*. Rio de Janeiro: IBGE. 78 p.

ANTROP, M. (1998). *Landscape change: plan or chaos ?*. *Landscape and Urban Planning*, 41: 155-161.

ARAÚJO, C.F.C. de (1995). *Jacarepaguá de Antigamente*. Belo Horizonte: Carol Borges. 150 p.

ARAÚJO, L.A. (2001). *Danos ambientais na cidade do Rio de Janeiro*. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (organizadores). *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 347-403.

AYOADE, J.O. (1986). *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. São Paulo: Difel. 332 p.

BASTIAN, O. e RÖDER, M. (1998). *Assessment of landscape change by land evaluation of past and present situation*. *Landscape and Urban Planning*, 41: 171-182.

BECKER, B.K. e EGLER, C.A.G. (1997). *Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - SCA. 43 p.

- BELTRAME, A.V. (1994). Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: Editora da UFSC. 112 p.
- BENNEMA, J. e CAMARGO, M.N. (1964). Segundo esboço parcial de classificação dos solos brasileiros. Rio de Janeiro, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo.
- BERNARDES, L.M.C. (1990). A Faixa Suburbana. *In*: Bernardes, L.M.C., Soares, M.T.S. Rio de Janeiro: Cidade e Região. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura: Departamento Geral de Documentação e Informação Cultural. p. 147-159.
- BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. (1985). Conservação do Solo. Piracicaba: Livroceres. 368 p.
- BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. (1999). Conservação do Solo. São Paulo: Ícone. 355 p.
- BIDONE, F. e TUCCI, C.E.M.(1995). Microdrenagem. *In*: Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T. (organizadores). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH. p. 37-76.
- BIGARELLA, J.J.(1974). Curso da ADESG. Curitiba e Ponta Grossa: ADESG. 87 p.
- BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. (1985). Visão Integrada da Problemática da Erosão. Curitiba: ADEA/ABGE. 329 p.
- BLACK, A.E., STRAND, E., WRIGHT, R.G., SCOTT, J.M., MORGAN, P., WATSON, C. (1998). Land use history at multiple scales: implications for conservation planning. *Landscape and Urban Planning*, 43: 49-63.
- BLOOM, A . L. (1970). A superfície da Terra. São Paulo: Edgard Blücher. 184 p.
- BOTELHO, R.G.M. (1999). Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. *In*: Guerra, A.J.T., Silva, A.S., Botelho, R.G.M. (organizadores). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 269-300.
- BRANDÃO, A.M.P.M. (1999). O Clima no Planejamento da Cidade. *In*: Ciclo de Palestras. CREA-RJ. Rio de Janeiro.
- BRYAN, R. B. (2000). Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology*, 32: 385-415.
- CABRAL, S. (1979). Mapeamento geológico-geotécnico da Baixada de Jacarepaguá e maciços circunvizinhos. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO, 218 p. Dissertação (Mestrado)

- CARVALHO, M.P., CATANEO, A., LOMBARDI NETO, F. (1993). Índices de erosividade da chuva e enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um latossolo roxo distrófico de Campinas (SP). *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 17: 445-450.
- CASSOL, E.A., ELTZ, F.L.F., GUERRA, M. (1981). Erodibilidade do solo "São Jerônimo"(laterítico bruno avermelhado distrófico) determinada com simulador de chuvas. *In: Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa sobre Solo, Recife*. p. 203-218.
- CASTELLO BRANCO, M.L.G. e GUSMÃO, R.P. (1990). O Processo de Urbanização do País e suas Conseqüências no Meio Ambiente. *In: Gusmão, R.P.(coordenador). Diagnóstico Brasil: a ocupação do território e o meio ambiente. Rio de Janeiro: IBGE*. p. 23-48.
- CAVALIERI, A. (1994). Erodibilidade do solo: avaliação por meio de propriedades físicas e químicas. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola-UNICAMP. 80 p. Dissertação (mestrado).
- CHISCI, G. e MARTINEZ, V. (1993). Environmental impact of soil erosion under different cover and management systems. *Soil Technology*, 6: 239-249.
- CHORLEY, R.J., SCHUMM, S.A., SUGDEN, D.E. (1984). *Geomorphology*. London: Methuen & Co. Ltd. 605 p.
- CHORLEY, R.J. e KENNEDY, B.A. (1971). *Physical Geography: A Systems Approach*. London: Prentice Hall.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1974). *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher. 149 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1999). *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher. 236 p.
- COELHO, M.C.N. (2001). Impactos ambientais em áreas urbanas - teorias, conceitos e métodos de pesquisa. *In: Guerra, A .J.T. e Cunha, S.B. (organizadores). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil*. p. 19-45.
- COLTRINARI, L. (1996). Natural and anthropogenic interactions in the Brazilian tropics. *In: Berger, A.R., Iams, W.J. (editors). Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield*. p. 295-310.

- COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL - CEIVAP (1999). Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica - PQA/Programa de Investimentos para a Gestão Integrada e Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Relatório Executivo. Resende. 122 p.
- CORRÊA, A.M. (1932). O Sertão Carioca. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Administração. s/d. 478 p.
- COSTA, N.M.C. (1986). Geomorfologia estrutural dos maciços litorâneos do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO, 108 p. Dissertação (Mestrado).
- COSTA, N.M.C., COSTA, V.C. (1997). Uso de Sistemas Geográficos de Informações (SGI's) na realização de Planos de Manejo de Unidades de Conservação. *In: I Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba, v. 2, p. 207-217.*
- COSTA, W. (1986a). O Vale do Marangá. Rio de Janeiro. 64p.
- COSTA, W. (1995). Imagens de Jacarepaguá. Rio de Janeiro. 112 p.
- CUNHA, M.A. (coordenador) (1991). Ocupação de encostas. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 216 p.
- CUNHA, S.B.(1998). Geomorfologia Fluvial. *In: Guerra, A.J.T., Cunha, S.B.(organizadores). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 211-252.*
- CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (2000). Degradação Ambiental. *In: Guerra, A.J.T., Cunha, S.B.(organizadores). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 337-379.*
- DAVIDOVICH, F.R. (1995). Considerações sobre a Urbanização no Brasil. *In: Becker, B.K., Christofolletti, A., Davidovich, F.R., Geiger, P.P. (organizadores). Geografia e Meio Ambiente no Brasil. São Paulo: Hucitec. p. 79-96.*
- DEAN, W. (1996). A ferro e fogo: a história da devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras. 484 p.
- DE BIASI, M. (1970). Carta de Declividade de Vertentes: Confecção e Utilização. *Geomorfologia, 21: 8-13.*
- DIXON, J.A. (1994). Multilevel Resource Analysis and Management: The Case of Watersheds *In: Dixon, J.A., Scura, L.F., Carpenter, L.A., Sherman, P.B. Economic Analysis of Environmental Impacts. London: Earthscan Publications. p. 185-200.*

- DOMINGUES, A.J.P., BRANDÃO, A.M.P.M., GUERRA, A.J.T., DOMINGUES, C.N., KUHLMANN, E., SANT'ANA, E.M., LIMA, G.R., SILVA, L.M., WHATELY, M.H., ALONSO, M.T.A., BULHÕES, M.G., RÉGIS, W.D.E., SILVA, Z.L. (1976). Estudo do Relevo, Hidrografia, Clima e Vegetação das Regiões-Programa do Estado do Rio de Janeiro. *In: Boletim Geográfico, IBGE, Rio de Janeiro. 34(248): 5-73.*
- DORST, J. (1973). *Antes que a natureza morra.* São Paulo: Edgard Blücher. 394 p.
- DOUGLAS, I. (1983). *The Urban Environment.* London: Edward Arnold (Publishers). 229 p.
- DOUGLAS, I. (1986). *Urban Geomorphology.* *In: Fookes, P.G., Vaughan, P.R.(Editors). A Handbook of Engineering Geomorphology.* Douglas, I. Glasgow: Blackie & Son Ltd. p.270-283.
- DREW, D. (1986). *Processos Interativos Homem - Meio Ambiente.* São Paulo: Difel. 206 p.
- EBISEMIJU, F. S. (1989). The response of headwater stream channels to urbanization in humid tropics. *Hidrological Processes, 3: 237-253.*
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA (1980). *Levantamento Semidetalhado e Aptidão Agrícola dos Solos do Município do Rio de Janeiro, RJ.* Boletim Técnico, 66. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA (1997). *Manual de métodos de análise de solo.* Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA (1999). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.* Brasília: EMBRAPA/SPI. 412 p.
- FANIRAN, A., JEJE, L.K. (1983). *Humid Tropical Geomorphology.* England: Longman Group Limited. 414 p.
- FERREIRA, F.P.M. e CUNHA, S.B. (1996). Enchentes no Rio de Janeiro: efeitos da urbanização no rio Grande (arroyo Fundo) - Jacarepaguá. *In: Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro:UFRJ, v. 19. p. 79-91.*
- FERRI, M.G. (1980). *Vegetação Brasileira.* Belo Horizonte: Editora Itatiaia. 157 p.

