UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE GEOGRAFIA FÍSICA

PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA
APA CABUÇU-TANQUE GRANDE
GUARULHOS-SP

Marcio Roberto M. de Andrade

SÃO PAULO
2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA
APA CABUÇU-TANQUE GRANDE
GUARULHOS-SP

Marcio Roberto M. de Andrade

Tese apresentada ao Programa de pós-graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em ciências.

Orientador: Prof. Dr. Ailton Luchiari

SÃO PAULO
2009

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos colegas Mané, Sandra e William do Laboratório de Geoprocessamento da UnG, ao Edson, Jorge, Adriana, Guilherme, Rejane e demais amigos da Secretaria de Meio Ambiente de Guarulhos, pela amizade, incentivo e valorização desse trabalho.

Agradeço ao professor Ailton pela confiança e apoio, sempre dedicado nos momentos mais necessários.

Agradeço ao amigo Cássio pela sua colaboração ao final do trabalho.

Agradecimentos especiais a minha família pela compreensão quanto ao significado que tem esse trabalho para minha existência e, especialmente a companheira Luciana por todo o amor, paciência e dedicação.

E a todos aqueles que motivaram, estimularam e contribuíram para sua realização.

muito obrigado

EPÍGRAFE

**A cidade é passada pelo rio
como uma rua
é passada por um cachorro;
uma fruta
por uma espada.**

**O rio ora lembrava
a língua mansa de um cão;
ora o ventre triste de um cão,
ora o outro rio
de aquoso pano sujo
dos olhos de um cão.**

**Aquele rio
era como um cão sem plumas.
Nada sabia da chuva azul, da
fonte cor-de-rosa,
da água do copo de água,
da água de cântaro,
dos peixes de água,
da brisa na água.**

RESUMO

Esta tese apresenta uma proposta básica de planejamento para a Área de Proteção Ambiental do Cabuçu-Tanque Grande que compõe parte do mosaico de unidades de conservação, associadas a zona de amortecimento do Parque Estadual da Cantareira, uma das zonas núcleo integrante da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. A metodologia para sua elaboração foi baseada em fundamentos de geografia física e métodos de análise geoambiental. Foi realizada a integração de informações referentes ao meio físico, uso do solo e aspectos legais, mediante compilação bibliográfica e cartográfica, montagem de banco de dados espaciais, levantamento de campo, interpretação de imagens de sensor es remotos e modelos digitais do terreno e, procedimentos de cartografia geotécnica auxiliados por SIG. A região apresenta um relevo de morros e montanhas resultante de uma geologia complexa, prevalecendo uma elevada fragilidade geoambiental, decorrente de suas características geomorfológicas. O histórico da região revela um processo de franca expansão urbana sobre terras rurais, decorrente da vigorosa dinâmica metropolitana e da proximidade com o centro de Guarulhos. A área de estudo foi subdividida em faixas hipsométricas analisadas em função da organização espacial do uso do solo e de áreas mais preservadas. O zoneamento proposto estabelece a utilização das cotas altimétricas 800 e 900 m delimitando assim três zonas principais, como critério para o planejamento e gestão territorial. Núcleos urbanos e áreas degradadas por mineração e resíduos sólidos complementam este quadro de zoneamento. A criação da APA do Cabuçu-Tanque Grande e o estabelecimento do seu zoneamento ecológico-econômico, visam subsidiar o planejamento do uso do solo na região intermediária, entre o Parque Estadual da Cantareira e o *continuum* urbano da cidade de Guarulhos, revertendo a tendência crescente de isolamento desta unidade de conservação no contexto metropolitano, contribuindo para a preservação do corredor ecológico Cantareira-Mantiqueira, mantendo os serviços ambientais da biosfera.

Palavras chave: Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo; Área de Proteção Ambiental; Zoneamento Ecológico Econômico; Cabuçu-Tanque Grande; Guarulhos.

ABSTRACT

This thesis presents a basic proposal of an Environmental Protection Area planning for Cabuçu-Tanque Grande area which encloses a mosaic of preservation units to maintain the zone of Cantareira State Park, one of the areas which integrate the Biosphere Green Belt Reserve of São Paulo city. This methodology was developed based on physical geography information and methods of geoenvironmental analysis. Information related to the physical environment were integrated to land use and law issues, through bibliography and cartography compilation, generating a spatial database, field work survey, remote sensing interpretation and terrain digital models and procedures of geotechnical mapping supported by GIS. The studied area presents a relief characterized by hills and mountains created by a complex geology, persisting a geoenvironmental weakness due to its geomorphological features. During timeframe this area presents an urban spreading over rural lands related to the strong urban growth and its proximity to the center of Guarulhos city. The area was subdivided on hypsometric portions that were analyzed according to spatial organization of land use and preserved areas. The proposed zoning established the use of 800 and 900 m quotas defining three main zones, as a criterium for planning and territorial management. Urban, mining and waste areas complete the zoning frame. The creation of the Cabuçu-Tanque Grande Environmental Protection Area and its economical and ecological zoning intends to assist the land use planning of intermediate region between Parque Estadual da Cantareira and the urban *continuum* of Guarulhos city, inverting the strong trending of isolation of this conservation unity inside metropolitan context, contributing to the preservation of the Cantareira-Mantiqueira ecological track, keeping the environmental services of the biosphere.

Keywords: Biosphere Green Belt Reserve of São Paulo city; Environmental Protection Area; Economical and Ecological Zoning; Cabuçu-Tanque Grande; Guarulhos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Bretherton, no contexto do Programa Internacional Biosfera-Geosfera.....	1
Figura 2. Imagem orbital da RBCV demonstrando um núcleo central metropolitano.....	9
Figura 3. Imagem onde observam-se os limites a do PEC, b da zona de amortecimento, c da APA do Cabuçu-Tanque Grande e d do município de Guarulhos.....	12
Figura 4. Fluxo da relação sociedade/natureza no Estrato Geográfico da Terra.	26
Figura 5. Reação de um sistema ambiental perante um esforço ou tensão que lhe é imposto.....	28
Figura 6. Modelo de sistema infiltração/escoamento na vertente e as relações com agentes e processos naturais.....	29
Figura 7. Classificação de processos de movimento de massa segundo Carson & Kirkby.....	30
Figura 8. Efeito da topografia no escoamento superficial, infiltração e estabilidade de vertentes.....	33
Figura 9. Modelo de nove unidades de vertente e processos pedogenéticos e geomórficos associados.....	34
Figura 10. Perfil de intemperismo e graus de alteração de maciços rochosos como são adotados pela geologia de engenharia.....	35
Figura 11. Diagrama de representação da interface entre o saprólito e os materiais superficiais ao longo de uma catena em regiões baixas e úmidas conhecidas como lambo no Malawi . África.....	37
Figura 12. Esquema das principais etapas e produtos da cartografia geotécnica desenvolvida no IPT	45
Figura 13. Fluxo genérico das operações cartográficas e demais análises espaciais que foram efetuadas no ambiente SIG.....	53
Figura 14. Bairros de Guarulhos incluídos na APA Cabuçu-Tanque Grande e no Núcleo Cabuçu (PEC).....	62
Figura 15. Localização da RMSP e de Guarulhos no Estado de São Paulo.....	64
Figura 16. Carta de Uso do Solo. A RMSP está delimitada dentro da RBCV.....	65

Figura 17. Visão da RMSP em relação aos aglomerados urbanos próximos.....	66
Figura 18. Dados comparativos de consumo de energia elétrica no ano de 2006.....	67
Figura 19. Dados comparativos entre os dez maiores aglomerados urbanos do mundo com dados de 2007... ..	67
Figura 20. Evolução da população da RMSP pela taxa de crescimento anual....	68
Figura 21. Evolução urbana do município de Guarulhos.....	69
Figura 22. Gráfico termo-pluviométrico do período entre 1985 e 2008 . com base nos dados obtidos na estação agroclimatológica . UnG/INMET.....	73
Figura 23. Gráfico Termo-pluviométrico do período entre 1992 e 2004 . com base nos dados obtidos no posto meteorológico localizado no Parque Estadual Alberto Löfgren.....	74
Figura 24. Localização dos postos meteorológicos analisados.....	75
Figura 25. Contexto litológico da RMSP.....	79
Figura 26. Gráfico da distribuição relativas dos tipos de uso e ocupação do solo na APA do Cabuçu -Tanque Grande.....	87
Figura 27. Gráfico da densidade habitacional que equivale ao número de pessoas por domicílio.....	89
Figura 28. Gráfico da situação das APPs de topos de morro e montanha.....	92
Figura 29. Gráfico da situação das APPs de corpos d'água.....	93
Figura 30. Diagrama de contagem (rede Schmidt) análise das superfícies S_n	96
Figura 31. Mapa de localização dos perfis topográficos.....	99
Figura 32. Perfil topográfico A-Aq.....	99
Figura 33. Perfil topográfico B-Bq.....	99
Figura 34. Perfil topográfico C-Cq.....	100
Figura 35. Perfil topográfico D-Dq.....	100
Figura 36. Perfil topográfico E-Eq.....	100
Figura 37. Faixas hipsométricas observadas no território de Guarulhos em relação ao território da APA Cabuçu-Tanque Grande.....	102
Figura 38. Encontro das planícies do Ribeirão Engordador (esquerda) e do córrego Cabuçu (direita).....	108

Figura 39. Implantação de loteamentos de chácaras próximos a represa do Cabuçu.....	109
Figura 40. Visão da implantação das Chácaras Cabuçu, ainda pouco ocupadas em 1970.....	110
Figura 41. Visão das Chácaras Cabuçu e parte do Recreio São Jorge ocupados no início dos anos 80.....	110
Figura 42. Visão das Chácaras Cabuçu (centro-inferior) e parte do Recreio São Jorge (esquerda-superior) ocupados no final dos anos 80.....	111
Figura 43. Visão da movimentação de terra na implantação do Parque Continental em 1988.....	111
Figura 44. Detalhe da movimentação de terra na implantação do Parque Continental III demonstrando o ravinamento intenso de aterros.....	112
Figura 45. Visão das Chácaras Cabuçu e terrenos vizinhos quase totalmente transformados em loteamentos clandestinos no ano 2000.....	113
Figura 46. Visão parcial do Recreio São Jorge e Novo Recreio no ano 2000 ocupados com alta densidade.....	114
Figura 47. Visão em detalhe do Novo Recreio. Notar a alta densidade ocupacional de alguns setores, e o avanço de moradias sobre áreas de floresta e declividade elevadas.....	114
Figura 48. Visão da ocupação do Pq Continental III no ano 2000.....	116
Figura 49. Visão do aterro de resíduos urbanos da empresa Quitaúna (esquerdo inferior) e da pedreira FIRPAVE em funcionamento no ano 2000.....	117
Figura 50. Visão da região do Tanque Grande em 1970.....	118
Figura 51. Terrenos próximos ao reservatório do Tanque Grande sendo ocupados por chácaras em 1988.....	119
Figura 52. Visão do reservatório do Tanque Grande no ano 2000 com o nível da água baixo expondo depósitos de assoreamento.....	119
Figura 53. Detalhe da área pública em estado de degradação avançada por erosão intensa, localizada entre as ruas 104 e 105 no Pq Continental III. Notar que as ravinas marcam linhas de escoamento das águas.....	123
Figura 54. Gráfico da proporção relativa das terras por faixa hipsométrica.....	154

Figura 55. Gráfico da distribuição relativa das declividades altas (acima 30%) por faixa hipsométrica.....	154
Figura 56. Gráfico da distribuição relativa da floresta por faixa hipsométrica.....	155
Figura 57. Gráfico da distribuição absoluta da floresta por faixa hipsométrica.....	155
Figura 58. Gráfico da distribuição relativa do uso urbano por faixa hipsométrica.....	156
Figura 59. Gráfico da distribuição absoluta do uso urbano por faixa hipsométrica.....	156
Figura 60. Gráfico da distribuição relativa de reflorestamento por faixa hipsométrica.....	157
Figura 61. Gráfico da distribuição absoluta de reflorestamento por faixa hipsométrica.....	157
Figura 62. Gráfico da proporção relativa de áreas com mata (verde), reflorestamento (azul) e uso urbano (vermelho).....	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do relevo com relação ao ângulo de declividade e gradiente.....	32
Tabela 2. Valores médios dos parâmetros climáticos de 1985 . 2008 . Estação Agroclimatológica.....	73
Tabela 3. Proporção das áreas de preservação permanentes na APA Cabuçu-Tanque Grande.....	91
Tabela 4. Situação das APPs de topo de morros ou montanhas na APA Cabuçu-Tanque Grande.....	92
Tabela 5. Situação das APPs de cursos d'água na APA Cabuçu-Tanque Grande.....	92
Tabela 6. Índices e atividades adotadas para a ZUC.....	163
Tabela 7. Índices e atividades adotadas para a ZUS-1.....	163
Tabela 8. Índices e atividades adotadas para a ZUS-2.....	163

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. As cinco dimensões do desenvolvimento sustentável	6
Quadro 2. Informações gerais sobre a Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo . RBCV 2003.....	10
Quadro 3. Serviços ambientais da RBCV.....	11
Quadro 4. Fundamentos conceituais da Geologia de Engenharia.....	27
Quadro 5. Características gerais dos sensores da imagem QuickBird.....	59
Quadro 6. Classificação dos efeitos de borda.....	62
Quadro 7. Disponibilidade hídrica social na BAT comparada com outras regiões do Brasil.....	70
Quadro 8. Características geomorfológicas dos Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste.....	81
Quadro 9. Sistemas de relevo e respectivas características morfométricas e morfográficas das folhas Guarulhos e Itaquaquecetuba 1:50.000.....	83
Quadro 10. Tipos de uso e ocupação do solo presentes na APA Cabuçu-Tanque Grande.....	87
Quadro 11. Áreas de risco a moradias da região do Cabuçu.....	88
Quadro 12. Descrição das formações do Grupo Serra do Itaberaba.....	94
Quadro 13. Extremos de altitude na região da APA do Cabuçu -Tanque Grande	97
Quadro 14. Classificação qualitativa adotada para as declividades.....	98
Quadro 15. Solos encontrados na APA Cabuçu -Tanque Grande.....	104
Quadro 16. Características geotécnicas das rochas alteradas na APA do Cabuçu-Tanque Grande.....	139
Quadro 17. Principais características físicas das coberturas pedológicas na APA do Cabuçu-Tanque Grande.....	140
Quadro 18. Síntese das características das unidades geotécnicas em declividades baixas e altas na APA do Cabuçu-Tanque Grande.....	144
Quadro 19. Fatores da análise de suscetibilidade quanto a erosão e movimento de massa decorrentes de escavações.....	145
Quadro 20. Critérios indicativos para o planejamento ambiental da APA do Cabuçu-Tanque Grande.....	151
Quadro 21. Escala teórica de sustentabilidade ambiental das atividades.....	162

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Exemplo de autoconstruções no Recreio São Jorge.....	115
Foto 2. Visão da área pública da rua 104, Pq Continental III. Área degradada por erosão demonstrando ravinamento intenso.....	123
Foto 3. Erosão intensa na rua 104, Pq Continental III, onde ocorreu a destruição de uma galeria de águas pluviais.....	124
Foto 4. Erosão intensa em aterro com associação de escorregamentos no fundo de vale no Pq Continental III.....	124
Foto 5. Aterro lançado diretamente sobre a vertente. Bota-fora em área com declividade acentuada no Cabuçu... ..	125
Foto 6. Erosão em sulcos na superfície de um bota-fora no Cabuçu.....	125
Foto 7. Erosão em ravinas no talude de um bota-fora no Cabuçu.....	126
Foto 8. Erosão evoluindo para movimento de massa no talude de um bota-fora no Cabuçu.....	126
Foto 9. Perfil de alteração de solo. Parte superior em cores mais escuras o solo laterítico (Latossolo V-A) e o solo de alteração de rocha.....	127
Foto 10 Extenso depósito de assoreamento na planície do córrego Cabuçu confluência com o córrego Pau D'Alho.....	128
Foto 11 Depósito de assoreamento na planície do córrego Pau D'Alho que registra a implantação do loteamento Pq Continental III.....	128
Foto 12 Depósito de assoreamento na planície do córrego Pau D'Alho que registra a abertura do loteamento Pq Continental III.....	129
Foto 13 Depósito de assoreamento na planície do córrego Piracema em consequência da erosão dos bota-foras.....	129
Foto 14 Depósito de assoreamento na planície do córrego Piracema em consequência da erosão dos bota-foras.....	130
Foto 15 Visão de uma vertente apresentando sinais de rastejo de solo no Recreio São Jorge.....	130
Foto 16. Aterro lançado de forma simples na vertente. Rua Santana dos Montes com rua Angêlo Pedro da Costa, Novo Recreio.....	132
Foto 17. Exemplo típico de corte de solo e rocha alterada (maciço de rocha metabásica), resultando no material usado no aterro.....	132

Foto 18. Corte e aterro lançado em vertente íngreme na Vila Operária, Notar a presença de trincas no alto do talude de aterro e ravinas associadas....	133
Foto 19. Escorregamento planar de aterro contendo certa quantidade de resíduos em encosta junto à rua Antonio Carlos, Jd Novo Recreio.....	133
Foto 20. Detalhe da imagem anterior demonstrando uma moradia numa situação de risco muito alto.....	134
Foto 21. Águas servidas escoando diretamente sobre áreas expostas. Recreio São Jorge.....	134
Figura 22. Aterro antigo revelado na escavação para construção de uma casa próxima a rua Antonio Carlos no Novo Recreio.....	135
Foto 23. Exemplo de risco de escorregamento de solo deslizado no contato do colúvio com a rocha (maciço de filito), localizado na rua Orquídea no Recreio São Jorge.....	135
Foto 24. Desplacamento de blocos de filito em terreno na rua 107, Pq Continental III.....	136
Foto 25. Desconfinamento de maciço de rocha (Muscovita xisto na zona de cisalhamento e contato com um milonito granítico). Área do aterro sanitário da empresa Quitaúna.	136
Foto 26. Matacão de granito na área interna de um lote na Vila União.....	137

SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APM	Área de Proteção aos Mananciais
APP	Área de Preservação Permanente
BAT	Bacia do Alto Tietê
CA	Coeficiente de aproveitamento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CV	Coeficiente verde
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
EMPLASA	Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S. A.
FFLCH	Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
GIS	Geographic Information system
GPS	Global position system
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PDD	Plano Diretor de Drenagem
PEAL	Parque Estadual Alberto Löfgren
PEC	Parque Estadual da Cantareira
PMG	Prefeitura Municipal de Guarulhos
RBCV	Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SCM	Sistema Cartográfico Metropolitano
SDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SEMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SIG	Sistema de informação geográfica
SIGEO	Divisão Técnica do Sistema Georreferenciado

SMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SNM	Secretaria Estadual do Negócios Metropolitanos
TO	Taxa de ocupação
UC	Unidade de conservação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
UnG	Universidade Guarulhos
USP	Universidade de São Paulo
ZEMR	Zona de Extração de Minérios e Disposição de Resíduos Sólidos
ZEPAM	Zona Especial de Proteção Ambiental
ZM	Zona Mista
ZMDR	Zona Especial de Extração Mineral e de Disposição de Resíduos Sólidos
ZPDS	Zona de Proteção e Desenvolvimento Sustentável
ZPE-APA	Zona de Projeto Especial-Área de Proteção Ambiental
ZRSA	Zona de Recuperação Sócio-Ambiental
ZUC	Zona de Uso Conservacionista
ZUS	Zona de Uso Sustentável
ZUSRA	Zona de Uso Sustentável e Recuperação Ambiental
ZVS	Zona de Vida Silvestre

SUMÁRIO

1. Introdução	1
1.1 A crise ambiental da Terra.....	1
1.2 Importância da área.....	8
1.3 Objetivos.....	14
2. Bases teóricas	17
2.1 Fundamentos filosóficos da Geografia Física.....	17
2.2 Geomorfologia e paisagem.....	20
2.3 Dinâmica superficial das vertentes.....	25
2.3.1 Pluviosidade.....	31
2.3.2 Declividade e formas de relevo.....	32
2.3.3 Características geológicas e pedológicas.....	34
2.3.4 Interferências humanas.....	38
2.4 Cartografia geotécnica.....	40
2.5 Planejamento ambiental E APAs.....	46
3. Métodos	51
3.1 Abordagem geral.....	51
3.2 Procedimentos de trabalho.....	55
3.2.1 Trabalho de campo.....	55
3.2.2 Levantamento geológico.....	56
3.2.3 Levantamento geomorfológico.....	57
3.2.4 Procedimentos de laboratório.....	58
3.2.4.1 Montagem do banco de dados espaciais.....	58
3.2.4.2 Montagem das bases cartográficas.....	58
3.2.4.3 Outras atividades de geoprocessamento.....	59
3.3 Definição da área de estudo.....	61
4. Diagnóstico geoambiental da APA Cabuçu-Tanque Grande	64
4.1 Caracterização regional.....	64
4.1.1 Sócio-economia.....	64

4.1.2 Clima.....	71
4.1.3 Bioma.....	75
4.1.4 Geologia.....	77
4.1.5 Geomorfologia.....	80
4.2 Levantamento dos fatores ambientais.....	86
4.2.1 Uso do solo.....	86
4.2.2 Legislação ambiental.....	91
4.2.3 Geologia.....	93
4.2.4 Relevo.....	97
4.2.5 Solos.....	103
4.3 Cartografia geotécnica aplicada a APA Cabuçu-Tanque Grande.....	107
4.3.1 Processos tecnológicos.....	107
4.3.1.1 Uso do solo nas áreas próximas ao reservatório do Cabuçu.....	108
4.3.1.2 Uso do solo nas áreas próximas ao reservatório do Tanque Grande.....	117
4.3.2 Problemas geotécnicos.....	120
4.3.2.1 Erosão.....	121
4.3.2.2 Assoreamento.....	127
4.3.2.3 Movimento de massa.....	130
4.3.3 Análise geotécnica.....	138
 5. Planejamento ambiental da APA Cabuçu-Tanque Grande	147
5.1 Cenário atual de ordenamento territorial.....	147
5.2 Critérios indicativos para o zoneamento ecológico-econômico.....	151
5.3 Avaliação hipsométrica.....	153
5.4 Zoneamento ecológico-econômico da APA Cabuçu-Tanque Grande.	159
 6 Considerações Finais.....	165
 Referências bibliográficas.....	168

Anexos

1. INTRODUÇÃO

1.1 A crise ambiental da Terra

O planeta Terra é compreendido pelas ciências ambientais como um sistema termodinâmico peculiar que apresenta características de auto-regulação climática e geoquímica favorável a manutenção da vida, na forma de uma homeostase planetária. Neste sentido, o planeta manteria um equilíbrio extremamente complexo e dinâmico desde a sua existência, sendo a vida a causa e a consequência da sua evolução (LOVERLOCK, 1979, 1987, 1988, 1991) .

A Figura 1 representa um modelo que ilustra as relações complexas entre os sistemas climático, biogeoquímico e humano sob ação de forças externas no planeta Terra.

Figura 1. Diagrama de Bretherton, no contexto do Programa Internacional Biosfera-Geosfera (adaptado de CHRISTOFOLETTI, 1980).

A Terra como habitat dos ecossistemas naturais e da civilização humana, constitui a fonte dos recursos necessários ao ciclo de vida de todos os seres vivos e de todas atividades econômicas da sociedade, mantidos essencialmente através da energia solar e da reciclagem biogeoquímica dos materiais contidos no planeta. No

entanto, seu volume é limitado, embora conte com uma energia praticamente inesgotável gerada no Sol. Sua massa calculada em $6,5 \times 10^{21}$ toneladas, detêm em apenas 0,4% constituída pela Crosta, Hidrosfera e Atmosfera, todos os recursos atuais e futuros disponíveis para humanidade e manutenção da Biosfera (SKINNER, 1985).

A comunidade científica, os governos e outros setores da sociedade na alvorada do século XXI, sentem que o modelo de expansão civilizatória nos moldes globalizantes atuais, não reconhece tampouco aceita os limites físicos da biosfera, ou seja, percebe-se que a atividade econômica mundial vem se desenvolvendo acima da capacidade de suporte dos ciclos naturais, além de historicamente promover a concentração da riqueza produzida, gerando uma geografia da degradação sócio-ambiental que tende a se agravar caso este modelo não seja revertido num prazo que se revela cada vez mais curto.

Um número crescente de analistas mundiais afirmam haver uma crise ecológica global equivalente a uma guerra ao planeta, com sua causa central no crescimento material em um mundo finito, como já apontava o estudo do Clube de Roma em 1972: *Os limites do crescimento* (MEADOWS, 1972).

O rastro ecológico deixado pela espécie humana revela uma realidade atual em que se extrapolaram estes limites, cujos sintomas correspondem as mudanças climáticas, desertificação, crise global da água, desflorestamento, degradação dos oceanos, poluição do ar, solo, água e mar, e crescente redução da biodiversidade (MATSUURA, 2008).

A crise vislumbrada é o desdobramento de uma *crise ecológica* dada pelo esgotamento progressivo da base dos recursos naturais, uma *crise ambiental* pela redução da capacidade de recuperação dos ecossistemas, e uma *crise político-institucional* ao estar ligada aos sistemas de poder para a posse, distribuição e uso dos recursos da sociedade (GUIMARÃES, 1992).