- FRANCISCO, C.N. (1995). Uso de Sistemas Geográficos de Informação (SGI) na elaboração de Planos de Manejo de Unidades de Conservação - uma aplicação no Parque Nacional da Tijuca - RJ. São Paulo: USP, Escola Politécnica, 189 p. Dissertação (mestrado).
- FULLEN, M.A. e BRANDSMA, R.T. (1995). Property changes by erosion of loamy sand soils in east Shropshire, UK. *Soil Technology*, 8: 1-15.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DO RIO DE JANEIRO/FIDERJ (1978). Indicadores Climatológicos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: SECPLAN/FIDERJ/SIPE. 156 p.
- GANZELI, J.P. (1991). Aspectos Ambientais do Planejamento dos Recursos Hídricos: a bacia do rio Piracicaba. *In: Tauk, S.M., Gobbi, N., Fowler, H.G. (organizadores). Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar.* São Paulo: FAPESP. p. 108-113.
- GARG, P.K. e HARRISON, A.R. (1992). Land degradation and erosion risk analysis in S.E. Spain: a geographic information system approach. *Catena*, 19: 411-425.
- GOUDIE, A. (1986). *The human impact on the natural environment.* Oxford: Basil Blackwell Ltd. 338p.
- GRANZIERA, M.L.M. (1993). *Direito das águas e meio ambiente.* São Paulo: Ícone. 136 p.
- GREGORY, K.J. (1992). *A Natureza da Geografia Física.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 367 p.
- GUERRA, A.J.T. (1998). Processos Erosivos nas Encostas. *In: Guerra, A.J.T., Cunha, S.B.(organizadores). Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 149-209.
- GUERRA, A.J.T. (1999). O Início do Processo Erosivo. *In: Guerra, A.J.T., Silva, A.S., Botelho, R.G.M. (organizadores). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 17-55.
- GUERRA, A.J.T., BOTELHO, R.G.M. (1998). Erosão dos Solos. *In: Cunha, S.B., Guerra, A.J.T. (organizadores). Geomorfologia do Brasil.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 181-227.
- GUERRA, A.T. e GUERRA, A.J.T. (1997). *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 652 p.

- GUPTA, A. e AHMAD, R. (1999). Geomorphology and the urban tropics: building an interface between research and usage. *Geomorphology*, 31: 133-149.
- HELMBOLD, R., VALENÇA, J.G., LEONARDOS JR., O.H.(1965). Mapa Geológico do Estado da Guanabara, Folha Vila Militar - Pontal de Sernambetiba, escala 1: 50.000. Rio de Janeiro: MME/DNPM.
- HILLS, R.C. (1970). The Determination of the Infiltration Capacity of Field Soils Using the Cylinder Infiltrometer. British Geomorphological Research Group. Technical Bulletin, 3. 25 p.
- HUECK, K. (1972). *As Florestas da América do Sul*. São Paulo: Polígono. 466 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM (1998). *Guia das Unidades de Conservação Ambiental do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, PCRJ/SMAC. 208 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (1996). *Dados Comparativos das Malhas Setoriais Censitárias 1991-1996*. DGC/DETRE. Listagem interna.
- INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS - IPP (1993). *Cadastro de Favelas do Município do Rio de Janeiro*. Fichas avulsas.
- INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS - IPP (1996). *Programa Favela-Bairro. Levantamento Fotográfico, Comunidade Fazenda Mato Alto*. Rio de Janeiro, MARÇO/1996.
- INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS - IPP (1997). *Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro, 1995-1997*. Versão multimídia.
- INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS - IPP (2000). *Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro, 1998*.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET/6º Distrito de Meteorologia. *Observações Meteorológicas da Estação de Jacarepaguá. Período 1946 -1987*.
- JACKSON, I.J. (1977). *Climate, Water and Agriculture in the Tropics*. Londres: Longman.
- JOURNAUX, A. (1987). *Integrated environmental cartography: a tool for research and land-use planning*. MAB Technical Notes 16. Paris: UNESCO. 53 p.

- KOSMAS, C, DANALATOS, N., CAMMERAAT, L.H., CHABART, M., DIAMANTOPOULOS, J., FARAND, R., GUTIERREZ, L., JACOB, A., MARQUES, H., MARTINEZ-FERNANDEZ, J., MIZARA, A., MOUSTAKAS, N., NICOLAU, J.M., OLIVEROS, C., PINNA, G., PUDDU, R., PUIGDEFABREGAS, J., ROXO, M., SIMAO, A., STAMOU, G., TOMASI, N., USAI, D., VACCA, A. (1997). The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29: 45-59.
- LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO (LAGEOP) - UFRJ (1999). Manual operacional do Montagem. Rio de Janeiro. Versão multimídia.
- LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO (LAGEOP) - UFRJ (1999). Manual operacional do Traçador Vetorial. Rio de Janeiro. Versão multimídia.
- LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO (LAGEOP) - UFRJ (1999). Manual operacional do VistaSaga. Rio de Janeiro. Versão multimídia.
- LANNA, A.E.L. (1995). Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA. 171 p.
- LE BISSONNAIS, Y. e SINGER, M.J. (1992). Crusting, runoff, and erosion response to soil water content and successive rainfalls. *Soil Science Society American Journal*, 56 (6): 1898-1903.
- LEINZ, V. e LEONARDOS, O.H. (1982). Glossário Geológico. São Paulo: Editora Nacional. 236 p.
- LEMONS, R.C. e SANTOS, R.D. (1996). Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 84 p.
- LOMBARDI NETO, F. e MOLDENHAUER, W.C. (1980). Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo*, 3, Recife. Anais...fl. 13.
- LOUREIRO, N.S. e COUTINHO, M.A. (1995). Rainfall changes and rainfall erosivity increase in the Algarve (Portugal). *Catena*, 24: 55-67.
- LUDWIG, B., BOIFFIN, J., CHADOEUF, J., AUZET, A. (1995). Hydrological structure and erosion damage caused by concentrated flow in cultivated catchments. *Catena*, 25: 227-252.

- MACEDO, R.K. (1991). Equívocos e propostas para a avaliação ambiental. *In*: Tauk, S.M., Gobbi, N., Fowler, H.G. (organizadores). *Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: FAPESP. p. 27-36.
- MAGNANINI, A. (1990). Recuperação de Áreas Degradadas. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro: IBGE, 52(3). p. 25-40.
- MARBLE, D.F., CALKINS, H.W., PEUQUET, D.J. (1984). *Basic Reading in Geographic Information System*. SPAD System Ltd. USA.
- MARÇAL, M.S. (2000). Suscetibilidade à erosão dos solos no alto curso da bacia do rio Açailândia - Maranhão. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 208 p. Tese (Doutorado).
- MARQUES, J.J.G.S.M., ALVARENGA, R.C., CURI, N., SANTANA, D.P., SILVA, M.L.N. (1997). Índice de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - primeira aproximação. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 21: 427-434.
- MARQUES, J.S. (1990). A participação dos rios no processo de sedimentação da Baixada de Jacarepaguá. São Paulo: UNESP, 435 p. Tese (Doutorado).
- MATHIER, L., ROY, A.G., PARÉ, J.P. (1989). The effect of slope gradient and length on parameters of a sediment transport equation for sheetwash. *Catena*, 16: 545-558.
- MENDES, W. (1982). Relação entre os graus de limitação do uso do solo por suscetibilidade à erosão e às unidades de mapeamento de solo. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro: IBGE, 44 (3). p. 445-476.
- MERRITT, E. (1984). The identification of four stages during micro-rill development. *Earth Surface Processes and Landforms*, 9. p. 493-496.
- MORAES, A.C.R. (1993). Configuração de metodologia para o macrozoneamento costeiro do Brasil: relatório final. Brasília: IBAMA. 51 p.
- MOREIRA, J.C. (1997). Controle de Inundações Urbanas. *In*: Boletim CREA-RJ, 9, março/abril. Rio de Janeiro. p. 8-9.
- MORGAN, R.P.C. (1986). *Soil Erosion and Conservation*. Inglaterra: Longman Group. 298 p.
- MOTA, S. (1995). *Preservação e Conservação de Recursos Hídricos*. Rio de Janeiro: ABES. 200 p.
- MOTA, S. (1999). *Urbanização e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: ABES. 352 p.