A crise ambiental da Terra está atrelada ao advento da sociedade capitalista, que determinou um desenvolvimento econômico a funcionar na livre expansão no mercado, dirigido e sancionado pela concorrência econômica, sem um verdadeiro controle político da sociedade no crescimento econômico e tecnológico. Do controle qualitativo da sociedade, passou-se à primazia do quantitativo (STAHEL, 1995).

O sistema de poder mundial estruturado a partir do começo do século XVI com centro na Europa Ocidental, é a raiz de um imperialismo europeu biológico,

econômico, político e cultural, cuja dimensão ecológica implicou em processos cruciais tais como a exportação da flora e fauna europeias para o restante do mundo; invasão por populações e microorganismos europeus que tiveram, muitas vezes, um efeito devastador sobre as populações nativas; utilização de recursos naturais locais no processo produtivo (terras, jazidas minerais, florestas, etc.) a serviço das necessidades europeias, provocando simultaneamente, valorização econômica imediata e %depleção+, a longo prazo, desses recursos (CROSBY, 1986).

O século XX após a Segunda Guerra adquiriu uma nova configuração geopolítica e, a partir do final da década de 60, viu surgir uma transformação fundamental do ponto de vista do referido imperialismo ecológico, quando os países do Primeiro Mundo passam a exportar poluição para os do Terceiro Mundo. Na década de 70 exportaram-se indústrias %sujas+, particularmente para os novos países industrializados, na década seguinte, lixo industrial e urbano tóxico, em especial para a África e América Central (VIOLA & LEIS, 1991).

O consumismo como eixo da concepção materialista da vida, transformou-se na ideologia dominante da humanidade na segunda metade do século XX. Em todo o planeta, salvo poucas exceções marginais, o crescimento econômico tornou-se o princípio de legitimidade dos Estados-Nações. A base material (natureza) do crescimento é considerada infinita, tanto do ponto de vista dos recursos quanto da poluição (TOYNBEE, 1979; ODUM, 1980).

A visão neoclássica da economia vê o desenvolvimento social e econômico quase que exclusivamente derivado do fator capital (investimentos). Na verdade, uma relação pendular entre produção e consumo, em um sistema completamente fechado (MERICO, 2002). Por outro lado, a economia não pode ser vista como um sistema dissociado do mundo da natureza, pois não existe atividade humana sem água, fotossíntese ou ação microbiana do solo.

O modelo desenvolvimentista em vigor considera a natureza uma fornecedora inexaurível de recursos e, ao mesmo tempo, um esgoto de infinita capacidade de absorção de dejetos. Tal visão de um fluxo entre dois infinitos, implica que sua vazão possa crescer ilimitadamente, tornado-se incompatível com o modelo dos ciclos de materiais dos ecossistemas (CAVALCANTI, 1995; ALTVATER, 1995).

O cenário sócio-ambiental planetário no final do século XX, revelou que 3/5 da população mundial, cerca de 3 bilhões de pessoas, viviam em situação de miséria. Este fato revelaria ainda uma grande ameaça, pois parte importante dessa

população tem como referência o nível de consumo predatório da minoria privilegiada do Primeiro Mundo, em função do efeito amplificado pela mundialização da comunicação de massas (VIOLA & LEIS, 1991).

O relatório que o WWF e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) divulgou no ano 2000, demonstra que o uso de recursos naturais no mundo já excedia em 42,5% a capacidade de renovação da biosfera, considerados os consumos de alimentos, de materiais e de energia. Para que cada ser humano do mundo pudesse consumir recursos naturais e emitir dióxido de carbono nos níveis dos cidadãos norte americanos, alemães ou franceses, seriam necessários pelo menos mais dois planetas com recursos equivalentes à Terra (NOVAES, 2002).

Neste contexto, presencia-se na América Latina a conversão da maioria dos seus ecossistemas naturais em agrossistemas mecanizados à base de grandes fluxos de petróleo, com a utilização cada vez mais generalizada de fertilizantes e agrotóxicos. A erosão dos solos tornou-se um grave problema que afeta a agricultura com fortes desdobramentos na salinização e assoreamento progressivo dos cursos de água. O desflorestamento continua em um ritmo intenso na últimas décadas, afetando, principalmente, a floresta tropical úmida da Amazônia (CEPAL-PNUMA, 1985).

O processo de metropolização complementa o panorama da degradação sócio-ambiental observado no Terceiro Mundo, como contrapartida da modernização agrária, onde milhões de camponeses expulsos de suas terras vieram se concentrar miseravelmente na periferia das grandes cidades, produzindo o colapso dos sistemas de serviços públicos: água, esgoto, transporte, educação, saúde (VIOLA & LEIS, 1991).

O processo de urbanização e industrialização acelerada e caótica presenciado desde a década de 50 por todo mundo, é tido como o principal responsável pela crise ecológica atual em função dos elevados padrões de consumo de energia e bens (BOA NOVA, 1985). Os sistemas industriais complexos, tanto sob o aspecto da organização quanto sob da tecnologia, vieram constituir a força principal de destruição do ambiente planetário e, a longo prazo, provavelmente a principal ameaça à sobrevivência da humanidade (CAPRA, 2002).

O conceito de *Biosfera* generalizado pelos cientistas e técnicos envolvidos com a problemática ambiental na década de 70 do século XX, reflete a mudança de

percepção destas questões da escala regional para a escala planetária, deixando de ser visto apenas como um problema nacional convertendo-se numa questão internacional. Um conjunto de crises cumulativas ampliaram estas preocupações para uma concepção biosférica do meio ambiente tais como o risco de uma guerra nuclear, a possível modificação permanente do clima devido ao efeito estufa e ao enfraquecimento da camada de ozônio, o crescimento exponencial do envenenamento da água, ar, solo e cadeias alimentares, e a explosão demográfica atingindo patamares insustentáveis (VIOLA & LEIS, 1991).

Não há mais dúvida que as alterações ambientais causadas pelo homem através da atividade produtiva alcançaram a dimensão da escala planetária, e uma profunda mudança na dinâmica dos processos geológicos e geomorfológicos vêm se acumulando em quantidade e se diversificando em qualidade (PELOGGIA, 1998).

Este é o motivo da proposta de um novo período geológico para caracterizar tal época denominado de Período Tecnógeno (TER-STEPANIAN, G., 1988) ou Antropoceno (ZALASIEWICZ et al, 2008), baseado no fato dos humanos emitirem mais CO₂ que os vulcões, moverem materiais e elementos pela superfície da Terra mais que a erosão geológica das chuvas e dos rios, dos movimentos de massa terra e enchentes naturais (morfogênese). O aumento nas temperaturas e a acidez dos oceanos são mudanças que podem comprovar o novo período.

O conceito de *Desenvolvimento Sustentável* surgido na década de 70, aparece nos relatórios da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) no início dos anos 80. Foi posteriormente popularizado pelo chamado Relatório Brundtland (*Nosso Futuro Comum*) de 1987 descrito como o *desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades*. Com pouca crítica à sociedade industrial e aos países industrializados, expõe o desejo de crescimento tanto nos países não-industrializados quanto nos países industrializados, contendo uma crítica duvidosa do desenvolvimento sob o ponto de vista ecológico (BRUSEKE, 1995).

Tornando o seu significado mais simples, sustentabilidade significa manter as coisas permanentes ou duráveis. Implica portanto, no redirecionamento da economia, no sentido de sua inserção nos limites estabelecidos pela biosfera, configurando um novo paradigma socioeconômico, possibilitando a construção de processos produtivos e econômicos sustentáveis, de acordo com o equilíbrio

termodinâmico do planeta (MERICO, 2002). O Quadro 1 sintetiza as dimensões necessárias para se alcançar a sustentabilidade consideradas por Sachs (1993):

Quadro 1. As cinco dimensões do desenvolvimento sustentável (elaborado por MONTIBELLER-FILHO, 2001, com base em SACHS, 1993).

DIMENSÃO	COMPONENTES	OBJETIVOS
SUSTENTABILIDADE SOCIAL	Criação de postos de trabalho que permitam a obtenção de renda individual adequada (à melhor condição de vida; à maior qualificação profissional). Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais.	REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES SOCIAIS
SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA	Fluxo permanente de investimentos públicos e privados (estes últimos com especial destaque para o cooperativismo). Manejo eficiente dos recursos. Absorção pela empresa dos custos ambientais. Endogeneização, contar com suas próprias forças.	AUMENTO DA PRODUÇÃO E DA RIQUEZA SOCIAL, SEM DEPENDÊNCIA EXTERNA
SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA	Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas. Prudência no uso dos recursos naturais não renováveis. Prioridade à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis. Redução da intensidade energética e aumento da conservação da energia. Tecnologias e processos produtivos de baixo índice de resíduos. Cuidados ambientais.	MELHORIA DA QUALIDADE DO MEIO AMBIENTE E PRESERVAÇÃO DAS FONTES DE RECURSOS ENERGÉTICOS E NATURAIS PARA AS PRÓXIMAS GERAÇÕES
SUSTENTABILIDADE ESPACIAL/ GEOGRÁFICA	Desconcentração espacial (de atividades; de população). Desconcentração/democratização do poder local e regional. Relação cidade/campo equilibrada (benefícios centrípetos).	EVITAR EXCESSO DE AGLOMERAÇÕES
SUSTENTABILIDADE CULTURAL	Soluções adaptadas a cada ecossistema. Respeito à formação cultural comunitária.	EVITAR CONFLITOS CULTURAIS COM POTENCIAL REPRESSIVO

O momento atual exige a reflexão sobre o papel das ciências nesta conjuntura. É necessária a revisão dos conceitos construídos sob a ótica reducionista de uma visão parcial, linear e desconectada da realidade, que levou o conhecimento científico a se fragmentar de forma extrema, a ponto de perder a visão do todo complexo, sistêmico e dinâmico (SERRANO, 2005).

A Agenda 21 (ONU, 1992) destaca o papel fundamental da ciência como apoio ao manejo prudente do meio ambiente e desenvolvimento para a sobrevivência atual e futura da humanidade. A Agenda 21 destaca que a ciência voltada ao desenvolvimento sustentável possibilita:

- Vincular o significado fundamental do Sistema Terra enquanto sustentador da vida;

- Estimar a capacidade de sustentação do planeta e sua possibilidade de recuperação face às tensões causadas pelas atividades humanas;
- Proporcionar descobertas de alternativas de desenvolvimento sustentável;
- Oferecer informações para formulação de políticas públicas de meio ambiente e desenvolvimento no processo de tomadas de decisões;
- Permitir a avaliação das metas estabelecidas de desenvolvimento sustentável.

Considerando os desafios postos nestas possibilidades, o presente projeto de pesquisa pretende subsidiar o planejamento ambiental da APA Cabuçu-Tanque Grande, e assim, contribuir para formulação de políticas públicas de desenvolvimento sustentável em áreas protegidas, conforme diretrizes almejadas pela Agenda 21.

1.2 Importância da área

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Cabuçu-Tanque Grande é uma unidade de conservação de uso sustentável prevista na Lei Municipal Nº 6253 (GUARULHOS, 2007), que está sendo objeto de legislação específica através do projeto de lei elaborado pelo Grupo de Trabalho 1611/2007, instituído pelo Prefeito Municipal de Guarulhos-SP.

Neste sentido, esta unidade de conservação trata-se de uma APA municipal e, portanto, está juridicamente restrita ao território da respectiva unidade administrativa. Entretanto, esta APA associa-se a uma série de áreas verdes que no conjunto são integrantes da Reserva do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo (RBCV), cumprindo um papel importante ao compor o mosaico de áreas protegidas de interesse para a metrópole paulistana.

Esta unidade pode ser considerada uma APA urbana pois forma um contínuo com o Parque Estadual da Cantareira, que é tido como uma das maiores florestas urbanas do mundo.

A Mata Atlântica é o principal bioma da RBCV, considerado um dos *Hot Spots* da biodiversidade no mundo, embora situado na área mais urbanizada do país e ter sido reduzido a pouco mais de 7% de sua antiga cobertura original. Ainda que fragmentado e sofrendo várias ameaças de destruição em suas diversas regiões, representa uma das mais importantes florestas tropicais do planeta com alto nível de biodiversidade e endemismo.

A APA do Cabuçu-Tanque Grande integra o corredor de Mata Atlântica conhecido como Cantareira-Mantiqueira, numa região com elevado incremento de conectividade, conforme concluiu o projeto BIOTA (RODRIGUES et al, 2008). Segundo levantamento de áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira (MMA, 2007), esta APA encontra-se numa área classificada como de importância e prioridade extremamente alta.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é um dos maiores aglomerados urbanos do mundo, constituindo-se num expressivo ecossistema urbano que como tal, depende de forma aguda de recursos naturais para seu metabolismo, sendo sensível a variações ambientais bruscas, especialmente de caráter climático e hidrológico.

A RBCV representa um importante componente autotrófico deste ecossistema metropolitano cujos processos ambientais foram profundamente alterados daqueles naturais do meio físico e do bioma original, comportando-se muitas vezes como uma floresta urbana característica, que vem amortecer em parte os impactos ambientais causados pela extrema urbanização e fornecer serviços ambientais que auxiliam a sustentação e o funcionamento das cidades envolvidas.

A RBCV neste contexto, forma um expressivo cinturão verde ao redor do núcleo mais urbanizado da RMSP como pode ser observado na Figura 2., envolvendo e abrigando o setor densamente ocupado que se consolidou sobre terrenos de topografia favorável e, recobrindo notadamente as zonas periféricas ao redor, localizadas em terrenos onde o relevo é desfavorável à ocupação urbana.

Figura 2. Imagem orbital da RBCV demonstrando um núcleo central metropolitano (fonte: RBCV, composição TM 321).

Analisando as informações gerais apresentadas no Quadro 2, é possível verificar que os índices demográficos e econômicos são muito elevados, revelando o vigor e a complexidade da dinâmica sócio-econômica, especialmente em função da capital São Paulo.

Quadro 2. Informações gerais sobre a Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo . RBCV 2003 (RODRIGUES et al, 2006).

ÁREA (SOMENTE RBCV)	1.540.032 HECTARES
ÁREA URBANA ENVOLVIDA PELO CINTURÃO VERDE	220.279 HECTARES
ÁREA (RB + ÁREA URBANA)	1.760.311 HECTARES
INSTITUIÇÃO	DECLARAÇÃO DA UNESCO EM 9 DE JUNHO DE 1994, COMO PARTE INTEGRANTE DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA; COORDENAÇÃO EXECUTIVA DO INSTITUTO FLORESTAL DA SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO
POPULAÇÃO TOTAL	23 MILHÕES DE HABITANTES
NÚMERO DE MUNICÍPIOS	73 (SETENTA E TRÊS)
REGIÕES ADMINISTRATIVAS	RMSP E RMBS (INTEGRALMENTE) E, PARCIALMENTE, AS REGIÕES DE SOROCABA, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, REGISTRO, CAMPINAS
ÁREA TOTAL DE VEGETAÇÃO	614.288 HECTARES
TIPOS PRINCIPAIS DE VEGETAÇÃO	FLORESTA ATLÂNTICA OMBRÓFILA DENSE E SEMIDECIDUAL, CONTATO SAVANA - FLORESTA OMBRÓFILA DENSE, CERRADO, CAMPOS NATURAIS, FLORESTAS DE ALTITUDE, RESTINGAS, MANGUEZAIS
SUPERFÍCIE DE RESERVATÓRIOS	64.517 HECTARES
BACIAS HIDROGRÁFICAS	INTEGRALMENTE: ALTO TIETÊ E BAIXADA SANTISTA; PARCIALMENTE: SOROCABA, MÉDIO TIETÊ E PIRACICABA.
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	OITO SISTEMAS DE ABASTECIMENTO SOMENTE NA REGIÃO METROPOLITANA, ALÉM DE OUTROS (INCLUINDO BAIXADA SANTISTA) QUE FORNECEM ÁGUA PARA MAIS DE 20 MILHÕES DE HABITANTES
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS DE PROTEÇÃO INTEGRAL	12 PARQUES ESTADUAIS, 1 RESERVA BIOLÓGICA, 1 RESERVA ESTADUAL E 1 ESTAÇÃO ECOLÓGICA (ÁREA TOTAL = 220.422 HECTARES)
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL / OUTRAS CATEGORIAS DE ÁREAS PROTEGIDAS	25 ÁREAS TOMBADAS, 10 ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (ÁREA TOTAL APROXIMADA = 50.000 HECTARES)
PIB DA REGIÃO	APROXIMADAMENTE 20% PIB EM RELAÇÃO AO PAÍS
ÁREA DE REFLORESTAMENTO COM ESPÉCIES EXÓTICAS	118.889 HECTARES

Atualmente, o fluxo populacional interno na RBCV é a maior ameaça que se reflete na expansão urbana em direção às zonas periféricas, ocasionando o desmatamento, a destruição dos mananciais e dos remanescentes de Mata Atlântica. Isto revela que está no controle do uso do solo o principal problema para a gestão ambiental na RMSP.

É neste cenário que a proteção da RBCV revela-se como uma necessidade estratégica. Existe uma estreita associação entre as florestas urbanas e as necessidades essenciais de vida e saúde de seus habitantes, com destaque para suas funções sociais e ambientais traduzidas em serviços e benefícios das florestas urbanas. Uma visão geral dos serviços ambientais da biosfera que contribuem para a sustentação da RMSP são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Serviços ambientais da RBCV (RODRIGUES et al, 2006, com base em ALCAMO, 2003).

SERVIÇOS DOS ECOSSISTEMAS		
SERVIÇOS DE PROVISÃO	SERVIÇOS DE REGULAÇÃO	SERVIÇOS CULTURAIS
PRODUTOS OBTIDOS DOS ECOSSISTEMAS	BENEFÍCIOS OBTIDOS PELA REGULAÇÃO DOS PROCESSOS ECOSSISTÊMICOS	BENEFÍCIOS NÃO-MATERIAIS OBTIDOS DOS ECOSSISTEMAS
<p>É ALIMENTO</p> <p>É ÁGUA</p> <p>É COMBUSTÍVEL</p> <p>É FIBRA</p> <p>É BIOQUÍMICOS</p> <p>É RECURSOS GENÉTICOS</p>	<p>É REGULAÇÃO CLIMÁTICA</p> <p>É CONTROLE DE DOENÇAS</p> <p>É REGULAÇÃO HÍDRICA</p> <p>É PURIFICAÇÃO DA ÁGUA</p> <p>É POLINIZAÇÃO</p>	<p>É ESPIRITUAL E RELIGIOSO</p> <p>É RECREAÇÃO E ECOTURISMO</p> <p>É ESTÉTICO</p> <p>É INSPIRAÇÃO</p> <p>É EDUCACIONAL</p> <p>É PERTENCIMENTO AO LUGAR</p> <p>É HERANÇA CULTURAL</p>
SERVIÇOS DE SUPORTE		
SERVIÇOS NECESSÁRIOS PARA A PRODUÇÃO DE TODOS OS OUTROS SERVIÇOS DO ECOSSISTEMA		
É FORMAÇÃO DO SOLO	É CICLAGEM DE NUTRIENTES	É PRODUÇÃO PRIMÁRIA

A criação de unidades de conservação federais, estaduais e municipais na região, manifestam a preocupação em implementar políticas públicas voltadas ao planejamento territorial para a conservação da RBCV, como é o exemplo da APA do Cabuçu-Tanque Grande.

A APA do Cabuçu-Tanque Grande fica localizada na região norte-noroeste do município de Guarulhos, vizinha ao Parque Estadual da Cantareira (PEC) que corresponde a uma das zonas nucleares da RBCV. A APA do Cabuçu-Tanque Grande possui a função de proteção como zona tampão ao localiza-se na Zona de Amortecimento do PEC como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3. Imagem onde observam-se os limites **a** do PEC, **b** da zona de amortecimento, **c** da APA do Cabuçu-Tanque Grande e **d** do município de Guarulhos (elaborado com imagem LANDSAT do ano 2006 e informações do Plano de Manejo PEC/PEAL 2009 em elaboração pelo Instituto Florestal/SMA).

Os serviços ambientais promovidos pela APA do Cabuçu-Tanque Grande em conjunto com as áreas verdes que integram a RBCV, têm forte significado para manutenção do bem estar e da qualidade de vida das populações das cidades que integram a RMSP. Neste cenário, a criação desta APA vem ajudar a compor o mosaico de proteção do corredor ecológico Cantareira-Mantiqueira.

A criação da APA Cabuçu-Tanque Grande vem significar para Guarulhos muitas possibilidades: preservação da biodiversidade; proteção aos mananciais de águas existentes; preservação do patrimônio histórico; prevenção das inundações nas bacias do rio Cabuçu de Cima e rio Baquirivu Guaçu; controle do aumento das

uma casa de calor; certa autonomia municipal no gerenciamento de resíduos sólidos; e uma alternativa ao planejamento territorial de forma sustentável.

1.3 Objetivos

O tema desta pesquisa pressupõe a seguinte **hipótese de trabalho**:

Os vários tipos de planejamento ambiental se diferenciam pelas múltiplas finalidades possíveis de seu uso, sendo determinados pelas questões de ocupação do solo que se pretende resolver. Neste sentido, a elaboração do zoneamento ecológico-econômico da APA Cabuçu-Tanque Grande deve orientar-se pelas tendências sócio-econômicas expressas no uso do solo e sua relação com a paisagem (meio físico e floresta).

Pretende-se através das informações geradas neste estudo, comprovar que o processo de ocupação do solo em questão acompanha o relevo, neste encontrando um primeiro nível de organização espacial baseado na topografia, como uma característica intrínseca geral. A proposta de zoneamento ecológico-econômico ao final, considera a possibilidade de demonstrar a viabilidade de avançar-se nesta idéia de uma forma pragmática.

Os pressupostos resultantes da experiência acumulada sobre a região e que levam a esta formulação geral, partem das seguintes observações e deduções:

Cenário rural:

- A Mata Atlântica observada nas áreas remanescentes rurais no entorno do PEC, envolvidas na zona de amortecimento desta área núcleo da RBCV, localizam-se notadamente numa região de morros e montanhas e, foram aí mais preservados pelo obstáculo que o relevo impôs à expansão das atividades humanas;
- A ocupação do solo em áreas de morros e montanhas prevalece inicialmente nas estreitas planícies nos fundos de vale, ramificando-se em função da implantação de acessos que transpõem as vertentes buscando setores mais favoráveis. Esta lógica espacial demonstra na prática uma tendência de evitar as limitações que a topografia pode impor a determinadas formas de ocupação;

- As áreas de morros e montanhas são demasiadamente frágeis a degradação física do solo o que impede a regeneração da biota e consequentemente, a recomposição dos serviços ambientais da biosfera. Atividades extrativistas e de disposição de resíduos tem aproveitado espaços rurais livres, com implicações ambientais elevadas;
- A manutenção da floresta somente pode se dar com a preservação do solo natural que é elemento mais importante do biótopo. É preciso garantir a estabilidade do solo quanto aos processos induzidos pelo homem que causam a sua degradação.

Cenário urbano:

- A vocação metropolitana pela ocupação urbana vêm esgotando o estoque de terras com topografia mais favorável, dirigindo-se para os morros, num processo dominado pela especulação imobiliária e exclusão social;
- As áreas de morros apresentam muitas restrições ao parcelamento urbano do solo, especialmente ocupação de alta densidade. Para implantação exigem escavações e aterros vulneráveis a processos induzidos com graves consequências ambientais e econômicas;
- Áreas de risco geológico envolvem situações em comunidades carentes, que ocupam setores onde a topografia é tão desfavorável, que os terrenos tem pouco ou nenhum valor econômico;
- A ocupação urbana em área de morros representa conviver com elevados custos econômicos e ambientais. Uma possibilidade de uso urbano sustentável nestas condições, seria a ocupação de baixa densidade com dimensão e taxa de ocupação dos lotes adequadas a capacidade de suporte;
- Um sistema de áreas verdes pode proporcionar uma rede de conectividade, articulando as áreas de preservação permanente com a cobertura vegetal que deve ser estabelecida na implantação de projetos de uso do solo através de um índice ambiental adequado;
- A gestão sustentável do uso do solo é um dos maiores desafios para o planejamento das áreas rurais periféricas da metrópole paulistana, sujeitas a massiva pressão da expansão urbana.

Com isso, o **objetivo geral** deste trabalho é demonstrar a viabilidade da aplicação de estudos elaborados com base na análise integrada da paisagem, para o planejamento do uso do solo.

Os **objetivos específicos** são voltados ao planejamento da APA do Cabuçu-Tanque Grande. Estes são os seguintes:

- Realizar um diagnóstico geoambiental da área de estudo, ou seja, dos aspectos uso do solo, cobertura vegetal, restrições legais e meio físico;
- Identificar as principais pressões antrópicas e impactos ambientais ocasionados ao meio físico pelo uso do solo;
- Avaliar a estrutura superficial da paisagem, observando-se o relacionamento dos fatores condicionantes e problemas potenciais de uso através da cartografia geotécnica;
- Analisar os instrumentos legais de planejamento territorial do uso e ocupação do solo e, da preservação ambiental;
- Estabelecer critérios e diretrizes para o manejo da APA do Cabuçu-Tanque Grande;
- Propor um zoneamento ecológico-econômico para a APA do Cabuçu-Tanque Grande.

2 BASES TEÓRICAS

2.1 Fundamentos filosóficos da Geografia Física

A Geografia é uma ciência que busca a síntese dos conhecimentos sobre a Terra a partir da observação e compreensão dos diferentes componentes naturais e sócio-econômicos da paisagem, que é o seu objeto de estudo. Neste sentido, pode-se afirmar que corresponde a uma ciência essencialmente ambiental.

O conceito de paisagem pode ser compreendido como o que é observável pela visão humana com forte conotação espacial. Assim, a paisagem se manifesta através da constituição e dinâmica dos elementos que integram o contínuo do espaço, e que evoluem no tempo.

As variadas naturezas e escalas de observação da paisagem expressam a diversidade de fenômenos e a complexidade das relações entre os elementos que a compõe, de modo a implicar na multiplicação de disciplinas e métodos científicos aplicados aos estudos ambientais.

Durante a história da cultura ocidental, o raciocínio geográfico voltado para uma leitura da natureza (*physiké*) apresentou exemplos na antiguidade grega, nas idéias de Tales de Mileto (636-548 a.C.), Heródoto (484-425 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e Pitágoras (IV a.C.), como hipóteses sobre a formação de montanhas, mares e ilhas, através da observação de registros fósseis em rochas, da topografia do relevo, da ocorrência de depósitos fluviais e vulcânicos, entre outros (LEINZ & AMARAL, 1989).

Em tempos modernos, a concepção ocidental de natureza foi influenciada pela corrente filosófica científica denominada de *Positivismo*, quando os estudos científicos passaram admitir apenas os aspectos do real, mensuráveis e palpáveis, reduzindo a realidade ao mundo dos sentidos, circunscrevendo os trabalhos científicos ao domínio da aparência dos fenômenos. A *Geografia Tradicional* a partir deste princípio vem se pautando na observação da paisagem como ciência empírica (MORAES, 1990).

O enfoque positivista na geografia partiu das formulações de Kant (1724-1804) que vai colocá-la como uma ciência sintética e decritiva que busca uma visão de conjunto do planeta, manifestada numa postura empirista e naturalista. Esta

epistemologia geográfica vai influenciar a obra de Alexander Van Humboldt (1769-1859), especialmente com respeito ao nascimento da geografia científica de caráter naturalista (MOREIRA, 1981).

Na direção do naturalismo, as bases das geociências modernas vão ser encontradas nos estudos de James Hutton no final do século XVIII, especialmente no trabalho *Theory of the Earth* de 1788, reformulado por John Playfair (PLAYFAIR, 1802), significativo na visão de uma natureza em contínuo movimento, de um planeta em lenta e constante mudança.

Charles Lyell (1797-1875) através de seu livro *Principles of Geology* (LYELL, 1830), rompe definitivamente com a visão teológica e catastrofista na interpretação da paisagem, estabelecendo o *Princípio do Uniformitarismo* baseado nos trabalhos de Hutton, fato que influenciou os estudos de Charles Darwin (1809-1882), em especial a considerar que *o presente seria a chave do passado*. Hoje este princípio de causas naturais é tratado através do conceito de *Atualismo* (FAIRCHILD *et al.*, 2000).

Portanto, a Geografia como linha epistemológica das ciências naturais concentra nos aspectos concretos da realidade geográfica, a paisagem como objeto de estudo (TRICART, 1978), herdando uma origem empírica naturalista e um modo qualitativo e sistêmico de observação e compreensão do ambiente.

Durante os séculos XIX e XX, ocorre o avanço vertiginoso da ciência empírica assentada na idéia de *ciência natural*. Por outro lado, surge o *Materialismo Histórico* com Marx (1818-1883) que considera um processo de produção da natureza, onde a natureza e o homem se integram e interagem, como oposição ao positivismo que pressupõe que a natureza existe nela e por ela mesma, externa às atividades humanas. A natureza como totalmente externa à atividade humana, não parte da consideração que o homem se apropria e transforma a *primeira natureza*, criando uma *segunda natureza* (CASSETI, 1991).

Nesta direção, Polynov (1877-1952) sustenta a idéia que se deve considerar a paisagem não apenas como o efeito da interação de processos naturais, mas também como o sistema realizando o trabalho desta interação. A partir desta proposição segue a conclusão metodológica considerando a necessidade de aplicar o método histórico no estudo da paisagem (GLAZOVSKAYA, 1982).

Sob o enfoque do materialismo histórico, o conceito de espaço seria mais amplo que o de paisagem. O espaço (sistema de valores) corresponderia ao objeto

de estudo da geografia, em detrimento da noção de paisagem (sistema material). O conceito de espaço vai além das abordagem biofísica, exprimindo as heranças que representam as sucessivas relações entre homem e natureza (SANTOS, 1996).

2.2 Geomorfologia e paisagem

O relevo terrestre tem forte expressão no meio ambiente como recurso ou suporte da vida, caracterizado por um inerente potencial natural. Todas as formas de vida e as sociedades humanas, se estabelecem sobre a superfície da Terra, seja diretamente, seja nos corpos d'água que se sobrepõem. Sua natureza revela interrelações com todos os outros elementos do ambiente, sendo geralmente o relevo o elemento que mais sobressai na paisagem.

A abordagem geomorfológica como conceito e método de estudo da paisagem, possui um referencial sistêmico ao avaliar as relações que organizam espacialmente um todo complexo, fluxos e equilíbrios reinantes, permitindo produzir prognósticos ambientais fundamentais ao planejamento territorial.

A *Geomorfologia* é a ciência que estuda as formas da Terra no sentido etimológico do termo, correspondendo a descrição e explicação do relevo terrestre. Na verdade o estudo das formas de relevo surge como disciplina científica após 1860, quando torna-se parte de ambas, geologia e geografia física, sendo mais tarde também conhecida como fisiografia ou geomorfologia (CHROLEY; DUNN; BECKINSALE, 1964).

A percepção sobre a existência de um fenômeno de desgaste natural das terras elevadas resultou no consenso que a erosão ou denudação é o processo reinante na formação do relevo ou *morfogênese*. A observação do trabalho exercido pelos rios na esculturação da paisagem, estão na origem da corrente de pensamento denominada de erosionismo representada no *Renascimento* por Da Vinci (1452-1519) e Palissy (1510-1590).

O estabelecimento de leis da morfologia fluvial, como a *Lei das Declividades*, a *Lei dos Divisores* e a *Lei da Estrutura* (GILBERT, 1880), culminou no nascimento da teoria do *Ciclo Geográfico do Relevo* ou *Ciclo de Erosão Normal* com Davis (1850-1934). A evolução teórica do relevo terrestre é explicada através do modelo de *peneplanação*, ocorrendo a partir de soerguimentos continentais em relação ao nível de base oceânico.

A *Geomorfologia Estrutural* resultante das concepções de Davis, procurava relacionar as formas topográficas com a estrutura geológica e os estágios do ciclo evolutivo do relevo, evidenciados na observação do perfil dos rios e das vertentes, encadeados em estágios de *juventude*, *maturidade* e *senilidade*, expressando taxas

de denudação gradualmente menores ocorrendo em períodos cada vez maiores de tempo (DAVIS, 1909).

A observação de amplas superfícies aplanadas sobre rochas de variadas origens, formadas sobre os continentes em diferentes regiões do planeta, é fato que parece indicar ciclos de aplanamento globais (KING, 1983).

King (1953; 1956; 1962), propôs o modelo da *pediplanação* que considera a possibilidade de ocorrerem diferentes níveis de base e a formação de amplas superfícies cobertas por pedimentos produzidos na regressão paralela das encostas (*backwearing*) por rastejo e erosão do regolito, que gradualmente formam as *pediplanícies* ou *pediplanos*.

Embora a contribuição de Davis para a compreensão da paisagem, represente a tentativa de explicação da gênese do relevo terrestre através de uma teoria geral, ela não possuiu aplicação diante da complexidade dos fenômenos verificados na natureza. As diferenças entre o relevo desenvolvido num determinado clima, daquele em outro, precisam ser explicadas por ciclos *geomórficos* distintos (LOBECK, 1939). Por outro lado, as massas terrestres iniciais podem ser relativamente planas quando se elevam do fundo do mar em movimentos *epirogenéticos*, ou montanhosas quando as rochas são dobradas e quebradas durante a *orogênese* (STRAHLER, 1960).

Diferentemente da visão de Davis, os atuais princípios que vigoram na geomorfologia apresentam uma concepção integradora dos elementos que compõem a superfície terrestre. Admite-se que as atuais formas do relevo decorrem de processos *endógenos* e *exógenos*, numa relação dinâmica entre forças opostas em contínua evolução (PENCK, 1953).

O maior reconhecimento da importância dos processos exógenos denudacionais na elaboração do relevo, resultou em novas concepções teóricas de uma *Geomorfologia Climática* que parte da descrição dos tipos de relevo associados às regiões climáticas, governadas por determinados mecanismos de formação do relevo. Os agentes de denudação estáticos (temperatura do solo, água subterrânea, solubilização, intemperismo físico, decomposição e transformação química, a cobertura vegetal e a biosfera animal, o desenvolvimento do solo) e móveis (erosão areal, aplanamento, erosão linear, transporte e deposição), variam em intensidade e são comandados inteiramente pela influência climática (BUDEL, 1982).

A divisão geográfica através de zonas climáticas naturais, feita de acordo com a quantidade de calor solar recebido de diferentes latitudes, foi inicialmente observada por Dokuchayev (1948) na formulação da lei da zonalidade geográfica (GRIGORYEV, 1982).

Padrões entre relevo e clima devem repetir-se quando o gradiente dado pelo nível de base da erosão e pelo escoamento fluvial são os mesmos, ou seja, sob as mesmas condições endógenas (*petrovariância e epirovariância*). Assim, o clima vai definir as condições dos processos denudacionais com base no intemperismo das rochas e formação de solos, na cobertura vegetal e fauna, e na dinâmica meteorológica na forma de regiões morfoclimáticas (BIROT, 1968).

Estudos em regiões tropicais contribuíram para uma compreensão mais ampla da morfogênese, revelando íntima relação com a pedogênese nestas condições (THOMAS, 1974; 1994). A *Etchplanação* (aplanamento por corrosão) é um modelo de evolução no qual o relevo se desenvolve através de processos biogeoquímicos intensos e profundos que ocorrem nas regiões tropicais em condição de tectônica estável (WAYLAND, 1933).

A *Geomorfologia Pedológica* é uma linha de estudos defendida por autores que consideram a erosão química proporcional a intensidade dos processos de formação do solo (TRICART; CAILLEUX, 1972). A evolução normal dos solos seria total quando a erosão mecânica fosse restrita, ocorrendo assim solos com horizontes bem definidos que demonstram ser a erosão mecânica mais baixa que os processos de formação dos solos. Portanto, modelos desenvolvidos para explicar e prever a evolução das vertentes precisam incluir os solos como um fator principal (GERRARD, 1992).

O estabelecimento mais objetivo e sistêmico das relações climatogenéticas do relevo (BUDELL, 1957; 1965), passam a ser a base dos estudos de ordenação ambiental do espaço. Um aspecto marcante que surge é o estabelecimento do conceito de *Fisiologia da Paisagem* que foi fundamentado na biologia. A idéia de paisagem como um organismo com funções vitais e com elementos que interagem, incluem a ecologia no domínio da geografia (MORAES, 1983). A combinação dinâmica dos elementos físicos e humanos conferem ao território uma fisionomia própria (TROLL, 1950).

A *Teoria Geral dos Sistemas* elaborada por Bertalanffy (1950, 1968), representou uma base analítica e prática para as ciências naturais. A exemplo do

conceito de *Ecossistema* proposto por Tansley (1935) para a ecologia, na geografia surge o conceito de *Geossistema*, influenciando o pensamento integrado e sistêmico, valorizando a visão de relacionamento, contexto, dinâmica e espaço (BERTRAND, 1972; SOT CHAVA, 1977).

O conceito de *Ecologia da Paisagem* ou *Geoecologia* nos estudos biogeográficos de dinâmica das paisagens, consideram o funcionamento dos ecossistemas sobre o espaço, com todos os fluxos encontrados e a localização dos estoques dos elementos estudados (TRICART, 1978).

A paisagem tida como resultado das relações entre o *potencial ecológico*, a *exploração biológica* e a *ação humana* (BERTRAND, 1972), é classificada em função da sua evolução conforme a teoria da Bio-resistasia (ERHART, 1956). Neste sentido, um balanço morfogenético se estabeleceria na contraposição em períodos de predomínio da erosão (climas secos), ou de predomínio da formação dos solos cobertos com vegetação (climas úmidos).

Os estudos integrados da paisagem com base na análise geomorfológica podem ser divididos em três níveis (ABqSABER, 1969):

- a) Compartimentação topográfica: entendimento da compartimentação da topografia regional, caracterização e descrição das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados;
- b) Estrutura superficial: obtenção de informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens, referentes a todos os compartimentos e formas de relevo observadas;
- c) Fisiologia da paisagem: entender os processos morfoclimáticos e pedogenéticos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura compreender globalmente a fisiologia da paisagem

A perspectiva de cunho teórico e metodológico apresentada por AbqSaber (op cit), é um exemplo de aplicação de uma concepção sistêmica orientada ao estudo da paisagem, abrangendo todos os processos dinamizadores indicando a ação antrópica.

O estudo da fisiologia da paisagem se caracteriza como de maior aplicabilidade e interesse geográfico, na medida em que busca compreender as relações funcionais

dos processos morfodinâmicos, onde a apropriação do relevo como suporte ou recursos antropogênico, responde por impactos diretos e indiretos (CASSETI, 1991).

2.3 Dinâmica superficial das vertentes

O uso do solo para fins urbanos e ambientais exige o reconhecimento da dinâmica superficial das vertentes, visando a verificação de processos e possíveis implicações. O planejamento do uso do solo depende do equacionamento adequado dos recursos potenciais e fragilidades relacionadas ao ambiente natural. Neste sentido, o relevo e os processos geomorfológicos que atuam na sua formação, são fatores centrais desta análise, considerando as escalas necessárias para o planejamento territorial.

Os processos de dinâmica superficial são definidos por eventos físicos e químicos que envolvem a aplicação de forças sob certos gradientes (EMBLETON; THORNES, 1979). Essas ações são provocadas por agentes naturais (chuva, vento, ondas, rios, gelo, etc.), sendo relacionados a forças atuantes na superfície da Terra, com destaque para a gravidade, as marés, a radiação solar e o calor interno. Os processos atuam com taxas variáveis e as forças podem ser aplicadas rapidamente ou muito devagar. Sua magnitude pode ser grande ou muito pequena, as solicitações podem ser estáticas ou dinâmicas (INFANTI JR; FORNASARI FILHO, 1998).

Considerando que o estudo do relevo passa pela compreensão de uma paisagem de origem complexa submetida a processos permanentes, neste caso envolvendo causas externas como a interferência destacada do homem sobre o solo, os métodos de análise da dinâmica superficial partem de modelos fenomenológicos que envolvem os principais fatores sob o ponto de vista geotécnico.

A dinâmica da paisagem na concepção de um sistema ambiental é análoga ao conceito teórico definido como *Estrato Geográfico da Terra* por Gregoriev (1968 apud ROSS, 1991), que sintetiza os fluxos de energia e matéria entre os componentes da natureza e sociedade, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4. Fluxo da relação sociedade/natureza no Estrato Geográfico da Terra (ROSS, 1990).

Toda ação humana na superfície da Terra estará sujeita a ação destes fluxos na interação entre os agentes ambientais. Assim, a abordagem sistêmica é fundamental para a compreensão das leis que regem o funcionamento da paisagem e a reação diante das ações humanas impostas ao meio natural.

As alterações dos componentes naturais provocadas pela ação antrópica afetam a funcionalidade do sistema, comprometendo o ambiente natural e a própria sociedade humana. Por isso, é importante que as inserções humanas sejam compatíveis com a potencialidade dos recursos naturais e com a fragilidade dos ecossistemas (ROSS et al, 1995).

O atendimento das necessidades humanas transformou o homem no mais poderoso agente geológico-geomorfológico hoje atuante na superfície do planeta, e portanto sua ação deve incorporar as leis que regem as características dos materiais e dos processos naturais afetados (SANTOS, 2002). Os fundamentos conceituais da *Geologia de Engenharia* apresentados no Quadro 4, podem ser considerados no método de análise do meio físico para uso do solo.

Quadro 4. Fundamentos conceituais da Geologia de Engenharia (SANTOS, 1994).

CONCEITOS	FUNDAMENTOS
NATUREZA EM CONTÍNUO MOVIMENTO	TODA A NATUREZA GEOLÓGICA ESTÁ SUBMETIDA A PROCESSOS E TODA INTERVENÇÃO HUMANA INTERAGE COM A DINÂMICA DESSES PROCESSOS
SENTIDO DO EQUILÍBRIO	TODOS OS MOVIMENTOS INERENTES AOS PROCESSOS NATURAIS OU INDUZIDOS EXPLICAM-SE PELA BUSCA DE POSIÇÕES DE MAIOR EQUILÍBRIO
IMANÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	MATERIAIS COM CARACTERÍSTICAS INTRÍNSECAS DIFERENTES RESPONDERÃO DIFERENCIADAMENTE A SOLICITAÇÕES SEMELHANTES

A compreensão do meio físico tem um enfoque muito objetivo na aplicação prática, especialmente quando relacionada ao aproveitamento sócio-econômico de recursos naturais, e ao equilíbrio das relações entre atividades humanas e meio físico, envolvendo tecnologia com impactos ambientais (OLIVEIRA; BITAR; FORNASARI FILHO, 1995).

Na perspectiva da paisagem como um sistema, o relevo pode ser desmembrado em outros sistemas subsequentes, como no caso dos subsistemas vertentes e canal fluvial, todos com dinâmicas específicas porém encadeadas que podem ser explicadas na forma de um sistema aberto.

Para análise de sua dinâmica, a vertente pode ser modelada através dos elementos naturais que a estruturam ou influenciam seu comportamento, sendo o sistema morfológico o modelo mais simples para representá-la baseado nas propriedades físicas dos fenômenos. Os elementos essenciais que são reconhecidos no sistema vertente são:

1. substrato geológico (rochas e sedimentos, composição e estrutura);
2. cobertura pedológica (manto de alteração e solos);
3. depósitos superficiais (colúvios, aluviões e depósitos tecnogênicos);
4. superfície topográfica (formas côncavas, planas ou convexas, amplitudes e declividades);
5. cobertura biológica (fisionomias e ecologia dos biomas);
6. uso e ocupação sócio-econômica (alteração da cobertura e das formas topográficas, cortes e aterros);
7. atmosfera (pluviosidade, temperatura, insolação).

O perfil das vertentes em equilíbrio dinâmico é reflexo de uma estabilidade estacionária dos processos de dinâmica superficial. Considerando que os fatores que agem no seu funcionamento podem variar com o tempo, o sistema ao sofrer uma alteração pode ser levado para uma situação transitória, retornando a situação inicial na medida em que os fatores novamente se ajustam.

Nas vertentes, tal qual nos sistemas ambientais em equilíbrio dinâmico, existem limiares a partir dos quais o sistema passa a adquirir outra dinâmica, não retornando mais ao equilíbrio observado na situação original. Este aspecto é importante considerando a ação do homem sobre o meio, quando se faz necessário conhecer a capacidade de suporte do ambiente que reflete na recuperação da qualidade dos seus processos. Este conceito está expresso na Figura 5.

Figura 5. Reação de um sistema ambiental perante um esforço ou tensão que lhe é imposto: (a) com eliminação do esforço antes do nível do limiar há condições para a sua recuperação e restauração; (b) com continuação do esforço, até que o sistema ultrapasse o nível do limiar, não há mais condição para se voltar ao estado original. Quando há eliminação do esforço, a estabilização ocorre em um novo nível de equilíbrio (DREW, 1983).

A análise do meio físico aplicada ao planejamento territorial, tem na estabilidade das vertentes um dos objetos centrais de sua avaliação. Pode-se considerar que há uma tendência na natureza ao aplanamento do relevo, na vertentes os solos tendem a descer para o nível de base, e portanto, teoricamente seriam baixos os coeficientes de segurança dos taludes naturais (MASSAD, 2003).

Os solos argilosos associados a cobertura vegetal florestal tropical, impõem condições de infiltração que predominam em relação ao escoamento superficial da águas das chuvas, determinando nas encostas mais íngrimes o predomínio de processos de movimento de massa sobre os processos erosivos, com destaque para o rastejo do solo (*soil creep*) e os escorregamentos de solos (*landslide*) como os processos dominantes de transporte de matéria no sistema vertente em áreas naturais tropicais úmidas.

O rastejo do solo caracteriza-se pelo deslocamento variável e lento pela encosta abaixo do manto do solo residual por sobre a rocha alterada. O rastejo é função da deformação contínua das argilas em estado úmido sob ação de estresse gravitacional, sendo um fenômeno que acompanha o colapso lento e gradual da superfície do solo pela erosão química causada pela pedogênese, formando sinais de cisalhamento na superfície dos solos conhecidos como terracetes.

Os escorregamentos caracterizam-se por movimentos gravitacionais rápidos, envolvendo volumes locais de solo e/ou rocha, podem ser circulares e profundos, mais frequentemente são planos e rasos acompanhando o contato solo/rocha alterada em áreas de declividade elevada, formam cicatrizes em muitos casos relacionadas a formação de cabeceiras de drenagem. Uma classificação de processos de movimentação de massa é apresentada na Figura 7 com base no grau de umidade e velocidade do processo.

Figura 7. Classificação de processos de movimento de massa segundo Carson & Kirkby (1972 apud CLARK; SMALL, 1982).

Nas condições tropicais os processos erosivos se manifestam com mais intensidade associados aos fatores antrópicos como práticas de manejo inadequado do solo, desmatamento, movimentação de terra, urbanização, nas diferentes formas de ocorrência (laminar e linear).

O conhecimento da atuação de todos estes processos são importantes no estudo dos condicionantes da estabilidade de taludes naturais e artificiais que podem sofrer influência da atividade humana (GUIDICINI; NIEBLE, 1983; AUGU STO FILHO; VIRGILI, 1998).

Entre os fatores principais deflagradores da erosão e movimentos de massa tem-se a pluviosidade; a declividade e forma das encostas; as características geológicas e pedológicas; e o grau e tipo de interferências humanas (CUNHA, 1991).

2.3.1 Pluviosidade

A pluviosidade é um fator extremamente ativo no desenvolvimento do relevo. A umidade é responsável pela decomposição química das rochas e formação das coberturas pedológicas e biológicas. As chuvas e a relação entre escoamento e infiltração, são os agentes mais importantes na deflagração de processos erosivos e de movimentos de massa.

A zona tropical apresenta uma sazonalidade climática peculiar na qual o período chuvoso ocorre com 4 à 9 meses de duração e no restante a chuva pode continuar de forma fraca por 4 à 6 meses (BUDELL, 1982).

O índice que expressa a capacidade da chuva provocar erosão é conhecido como erosividade, sendo estimado através de vários métodos que consideram o regime das precipitações e características como sazonalidade, intensidade e magnitude. A energia cinética tratada como o número total de gotas em chuvas de determinada intensidade é frequentemente considerada como o parâmetro mais importante para a determinação da erosividade (MOREIRA; PIRES NETO, 1998).

A análise da correlação entre chuvas e escorregamentos é uma forma estudada para a previsão da ocorrência de eventos críticos. Um método elaborado para a Serra do Mar por Tatizana et al (1987), estabeleceu um cálculo funcional que

define um coeficiente de precipitação crítica a partir do qual é elevada a probabilidade de movimentos de massa. Entretanto, observa-se na prática que a aplicação deste método para processos induzidos em áreas urbanas localizadas em morros, muitas vezes encontra restrição pelas formas de alteração dos terrenos, podendo ocorrer escorregamentos de aterros com pancadas de chuvas rápidas ou sob influência de outros agentes externos.

2.3.2 Declividade e forma das encostas

A ação das forças gravitacionais controladas pela declividade das vertentes se correlacionam diretamente com os processos geomórficos, variando a intensidade e favorecendo o predomínio de erosão e/ou movimentos de massa (CLARK; SMALL, 1982). A Tabela 1 apresenta um exemplo de classificação do relevo com base na inclinação das vertentes.

Tabela 1. Classificação do relevo com relação ao ângulo de declividade e gradiente (DEMECK, 1972).

ÂNGULO (°)	GRADIENTE (%)	CLASSIFICAÇÃO
< 2	< 3,49	Plano
2 a 5	3,49 a 8,75	Brando
5 a 10	8,75 a 17,6	Moderado
10 a 18	17,6 a 30	Pouco íngreme
18 a 30	30 a 57,7	Íngreme
30 a 45	57,7 a 100	Muito íngreme
> 45	> 100	Penhasco

A influência do relevo na intensidade erosiva verifica-se, principalmente pela declividade e comprimento da vertente, que interferem diretamente na velocidade do escoamento superficial das águas pluviais. Terrenos com maior declividade e comprimento da vertente tem maior capacidade erosiva (INFANTI JR, FORNASARI FILHO, 1998).

O balanço entre a infiltração e o escoamento superficial nas vertentes pode ser facilmente alterado pela mudança tanto da cobertura quanto da topografia sobre os solos, influenciando a estabilidade de taludes naturais e artificiais (Figura 8).