- NEGRET, R. (1982). *Ecosistema: Unidade Básica para o Planejamento da Ocupação Territorial*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. 99 p.
- NIMER, E. (1977). *Clima*. In: *Geografia do Brasil: Região Sudeste*, IBGE. Rio de Janeiro. p. 51-89.
- NIMER, E. (1989). *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE. 421 p.
- OGATA, M.G. (1995). *Macrozoneamento Costeiro: aspectos metodológicos*. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente. 27 p.
- PARSONS, A.J. (1987). The role of slope and sediment characteristics in the initiation and development of rills. *Processus et mesure de l'érosion*, Éd. du CNRS: p. 211-220.
- PEIXOTO, M.N.O., SILVA, T.M., MOURA, J.R.S. (1997). Reflexões sobre as perspectivas metodológicas em geografia física. *Revista da Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia da UFRJ, ano 1, v. 1, p. 35-47*.
- PIRES, J.S.R. e SANTOS, J.E. (1995). Bacias Hidrográficas: Integração entre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. *Ciência Hoje*, 19 (110). p. 40-45.
- POESEN, J. (1984). The influence of slope angle on infiltration rate and Hortonian overland flow volume. *Z.Geomorph.N.F., Suppl.Bd.49: 117-131*.
- POMBO, L.C.A., GIANLUPPI, D., KLAMT, E. (1981). Deteminação do fator K de solos do Rio Grande do Sul através das características físicas, químicas e mineralógicas. In: *Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa sobre Solo, Recife*. p. 220-235.
- PORTO, R.L.(1995). *Escoamento Superficial Direto*. In: Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T. (organizadores). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH. p. 107-165.
- PORTO JR., R., CORREA, R.P., GARIN, Y. (1997). Estudo do condicionamento geológico da movimentação de massa na região do Pau da Fome, Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ. In: *V Simpósio de Geologia do Sudeste, Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia*, p. 246-248.
- RADAMBRASIL (1983). *Levantamento de Recursos Naturais*. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, v.32. 775 p.
- RESENDE, M. e ALMEIDA, J.R. (1985). Modelos de predição de perda do solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, 11 (128). p. 38-55.
- ROMARIZ, D. (1974). *Aspectos da Vegetação do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE. 60 p.

- RONCARATI, H. e NEVES, L.E. (1976). Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baixada de Jacarepaguá, Município do Rio de Janeiro - RJ. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPRO/DEXPRO. 89 p.
- ROSA, L.P. e LACERDA, W.A. (coordenação) (1997). Tormentas Cariocas. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 162 p.
- ROSS, J.L.S. (1992). O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *In: Revista do Departamento de Geografia*, 6. São Paulo: FFLCH-USP. p. 17-30.
- ROSS, J.L.S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *In: Revista do Departamento de Geografia*, 8. São Paulo: FFLCH-USP. p. 63-74.
- ROSS, J.L.S. (1996). Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. *In: Guerra, A.J.T., Cunha, S.B. (organizadores). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 291-336.*
- SALA, M. e INBAR, M. (1992). Some hydrologic effects of urbanization in Catalans rivers. *Catena*, 19: 363-378.
- SALOMÃO, F.X.T. (1999). Controle e prevenção dos processos erosivos. *In: Guerra, A.J.T., Silva, A.S., Botelho, R.G.M. (organizadores). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 229-267.*
- SANCHEZ, M.C. (1993). A propósito das cartas de declividade. *In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada, São Paulo, v. 1, p. 311-314.*
- SANTIAGO, F.L. (1996). Modelagem digital de parte da Baixada de Sepetiba e dos maciços circunvizinhos e algumas análises de risco e potencial através do SAGA/UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO. 147 p. Dissertação (mestrado).
- SAUER, C.O. (1925). A Morfologia da Paisagem. *In: Corrêa, R.L., Rosendahl, Z. (organizadores). Paisagem, Tempo e Cultura. Rio de Janeiro: EdUERJ. p. 12-74.*
- SCS (1975). Urban Hydrology for Small Watersheds. Washington: U.S. Dept. Agr. (Technical Release, 55).
- SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE - SMAC (1998). Estudo de Impacto Ambiental para o Projeto de Recuperação Ambiental da Macrobacia de Jacarepaguá, v. 2, Diagnóstico do Meio Físico. Rio de Janeiro.

SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS - SMOSP (1996). Projeto Executivo de Macrodrenagem da Bacia de Jacarepaguá, Reavaliação das Vazões Máximas, v.1, Relatório. Rio de Janeiro.

SELBY, M.J. (1985). *Earth's changing surface: an introduction to geomorphology*. Oxford: Clarendon Press. 607 p.

SILVA, M.L.N., FREITAS, P.L., BLANCANEUX, P., CURI, N., LIMA, J.M. (1997). Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um latossolo vermelho-escuro em Goiânia (GO). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21: 131-137.

SORRISO-VALVO, M., BRYAN, R.B., YAIR, A., IOVINO, F., ANTRONICO, L. (1995). Impact of afforestation on hydrological response and sediment production in a small Calabrian catchment. *Catena*, 25: 89-104.

SOUSA, M.J.N.(1995). Geografia Física e Meio Ambiente. *In: VI Simpósio de Geografia Física Aplicada*, Goiânia, UFG, v.1, p.34-35.

SOUZA, C.J.S. (1999). Carta de vulnerabilidade à erosão como subsídio ao zoneamento ecológico-econômico em área intensamente antropizada. São José dos Campos: INPE, 172 p. Dissertação (Mestrado).

SOUZA, M.L. DE (2000). O Desafio Metropolitano: um estudo sobre a problemática sócio-espacial nas metrópoles brasileiras. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 368 p.

SOUZA, M.P. (1987). Modelo para gestão de recursos hídricos e gestão ambiental por bacia hidrográfica. *In: II Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente. Anais*, Rio de Janeiro: Clube de Engenharia/UFRJ, v. 2. p. 213-223.

STRAHLER, A.N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society America Bulletin*, 63. p. 1117-1142.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOAS - SERLA (1995). Sistema de Informações Hidrometeorológicas. Tabelas Resumo de Medições de Descargas da Estação Av. dos Industriários.

VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R., LIMA, J.C.A. (1991). Classificação da Vegetação Brasileira adaptada a um Sistema Universal. Rio de Janeiro: IBGE. 124 p.

- VIANNA, H. (1992). Baixada de Jacarepaguá: Sertão e "Zona Sul". Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes: Departamento Geral de Patrimônio Cultural. 133 p.
- VIEIRA, V.T., CUNHA, S.B. (2001). Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). *In: Guerra, A.J.T., Cunha, S.B. (organizadores). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 111-145.
- XAVIER DA SILVA, J. (1992). Geoprocessamento e Análise Ambiental. *In: Revista Brasileira de Geografia.* Rio de Janeiro: IBGE, 54 (3): 47-61.
- XAVIER DA SILVA, J. (1999). SGIs: Uma Proposta Metodológica. *In CEGEOP (Curso de Especialização em Geoprocessamento) Unidades Didáticas - Volume 4.* Rio de Janeiro: LAGEOP/UFRJ. Versão multimídia.
- WHITE, I.D., MOTTERSHEAD, D.N., HARRISON, S.J. (1992). Environmental systems: an introductory text. London: Chapman & Hall. 616 p.
- WILLIAMS, M.A.J., DUNKERLEY, D.L., DE DECKKER, P., KERSHAW, A.P., STOKES, T. J.(1993). Quaternary Environments. Great Britain: Edward Arnold. 551 p.
- WOO, M., FANG, G., DICENZO, P.D. (1997). The role of vegetation in the retardation of rill erosion. *Catena*, 29: 145-159.
- ZHOU, H.Z., MACDONALD, K.B., MOORE, A. (1991). Some cautions on the use of geographic information system (GIS) technology to integrate soil site and area data. *Canadian Journal of Soil Science*, 71: 389-394.