Figura 8. Efeito da topografia no escoamento superficial, infiltração e estabilidade de vertentes (HUNT, 1990). Notar que o escoamento superficial e a infiltração é baixa na forma convexa (*nose form*) em (a), altamente concentrado em (b) e intermediário em (c).

A geometria das formas do relevo tem uma importante participação no controle do tipos e da dinâmica dos fluxos hídricos superficiais e sub-superficiais. A rugosidade gerada no relevo pela pedogênese pode definir o desenvolvimento inicial dos padrões de drenagem no escoamento superficial interfluvial.

A convexidade nas formas do relevo determina a formação de fluxos divergentes (dispersão radial) e assim uma tendência a menor retenção de água na superfície do terreno e, portanto, menores montantes disponíveis para a percolação e abastecimento do lençol freático.

Com a concavidade ocorre o oposto, maior tendência na convergência no escoamento e infiltração das águas. As possíveis combinações entre as formas retilíneas, convexas e côncavas formam nove tipos de unidades elementares de relevo (Figura 9) que refletem a complexidade dos fluxos (RUHE, 1975). Assim, as vertentes passam a adquirir feições onde irão se formar domínios hidrodinâmicos de dispersão, transição e concentração que funcionam como unidades sistêmicas sob o ponto de vista geoecológico (COLANGELO, 1996).

Figura 9. Modelo de nove unidades de vertente e processos pedogenéticos e geomórficos associados (DALRYMPLE et al, 1968 apud CLARK; SMALL, 1982).

2.3.3 Características geológicas e pedológicas

A influência litoestrutural no relevo é consequência de sua resistência diferencial perante os processos de alteração e erosão, decorrente da composição mineralógica e da alterabilidade dos minerais, a textura, o arranjo estrutural, os quais influenciam na porosidade e na coesão. A caracterização de maciços rochosos pode ser efetuada com base na litologia, na alteração, na coerência e na presença de descontinuidades, entre outras características.

A zona morfogenética tropical possui como característica particular o desenvolvimento do relevo associado a um espesso manto de meteorização resultado da decomposição química das rochas como decorrência da umidade excessiva. Isto condiciona a presença de um relevo formado por espessas coberturas de solo, geralmente constituído por argilas vermelhas ou latossolos. (BUDELL, 1982). Esta característica é fundamental para a compreensão sobre o

funcionamento dos mecanismos da morfogênese, pois nestes solos é que ocorrem os processos denudacionais que seriam responsáveis pela criação de amplas superfícies reconhecidas nos trópicos.

Os solos em regiões tropicais tendem a apresentar espessuras superiores a 3 metros, mais frequentemente chegam a cerca de 6 metros e as vezes podem alcançar cerca de 30 metros. Ao longo da superfície basal de intemperismo (OLLIER, 1960; MABBUTT, 1961), forma-se uma frente de intemperismo e um manto de alteração de rocha (*decomposition sphere*) onde a decomposição química trabalha incessantemente para baixo, enquanto na estação chuvosa o material finamente trabalhado é de forma correspondente removido a partir de cima da superfície do solo pela ação efetiva do escoamento superficial (*sheet wash*). Este processo morfodinâmico foi denominado de mecanismo de superfície de dupla planação (*doppelten Einebnungsflächen*), ele seria sozinho responsável pela formação de paisagens corrosivas ou *etchplains* (BUDEL, 1957, 1965 *apud* BUDEL, 1982).

Figura 10. Perfil de intemperismo e graus de alteração de maciços rochosos como são adotados pela geologia de engenharia (GEOLOGICAL SOCIETY, 1990 *apud* THOMAS, 1994).

A profundidade do intemperismo nas zonas tropicais é frequentemente tido como o fator geomórfico mais significativo associado ao fenômeno da alteração, no entanto a natureza dos produtos do intemperismo químico é o guia mais preciso

dos efeitos do clima, e pode ser de importância na compreensão do comportamento dos regolitos para a subsequente superfície de denudação (THOMAS, 1974). Observar as características do regolito sob o ponto de vista geotécnico, é de maior importância na ocupação de encostas que apresentam declividades acentuadas (CUNHA et al, 1991).

Certas características físicas e químicas dos solos lateríticos e dos saprólitos nos trópicos são parâmetros geotécnicos fundamentais para o planejamento e execução de obras civis e em especial, nos planos que orientam o uso e a ocupação das terras. As propriedades geotécnicas mais importantes dos solos são o adensamento, a permeabilidade, a resistência ao cisalhamento, a erodibilidade, a colapsividade, a expansão/contração, a compactação e a capacidade de suporte (PASTORE; FONTES, 1998). Em termos agrônômicos, a capacidade de troca (CTC), o PH, a textura e a drenagem interna são propriedades do solo com grande importância no manejo agrícola, proteção e recuperação da cobertura vegetal.

Um aspecto que merece destaque é a característica na formação de agregados que define o comportamento laterítico que os solos tropicais residuais apresentam em comparação ao saprólito e aos solos não tropicais (NOGAMI; VILLIBOR, 1981; 1982). Esta propriedade comum aos solos tropicais, deve-se em especial pela presença da argila e de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, que permitem a coesão de partículas e níveis de adensamento que são bons para a prática de aterros e estabilidade de taludes. Por outro lado, o saprólito em rochas cristalinas é muitas vezes arenoso, siltoso e micáceo onde as condições de erodibilidade são elevadas em aterros mesmo quando são compactados. O índice de laterização foi definido para expressar a capacidade de compactação dos solos, sendo verificado que o saprólito apresenta valores similares aos dos solos não tropicais (IGNATIUS, 1991).

A integração entre os estudos pedológicos e geomorfológicos adquiriram um auxílio conceitual na formalização do conceito de *Catena* (MILNE, 1935). Estudos demonstraram que padrões de solos e elementos da paisagem frequentemente coincidiriam e que o conhecimento de um permitiria prever o outro. Esta coincidência de distribuição espacial pode ocorrer em algumas escalas na forma de unidades funcionais.

A catena considera o desenvolvimento dos elúvios (material alterado que permanece *in situ*) e dos colúvios como processos relacionados a evolução das

vertentes. Os colúvios são definidos como os materiais transportados em conjunto ao longo da vertente até o seu sopé, seja pelo escoamento pluvial superficial e, principalmente movimento de massa (*colúvio stricto sensu*). Neles também estão incluídos os depósitos de talus. Dentro de uma catena ideal, o colúvio seria encontrado recobrendo as seções médias e inferiores das vertentes, aumentando a sua espessura quando diminuem os declives, entrando então, em contato com o alúvio depositado pelo curso d'água no fundo do vale. Na seção superior da vertente passa a predominar o elúvio, salvo nos locais onde aflora a rocha (BIGARELLA, BECKER, SANTOS, 1994).

Figura 11. Diagrama de representação da interface entre o saprólito e os materiais superficiais ao longo de uma catena em regiões baixas e úmidas conhecidas como dambo no Malawi . África (McFARLANE & POLLARD, 1989, apud THOMAS, 1994).

O conceito de catena reflete claramente uma visão sedimentológica na morfogênese quando agrega os processos de intemperismo-destruição, transporte e deposição ao longo das vertentes nos perfis transversais dos vales. Como característica marcante dos depósitos superficiais tem-se o baixo selecionamento, a ausência de estratificação e a presença frequente de um horizonte de seixos (*stone-lines*) separando um colúvio do outro, sendo dificilmente diferenciáveis os solos originais dos colúvios.

O estudo das catenas tornou-se relevante em demonstrar que os solos não podem ser analisados de forma isolada dos sistemas geomorfológicos dos quais eles são parte integrantes. Foram observadas boas relações estatísticas entre muitas propriedades dos solos e a posição e a forma da vertente. Há diferenças fundamentais entre a convexidade superior e a concavidade inferior, uma simples

distinção entre zonas erosionais e deposicionais, geralmente não são tão simples (GERRARD, 1992).

2.3.4 Interferências humanas

Os tipos de uso e ocupação do meio físico pelo homem são variados, e portanto, o mesmo ocorre com relação ao grau e as formas de alteração causadas por eles. Podemos encontrar num extremo, desde formas de manejo florestal com baixa interferência a circulação da água e ciclagem mineral, passando pelas práticas agrícolas com significativos impactos ao meio, até as cidades e as grandes obras de engenharia que são as formas mais extremas de intervenção sobre o solo e as águas. As alterações efetuadas através da técnica, transformando o meio físico para adequá-lo para uso humano, é definida como processos tecnológicos, que podem se dar para diversos fins (FORNASARI FILHO, 1992).

O manejo agrícola de culturas sazonais promove inicialmente a remoção da cobertura vegetal permanente, envolve a mobilização constante das camadas superiores do solo, o tráfego de máquinas e compactação, entre outras alterações as condições naturais.

A ocupação urbana que promove o parcelamento do solo, envolve intervenções intensas como movimentação de solo e rocha, obras de drenagem, proteção superficial, contenção de taludes, pavimentação e construções de edificações. O fato urbano induz ainda, a implantação de indústrias e uma série de equipamentos de impacto necessários para o seu funcionamento, como as estradas, os aeroportos, as barragens, os aterros sanitários, estações de tratamento de águas e esgoto, entre outros, que contribuem para o cenário das intervenções sobre o solo.

As alterações que a formação e o crescimento das cidades causam ao solo e a biosfera são extremas. O solo é o principal componente do biótopo, responsável pela ciclagem de minerais entre a litosfera e a biosfera, representa um meio de intensa atividade bacteriológica que vitaliza condições para o desenvolvimento da flora e dos ecossistemas. O relevo por sua vez expressa processos ligados à sua forma que podem definir fisionomias específicas da cobertura vegetal natural, dos corpos d'água, influenciar nos efeitos climáticos. Assim, a expansão das cidades

baseada na profunda transformação da cobertura e geometria do solo e do relevo, produz duas alterações principais do ponto de vista ambiental e geotécnico:

- Mudanças na dinâmica da pedogênese e na relação entre os solos e os organismos, com a construção de aterros, áreas de corte, superfícies impermeabilizadas, formação de depósitos tecnogênicos e antropossolos, etc., que irão afetar diretamente a capacidade de manutenção e regeneração da cobertura vegetal nativa;
- Mudanças no sistema infiltração/escoamento superficial (*infiltration/run-off*), especialmente na alteração da cobertura e geometria do relevo, causando a intensificação e a deflagração de uma gama de processos da dinâmica superficial como erosão, assoreamento, movimento de massa e inundações, danosos à biosfera e as populações humanas.

2.4 Cartografia geotécnica

A cartografia geotécnica é considerada uma metodologia voltada a avaliação da dinâmica do meio físico (processos naturais) modificada por obras de engenharia e pelo uso do solo (processos induzidos). Na prática, representa a aplicação do conhecimento geocientífico no enfrentamento de problemas resultantes do desempenho da ação humana na paisagem, considerando o meio físico com o objetivo de avaliar limitações e potenciais.

Esta metodologia envolve tanto o estudo e entendimento do homem, enquanto agente da dinâmica do meio que está inserido, como o modo de utilizá-la, sendo então o homem ao mesmo tempo o sujeito e parte do objeto da pesquisa.

Uma definição geral apresentada pela IAEG (1976) refere-se ao mapa geotécnico como um tipo de mapa geológico que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, que têm significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente.

Assim, os mapas geotécnicos sempre são voltados para finalidades específicas e usuários variados. Podem ser utilizados em diferentes etapas do processo de implantação de usos e formas de ocupação, desde a etapa de inventário, viabilidade, projeto, avaliação ambiental, monitoramento e gestão ambiental.

O objetivo da cartografia geotécnica é, portanto, tratar da relação homem / paisagem. Este fato demonstra uma vinculação direta com o objetivo a que se propõe, voltando-se para aplicações nas diferentes solicitações do homem na ocupação do ambiente, comprometido com uma intervenção ou solução.

A abordagem da cartografia geotécnica busca sempre um sentido para sua elaboração na sua aplicação, e assim esta cartografia extrapola a condição pura e simples de apresentação de dados geotécnicos, mas mostra tais dados elaborados de modo a permitir sua utilização em questões postas, relativas ao uso do solo (FREITAS, 2000).

A carta geotécnica é um instrumento de aplicação das ciências, portanto é uma ferramenta tecnológica, pois trata da aplicação da técnica dentro dos preceitos da ciência, visando obter um resultado desejado. A determinação do método adequado para sua elaboração depende da abordagem teórica da sua utilização. O método para a cartografia geotécnica passa a ter significado a partir do resultado

aplicado, observando a coerência teórica. Mudando-se os objetivos, pode-se então mudar o método de abordagem para elaboração da carta geotécnica (FREITAS, op cit).

O mapeamento geotécnico caracteriza-se por ser um campo de interfaces de certas áreas do conhecimento com a informação geotécnica. Para realização de uma carta geotécnica, são imprescindíveis conhecimentos também de diversas áreas das Geociências, das Ciências Humanas e da Engenharia. Conforme Prandini et al (1995), a carta geotécnica trata-se de um produto interdisciplinar que procura dar acesso a possibilidade de:

- a) rever o desempenho da interação entre ocupação e o meio físico, bem como os próprios conflitos entre as diversas formas de uso territorial;*
- b) orientar medidas preventivas e corretivas no sentido de minimizar deseconomias e riscos nos empreendimentos de uso do solo.*

As Cartas Geotécnicas devem considerar os impactos ambientais como parte integrante da análise do meio físico e um dos fatores de ponderação na avaliação de custos e benefícios de um determinado empreendimento. Assim, desde a avaliação dos problemas existentes até a formulação das orientações de uso, tal cartografia refletirá a plena contribuição na medida em que melhor traduza a interação entre as múltiplas solicitações/modificações e o meio físico afetado, suas potencialidades e limitações.

Os produtos da cartografia geotécnica podem apresentar diversas denominações, conforme o objetivo e alcance de seu conteúdo e, também, segundo a própria natureza dos terrenos em estudo e os desafios inerentes às formas propostas de ocupação. Conforme Bitar (1992), elas podem ser classificadas em:

- a) Cartas Geotécnicas Convencionais: mostram a distribuição geográfica das características dos terrenos, a partir de atributos do meio físico e de determinados parâmetros geológico-geotécnicos, muitas vezes sem considerar as interações existentes entre o meio físico e as diferentes formas de uso do solo;*
- b) Cartas Geotécnicas Dirigidas: expõem as limitações e potencialidades dos terrenos a partir da identificação de problemas de natureza geológico-geotécnica decorrentes do uso do solo, estabelecendo alternativas de solução destes,*

apontando as diretrizes para o adensamento e a expansão da ocupação ante uma ou mais formas de uso do solo;

c) Cartas de Suscetibilidade: indicam a potencialidade de ocorrência de processos geológicos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo, expressando a suscetibilidade segundo classes de probabilidade de ocorrência;

d) Cartas de Risco Geológico: quando prepondera a avaliação de dano potencial à ocupação, expresso segundo diferentes graus de risco, resultantes da conjugação da probabilidade de ocorrência de manifestações geológicas naturais ou induzidas e das conseqüências sociais e econômicas decorrentes.

O mapeamento geotécnico busca identificar atributos da paisagem pertinentes a uma finalidade específica. Estes atributos podem referirem-se a uma propriedade ou a relação entre propriedades que, associado a outros, permite a previsão de comportamentos. A gama de heterogeneidade e sua classificação deve levar em conta a escala de observação e apresentação cartográfica. Um modelo geológico de alta complexidade não implica obrigatoriamente num modelo geotécnico de alta complexidade. É importante realizar uma análise criteriosa dos atributos a serem mapeados, principalmente quanto a validade, ao limite de investigação e exatidão dos dados nos intervalos estipulados (ZUQUETE; GANDOLFI, 2004).

As unidades geotécnicas representam grupos de atributos que apresentam heterogeneidade mínima, tendo como função a transmissão de informações para serem usadas nas mais diversas situações. As informações em um mapa são resultantes de um tratamento que é desenvolvido por meio de um conjunto de operações básicas de generalização, seleção, adição e transformação (ZUQUETE; GANDOLFI, op cit).

Quanto à apresentação dos atributos Zuquette (1987), subdivide os mapas nos seguintes tipos básicos:

a) - Mapa das condições geotécnicas.

Estes mapas são mais utilizados por especialistas, onde os parâmetros são representados em termos de distribuição e valores. Estes tipos de mapas, em função do número de dados e da escala, representam melhor a distribuição espacial, as

propriedades e as relações das unidades rochosas, as águas, a geomorfologia, os processos geodinâmicos;

b) - Mapa de zoneamento.

Representa as relações funcionais e espaciais dos atributos básicos que definem unidades homogêneas da área. Tais relações são analisadas por meio de modelos tri-dimensionais. Para os usuários sem conhecimento do assunto, os mapas de zoneamento podem dar uma informação mais simplificada das condições geotécnicas, facilitando o uso e permitindo um melhor proveito.

Os mapas de zoneamento geotécnico podem ser realizados para uma finalidade geral em escalas médias ou pequenas ou para uma situação especial (cartas de aptidão). As cartas de aptidão segundo Sanejouand (1972) apud Zuquette (1987), são realizadas para uma ocupação específica ou para representar as condições de um único problema, tais como de fundações, de rejeitos sépticos, de estradas, de materiais de construção, de construções residenciais e industriais, etc.

Neste caso, as cartas devem ser apresentadas em linguagem que expressem aos usuários o entendimento necessário em termos qualitativos, e as recomendações técnicas a serem empregadas em cada unidade definida.

Segundo Varnes (1974), o mapa geotécnico deve facilitar a resolução dos problemas referentes à engenharia ou ao planejamento, assim, ao realizá-lo, o mapeador deverá ter em mente alguns conceitos, que são:

- a) - o mapa geotécnico deve facilitar a resolução dos problemas referentes à engenharia e/ou planejamento;*
- b) - as informações devem ser fornecidas de maneira que possam ser utilizadas por usuários não especializados;*
- c) - as informações devem ser obtidas e analisadas por um grupo de profissionais, se possível ou necessário, ou por um profissional com experiência nas áreas exigidas para atingir a finalidade do mapa;*
- d) - a geotecnia, principalmente o mapeamento geotécnico, está diretamente ligado a vida de um grande número de pessoas;*
- e) - o mapeamento geotécnico tem envolvimento com o governo (legislativo, executivo e judiciário) por este ser um dos seus usuários fundamentais;*

- f) - os usuários, às vezes, não conhecem os processos da metodologia científica;*
- g) - a existência de uma lacuna entre os geotécnicos e os administradores, que necessita ser superada.*

A cartografia geotécnica é uma das metodologias de análise do meio físico indicadas para o planejamento urbano, territorial e ambiental, desenvolvimento e conservação do meio ambiente (ZUQUETE; NAKAZAWA, 1998). A produção de cartas temáticas, gráficos e tabelas a partir da interpretação de dados numéricos estatísticos, observação de produtos de sensoriamento remoto e levantamento de campo, permite a elaboração de cartas geotécnicas como produtos analítico-sintéticos a serem aplicados como documentos básicos no processo de planejamento (ZUQUETE; GANDOLFI, 2004).

Uma resumo das metodologias brasileiras de mapeamento geotécnico é apresentado por Zuquette; Nakazawa (1998), com destaque para as metodologias IG-UFRJ (BARROSO et al, 1986); IPT (PRANDINI et al, 1995); EESC-USP (ZUQUETTE, 1993); UFRGS (DIAS, 1995) e IG-SP (PIRES NETO; YOSHINAGA, 1995).

As cartas geotécnicas com objetivo de planejamento do uso do solo, podem ser classificadas quanto ao conteúdo (mapas fundamentais, cartas derivadas e cartas interpretativas) e quanto à finalidade (cartas para usos múltiplos e cartas para usos específicos). A elaboração delas podem ser através de diversos métodos (ZUQUETE, op cit).

Os métodos empregados no presente trabalho envolvem a elaboração de cartas fundamentais (informações sobre os diversos componentes do meio físico e uso do solo) e cartas interpretativas (a partir dos atributos registrados nos mapas fundamentais).

Os procedimentos de cartografia geotécnica propostos no presente trabalho, visam um diagnóstico integrado do meio físico e a elaboração de uma documentação cartográfica básica, para possibilitar a previsão do comportamento em relação ao uso urbano, em especial quanto ao efeito de escavações e aterros de solo/rocha, tendo em vista que este é o processo tecnológico mais impactante e provável para a região. O esquema ilustrado na Figura 12, refere-se as linhas gerais procedidas neste trabalho.

Figura 12. Esquema das principais etapas e produtos da cartografia geotécnica desenvolvida no IPT (PRANDINI et al, 1995).

2.5 Planejamento ambiental - APAs

Planejamento em termos básicos, refere-se a uma técnica administrativa é um processo rigoroso de dar racionalidade às ações através de planos e de metas. *Gestão* é uma etapa interativa de execução do planejamento, quando se faz necessário a tomada de decisões (ALMEIDA et al, 1999). A ocorrência de fatos e consequências durante o processo de gestão, geram novos dados que realimentam a fase de planejamento e assim, podemos considerar o conjunto como um sistema deliberado (BERRY, 1975).

A visão fragmentada da paisagem que significa entender a natureza em partes de maneira particularizada e minuciosa, com componentes de um sistema complexo e diversificado, fizeram surgir vários tipos de planejamento setoriais, muitos deles conflituosos.

O conceito de *Planejamento Ambiental* surgiu da avaliação de impactos ambientais em projetos de grande escala, na maior parte obras públicas, cujos métodos basicamente eram o somatório das avaliações de custo e benefício, e decisões multicriteriais. A análise sistêmica das paisagens como base para o planejamento ambiental, visa o entendimento da organização espacial dos sistemas ambientais e a compreensão das funções ecológicas para o diagnóstico ambiental.

A abordagem geográfica é apresentada na forma dos *Planejamentos Regionais Integrados*, que adotam a ótica territorial na análise da interação entre o meio natural e as atividades humanas, onde a espacialização de um amplo conjunto de dados precisam ser comparados, sobrepostos e avaliados de maneira holística, revelando um caráter multidisciplinar (SANTOS, 2004).

Os planejamentos ambientais são organizados dentro de uma estrutura básica que envolve pesquisa, análise e síntese que se dão através da definição inicial dos objetivos, seguido pelas fases de diagnóstico, levantamento de alternativas e tomada de decisões. A utilização de indicadores sintéticos de avaliação ambiental tem representado um evolução na análise da situação ambiental em áreas urbanas de alta complexidade, como no caso do município de São Paulo (SEPE; GOMES, 2008).

O planejamento ambiental deve incluir conceitos ecológicos, econômicos e políticos, que visam a proteção da natureza e a melhoria da qualidade de vida das comunidades, mas também, promover o desenvolvimento sustentável no sentido

amplo. Em termos termodinâmicos, corresponde a limitar as atividades humanas que geram elevada entropia e estimular o inverso.

As práticas de planejamento ambiental encontram, no contexto global e nas diversas escalas em que se aplicam, dificuldades de se implantar em decorrência da visão reinante de desenvolvimento econômico e social (modo de produção e consumo). A supremacia do planejamento sob bases econômicas, não considera o capital natural no equacionamento das metas e na avaliação do desempenho, como pode ser expressado no indicador de produto interno bruto (PIB).

O conceito de *Planejamento Físico Territorial* figura como um instrumento de orientação para intervenções sobre o meio físico, tais como aquelas relacionadas a urbanização, agropecuária, extrativismo, exploração mineral e de águas superficiais e subterrâneas, conservação da estrutura biofísica e de áreas de processos naturais importantes para a manutenção da existência do homem (PIRES NETO, 1994).

O planejamento territorial é fundamental na administração pública para garantir o funcionamento das relações espaciais de produção, estimulando e disciplinando, o uso e a ocupação do solo, no interesse de manter os fluxos econômicos e as políticas públicas.

Neste enfoque, atualmente destaca-se a obrigatoriedade do planejamento municipal através dos planos diretores, do disciplinamento do parcelamento, do uso e da ocupação do solo, e do zoneamento ambiental por força do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001).

Tradicionalmente, o planejamento municipal parte de uma prática de desenvolvimento que é voltada a mútua intensão de favorecer a expansão das atividades urbanas e com isto aumentar a arrecadação tributária, bem como atender interesses da iniciativa privada de posse da terra.

O planejamento de bacias hidrográficas no estabelecimento de áreas de proteção aos mananciais, é um exemplo da adoção de medidas de controle do uso do solo na gestão territorial que envolvem vários municípios, como no caso da região metropolitana de São Paulo (SÃO PAULO, 1975).

Os espaços territorialmente protegidos são modelos de planejamento ambiental voltados à preservação e conservação do recursos naturais. As áreas protegidas no Brasil constituem um dos instrumentos recomendados pela Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981a), cujo objetivo fundamental é compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação da qualidade

do meio ambiente e do equilíbrio ecológico, buscando a sustentabilidade ambiental (CABRAL; SOUZA, 2002).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) foi concebido com objetivo de organizar o conjunto de áreas protegidas consideradas unidades de conservação no Brasil, estabelecendo categorias baseadas nos conceitos de proteção integral ou uso sustentável (BRASIL, 2000).

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) são instrumentos inovadores de planejamento ambiental. Como modalidade de unidade de conservação definida por lei federal (BRASIL, 1981b), tem o objetivo de assegurar o bem estar das populações humanas e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais, trazendo em si o manejo disciplinado por princípios conservacionistas, em áreas com certo grau de ocupação humana. As APAs foram regulamentadas através das Resoluções CONAMA 10/88 e 13/90, sendo posteriormente incluídas e aperfeiçoadas no SNUC.

A criação de uma APA pressupõe a identificação de atributos ou fatores ambientais (físicos, biológicos e antrópicos) que apresentam graus de fragilidade ou demandas por proteger. Considerando o conceito de desenvolvimento sustentável, as atividades humanas precisam ser exercidas com responsabilidade, no sentido de permitir a integridade e a manutenção da qualidade ambiental.

O uso sustentável nas APAs pressupõe a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos de forma socialmente justa e economicamente viável (BRASIL, 2000). Desta forma, as APAs são espaços que permitem o uso direto dos recursos naturais, considerando o desenvolvimento de determinada área aliado à conservação dos recursos ambientais existentes, em consonância com sua capacidade de suporte.

Quanto ao domínio, as APAs podem ser estabelecidas em áreas públicas ou privadas, sendo mais comum nestas últimas, onde se estabelecem um conjunto de normas específicas a serem estabelecidas pela legislação de criação das unidades, com imposição de limitações ao direito de propriedade respeitando os princípios constitucionais.

A administração das APAs é gerenciada por meio de Conselho Gestor que pode funcionar como um fórum de debate onde os conflitos devem ser equacionados. Neste sentido, ganha espaço o enfoque que considera o sistema de co-gestão, que negociam os interesses e os conflitos dos diferentes atores com o

propósito de se conciliarem os objetivos de conservação e de desenvolvimento (RODRIGUES et al, 2006).

Como unidade planejamento, a definição dos limites geográficos de uma APA está intimamente relacionada aos objetivos desta categoria de unidade de conservação que é o uso sustentável. A bacia hidrográfica é por muitos autores considerada a unidade de planejamento ideal em função da sua característica de sistema natural que se manifesta na quantidade e qualidade de suas águas, sendo estimulada a sua aplicação pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Entretanto, as APAs podem ultrapassar os limites de uma bacia hidrográfica, sendo muitas vezes de maior importância os limites políticos na medida em que os elementos componentes do meio ambiente são preserváveis pela entidade estatal competente para a regulamentação e administração, partindo do pressuposto de que a unidade administrativa municipal é responsável pelo ordenamento do uso do solo (CABRAL; SOUZA, 2002).

As APAs são unidades de uso sustentável concebidas no conceito de desenvolvimento com proteção ambiental, estreitamente relacionado com o ordenamento do crescimento regional. Diferentemente das outras unidades de conservação previstas no SNUC que são gerenciadas através de planos de manejo, o planejamento do uso do solo nas APAs, é efetuado através do *zoneamento ecológico-econômico* (ZEE) na forma de categorias de áreas definidas em função dos atributos ambientais, e tipos de manejo diferenciados em função da capacidade do meio.

O ZEE tem como objetivo o planejamento adequado do espaço territorial visando compatibilizar a convivência dos seres que o habitam com as atividades nele exercidas, por meio da identificação das suscetibilidades e restrições ambientais. Este pressupõe o conhecimento dos atributos naturais no sentido de caracterizá-los e diagnosticá-los, permitindo a planificação dos espaços e seus respectivos usos e ocupações. O ZEE direciona a localização de atividades econômicas considerando o potencial ambiental da região (FONTES, 1997).

ZEE pode ser efetuado de formas diferentes em função da linha metodológica aplicada. Tem a função de compartimentar o espaço em unidades de planejamento, e assim, corresponde a um modelo de organização espacial, onde as zonas

precisam considerar as potencialidades, vocações e fragilidades naturais, identificar os impactos, bem como expressar as relações sociais e econômicas do território.

3. MÉTODOS

3.1 Abordagem geral

A orientação quanto ao método na investigação científica possui uma estreita relação com os objetos da ciência praticada. A Geografia Física é uma ciência da natureza voltada a compreensão dos fenômenos relacionados a paisagem, encontrando nesta os elementos de sua análise.

O raciocínio adotado segue as etapas do procedimento hipotético-dedutivo. A partir de experiências perceptivas elabora-se uma imagem do mundo real na forma de um modelo a priori. Segue a formulação de hipóteses testadas através de procedimentos de verificação.

A paisagem foi considerada na perspectiva de um sistema morfológico (CHORLEY; KENNEDY, 1971). Esta redução fenomenológica teve como objetivo fundamental orientar o pensamento exclusivamente ao objeto de estudo, buscando afastar a subjetividade na construção do modelo.

A partir do modelo da realidade, a aplicação do método dedutivo se processou em três fases centrais:

- 1º a formulação do problema e da hipótese de trabalho;
- 2º o desenvolvimento da análise e verificação;
- 3º a formalização das conclusões.

O método adotado tem em vista a análise do comportamento do meio físico frente à ação humana. Modelos fenomenológicos formam uma síntese dos parâmetros e fatores que condicionam mecanismos previstos nos fenômenos considerados. A adoção de tais modelos é feita por hipóteses que, à medida que progride a investigação, são testadas até chegar a um diagnóstico aceitável (SANTOS, 1994).

Para a compreensão da dinâmica da paisagem, foram considerados os três níveis de tratamento essenciais na metodologia das pesquisas geomorfológicas, direcionados ao entendimento da compartimentação topografia regional; sua relação com a estrutura superficial e com os processos da dinâmica superficial (ABQ SABER, 1969).

Os levantamentos e a análise integrada de elementos da paisagem observaram os procedimentos metodológicos propostos por Ross et al (1995), aplicados ao planejamento e zoneamento ambiental.

Os fundamentos teóricos considerados assumem a natureza como um sistema em equilíbrio dinâmico, a manifestação das características físicas dos materiais (inaniência), e como estes aspectos se revelam na interação com a ação humana (SANTOS, 2002).

Na parte técnica, foi considerada a sequência de trabalhos para elaboração de cartas geotécnicas proposta por Prandini (1980) e Prandini et al (1995), sustentada por Nakazawa et al (1991; 1994), que parte da identificação dos problemas significativos presentes no território e daí para as suas condicionantes mapeáveis, procurando estabelecer uma fisiografia do desempenho que integre os processos do meio físico e as formas de uso do solo.

A investigação orientada ao mapeamento dos fatores condicionantes dos problemas geotécnicos foi efetuada através de técnicas cartográficas de representação qualitativa e quantitativa. As operações cartográficas foram realizadas num sistema de informação geográfica (SIG), num fluxo de trabalho resumido na Figura 13.

Figura 13. Fluxo genérico das operações cartográficas e demais análises espaciais que foram efetuadas no ambiente SIG.

O SIG estruturado tem como plataforma o *software* ArcGIS 9 da empresa ESRI. O banco de dados espaciais foi elaborado no formato *geodatabase* (mdb) por ser mais indicado para as operações de geoprocessamento.

As atividades específicas desenvolvidas na aplicação do método adotado são as seguintes:

- 1) Revisão bibliográfica sobre os temas relacionados à pesquisa para subsidiar o seu desenvolvimento;
- 2) Montagem do projeto e bases cartográficas em ambiente SIG, estruturação do banco de dados espaciais;
- 3) Levantamento de mapas temáticos do meio físico em diversas escalas para caracterizar a área de estudo;
- 4) Levantamento de bases topográficas digitais para construção de uma base cartográfica na escala 1:10.000 e de modelos de elevação do terreno;
- 5) Aquisição de fotos aéreas (1:10.000) e imagem do satélite QuickBird para mapeamento na escala 1:10000;
- 6) Interpretação de fotos aéreas na escala 1:10.000, para o mapeamento geológico, o reconhecimento do padrão do relevo;
- 7) Interpretação da imagem do satélite QuickBird para o mapeamento da cobertura vegetal, uso e ocupação do solo na escala 1:10.000;
- 8) Levantamento da legislação ambiental incidente quanto a preservação da vegetação e uso do solo;
- 9) Levantamento de campo e mapeamento geológico de detalhe na escala 1:10.000;
- 10) Reconhecimento de campo das características do solo e do relevo;
- 11) Reconhecimento de campo dos principais problemas geotécnicos;
- 12) Identificação dos fatores condicionantes dos problemas geotécnicos originados pelo uso e ocupação do solo;
- 13) Elaboração de mapas temáticos do meio físico, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo e representação da legislação de preservação na escala 1:10.000;
- 14) Caracterização da composição e dinâmica do meio físico;
- 15) Elaboração de mapas geotécnicos na escala 1:10.000;
- 16) Análise da distribuição espacial (hipsométrica) dos parâmetros do meio físico, da cobertura vegetal, uso e ocupação do solo e, das áreas de preservação permanente;
- 17) Elaboração da proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico, critérios e diretrizes para o uso do solo.

3.2 Procedimentos de trabalho

3.2.1 Trabalho de campo

Os trabalhos de campo envolveram o desenvolvimento de atividades em duas etapas:

Etapa preliminar (observação de problemas):

- 1) Reconhecimento geral da área (com imagem de satélite).
Observação das encostas, dos divisores de águas (perímetros) das microbacias; dos talwegues e fundos de vale (principais e secundários). Traçado das observações na imagem de satélite;
- 2) Levantamentos específicos (percorrendo ruas, estradas e caminhos).
Localização (com *GPS*) dos processos geotécnicos (erosão, escorregamentos, assoreamento, etc.); de problemas ambientais (lixo, entulho, esgoto e água servida, pocilga, ocupação de várzea (APP), taboa em corpo d'água, aterro em corpo d'água); e outros elementos como surgências ou nascentes. Determinação da declividades de vertentes mais inclinadas. Identificação de afloramentos de rocha e de exposições de solo adequadas para a análise;
- 3) Registro de informações conversando com moradores: Registro de histórias da ocupação e uso do solo. Registro de reivindicações de soluções ambientais. Registro de nomes de proprietários, líderes e outros moradores, com telefone;
- 4) Planejamento de roteiro para a etapa seguinte.

Etapa posterior (mapeamento dos fatores):

- 1) Revisão do reconhecimento da etapa preliminar;
- 2) Reconhecimento geológico de detalhe
- 3) Reconhecimento morfopedológico para definição de unidades geoambientais;
- 4) Elaboração de síntese.

3.2.2 Levantamento geológico

A necessidade de um levantamento geológico de detalhe foi percebido após as primeiras checagens de campo, observou-se que, mesmo considerando a existência de levantamentos geológicos que englobam em parte ou totalmente a região do Cabuçu-Tanque Grande, os diferentes recobrimentos e, principalmente, as diferentes escalas de trabalho não permitiram a compilação integral destes dados obrigando a uma revisão detalhada, o que significou na prática a realização de um novo levantamento geológico.

O reconhecimento geológico de detalhe para a análise geotécnica da APA, foi efetuado por um conjunto de técnicas de campo baseadas na observação e classificação geológica e métodos geotécnicos expeditos, que se deram principalmente através de exposições em cortes de taludes presentes nas áreas de estudo, num total de 380 pontos de afloramentos indicados na base cartográfica (Anexo7).

Foram consideradas as características das rochas, sedimentos e coberturas pedológicas, tais como cor, textura, estrutura, consistência, espessura, composição mineralógica e orgânica, estratigrafia, alteração, fraturamento, entre outras. As medidas estruturais foram obtidas através de bússola geológica para compreensão dos padrões de comportamento lito-estrutural, tais como direções e caimento de camadas, foliações, falhas geológicas. Cabe ressaltar a utilização de estudos anteriores com destaque em Juli ani (1993), Dantas (1990) e Coutinho (1979).

As observações foram direcionadas para as relações existentes entre os componentes do meio ambiente físico, solo . relevo . substrato geológico, entre si e com a ocupação, com o objetivo de caracterizar a dinâmica dos processos geológico-geotécnicos em curso.

A carta geológica-geotécnica foi efetuada através da observação, interpretação e classificação em campo, seguida de interpretação fotogeológica. na escala 1:10.000 (EMPLASA/ELETROPAULO/SABESP, 1984-6) através de método similar de observação com estereoscópio a partir de dados de campo. Os solos foram identificados em campo de maneira visual e tátil, através de suas características principais tais como textura, estrutura, consistência e espessura. Os dados geológico-estruturais foram analisados através do diagrama de Schmidt-Lambert, plotado por meio do software StereoWin 1.2.

3.2.3 Levantamento geomorfológico

Este levantamento foi efetuado em parceria e sob orientação do Prof. Dr. Antonio Gonçalves Pires Neto, visando uma primeira análise geotécnica em escala regional através do reconhecimento geomorfológico da região da Serra da Cantareira e seu entorno, resultando na carta geomorfológica na escala 1:50.000.

O levantamento geomorfológico foi elaborado com base na técnica de avaliação do terreno (*terrain evaluation*) que é utilizada como etapa preliminar de zoneamento do meio físico, com vistas a seu potencial de ocupação por obras de engenharia (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

A avaliação do terreno na escala regional que gerou o mapa geomorfológico foi feita através de um modelo de análise fisiográfica (*landscap approach*) com a delimitação de diferentes sistemas de terreno, ou seja, compreendendo a associação de feições de relevo (*landforms*).

A compartimentação geomorfológica fundamentada no mapeamento de feições considera que características semelhantes em termos de morfologia e morfometria, tais como forma topográfica e modelo de drenagem, refletem as mesmas condições de gênese (ZUQUETTE, 1993). Este fundamento considera a rocha fonte e a topografia como os principais fatores que governam a ocorrência de grupos de solos.

Este foi efetuado com base na observação das formas, inclinação e amplitudes das vertentes, pela geometria das drenagens, forma dos fundos de vale e topos de elevação, na definição de padrões morfológicos gerais. O método de identificação dos sistemas é baseado na interpretação de fotos aéreas visualizadas em três dimensões com o auxílio de um estereoscópio e na análise de perfis topográficos. Utilizaram-se fotos aéreas na escala 1: 60.000 (USAF, 1965) e ainda, as cartas IBGE folha Guarulhos e Itaquaquetuba (1:50.000, 1984) .

3.2.4 Procedimentos de laboratório

3.2.4.1 Montagem do banco de dados espaciais

As atividades de geoprocessamento ou de automação cartográfica, foram realizadas no sistema *ArcGIS 9.0* (*Environmental Systems Research Institute* . ESRI). Este *software* é voltado para aplicações SIG no formato vetorial, e permite o armazenamento de dados espaciais, a geração de mapas temáticos, a quantificação de dados e uma série de funções analíticas. Esta versão foi publicada em 2005.

O banco de dados espaciais foi montado no formato *geodatabase* (.mdb) que relaciona de forma topológica, feições geográficas com geometria espacial (pontos, linha e polígonos) com tabelas de dados relacionais.

Outros tipos de arquivos de dados espaciais no formato digital utilizados em associação ao modelo *geodatabase* (.mdb), foram os arquivos *CAD* (.dwg) e *shapefile* (.shp). No caso dos arquivos *CAD*, foram efetuadas operações de conversão de dados através de ferramentas específicas no sistema.

Os dados existentes não digitais, tais como cartas do IBGE, mapas geológicos, entre outros, foram digitalizados em *scanner* de mesa e em seguida georreferenciados e vetorizados no sistema, sendo transformados em arquivos adequados ao sistema.

3.2.4.2 Montagem das bases cartográficas

A Base Cartográfica para a produção das cartas na escala 1:10.000, foi elaborada a partir dos arquivos digitais em formato *CAD* fornecidos pela Prefeitura Municipal de Guarulhos (Divisão do Sistema Georreferenciado de Guarulhos - SIGEO, Secretaria de Desenvolvimento Urbano - SDU), resultantes do levantamento aerofotogramétrico elaborado em 1994 na escala 1:5.000 pela empresa AEROSUL S/A.

A base cartográfica foi composta basicamente por curvas de nível de 10 em 10 metros, corpos d'água (nascentes, córregos e lagos), sistema viário, rede de alta

tensão, limites intermunicipais, do PEC e da APA do Cabuçu-Tanque Grande, e as toponímias relacionadas à região. Os parâmetros cartográficos utilizados foram o sistema de projeção UTM (fuso 23) e o datum SAD 69 (elipsóide da União Astronômica Internacional).

Outra base cartográfica foi elaborada na escala 1:50.000 a partir das folhas IBGE na mesma escala, cartas Guarulhos e Itaquaquecetuba. Esta foi digitalizada através de *scanner* e posteriormente georreferenciada. Sua finalidade específica foi o desenvolvimento do Mapa Geomorfológico que tem um caráter regional.

3.2.4.3 Outras atividades de geoprocessamento

Foram realizadas atividades de integração de dados de satélite, a geração de modelos digitais de terreno e algumas operações básicas utilizadas no decorrer do trabalho.

A integração de dados de satélite ao banco de dados, contou com uma imagem do satélite QuickBird datada 03 de maio de 2004, cujas características técnicas são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5. Características gerais dos sensores da imagem QuickBird.

SENSOR	BANDAS ESPECTRAIS	RESOLUÇÃO ESPECTRAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	RESOLUÇÃO TEMPORAL	FAIXA , IMAGEADA
QUICKBIRD	PANCROMÁTICA	450 E 900 nm	61 a 72 cm	1 a 3,5 dias, dependendo da latitude	16,5 x 16,5 Km
	AZUL	450 - 520 nm	2,4 a 2,8 cm		
	VERDE	520 - 600 nm			
	VERMELHO	630 - 690 nm			
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	760 - 900 nm			

(fonte: Digital Globe 2004).

A imagem de satélite foi previamente georreferenciada e ortorretificada pela empresa fornecedora (Intersat - Imagens de Satélite S/C Ltda) através do software ERDAS. Foram utilizados pontos de controle medidos no terreno, resultantes do levantamento geodésico municipal executado em 1994, e um modelo digital de terreno (MDT) que foi desenvolvido para tal.

Um outro MDT foi gerado no sistema ArcGIS com os dados topográficos da base digital, através do módulo *3D Analyst*, programado para utilizar a convolução

cúbica, com pixel de 40 metros (4mm), como método de interpolação aplicado na reamostragem para dados contínuos.

O MDT, armazenado no formato *.tin*, permite a representação de volumes sombreados (elevações), a observação de faixas altimétricas (hipsométricas) e a conversão para um modelo de isodeclividade no formato imagem.

Outras operações de geoprocessamento básicas foram a geração de polígonos e classificação, geração de bandas (buffers), recortes entre layers (clip), relacionamento entre layers (SQL), cálculo de áreas, entre outras.

3.3 Definição da área de estudo

O território da APA Cabuçu-Tanque Grande foi definido através dos estudos promovidos pelo projeto *Diagnóstico Ambiental para o Manejo Sustentável do Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira e áreas vizinhas do município de Guarulhos-SP*, que tinha por objetivo analisar a situação da zona de amortecimento do PEC em Guarulhos. Durante a pesquisa a área foi denominada preliminarmente de Zona de Defesa (OLIVEIRA et al, 2005).

A partir deste estudo e de diversos encontros técnicos com a Prefeitura Municipal de Guarulhos, chegou-se a proposta de uma unidade de conservação nos moldes de uma APA para aquele território, como modelo de planejamento ambiental visando atenuar os efeitos do avanço da urbanização sobre os remanescentes florestais nativos, áreas de morros e mananciais.

O perímetro da APA Cabuçu-Tanque Grande foi então traçado no zoneamento municipal, sendo incorporado em lei na forma de uma zona de projeto especial ZPE-APA (GUARULHOS, 2007).

A APA do Cabuçu-Tanque Grande localiza-se adjacente ao Núcleo Cabuçu do PEC, nas vertentes leste e sudeste da Serra da Cantareira no município de Guarulhos. Localiza-se na altura do paralelo 23°23'45" sul e do meridiano 46°30'45" oeste, entre as coordenadas planas 7418 - 7407 Km N, e 339 - 353 Km E (UTM/SAD 69).

Apresenta uma área de 32,2 Km², envolvendo totalmente o bairro do Tanque Grande, parcialmente os bairros do Cabuçu, Invernada, Bananal e Fortaleza, como pode ser observada na Figura 14.

Figura 14. Bairros de Guarulhos incluídos na APA Cabuçu-Tanque Grande e no Núcleo Cabuçu (PEC).

O critério inicial usado para definir o perímetro da APA, foi abranger um território em condições de funcionar como zona de amortecimento do Núcleo Cabuçu do PEC, buscando reduzir o efeito de borda causado pela urbanização crescente, como resumido no Quadro 6. Neste sentido a APA abriga parte importante dos remanescentes de terras rurais de Guarulhos.

Quadro 6. Classificação dos efeitos de borda.

TIPOS	CONSEQUÊNCIAS
EFEITOS ABIÓTICOS	MUDANÇAS DE TEMPERATURA, RADIAÇÃO SOLAR DENTRO DA FLORESTA
EFEITOS BIÓTICOS DIRETOS	MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES OU INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES EXÓTICAS
EFEITOS BIÓTICOS INDIRETOS	MUDANÇAS NAS INTERAÇÕES ENTRE ESPÉCIES PRÓXIMO À BORDA, COMO AUMENTO DA TAXA DE PREDACÃO

(fonte: SEPE; GOMES, 2008 com base em MURCIA, 2005).

Os divisores das bacias hidrográficas do córrego Cabuçu de Cima e do córrego Tanque Grande, também orientaram a delimitação do perímetro da APA,

incorporando totalmente as cabeceiras destas bacias e suas respectivas APMs junto com o PEC.

Um critério final foi restringir a APA como zona de amortecimento a um mínimo de 1 Km de distância dos limites do Núcleo Cabuçu. Este requisito implicou em incorporar certas porções da bacia do córrego invernada e parte da franja de expansão do núcleo urbano de Guarulhos.

4. DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DA APA CABUÇU-TANQUE GRANDE

4.1 Caracterização regional

4.1.1 Sócio-economia

A realidade social e o contexto econômico do espaço permite avaliar a fisionomia e a pressão da intervenção humana sobre o solo. Alguns dados e informações apresentados referem-se a região e ao município Guarulhos onde se instala a APA do Cabuçu-Tanque Grande. A localização da RMSP e de Guarulhos em relação ao Estado de São Paulo, é observada na Figura 15.

Figura 15. Localização da RMSP e de Guarulhos no Estado de São Paulo.

A RMSP é a região mais desenvolvida do país, concretizada na sua extrema urbanização e industrialização na forma de uma mancha praticamente contínua. O uso do solo é observado na Figura 16, que demonstra um núcleo principal de urbanização envolvido por áreas verdes da RBCV.

Figura 16. Carta de Uso do Solo. A RMSP está delimitada dentro da RBCV (elaborado com base em OLIVEIRA et al, 2009).

Dados do ano de 2006 indicam que a região responde por cerca de 56% do PIB do Estado de São Paulo, que representa cerca de 19% do PIB brasileiro. Num raio de 100Km da capital paulistana, apenas cinco municípios, São Paulo, Guarulhos, Barueri, São Bernardo do Campo e Osasco, totalizam 50% do PIB do Estado (SEADE, 2008).

Esta realidade metropolitana resulta de um processo de mecanização do espaço atuante na região sudeste do Brasil desde a metade do século XX, que contribuiu para uma acentuada divisão do trabalho e tendência à urbanização (SANTOS, 1993). Os núcleos centrais deste processo situados ao redor da capital, regiões de Campinas, Sorocaba, Vale do Paraíba e Baixada Santista, estão evoluindo para uma macrometrópole como pode ser vista na Figura 17.

Figura 17. Visão da RMSP em relação aos aglomerados urbanos próximos (elaborado com imagens LANDSAT 5 de 2006).

Analisando o consumo de energia elétrica como indicador de atividade econômica, temos que a RMSP responde por 41,3 % do Estado de São Paulo, enquanto que apenas o município de São Paulo é responsável por 21,6% do consumo no Estado. O consumo do município de Guarulhos representa 2,5% do total estadual. Dados comparativos em valores absolutos são apresentados na Figura 18.

Figura 18. Dados comparativos de consumo de energia elétrica no ano de 2006 (Elaborado com base em SEADE, 2009).

Em termos demográficos, a RMSP apresenta uma população aproximada de 20 milhões de habitantes (SEADE, 2009), sendo atualmente o 5º maior aglomerado urbano do mundo, conforme dados da Organização das Nações Unidas que estão sistematizados na Figura 19. Essas metrópoles são territórios contíguos habitados com densidade residencial, que desconsideram limites administrativos.

Figura 19. Dados comparativos entre os dez maiores aglomerados urbanos do mundo com dados de 2007. (Elaborado com base em ONU, 2009).

Na região e no Estado de São Paulo, as taxas de crescimento populacional no período de ao menos 30 anos, indicam diminuição na direção de uma relativa estabilidade. A partir da década de 80 as tendências de declínio são notáveis na RMSP. O município de Guarulhos vem apresentando taxas superiores ao dobro das médias, que revela um fenômeno populacional significativo. A comparação das taxas de crescimento anual é apresentada na Figura 20.

Figura 20. Evolução da população da RMSP pela taxa de crescimento anual (Elaborado com base em SEADE, 2009).

No entanto, as taxas médias relativamente estáveis para a RMSP não demonstram na verdade importantes movimentos internos de população. A análise de dados populacionais desagregados demonstra que as taxas de crescimento negativas estão gradativamente se ampliando do centro para a periferia e que nas regiões periféricas ainda permanecem taxas de crescimento extremamente elevadas.

O processo de crescimento urbano na RMSP caracteriza-se por um crescimento populacional acompanhado um padrão de expansão física das ocupações urbanas de modo disperso, horizontalizado e policêntrico, com elevados custos sócio-ambientais (OJIMA, 2007). Esta urbanização dispersa reflete-se na evolução do adensamento urbano do município de Guarulhos como pode ser observado na Figura 21.

Figura 21. Evolução urbana do município de Guarulhos (PMG, 2007).

A dinâmica populacional do município de Guarulhos é também explicada por um fluxo migratório intenso. No período de 1991 e 1996, o município teve um acréscimo populacional onde 67% foram de imigrantes (WEICK et al, 2002).

É possível constatar que o desenvolvimento sócio-econômico da RMSP vem acompanhado de uma urbanização de risco, com sérios problemas urbanos e ambientais. A elevada impermeabilização do solo, as inundações, as áreas degradadas e de risco, a poluição ambiental e a redução de áreas verdes são as principais consequências desta dinâmica.

Uma das causas desta realidade deve-se a um processo de exclusão territorial, causada pelo excesso de valorização das terras, gerando um mercado de moradia pobre que se dá justamente em áreas com características ambientais mais

frágeis, perigosas e difíceis de se morar: encostas íngremes, beira de córregos, áreas alagadiças (ROLNIK; CYMBALISTA, 1997).

Dados da Secretaria de Estado da Habitação de São Paulo de 2009 noticiado, demonstram que apenas Guarulhos apresentaria cerca de 60% da população residente (700 mil) morando em ocupações ilegais, considerando loteamentos irregulares e invasões de áreas públicas, áreas especialmente protegidas, e áreas de morros em zona periféricas ou rurais.

Todos estes dados básicos indicam a forte intensidade do dinamismo econômico e social da região e apontam para a elevada demanda pelo uso do solo e recursos naturais, com destaque para o abastecimento de água.

Considerando os aspectos econômicos e populacionais, a RMSP é altamente dependente de recursos hídricos para manutenção das suas atividades. A principal bacia hidrográfica da RMSP é a Bacia do Alto Tietê (BAT), que possui uma área de 5.985 Km² e abriga 35 municípios da região.

A produção hídrica da BAT não é suficiente para abastecer totalmente a RMSP, sendo necessário efetuar a captação em outras bacias para atender a demanda. Dos 63,1 m³/s produzidos para abastecimento da região, 31 m³/s são importados da bacia do Piracicaba (DAEE, 2001).

Como o consumo total de água doce na região excede a sua própria produção hídrica, ocorre um cenário de profunda escassez, maior que de regiões semi-áridas do Brasil, como pode ser observada no Quadro 7.

Quadro 7. Disponibilidade hídrica social na BAT comparada com outras regiões do Brasil.

Brasil	35.000 m ³ /hab.ano
Pernambuco	2.468 m ³ /hab.ano
Bacia do Piracicaba	408 m ³ /hab.ano
Bacia do Alto Tietê (BAT)	201 m ³ /hab.ano

(Fonte: ANA, 2005)

As bacias dos mananciais de abastecimento da RMSP apresentam ainda um sério agravante. Localizam-se em terrenos cristalinos onde o regime de infiltração/escoamento não favorecem o armazenamento subterrâneo, prevalecendo o escoamento na manutenção dos reservatórios superficiais que dependem de chuvas regulares. Neste caso, a preservação da RBCV representa a única possibilidade de amenizar os efeitos deste sistema delicado sujeito a escassez.

4.1.2 Clima

A região da metrópole paulistana encontra-se na latitude do Trópico de Capricórnio e assim, situa-se no limite teórico das zonas climáticas tropical e subtropical. Na porção norte da RMSP, o clima pode ser classificado como mesotérmico brando úmido, com um a dois meses secos (NIMER, 1989).

Segundo o sistema de Köppen este trecho da região paulistana apresenta predominância de climas temperados quentes, com temperatura média do mês mais frio entre 18 e -3° C. Ocorrem os tipos Cw com estação seca, sendo Cwa onde a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, e Cwb onde esta é inferior a 22°C (MOREIRA; PIRES NETO, 1998).

A metrópole paulistana apresenta uma dinâmica atmosférica complexa, sob influência de frentes polares e dos sistemas tropical, tropical continentalizado e subtropical úmido. Pode-se considerar a existência de dois domínios climáticos zonais incidentes, um formado pelos sistemas tropical e equatorial ao norte, outro formado pelo sistema polar ao sul.

Para Monteiro (1973), o clima da região corresponde a um tipo úmido - face oriental e sub-tropical de continente, dominado por massas de ar de origem tropical e polar, que são influenciadas por correntes atmosféricas polares marítimas, pela frente polar atlântica e equatorial marítima por influência de alísios de sudeste.

A região localiza-se num setor do Planalto Atlântico muito influenciado pela proximidade da borda do planalto em relação ao litoral. Ao sul da região encontra-se a escarpa da Serra do Mar que faz a transição entre o Planalto e a Planície Costeira.

O alinhamento orográfico da Serra do Mar paralelo a linha de costa, forma uma barreira à ação dos ventos úmidos oceânicos, intensificando a ação de chuvas orográficas e a ocorrência de pluviosidade superior a 2.000 mm/ano, por vezes atingindo até 4.500 mm em certos trechos do litoral (NIMER, 1989). Por outro lado, a Serra do Mar exerce um efeito de sombra+reduzindo acentuadamente a umidade que alcança o planalto (atenuando para valores inferiores a 1.500 mm).

Monteiro (op cit), faz a seguinte observação:

O clima da Bacia Paulistana engastada no Planalto Atlântico, na altura da faixa de limite entre os dois climas regionais, merece especial consideração não só pelo fato de sua associação à metrópole como pela sua originalidade geográfica.

Revela-se uma diminuição da pluviosidade não só em relação ao trecho litorâneo Santista, como também em relação as áreas circunvizinhas do Planalto. Entretanto, a análise do ritmo de distribuição diária das chuvas mostra que o outono-inverno é menos seco que certas áreas serranas do interior. O fato de que a Serra do Mar, à sua retarguarda, mantém o aspecto de %borda de Planalto+e não de Serra, permite uma penetração ou extravazamento das perturbações litorâneas. Este fato aliado às oscilações termicais, confere à Bacia Paulistana um período seco com características bem especiais.

Além dos mais, a atividade humana que avoluma cada vez mais o complexo urbano e industrial deve ser considerado com o importante fator de modificação através do tempo e de individualização climática no espaço.

Analisando com mais detalhe as condições climáticas reinantes na região da Cantareira e da APA do Cabuçu-Tanque Grande, podemos considerar a incidência de dois tipos climáticos condicionados pela topografia segundo Tarifa; Armani (2001):

- 1) O Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano; representado pelo mesoclima dos morros baixos, morrotes, colinas e das maiores planícies fluviais;
- 2) O Clima Tropical Úmido da Serra da Cantareira-Jaraguá que apresenta uma condição mais amena em virtude das altitudes que variam de 800 à 1200 metros.

A Tabela 2 apresenta valores mensais e anuais de parâmetros climáticos obtidos na região central de Guarulhos que caracterizam as condições observadas no mesoclima na região de colinas. O perfil termo-pluviométrico ilustrado na Figura 22, demonstra as variações médias no decorrer do ano.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros climáticos de 1985 . 2008 . Estação Agroclimatológica.

Variáveis Climáticas	Meses												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
Temperatura média °C	23,4	23,2	22,8	21,4	18,5	17,0	16,5	18,0	18,7	20,4	21,4	22,5	20,3
Temperatura média máximas °C	34	33,3	33,2	31,6	29	27,3	28,4	31,0	33,3	34,1	34,1	33,8	31,9
Temperatura média mínimas °C	16	16,5	15,3	13,1	9,8	7,5	7,4	8,0	9,5	11,5	12,6	14,5	11,8
Pluviosidade média mm	257,3	233,4	214,5	84,4	81,2	43,0	40,8	27,9	73,3	121,2	128,7	213,8	1519,5

Figura 22. Gráfico termo-pluviométrico do período entre 1985 e 2008 . com base nos dados obtidos na estação agroclimatológica . UnG/INMET.

Dados apresentado por Silva (2005) relativos ao posto metereológico localizado na vertente sul do PEC, no Parque Estadual Alberto Löfgren (PEAL), comparados com os anteriores, demonstram muita semelhança nas temperaturas. Entretanto, estes últimos apresentam uma diferença negativa de cerca de 17% na pluviosidade média anual (1259 mm para o PEAL). A Figura 23, permite a comparação entre estas variações.

Figura 23. Gráfico Termo-pluviométrico do período entre 1992 e 2004 . com base nos dados obtidos no posto meteorológico localizado no Parque Estadual Alberto Löfgren (23°45q sul; 46°36q oeste; altitude 775 metros).

O fato observado com relação as duas estações que se localizam próximas como se vê na Figura 24 (aproximadamente 10Km), provavelmente deve-se aos registros de dados em períodos distintos, 23 anos contra 12 anos. No entanto, a variação verificada pode revelar uma mudança significativa no regime de chuvas durante o período mais longo.

Tal observação poderia apontar para a existência de ciclos climáticos pouco conhecidos, ou revelar mudanças graduais resultantes de alterações locais (crescimento da metrópole) ou globais (somatória de todas as interferências humanas acumuladas). Podem ainda representar os dois, ou seja, indicar que a região apresenta elevada vulnerabilidade a variações climáticas.

Figura 24. Localização dos postos meteorológicos analisados (elaborado com imagem LANDSAT 5 de 2006).

Diante disto, pode-se admitir que a região apresenta condições climáticas complexas. Os diferentes fatores fisiográficos contribuem para compor um quadro de chuvas que apresenta variações muito significativas em seus montantes. Soma-se a isto os efeitos da urbanização colossal na transmissão da radiação térmica para a atmosfera.

A presença de importantes remanescentes de Mata Atlântica no cinturão verde resguardam a permanência de um efeito atenuador das chuvas de calor observado na RMSP (LOMBARDO, 1985; SEPE; TAKIYA, 2004). Os serviços de regulação climática são especialmente estratégicos para a metrópole cuja forma de ocupação e o funcionamento apresentam um urbanismo de risco.

4.1.3 Bioma

A vegetação nativa da RMSP pertence ao Bioma da Mata Atlântica cuja delimitação é apresentada em mapa estabelecido pelo Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE), sendo as principais formações florestais definidas como Floresta Ombrófila Densa, Mista ou Aberta, Floresta Semidecidual e Floresta Estacional Decidual (BRASIL, 2006).

O bioma da mata atlântica é considerado o mais ameaçado no Brasil devido seu estado crítico, concentrando cerca de 70% da população brasileira. O bioma é composto por uma série de fitofisionomias bastante diversificadas determinadas pela proximidade da costa, relevo tipos de solos e regimes pluviométricos, responsáveis pela evolução de um rico complexo biótico, que contém uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil, com altíssimos níveis de endemismo (ARAÚJO et al, 2007).

A diversidade presente nas formações florestais nativas da RMSP deve-se a forte influência das condições climáticas, especialmente decorrente dos contrastes topográficos da borda do planalto atlântico, encontrando-se variações entre as florestas latifoliadas tropicais típicas da Serra do Mar, e as florestas subtropicais de altitude típicas da Serra da Mantiqueira.

A vegetação da Serra da Cantareira classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana (BRASIL, 1983), pode ser considerada de transição entre a Mata Atlântica e a Mata de Planalto, de onde provém elementos da Mata Semicaducifolia (BAITELLO, et al, 1993). A posição geográfica da Serra da Cantareira em relação a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, possibilita a existência no território da APA do Cabuçu-Tanque Grande de famílias vegetais comuns destas formações florestais, tal qual observada na Serra da Cantareira (NEGREIROS, et al, 1974).

Os remanescentes florestais da mata atlântica encontrados na região da Cantareira e da APA do Cabuçu-Tanque Grande, representam parte de um importante corredor ecológico com eixo principal estabelecido na direção da Serra da Mantiqueira, e ainda alguns ramos em franco processo de fragmentação, encontrados especialmente na direção a Serra do Mar e do interior paulista (FERREIRA, 2006).

O território da APA do Cabuçu-Tanque Grande, em termos de valor biológico e de risco quanto às ações humanas, inclui-se entre as áreas com alta categoria de importância para manutenção e restauração da conectividade biológica entre fragmentos de vegetação nativa (RODRIGUES, 2008), elevado nível de conectividade e prioridade com respeito aos grandes conjuntos de corredores existentes no Estado de São Paulo (SMA, 2008).

A região da Serra da Cantareira, considerando o PEC e áreas de entorno, especialmente na sua zona de amortecimento, são avaliadas como áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira. As principais ameaças são relacionadas às estradas, ao rodovial, à urbanização, ao loteamento irregular e à fragmentação dos maciços florestais (MMA, 2002; 2007).

Em termos ecológicos, pode-se considerar duas paisagens interligadas na região, uma mais natural e outra extremamente artificial, com funcionamentos bem diferentes.

O setor mais densamente urbanizado da RMSP situa-se envolta do centro, onde os terrenos têm topografia mais favorável à ocupação. Nas zonas periféricas ao redor, o relevo é mais elevado sendo encontradas as principais nascentes e matas em áreas rurais.

É possível reconhecer um processo de isolamento e dissolvimento de maciços florestais ocasionado pela forte pressão pelo uso do solo, apontando para a necessidade de um planejamento regional com instrumentos de proteção voltados à conservação e uso sustentável.

O reconhecimento dos benefícios da biodiversidade do bioma da mata atlântica, tem sido levado os órgãos de gestão a estabelecer ações prioritárias para proteção ambiental e uso sustentável do solo, formando um mosaico de unidades de conservação na RBCV.

4.1.4 Geologia

A RMSP insere-se no contexto geotectônico da Região de Dobramentos Sudeste (HASUI et al, 1978), mais especificamente relacionada ao Orógeno Ribeira integrante da Província Mantiqueira (ALMEIDA et al, 1977; 1981) desenvolvida durante a Orogenia Neoproterozóica Brasileiro-Pan Africana (Ciclo Brasileiro) que teve início em torno de 880 Ma e findou há cerca de 480 Ma, resultando na amalgamação do Paleocontinente Gondwana Ocidental, e estruturação do embasamento da Plataforma Sul-Americana (BRITO-NEVES et al, 1999).

O Orógeno Ribeira resultou da interação entre o Cráton do São Francisco e outra(s) placa(s) e/ou microplaca(s) e/ou arco de ilhas situado(s) a sudeste deste

Cráton, bem como com a porção sudoeste do Cráton do Congo. A colisão entre terrenos foi oblíqua e a deformação principal exhibe clara partição entre zonas com predomínio de encurtamento frontal e zonas com componente transpressivo dextral. A intensa deformação resultante desta colisão originou dobras apertadas a isoclinais, forte xistosidade, muitas vezes milonítica, e lineação de estiramento. As zonas de cisalhamento dúcteis resultantes são orientadas segundo E-NE a E-W (HEILBRON, et. al., 2004).

Neste quadro, a RMSP está assentada sobre o segmento Central da Província Mantiqueira, envolvendo parte dos terrenos tectono-estratigráficos conhecidos como Domínios São Roque e Embu que estão em contato pela Zona de Cisalhamento Caucaia-Rio Jaguari. De forma geral, estes terrenos são limitados por zonas de cisalhamento transcorrentes que os fatiam num padrão anastomosado através de faixas miloníticas dextrais, espessas, verticais e profundas, que muitas vezes controlam a colocação de granitos, que registram importante componente transpressional durante a evolução do Orógeno Ribeira.

Posteriormente, um processo de reativação tectônica meso-cenozóica conhecida como evento Sul Atlântico (SCHOBENHAUS et al, 1984), resultou na ruptura do Gondwana e sua dispersão continental com a migração das placas Sul-Americana e Africana. Este evento ocasionou o arqueamento e a fragmentação continental, formação de derrames basálticos, seguidos da geração de bacias do tipo rift que evoluíram para a bacia Atlântica de margem continental divergente (passiva) como atualmente encontrada.

Este evento tem forte significado para RMSP pelo fato de seu território abranger parte do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), feição de caráter tectônico do tipo hemi-gráben associada à abertura do Oceano Atlântico, na forma de uma bacia alongada e deprimida de direção ENE que segue paralela à linha de costa atual, da qual dista em média 70 km (RICCOMINI et al, 2004).

Sobre os terrenos pré-cambrianos estabeleceu-se então no Terciário, a Bacia Sedimentar de São Paulo cuja sedimentação de origem continental teria sua principal fase de desenvolvimento no Eoceno-Oligoceno, encerrando-se no Mioceno. Durante o Quaternário até os dias atuais, vem predominar um processo de erosão geológica associado aos níveis de base do Rio Tietê e Paraíba do Sul, ocorrendo uma sedimentação fluvial de forma mais restrita e, por outro lado, intemperismo, pedogênese e coluvionamento de forma generalizada.

Desta forma, pode-se afirmar que a RMSP apresenta um território constituído por dois conjuntos principais como pode ser observado na Figura 25:

- os terrenos do embasamento cristalino do pré-cambriano, com distribuição mais ampla, constituídos por migmatitos, gnaisses, granitos e rochas metassedimentares e metavulcanossedimentares, que são predominantes;
- os terrenos sedimentares do Cenozóico, períodos Terciário-Quaternário, formados por lamitos, arenitos e conglomerados, cuja cobertura ocorre principalmente na região central e oriental, encobrindo os terrenos cristalinos.

Figura 25. Contexto litológico da RMSP (fonte CPRM, 2006).

A complexidade geológica da região proporciona a existência de recursos minerais potenciais, tanto no conjunto cristalino quanto no sedimentar.

A influência da estrutura geológica na paisagem é um aspecto marcante, que vai refletir na existência de blocos tectônicos que formam compartimentos de relevo mais elevados nas áreas periféricas onde estão as áreas de mananciais, e outros menos elevados no centro onde se concentram as coberturas sedimentares e o meio urbano.

A formação do relevo revela uma origem neotectônica sob influência das deformações Pré-Cambrianas, especialmente do Ciclo Brasileiro, reativadas em parte no Ciclo Atlântico através, principalmente, de falhas normais que formaram o hemi-graben da Bacia de São Paulo e também pulsos posteriores.

Sobre essa estruturação geológica agiram os processos morfoclimáticos durante o quaternário, que resultaram nas coberturas biofísicas atuais da paisagem.

4.1.5 Geomorfologia

Os aspectos geomorfológicos do território paulista foram estudados com objetivo de definir alternativas estratégicas de ocupação territorial, muitas vezes visando a execução de planos integrados de aproveitamento de recursos naturais (PONÇANO et al., 1981). A setorização em compartimentos naturais na escala estadual, gerou algumas subdivisões regionais do relevo (MORAES REGO, 1932; DEFFONTAINES, 1935; MONBEIG, 1949; ABQ SABER, 1956; ABQ SABER; BERNADES, 1958; ALMEIDA, 1964; PONÇANO et al, 1981; ROSS; MOROZ, 1997).

A RMSP está inserida no contexto geomorfológico do sudeste do Estado de São Paulo, no domínio do Planalto Atlântico. A compartimentação do relevo nesta região deve-se sobremaneira a uma estruturação geológica que se manifesta em grande escala na definição dos contornos da costa sudeste brasileira, como em média escala na compartimentação de blocos estruturais com centenas de metros a alguns quilômetros de extensão, expressão de ciclos tectônicos diversos que deformaram a crosta terrestre (ALMEIDA, op cit).

No cenário das unidades geomorfológicas do Brasil (ROSS, 2006), a RMSP inclui-se no Macrocompartimento de Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste,

que corresponde a uma unidade morfoestrutural formada por cinturões orogenéticos e núcleos cristalinos arqueados cujas características são apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8. Características geomorfológicas dos Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste (ROSS, 2006).

Formas de relevo	Altitude (m)	Litologias	Solos
Serras e morros alongados .	900 - 1400	Gnaisses, migmatitos,	Neossolos litólicos
relevo montanhoso-batólitos	2600	micaxistos, filitos, quartzitos,	Neossolos câmbicos
			Argissolos vermelhos
Escarpas estruturais/falhas	800 - 900	Granitos, sienitos, fenolitos,	Afloramentos rochosos
Superfícies de morros de topos convexos		calcáreos, mármore	Latossolos vermelho-amarelos
Depressões tectônicas	600 - 800	arenitos, argilitos, cascalhos e folhelhos	
cenozóicas			

No conjunto dos domínios morfoclimáticos do Brasil, a RMSP encontra-se no Domínio Morfoclimático dos *Mares de Morros Florestados* (ABqSABER, 1966; 2003), cujas principais características observadas na região são:

- Predomínio de relevo com formas mamelonadas, que se desenvolvem em todos os níveis topográficos mascarando superfícies erosivas, níveis de pedimentação e até de terraços;
- Presença de espessos horizontes de alteração e de formas mamelonadas muito arredondadas em depressões intermontanas;
- Presença de depósitos coluvionares soterrando linhas de pedra;
- Presença de planícies fluviais com canais meândricos constituídas por sedimentos finos que predominam;
- Temperaturas elevadas e precipitações anuais variando acima de 1.100mm, com períodos de chuva bem definido, nos meses de verão: dezembro, janeiro, fevereiro e março, alternados com períodos de menor índice de chuva no inverno.
- Presença de florestas tropicais decíduas e semidecíduas, associadas a enclaves de bosques de araucárias e cerrados.

A influência de ciclos morfoclimáticos de aplanamento estão presentes em grande escala. A *Superfície de Aplanamento Japi* (MORAES REGO, 1932; DE MARTONNE, 1940; ALMEIDA, 1964) é uma feição geomorfológica marcante do

Sudeste do Brasil, caracterizada pelo nivelamento dos topos das Serras do Mar e da Mantiqueira a cerca de 1200m, evidenciando uma fase de erosão generalizada (peneplano), atuante no limite Cretáceo-Paleoceno, anterior ao início da sedimentação da bacia de São Paulo (RICCOMINI et al, 2004).

A *Superfície de Erosão São Paulo* caracterizada na região de São Paulo por um nível regional na cota 800m, evidenciaria uma fase de peneplanização local atuante no limite Plioceno-Pleistoceno, coincidindo com o fecho da sedimentação da bacia de São Paulo. Abq Saber (1958) cogita ainda a possibilidade de um peneplano parcial designando-o de Superfície de Itapequerica-Cotia (920-950m).

Fenômenos epigênicos e epíclis erosivos após o Plioceno, ocasionaram a formação de níveis terraceamento fluvial a partir do entalhamento dos sedimentos da bacia, que são também evidenciados em anomalias da drenagem instalada nesta (ABq SABER, op cit). A bacia foi retalhada por falhas pós-sedimentares que causaram soerguimentos e abatimentos locais de seu substrato (RICCOMINI, op cit), configurando eventos neotectônicos que se manifestaram no final do Terciário (SAADI et al, 2005).

Muito embora o aspecto morfoestrutural do relevo do Planalto Atlântico seja um consenso, a morfogênese expressa nas coberturas superficiais é objeto de interpretações variadas, prevalecendo o modelo da alternância de fases de morfogênese úmida e seca, cuja principal evidência seria a ocorrência generalizada de pedimentos ou *stone lines* no território paulista (ABqSABER, 1962; 1971; 1979).

A RMSP no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, (PONÇANO et al, 1981) apresenta predominância dos relevos de morros, morrotes e serras, seguido pelas colinas e sendo muito restritas as planícies fluviais.

O Mapa Geomorfológico apresentado na escala 1:50.000 (Anexo 1), permite identificar 13 tipos de sistemas de relevo na região da Cantareira (Quadro 9), cujo arranjo espacial configura a presença de blocos morfoestruturais desnivelados e de depressões intermontanas subniveladas por superfícies erosivas locais, nas quais ocorrem depósitos detríticos cenozóicos e amplas planícies aluviais associadas aos rios Tietê, Baquirivu-guaçu e Juqueri.

Quadro 9. Sistemas de relevo e respectivas características morfométricas e morfográficas das folhas Guarulhos e Itaquaquecetuba 1:50.000 (com base em OLIVEIRA et al, 2005).

TIPO DE RELEVO	MORFOMETRIA	MORFOGRAFIA
Planícies de inundação e Terraços Baixos (Pf)	Inclinação: Inferior a 1,5% Elevados 3 a 6 m acima do rio	Terrenos planos e inclinados em direção ao rio, compreendendo a Planície de Inundação e Terraços Baixos. Associam-se alagadiços e canais abandonados.
Colinas médias (Cm)	Amplitude: 25 a 40 m Comp. Rampa: 500 a 900 m Inclinação: 3 % a 5 %	Colinas de topos subhorizontais amplos. Vertentes de perfil contínuo, com segmentos retilíneos a convexos. Vales erosivos abertos e bem marcados no relevo. O padrão de drenagem é sub-dendrítico de baixa a média densidade.
Colinas pequenas (Cp)	Amplitude: 20 a 40 m Comp. Rampa: 300 a 600 m Inclinação: 6 % a 13 %	Colinas de topos estreitos convexos. Vertentes de perfil contínuo, com segmentos retilíneos a convexos. Vales erosivos abertos e bem marcados no relevo. O padrão de drenagem é sub-dendrítico de baixa a média densidade.
Colinas pequenas e Morrotes (CpMt)	Amplitude: 25 a 60 m Comp. Rampa: 200 a 450 m Inclinação: 10 % a 20 %	Associam-se colinas e morrotes de topos estreitos convexos. Perfil de vertente contínuo e descontínuo com segmentos convexos e retilíneos, podendo ser mais íngreme nas nascentes. Vales erosivos-acumulativos encaixados e acumulativos abertos, com planícies estreitas e contínuas. Canais aluviais meândricos e retilíneos. O padrão de drenagem é sub-dendrítico de baixa a média densidade.
Morrotes (Mt)	Amplitude: 40 a 90 m Comp. rampa: 200 a 500 m Inclinação: 12% a 25 %	Formas niveladas. Topos estreitos e convexos. Perfil de vertente contínuo com segmentos retilíneos. Vales erosivos abertos. Padrão de drenagem subdendrítico de média densidade.
Morrotes paralelos (MTp)	Amplitude: 30 a 90 m Comp. rampa: 200 a 600 m Inclinação: 10% a 30 %	Formas niveladas. Topos estreitos, convexos e alongados na direção nordeste. Perfil de vertente contínuo com segmentos retilíneos ou convexos. Vales erosivos encaixados. Canais em rocha e blocos. Padrão de drenagem treliça e paralelo de alta densidade.
Morrotes dissecados (MTd)	Amplitude: 50 a 80 m Comp. Rampa: 200 a 600 m Inclinação: 12% a 30 %	Formas niveladas. Topos estreitos e convexos. Perfil de vertente contínuo com segmentos retilíneos ou convexos. Vales erosivos-acumulativos encaixados e acumulativos abertos. Canais em rocha, blocos e em aluviões nas planícies contínuas com larguras de até 500 m. Padrão de drenagem subdendrítico de alta densidade.
Morrotes e Morros (MtM)	Amplitude: 40 a 100 m Comp. Rampa: 200 a 500 m Inclinação: 15% a 35 %	Formas niveladas. Topos estreitos convexos. Perfil de vertente descontínuo com segmentos retilíneos e convexos. Vales erosivos encaixado e erosivos-acumulativos abertos. Planícies fluviais estreitas e descontínuas. Canais aluviais, em rocha e blocos. Padrão de drenagem subdendrítico e subparalelo de média a alta densidade.
Morrotes e Morros paralelos (MtMp)	Amplitude: 60 a 140 m Comp. Rampa 250 a 500 m Inclinação: 20% a 35 %	Formas dissecadas. Topos estreitos e convexos e alongados na direção nordeste. Perfil de vertente descontínuo com segmentos retilíneos e convexos. Vales erosivos-acumulativos e acumulativos abertos. Planícies fluviais estreitas e contínuas. Canais aluviais, em rocha e blocos. Padrão de drenagem em treliça e subdendrítico de alta densidade.

Quadro 9. Sistemas de relevo e respectivas características morfométricas e morfográficas das folhas Guarulhos e Itaquaquecetuba 1:50.000 (continuação).

Morrotes e Morros dissecados (MtMd)	Amplitude: 80 a 120 m Comp. Rampa: 400 a 600 m Inclinação: 20% a 30 %	Formas dissecadas. Topos estreitos convexos. Perfil de vertente descontínuo com segmentos retilíneos e convexos. Vales erosivos encaixados. Canais em rocha e blocos. Padrão de drenagem subdendrítico de média a alta densidade
Morros angulosos (Ma) e residuais (Mr)	Amplitude: 80 a 160 m Comp. Rampa 150 a 600 m Inclinação: 20 % a 55 %	Formas desniveladas. Topos estreitos e agudo. Perfil de vertente descontínuo com segmentos retilíneos, convexos e com afloramentos rochosos nos segmentos mais íngremes. Vales erosivos encaixados, canais em rocha e blocos. Padrão de drenagem em treliça e subdendrítico de alta densidade.
Morros e Montanhas (MMH)	Amplitude: 120 a 420 m Comp. rampa: 400 a 1400 m Inclinação: 20 % a 40 %	Formas maciças desniveladas. Topos estreitos agudos e rochosos por vezes com picos isolados. Perfil de vertente descontínuo, segmentos longos retilíneo, convexos e rochosos. Vales erosivos e muito encaixados. Canais em rocha e blocos, com cachoeiras e rápidos. Planícies alveolares localizadas a montante de soleiras. Canais de 1ª ordem pouco encaixados. Densidade de drenagem média a alta, com padrão subdendrítico e em treliça.
Escarpas (E)	Amplitude: 100 a 220 m Comp. rampa: 300 a 600 m Inclinação: 25 % a 45 %	Formas assimétrica e retilínea. Topos subnivelados com ruptura de declive nítida. Perfil de vertente de contínuo, retilíneo, íngreme e rochosos, ou descontínuo com segmentos convexos devido à presença de corpos de tálus. Vales erosivos, pouco encaixados, canais em rocha com cachoeiras e rápidos . Densidade de drenagem baixa.

Com relação aos processos de dinâmica superficial, Ab'Saber (2003) afirma que *região está sujeita aos mais fortes processos de erosão e de movimentos coletivos de solos de todo o território brasileiro*. Um resumo do comportamento geotécnico relacionado aos principais sistemas de relevo é apresentado por Nakazawa et al, (1994):

- Morros e montanhas . alta suscetibilidade a escorregamentos (naturais e induzidos) e alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra;
- Morros e morrotes . média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) e alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra;
- Colinas e morrotes . baixas suscetibilidades aos processos do meio físico analisados;

- Planícies aluviais . alta suscetibilidade à inundações, recalques, assoreamentos, solapamentos das margens dos rios.

Pode-se concluir que, no Planalto Atlântico predomina uma paisagem composta por morros e pequenos maciços montanhosos, acidentados e irregulares, que representam verdadeiros obstáculos para a localização das aglomerações urbanas. As colinas e morrotes relacionados às bacias sedimentares de São Paulo e Taubaté (bacias flúvio-lacustre de soleira tectônica), e em menor escala as pequenas planícies de soleira, representam excessões localizadas (ABQ SABER, 1956).

Essas condições geomorfológicas causam muitas restrições aos assentamentos urbanos, implicando na adoção de critérios geotécnicos específicos para a elaboração de projetos de loteamentos, especialmente nas áreas de morros (MORETI, 1987).

4.2 Levantamento dos fatores ambientais

4.2.1 Uso do solo

Historicamente, a área correspondente a APA do Cabuçu Tanque Grande apresenta atividades relacionadas à produção de água para abastecimento público, como é o caso das áreas de proteção aos mananciais do Cabuçu de Cima e do Tanque Grande (Leis Estaduais Nº 898/75 e 1172/76). O Núcleo Cabuçu do PEC abriga um manancial aproveitado desde o início do século XX para abastecimento da capital paulistana (FONSECA, 2007; VILAR, 2007). Este foi paralizado na década de 80 e posteriormente reativado para atender a demanda do município no final da década de 90.

Tendo características notadamente rurais, relacionando culturas agrícolas e manejos florestais, como é o caso do chuchu e do eucalipto, com amplos fragmentos florestais nativos, atualmente se destaca a iminente formação de focos de urbanização precária, muitos destes desenvolvidos sobre antigos loteamentos de chácaras de lazer (Chácaras Cabuçu e Recreio São Jorge), resultado da proximidade e acessibilidade à região central, mais desenvolvida no sentido urbano, e de um mercado imobiliário informal intenso em Guarulhos (BALTRUSIS, 2003).

A região conta ainda com atividades de gerenciamento de resíduos sólidos, como é o caso do aterro sanitário da empresa Quitaúna, a serviço do município, do aterro industrial conhecido como CDR, de depósitos de material excedente de obras de terra, conhecidos como bota-foras, e lavras a céu aberto de brita e areia (FIRPAVE e REAGO).

O Mapa de Uso do Solo (Anexo 2) revela uma situação diversificada de formas relacionadas a fragmentos naturais, usos rurais e ocupações urbanas consolidadas e em desenvolvimento, e atividades de grande impacto ambiental.

Os diferentes tipos de uso e ocupação do solo foram classificados segundo critérios próprios e estão relacionados na Quadro 10, sendo sua distribuição espacial em termos relativos apresentada na Figura 26.

Quadro 10. Tipos de uso e ocupação do solo presentes na APA Cabuçu-Tanque Grande.

Tipo	Observação
Mata Atlântica	Diversos estágios de regeneração ecológica
Capoeira	Estágio inicial de regeneração de Mata Atlântica ou formação de árvores com copas isoladas
Campo antrópico	Vegetação rasteira, pasto
Reflorestamento	Eucalipto, pinus
Cultura agrícola	Chuchu, bambu, hortaliças
Sítio	Instalação rural
Chácara	Ocupação urbana de lazer
Urbano com densidade alta	Quadra urbana com mais de 75% de ocupação
Urbano com densidade média	Quadra urbana com ocupação entre 30 % e 75%
Urbano com densidade baixa	Quadra urbana com menos de 30% de ocupação
Urbano outros	Galpões comerciais e industriais, escolas, igrejas
Solo exposto	Áreas terraplenadas, escavações, bota-foras e aterros de resíduos sólidos

Figura 26.- Gráfico da distribuição relativas dos tipos de uso e ocupação do solo na APA do Cabuçu-Tanque Grande.

Deste levantamento, pode-se notar a predominância de áreas de mata nativa e usos rurais que motivaram a criação desta unidade de conservação de uso sustentável, importante para a biodiversidade e os recursos hídricos locais. Por outro lado, destaca-se o comprometimento do ambiente especialmente pela ocupação por moradias em áreas de preservação permanente e em vertentes íngremes, com a geração de áreas de risco geológico-geotécnico.

Segundo dados do *Mapeamento de riscos associados a escorregamentos em encostas e solapamentos de margens de córregos nas áreas de assentamento precário do município de Guarulhos* (PMG, 2004) resultante do Programa Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários do Ministério das Cidades, podemos encontrar na região do Cabuçu diversas situações de risco, resumidas no Quadro 11.

Este quadro associa-se a densidade habitacional observada na região, muito superior a taxa média de Guarulhos como pode ser visto na Figura 27. O perfil da população é de baixa renda, onde 65% correspondem a soma dos que não têm renda ou recebem até 3 salários mínimos. Quanto a escolaridade, 10% dos chefes de domicílio não tem instrução e mais de 60% possuem o ensino fundamental incompleto (PMG, 2006).

Quadro 11. Áreas de risco a moradias da região do Cabuçu (adaptado de PMG, 2004).

SETOR	Número de Moradias	Grau de Probabilidade
Jd. Monte Alto	17	Alto
Vila Cambará	4	Muito Alto
Vila Cambará	2	Alto
Vila Cambará	7	Baixo
Jd Novo Recreio/Recreio São Jorge	350	Muito Alto
Jd Novo Recreio/Recreio São Jorge	154	Alto
Jd Novo Recreio/Recreio São Jorge	52	Médio
TOTAL	586

Figura 27. Gráfico da densidade habitacional que equivale ao número de pessoas por domicílio (PMG, 2006).

Outros tipos de uso e ocupação que merecem destaque, são:

- O aterro sanitário da Quitaúna que atende todo o município de Guarulhos;
- Os dois bota-foras de material excedente da canalização do rio Cabuçu de Cima (DME 6 e 10, Andrade Gutierrez);
- As Estações de Tratamento de Água (ETA) do Cabuçu e do Tanque Grande pertencentes ao SAAE e que abastecem parte do município;
- O Centro Administrativo da PROGUARU que presta serviço de manutenção dos sistemas viário e drenagem na região do Cabuçu e apresenta uma unidade de reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD);
- O Centro de Convenções Santa Mônica;
- Os pesqueiros Cabosol, Assai e Recanto das Lagoas;
- O histórico Sítio da Candinha;
- A propriedade conhecida como Águas Claras;
- A fazenda Tanque Grande;
- A floresta de bambu do Miyazaki.

Outros usos que influenciam pela proximidade com a região do Cabuçu-Tanque Grande são as pedreiras FIRPAVE e REAGO, e o aterro de resíduos industriais CDR.

O processo de ocupação urbana é, evidentemente, o de mais difícil controle, especialmente aqueles relacionados aos acessos viários que induzem esta ocupação. Neste sentido destacamos como situações mais críticas a serem gerenciadas as seguintes:

a) Acessos críticos:

- Estrada dos Veigas;
- Variante dos Veigas;
- Estrada do Tanque Grande (região do Sítio da Candinha);
- Estrada Morro do Sabão;
- Estrada das Oliveiras (Jd. Monte Alto);
- Rua Hans Heithel Hohl (Vila Julieta)

b) Tendência de novos acessos:

- Entre o Sítio dos Morros e a Vila Julieta (rua Monteiro);
- Entre o Jd. Fortaleza (rua Roberto Militão ao lado nº 255) e a ETA Tanque Grande.

c) Expansão lateral de áreas urbanas:

- Novo Recreio (rua Santana);
- Jd. Primavera (rua Dolomita);
- Vila União (rua Granito);
- Vila Operária (Av. Benjamin Harris Hunnicutt);
- SABESP (Av. Pedro de Souza Lopes);
- Fundo de vale do córrego Cabuçu entre o Jd. Monte Alto e o Recreio São Jorge.

Quanto à disposição de resíduos, observa-se a concentração desta atividade na Bacia do Ribeirão Piracema, formando uma verdadeira bacia de resíduos (Quitaúna, CDR, bota-foras).

4.2.2 Legislação ambiental

A análise da legislação ambiental é uma importante referência para o planejamento territorial. Foram consideradas especialmente as áreas de preservação permanente (APP) previstas na legislação ambiental federal (Código Florestal . Lei 4.771/65 (BRASIL, 1965), alterada pela Lei 7.803/89 (BRASIL, 1989), Resoluções CONAMA 302 (BRASIL, 2002a) e 303 (BRASIL, 2002b), e lei municipal nº 4.566/94 (GUARULHOS, 1994).

Estas áreas conhecidas como APPs correspondem em sua maioria nas faixas de largura variável situadas nas margens dos corpos d'água, tais como as nascentes, córregos e lagos, estes últimos artificiais e, com exceção do Tanque Grande, sem utilização para abastecimento público (Código Florestal e CONAMA).

Associam-se a estas faixas as porções correspondentes aos terços superiores dos morrotes, morros ou montanhas (Código Florestal e CONAMA), assim como os maciços florestais nativos com área superior a 10.000 m² (lei municipal 4566/94).

O Mapa de Legislação Ambiental (Anexo 3) permite observar a existência de uma extensa rede de APPs marginais a corpos d'água articuladas aos maciços florestais nativos, que ressalta tanto aspectos ligados a densa rede de drenagem existente e topos de morro, bem como a distribuição de remanescentes de mata atlântica aí encontrados. A Tabela 3 apresenta os dados relativos a cada categoria de APP.

Tabela 3. Proporção das áreas de preservação permanentes na APA Cabuçu-Tanque Grande.

CATEGORIA	ÁREA ABSOLUTA	ÁREA RELATIVA
ARÉAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE MATAS > 1 ha	13,9 Km ²	43 %
ARÉAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE TOPOS DE MORRO E MONTANHA	5,8 Km ²	18 %
ARÉAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE CURSOS D'ÁGUA	6,8 Km ²	21 %
ARÉAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE REUNIDAS	20,4 Km ²	63 %

As diferentes coberturas vegetais e formas de uso do solo revelam as situações em que se encontram as APPs, demonstradas nas Tabelas 4 e 5, Figuras 28 e 29.

Tabela 4. Situação das APPs de topos de morro e montanha na APA Cabuçu-Tanque Grande.

COBERTURA DO SOLO	SITUAÇÃO LEGAL	ÁREA RELATIVA
MATA	CONFORMIDADE	54,97 %
CAPOEIRA	CONFORMIDADE	0,72 %
CAMPO ANTRÓPICO	INCONFORMIDADE	14,02 %
REFLORESTAMENTO	INCONFORMIDADE	24,12 %
CULTURA AGRÍCOLA	INCONFORMIDADE	0,19 %
SÍTIO	INCONFORMIDADE	0,20 %
CHÁCARA	INCONFORMIDADE	0,09 %
URBANO	INCONFORMIDADE	4,45 %
SOLO EXPOSTO	INCONFORMIDADE	1,09 %

Figura 28. Gráfico da situação das APPs de topos de morro e montanha.

Tabela 5. Situação das APPs de cursos d'água na APA Cabuçu-Tanque Grande.

COBERTURA DO SOLO	SITUAÇÃO LEGAL	ÁREA RELATIVA
MATA	CONFORMIDADE	47,39 %
CAPOEIRA	CONFORMIDADE	0,72 %
CAMPO ANTRÓPICO	INCONFORMIDADE	17,15 %
REFLORESTAMENTO	INCONFORMIDADE	23,28 %
CULTURA AGRÍCOLA	INCONFORMIDADE	1,28 %
SÍTIO	INCONFORMIDADE	0,66 %
CHÁCARA	INCONFORMIDADE	0,62 %
URBANO	INCONFORMIDADE	6,54 %
SOLO EXPOSTO	INCONFORMIDADE	1,59 %

Figura 29. Gráfico da situação das APPs de corpos d'água.

A situação das APPs de topos de morros e montanhas em cerca 55 % encontra-se preservadas, enquanto que pouco mais de 44% estão degradadas. Quanto as APPs que envolvem os corpos d'água, cerca de 48% estão preservadas enquanto cerca de 52% estão degradadas.

Estes dados demonstram que as irregularidades nas APPs, precisam ser tratadas de forma diferenciadas. As áreas de campo antrópico podem ser consideradas como uma reserva de terras para a recomposição florestal mais imediata. Noutro extremo, as áreas urbanas precisam passar por um processo de regularização através de projetos de requalificação urbana.

4.2.3 Geologia

O substrato geológico da APA Cabuçu-Tanque Grande tem forte influência sobre o relevo e os solos, em parte pela composição mineralógica e resistência diferencial das rochas ao intemperismo, mas principalmente pela presença marcante de falhamentos e fraturas de origem tectônica que modelam blocos estruturais.

O profundo intemperismo químico é verificado nos espessos mantos de alteração que variam em relação as diferentes rochas. A composição dos saprólitos é um importante fator intrínscio para a caracterização geotécnica de processos superficiais nas vertentes sob intervenção urbana.

O levantamento geológico apresentado no Mapa Geológico-Geotécnico elaborado na escala 1:10.000 (Anexo 4), foi subsidiado por estudos anteriores, com destaque aos levantamentos geológicos na escala 1: 25.000 de Juliani (1993), e, na

escala 1: 50.000 de Dantas (1990) e Coutinho (1979), e detalhado no presente estudo.

O substrato geológico da APA é totalmente constituído por rochas cristalinas, sobre as quais se desenvolvem coberturas coluvionares, havendo coberturas sedimentares muito restritas a pequenas planícies de soleira em vales fluviais atuais.

Grande parte destas rochas cristalinas estão relacionadas a unidade litoestratigráfica denominada de Grupo Serra do Itaberaba de idade Mesoproterozóica, cujas formações estão descritas no Quadro 12.

Quadro 12. Descrição das formações do Grupo Serra do Itaberaba (JULIANI et al, 1995).

Formação Morro da Pedra Preta
Basal, composta essencialmente por anfibolitos, anfibólio xistos, metabasitos e xistos diversos, com rochas meta-vulcanoclásticas, cálcio-silicáticas, metassedimentos quartzosos, formações ferríferas, metavulcânicas/vulcanoclásticas intermediárias a ácidas, cordierita-granada-cummingtonita anfibolitos, turmalinitos e margarita-corindon xistos (marunditos). Inclui rochas metabásicas com <i>pillow lavas</i> . A composição química é compatível com tholeiitos gerados em segmentos normais de cadeias meso-oceânicas (Tipo N), com possíveis gradações para zona sob influência de plumas mantélicas (Tipo E).
Formação Nhangucu
Superposta concordantemente à anterior, mas com discordâncias erosivas e/ou tectônicas locais. É constituída por metapelitos manganésíferos e cálcio-pelitos com lentes subordinada de rochas carbonáticas/cálcio-silicáticas em suas porções superiores, além de raros corpos de metabasitos e metavulcanoclásticas e turmalinitos. Este conjunto está recoberto por xistos finos bandados, ricos em andaluzita.
Formação Pirucaia
Essencialmente quartzítica, representando sedimentos clásticos grossos de partes marginais da bacia deposicional do Grupo Serra do Itaberaba.

O levantamento geológico realizado permitiu identificar que as litologias predominantes são rochas metassedimentares, metavulcânicas básicas e rochas de filiação granítica.

Os metassedimentos são em sua maioria de origem pelítica, havendo variações químico-clástica (cálcio silicáticas). Esta sequência metassedimentar foi correlacionada com a Formação Morro da Pedra Preta que teria origem numa sequência metavulcanosedimentar cuja evolução pode ter sido iniciada com a deposição em um rift ensialico que evoluiu para uma bacia oceânica profunda. Os

sedimentos associados são pelágicos, com contribuições de turbiditos distais, e tem associados rochas vulcânicas, vulcanoclásticas, formações ferríferas do tipo Algoma, rochas cálcio-silicáticas, entre outras (JULIANI, 1993).

Foi reconhecida outra unidade psamítica relacionada a Formação Pirucaia, que ocorre de forma muito restrita como um corpo de quartzito que sustenta o topo da Serra da Pirucaia.

As intrusões de rochas granitóides são representadas por tonalitos a granodioritos não porfíricos, muito deformados por cisalhamento rúptil-dúctil, relacionados ao Proterozóico Superior tardio (JULIANI, op cit).

Na seqüência metavulcanossedimentar, o grau metamórfico indica variação de fácies xisto verde até a fácies anfibolito. Observa-se uma variação na predominância de sericita filitos e xistos finos, associados a metassiltitos mais comuns no setor oeste, para muscovita xistos comumente porfiroblásticos mais comuns no setor leste.

Diversas zonas de cisalhamento que recortam o conjunto cristalino com direção SW-NE, foram geradas em eventos transcorrentes recorrentes no Pré-Cambriano. São encontrados milonitos, ultramilonitos, protomilonitos e cataclasitos, além de blastomilonitos, especialmente de rochas granitóides. Há também diversas fraturas e falhas geológicas que seriam relacionadas a reativação cenozóica, desenvolvidas em períodos de transpressão e de transtensão (JULIANI et al, 1995), que interceptam de forma transversal as foliações principais e as zonas de cisalhamento.

Nota-se claramente uma fase de deformação predominante relacionada a uma foliação metamórfica S2, supostamente sub-paralela ao acamamento sedimentar original. A análise de 128 superfícies S_n medidas em campo, indicaram direções principais NE, caimento subvertical com leve variação entre SE e NW, eixo de dispersão principal N45E (Figura 30). Estas coincidem com as direções preferenciais brasileiras das zonas de cisalhamento.

Figura 30. Diagrama de contagem (rede Schmidt) análise das superfícies S_n .

Esta estruturação geológica regional brasileira que alinha o relevo de forma geral, manifesta-se por vários quilômetros de extensão acompanhando as zonas de cisalhamento (falhas transcorrentes), com destaque para a Falha do Barro Branco, a Falha do Cabuçu e a Falha dos Veigas.

Estas zonas de cisalhamento apresentam rochas cataclásticas de diferentes graus de moagem muito comuns na área, sempre acompanhando as direções SW-NE. Nota-se um alto grau de cristalinidade destas faixas que formam cristas alinhadas no relevo. Localmente, encontram-se xistos com textura mais grossa.

A direção brasileira (SW-NE) também reflete uma tropia muito a moderadamente orientada no relevo, expressa na grande quantidade de lineações de drenagem.

As fraturas e possíveis falhas normais e inversas, apresentam direções predominantes SE-NW e promovem de forma notável a formação de vales fluviais também formando padrões de lineações de drenagem.

A influência da estrutura geológica na paisagem é marcante, tendo forte expressão no relevo. É forte a influência das deformações Pré-Cambrianas do Ciclo Brasileiro, e as Meso-Terciárias do Ciclo Sul-Atlântico.

Os traços tectônicos são muito visíveis tanto na origem dos fundos de vale, quanto nos alinhamentos de vertentes e topos de elevações. Formam blocos estruturais que compartimentam o relevo de forma geral em superfícies com diversos níveis, influenciando portanto, tanto a pedogênese quanto a formação de depósitos de encosta (colúvios). Pode-se notar forte influência nos depósitos

Quaternários, cujas pequenas planícies adquirem formas poligonais encaixadas sobre o substrato cristalino.

A direção predominante das foliações, falhamentos, fraturas e contatos geológicos (SW/NE), condicionam a orientação de muitas cristas e vertentes, do canal do córrego Cabuçu e de alguns outros cursos d'água (subsequentes). A direção do fraturamento e falhamento (NW/SE) que interceptam as estruturas anteriores, são também responsáveis pela orientação de grande parte dos canais fluviais (consequentes). Esta conjunção de estruturas resulta num padrão de drenagem predominantemente dendrítico, com situações no padrão em treliça com ângulos quase retos.

4.2.4 Relevo

A APA do Cabuçu-Tanque Grande encontra-se no Planalto e Serra da Mantiqueira, unidade geomorfológica do Cinturão Orográfico do Atlântico (ROSS; MOROZ, 1997). Na APA a maior altitude é encontrada na Serra do Bananal (1125m) e a menor no rio Cabuçu de Cima (741m). O Quadro 13 apresenta um resumo do pontos extremos da região.

Quadro 13. Extremos de altitude na região da APA do Cabuçu-Tanque Grande.

LOCAL	COORDENADAS PLANAS		ALTITUDE
	X	Y	
PEC - SERRA DA PIRUCAIA (NÚCLEO CABUÇU/HORTOLÂNDIA)	7.415.511 E	343.174 N	1.184m
MORRO DO VIANA - SERRA DO BANANAL (TANQUE GRANDE)	7.416.095 E	352.307 N	1.125m
PONTE DAS TRÊS CRUZES - RIO CABUÇU DE CIMA (CABUÇU)	7.408.360 E	340.090 N	741m
DIFERENÇA MÁXIMA DE ALTITUDE			443m
ALTITUDE MÉDIA SIMPLES DA REGIÃO			962m
ALTITUDE MÉDIA SIMPLES DA APA			933m

A análise morfométrica do relevo foi efetuada através de perfis topográficos (Figuras 31 à 36), dos Mapas Hipsométrico (Anexo 5) e de Declividades (Anexo 6) na escala 1:10.000, tendo portanto uma abordagem paramétrica.

Os perfis topográficos foram definidos buscando segmentar ortogonalmente os principais vales que coincidem com as estruturas geológicas mais frequentes. As classes hipsométricas e de declividades foram determinadas de forma a destacar dos níveis topográficos dos diferentes compartimentos do relevo, buscando estabelecer valores usuais orientados pela literatura técnica e legislação pertinente.

O mapeamento geomorfológico (Anexo 1) analisado juntamente com o mapa hipsométrico, permite observar que predominam na APA os sistemas de relevo morros e montanhas (entre 800 e 1100m), em menor proporção os morrotes paralelos (abaixo de 800m), de forma muito restrita os morros e morrotes (entre 800 e 900m), e as planícies fluviais (predominando abaixo de 800m).

O perfil das vertentes são convexos do topo a base das elevações. As declividades são no geral elevadas, ocorrendo setores com declividade mais suave em pequenos trechos na vertente e outros muito estreitos nos topos. Na APA como um todo, 43% das declividades estão acima de 30%. De forma a descrever de forma qualitativa os valores de declividade, optou-se pela classificação apresentada no Quadro 14.

Quadro 14. Classificação qualitativa adotada para as declividades.

CLASSES	INTERVALOS DE DECLIVIDADE
MUITO ALTA	> 45%
ALTA	30 Æ 45%
MÉDIA	15 Æ 30 %
BAIXA	5 Æ 10 %
MUITO BAIXA	< 5%

Nos topos das elevações observa-se a presença de cristas alinhadas desenvolvidas principalmente nas áreas de morros e montanhas. A rede de drenagem é densa e apresenta um padrão de drenagem predominantemente dendrítico com variações para treliça, refletindo forte condicionamento lito-estrutural (CHRISTOFOLETTI,1980).

Os vales das drenagens de baixa ordem são muito encaixados, com perfis transversais em %+. Os vales um pouco mais abertos estão relacionados ao córrego Cabuçu e córrego Tanque Grande. Os perfis topográficos demonstram estas feições e servem para realçar a forma que apresentam os morros e montanhas.

Figura 31. Mapa de localização dos perfis topográficos

Figura 32. Perfil topográfico A-Aq

Figura 33. Perfil topográfico B-Bq

Figura 34. Perfil topográfico C-Cq

Figura 35. Perfil topográfico D-Dq

Figura 36. Perfil topográfico E-Eq

Anomalias morfométricas nos perfis longitudinais das drenagens foram observadas por Guedes (2007) na microbacia do Cabosol, sendo atribuídas a deformações neotectônicas. Este fato reitera as observações efetuadas por Acklas

et al (2003) para as drenagens no município de Guarulhos com base no método *Relação Declividade-Extensão* - RDE (HACK, 1973, apud ET CHEBEHERE, 2000).

Aplicando a integral hipsométrica de Strahler (1952), foi encontrado um valor próximo a 793m como a média da altitude da APA. Este valor coincidentemente está muito próximo da cota 800m que demarca duas situações morfométricas distintas. Abaixo da cota 800m encontra-se um predomínio de declividades muito baixas, baixas e médias em 73% dos terrenos. Acima desta cota, predominam declividades altas até muito altas em 52% dos terrenos. Assim, a cota 800m é um valor de referência importante para a análise geotécnica.

A cota 800m tem expressão regional como foi apontado por AbqSaber (1957). Em Guarulhos ela é muito evidente no território, identificando claramente a existência de dois domínios morfológicos como pode ser observado na Figura 37.

Na APA as terras abaixo da cota 800m ocorrem preferencialmente nas bacias do rio Cabuçu de Cima, córrego Invernada e a jusante da barragem do Tanque Grande (Córrego Tanque Grande). Terras acima da cota de 800m predominam na microbacia do Tanque Grande montante, também associadas as principais cabeceiras e divisores de águas.

Importante destacar que há um setor na APA que foi profundamente alterado quanto as amplitudes e declividades por causa da implantação do loteamento Parque Continental. Em certos trechos as elevações foram reduzidas em cerca de 20 metros a altura, foram formadas plataformas planas amplas através de aterros, e taludes íngrimes de corte e aterro. O mesmo pode ser verificado nas áreas de disposição de resíduos sólidos. Estes fatos podem ser observados na escala deste mapeamento.

Outras áreas urbanas promoveram movimentações de terra locais de pequena dimensão, porém, de forma muito concentrada, que modificaram em menor proporção as amplitudes locais, prevalecendo na escala deste mapeamento, a média das amplitudes e declividades originais da topografia pouco interferindo no resultado dos modelos hipsométrico e de declividade gerados.

Figura 37. Faixas hipsométricas observadas no território de Guarulhos em relação ao território da APA Cabuçu-Tanque Grande (adaptado de ANDRADE, 1999).

Pode-se concluir destes resultados que as amplitudes e declividades elevadas favorecem sobremaneira o escoamento superficial e assim, processos de natureza erosiva. Esta observação pode ser generalizada para todas as elevações existentes, com nuances que podem ter certa variação em relação aos comprimentos de rampa das vertentes, haja vista que as declividades altas organizam-se de forma praticamente uniforme, distribuídas da cota 800m até o topo dos morros e montanhas.

Este fato significa que as coberturas biofísicas (solo e vegetação), têm papel fundamental na manutenção do balanço entre o escoamento superficial e a infiltração das águas e, conseqüentemente, na estabilização de processos erosivos.

4.2.5 Solos

O Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA, 1999; OLIVEIRA et al, 1999), indica para a região da APA do Cabuçu Tanque Grande a predominância de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, fato também apontado no Projeto Radam Brasil (BRASIL, 1983).

Estes ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO são caracterizados pela textura argilosa, em relevo fortemente ondulado, associado a CAMBISSOLOS HÁPLICOS distróficos com textura argilosa e média em relevo forte ondulado e montanhoso, ambos com A moderado, que podem estar associados também a LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS distróficos, com textura argilosa, em relevo fortemente ondulado e montanhoso, ambos com A moderado.

Subordinadamente ocorreriam os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS distróficos, em relevo montanhoso e fortemente ondulado, associado a CAMBISSOLOS HÁPLICOS distróficos, em relevo montanhoso, ambos com A moderado e textura argilosa. Indica ainda, a ocorrência de forma muito restrita de uma variedade de Organossolos Mésicos ou Háplicos (solos orgânicos) associados às planícies fluviais.

Estudos efetuados com maior detalhe por Rossi et al (1997) no Núcleo Águas Claras do PEC, indicam que os solos predominantes na Serra da Cantareira são na verdade os Latossolos em frequente associação com os Cambissolos, e por vezes com Neossolos Litólicos, não sendo encontrados os Argissolos.

A profundidade destes solos podem variar em função da declividade das vertentes e dos tipos geológicos diferentes, mas no geral apresentam pouca profundidade, raramente maior que 1,5 metro, sendo alguns especialmente rasos como no caso daqueles originados da alteração de quartzitos e filitos com menos de 1 metro de espessura (SARTORELLO; ROSSI, 2004).

O levantamento pedológico mais recente efetuado em Guarulhos (ROSSI et al, 2009), indica que a região da APA é dominada por Cambissolos e Latossolos que ocorrem seguindo a conformação das vertentes e do declive, Latossolos em áreas menos declivosas e Cambissolos nas mais acentuadas. Esclarece também algumas propriedades físicas destes solos lateríticos que, de maneira geral, predominam como medianamente plásticos e são caracterizados como argilas médias. Apresentam ainda drenagem moderada.

O reconhecimento local permite observar a associação dos Gleissolos com os fundos de vale e as várzeas, sob condições de encharcamento. Superficialmente, correspondem a solos orgânicos, em profundidade são bem lixiviados e estando em condições de saturação abaixo do nível d'água (lençol freático), apresentando colorações acinzentadas claras com variegatismo.

A presença constante de linhas de pedra na base dos solos lateríticos e a forte evidência de rastejo através de terracetes observados nas vertentes, visível onde vegetação é rasteira, indicam um marcante coluvionamento que é observado de forma ampla, desde a base até os topos de todos os morros, revelando um caráter alóctone para estes solos.

A assembléia de solos quando comparadas com as faixas de altitude, revelam uma relação direta. Os Gleissolos predominam abaixo da cota 800m, os Latossolos nas partes mais baixas das vertentes até a cota 900m, os Cambissolos e associações vão gradualmente ocupando o lugar dos Latossolos com a altitude, predominando finalmente nas terras mais elevadas quando podem ocorrer os Neossolos também, e até topos rochosos. O Quadro 15 apresenta um resumo dos tipos de solos encontrados na APA.

Quadro 15. Solos encontrados na APA Cabuçu-Tanque Grande com base em Rossi et al (2009).

SIGLA	DESCRIÇÃO
LA	Associação de Latossolo Amarelo distrófico típico ou câmbico, pouco profundo; com Cambissolo Háplico Tb distrófico típico ou léptico, ambos textura argilosa
LVA1	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico; e Cambissolo Háplico Tb distrófico típico ou léptico, ambos textura argilosa e pedregosos
LVA2	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico e Cambissolo Háplico Tb distroférico típico ou léptico, ambos textura argilosa e pedregosos
CX1	Cambissolo Háplico Tb distrófico típico, textura argilosa, pedregoso e rochoso (CX)
CX2	Cambissolo Háplico Tb distroférico típico, textura argilosa, pedregoso e rochoso
CX3	Associação de Cambissolo Háplico Tb distrófico típico ou léptico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, ambos textura argilosa e pedregosos
CX4	Associação de Cambissolo Háplico Tb distroférico típico ou léptico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, ambos textura argilosa e pedregosos
CX5	Associação de Cambissolo Háplico Tb distrófico típico ou léptico; e Latossolo Amarelo distrófico típico, pouco profundo, ambos textura argilosa
CX6	Associação de Cambissolo Háplico Tb distrófico típico, textura média a argilosa, pedregoso ou não pedregoso e Neossolo Litólico distrófico típico, textura arenosa a média
GM2	Associação de Gleissolo Melânico ou Háplico típico, textura argilosa; com Neossolo Flúvico, ambos Tb distróficos
RL	Associação de Neossolo Litólico distrófico típico, textura arenosa a média; e Cambissolo Háplico Tb distrófico, textura média a argilosa, pedregoso ou não pedregoso

Os solos de alteração de rocha ou saprólitos, apresentam relação direta com a rocha original, especialmente com respeito as estruturas e texturas. A foliação metamórfica e a clivagem ardosiana, se manifestam especialmente nos filitos e xistos finos. A presença de blocos cristalinos de dimensões variadas está associada as rochas granitóides, principalmente naquelas que encontram-se menos cisalhadas, em alguns casos com as rochas metabásicas. O fraturamento pode ser observado em várias situações. A presença abundante de veios de quartzo ocasionam a formação de linhas de pedra na base dos solos lateríticos no contato com os saprólitos.

De forma geral, os saprólitos apresentam uma textura siltosa, com variação para variedades arenosas em rochas granitóides e quartzíticas. Nos filitos, xistos, e anfibolitos, os saprólitos são siltosos sendo classificados como textura silte, franca e franco siltoso (ANDRADE, 1999).

Conclusivamente, observa-se uma forte associação dos solos com os parâmetros naturais como o clima e o ecossistema original, destacando-se especialmente a relação entre a geologia, o relevo e os solos, como anteriormente foi apontado por Andrade (op cit) para o município de Guarulhos. Nota-se que as rochas cristalinas e as grandes feições estruturais condicionaram a formação de relevos acidentados que apresentam Latossolos rasos constantemente associados com os Cambissolos em situação de coluvionamento.

A relativa uniformidade do manto de alteração sobre as vertentes na região, coberturas pedológicas extremamente argilosas no geral, indica intenso intemperismo químico sob a influência de um clima quente e úmido atuante por um tempo significativo ao longo do Quaternário. A pouca profundidade destes solos pode representar um balanço equilibrado entre a pedogênese e a morfogênese.

Os solos superficiais notadamente argilosos, são muito rasos portanto escassos. O caráter distrófico, que refere-se a saturação por bases inferior a 50%, significa que são bastantes ácidos, indicando que estes solos apresentam de média a baixa fertilidade. Apresentam na totalidade, teores elevados de alumínio (ROSSI et al, 1997).

Por outro lado, os solos de alteração de rocha são muito profundos e abundantes. No entanto são muito siltosos e arenosos (rochas graníticas e quartzitos), com alta limitação quanto a seu aproveitamento em obras de terra, e totalmente inaproveitável para a recuperação da cobertura vegetal.

Estes fatos associados a situação do relevo, permite concluir que os solos superficiais correspondem a um recurso natural muito frágil, com implicações fundamentais no potencial ecológico da região.

Por fim, cabe mencionar que nas áreas urbanizadas os solos foram quase totalmente decapados para execução de cortes, e depositados de forma aleatória em aterros onde predominam materiais siltsos da exploração dos saprólitos.

4.3 Cartografia geotécnica aplicada a APA do Cabuçu-Tanque Grande

4.3.1 Processos tecnológicos

Os problemas geotécnicos ocasionados pelo uso do solo nas áreas de morros, variam conforme os tipos de processos tecnológicos utilizados. Na ocupação urbana, a implantação dos lotes é feita em geral na sequência: remoção da cobertura vegetal, movimentação de terra e construção de casas. Dependendo do caso, após a terraplenagem há a colocação de guias e galerias de águas pluviais.

Todos estes fatos colaboram para mudanças na geometria e composição dos terrenos, influenciando a dinâmica das águas, podendo contribuir para a deflagração de processos superficiais intensos.

Outras intervenções podem apresentar ocorrências significativas de problemas geotécnicos, como as grandes lavras e aterros de resíduos que também são encontrados na região. Nestes casos, tratam-se de atividades que contam a princípio, com um gestão ambiental rigorosa na mitigação dos impactos durante a operação.

A suscetibilidade geotécnica de determinado terreno corresponde ao nível de vulnerabilidade que o meio físico apresenta diante de processos tecnológicos, ou seja, refere-se a facilidade de ocorrerem processos induzidos por obras civis ou manejo do solo. A suscetibilidade está relacionada com os fatores predisponentes destes processos e, mais diretamente, com a forma que se dá a intervenção técnica sobre o solo, sendo a caracterização do processo de ocupação e a identificação dos problemas, ponto de partida para a cartografia geotécnica conforme o método proposto.

A APA do Cabuçu-Tanque Grande faz parte de um território contínuo de morros que integra o cinturão verde que envolve a capital constituído por extensas áreas rurais. A observação de imagens aéreas antigas, permite observar fatos que elucidam a história de uso do solo. Nota-se que as áreas próximas ao reservatório do Cabuçu tem um processo de uso do solo mais dinâmico que aquelas na bacia do reservatório do Tanque Grande.

4.3.1.1 Uso do solo nas áreas próximas ao reservatório do Cabuçu

A construção da barragem e da adutora do Cabuçu concluídas em 1908, marcam um importante momento na história desta região de Guarulhos. Estas obras, bem como outras implantadas para captação de água, consolidaram a vocação dos mananciais da Serra da Cantareira para o abastecimento urbano da capital paulista na primeira década do século XX.

A análise da ocupação do solo na região do Cabuçu através de fotos aéreas, indica ao menos três fases mais recentes: uma fase rural agrícola, com mineração (anterior a década de 60); uma fase rural com chácaras (a partir da década de 70); e uma fase rural-urbana (a partir dos anos 80).

Até a década de 60, verifica-se uma atividade agrícola extensa desenvolvida por toda a planície do córrego Cabuçu e nas partes baixas das vertentes (Figura 38). A silvicultura é observada em alguns morros baixos e atividades de exploração de brita pontuam na serra, estes fatos vem demonstrar uma vocação agrícola, florestal e mineral para a região nesta época.

Figura 38. Encontro das planícies do Ribeirão Engordador (esquerda) e do córrego Cabuçu (direita). Observa-se que as baixadas estão totalmente tomadas por quadras agrícolas em tons claros (Fonte: IAC, 1962. Escala original 1:25.000).

Uma fase rural com chácaras parece se desenvolver na década de 60 com a implantação de loteamentos (Figura 39). Este processo iniciar-se nas vertentes menos elevadas com topografia mais favorável. Verifica-se nestes casos que os

movimentos de terra são pouco intensos, em alguns casos limitado apenas a abertura do sistema viário, ficando os lotes na superfície topográfica original, com pouca ocorrência de aterros.

Figura 39. Implantação de loteamentos de chácaras próximos a represa do Cabuçu. Notar a abertura do sistema viário, a formação das quadras e o início de ocupação de algumas chácaras (Fonte: IAC, 1962. Escala original 1:25.000).

Curiosamente, após 8 anos a gleba parcelada verificada pelas ruas demarcadas em 1962, é abandonada como pode ser observado pelo crescimento da vegetação no mesmo local na imagem de 1970 (Figura 40). No entanto, outra gleba adjacente está sendo parcelada neste tempo com abertura de novas ruas e quadras, constituindo o loteamento Chácaras Cabuçu.

Figura 40. Visão da implantação das Chácaras Cabuçu, ainda pouco ocupadas em 1970 (Fonte desconhecida).

No início da década de 80, os lotes das Chácaras Cabuçu e do Recreio São Jorge encontram-se efetivamente ocupados como pode ser observado na Figura 41. Permanecem com uma ocupação de baixa a média densidade até 1988, quando já observa-se evidências de desmembramento irregular das chácaras e outros terrenos em lotes pequenos (Figura 42).

Figura 41. Visão das Chácaras Cabuçu e parte do Recreio São Jorge ocupados no início dos anos 80 (Fonte: SNM/EMPLASA/SCM, 1980/81).

Figura 42. Visão das Chácaras Cabuçu (centro-inferior) e parte do Recreio São Jorge (esquerda-superior) ocupados no final dos anos 80. Nesta ocasião o reservatório do Cabuçu encontra-se desativado (Fonte: ELETROPAULO/EMPLASA/SABESP, 1988).

Em 1988, loteamentos com grandes movimentações de terra estão se instalando em morros baixos, como é a implantação do Parque Continental III (Figura 43), quando começam ocorrer processos intensos e acelerados de erosão e assoreamento (Figura 44).

Figura 43. Visão da movimentação de terra na implantação do Parque Continental em 1988 (Fonte: ELETROPAULO/EMPLASA/SABESP, 1988).

Este período é caracterizado por uma forte pressão pelo uso urbano, marcando a aproximação dos limites da cidade a região do Cabuçu, transpondo a cordilheira de morros e oferecendo uma opção tecnológica para isso através do aplanamento intenso do relevo pelo desmonte das elevações e aterro dos fundos de vale através de máquinas pesadas. A implantação do Pq Continental na região do Cabuçu, anuncia o interesse imobiliário em criar potencial de uso do solo para fins urbanos, estimulando a busca por terras, novos projetos e moradias.

Como consequência destes grandes loteamentos, registra-se uma fase de degradação do solo e dos corpos d'água de dimensões gigantescas, com reflexos generalizados nas propriedades vizinhas da margem esquerda do córrego Cabuçu, e mais a jusante no rio Cabuçu de Cima, contribuindo nas causas das inundações que sazonalmente assolaram as comunidades da Vila Galvão e Parque Edu Chaves nas décadas seguintes.

No Pq Continental a erosão do material mobilizado na terraplenagem gerou volumes colossais de depósitos de assoreamento nos fundos de vale, extinguindo em pouco tempo lagos e alterando os leitos naturais dos cursos d'água, com custos elevados para o meio ambiente, o patrimônio privado e o poder público.

Figura 44. Detalhe da movimentação de terra na implantação do Parque Continental III demonstrando o ravinamento intenso de aterros (Fonte: ELETROPAULO/EMPLASA/SABESP, 1988).

No ano 2000 pode-se observar que os loteamentos se ampliaram, o número de chácaras se reduziram, e outras glebas de terra adjacentes ao Recreio São Jorge

e as Chácaras Cabuçu foram parceladas clandestinamente. Iniciado em 1995, o Novo Recreio firma-se como um loteamento clandestino com elevada incidência de áreas de risco geológico-geotécnico, que somam-se as existentes no Recreio São Jorge.

O crescimento destas ocupações praticamente uniram em um único núcleo urbano as Chácaras Cabuçu, o Recreio São Jorge e o Novo Recreio. A lei de zoneamento urbano de Guarulhos em 1998, estabeleceu então uma zona de expansão com essas áreas. Outros focos de urbanização que surgiram foram os Jd dos Cardosos, Siqueira Bueno e Vila Julieta, além do Jd Monte Alto que já existia.

Figura 45. Visão das Chácaras Cabuçu e terrenos vizinhos quase totalmente transformados em loteamentos clandestinos no ano 2000 (Fonte: PMG, 2000).

Figura 46. Visão parcial do Recreio São Jorge e Novo Recreio no ano 2000 ocupados com alta densidade (Fonte: PMG, 2000).

Figura 47. Visão em detalhe do Novo Recreio. Notar a alta densidade ocupacional de alguns setores, e o avanço de moradias sobre áreas de floresta e declividade elevadas (Fonte: PMG, 2000).

Enquanto a autoconstrução e a baixa renda representam o padrão de ocupação no Recreio São Jorge e Novo Recreio (Foto 1), no Pq Continental a ocupação urbana consolida-se num padrão classe média, com lotes um pouco

maiores e muitas casas construídas com muros de contenção. De formas diferenciadas, ambos vão evoluir para uma alta densidade urbana.

Foto 1. Exemplo de autoconstruções no Recreio São Jorge (Foto: Oliveira et al., 2005).

Áreas abandonadas no Pq Continental III, especialmente terras destinadas ao poder público e os fundos de vale, ainda mantém o registro da ampla degradação ambiental que ocorreu, expondo ravinas extensas e depósitos de material instável nas baixas vertentes e acumulados nos fundos de vale. Apenas uma vegetação rasteira de espécies invasoras que ocorrem de forma precária, recobre estas áreas desertificadas.

Figura 48. Visão da ocupação do Pq Continental III no ano 2000 (Fonte: PMG, 2000).

Além da vocação urbana cada vez mais fortalecida, a região do Cabuçu mantém até os dias de hoje uma atividade extrativista destinada a produção de material de construção, representada pela empresa FIRPAVE na exploração da brita de rocha granítica e a areia a partir do quartzito.

A partir da década de 80, verifica-se que a região agrega mais uma função ao abrigar o lixão da Quitaúna posteriormente transformado em aterro controlado (Figura 49), que antendeu durante cerca de duas décadas a cidade de Guarulhos. A disposição de resíduos sólidos passou a ser uma vocação da região com muitas áreas de plantação e reflorestamento sendo transformadas em aterros de resíduos sólidos. A própria pedreira FIRPAVE ampliou sua atividade para um aterro de resíduos industriais atualmente em operação, conhecido como CDR.

Figura 49. Visão do aterro de resíduos urbanos da empresa Quitaúna (esquerdo inferior) e da pedreira FIRPAVE em funcionamento no ano 2000 (Fonte: PMG, 2000).

Atualmente, à frente do CDR (FIRPAVE) opera o novo aterro sanitário da empresa Quitaúna que atende Guarulhos, e uma série de bota-foras de resíduos da construção civil.

4.3.1.2 Uso do solo nas áreas próximas ao reservatório do Tanque Grande

A região do Tanque Grande apresentava terras rurais na década de 70 com uma atividade agrícola pouco evidente, e muitas áreas de campo antrópico (Figura 50).

Figura 50. Visão da região do Tanque Grande em 1970 (Fonte desconhecida).

Seguindo a mesma tendência da região do Cabuçu, surge na região algumas chácaras, algumas adjacentes ao Parque Estadual da Cantareira, outras próximas ao reservatório do Tanque Grande (Figura 51).

A atividade agrícola desenvolvida na região do Tanque Grande até os dias de hoje pode ser considerada pequena. Na década de 90 surge dois pesqueiros, apontando para um novo ramo de atividade rural. No entanto, os barramentos e a baixa capacidade de armazenamento de água do reservatório, vão implicar em eventos de seca que revelam uma situação de razoável assoreamento do Tanque Grande, como pode em ser visto no ano 2000 pela Figura 52. Esse fato revela a importância do controle da erosão na bacia do Tanque Grande.

Figura 51. Terrenos próximos ao reservatório do Tanque Grande sendo ocupados por chácaras em 1988 (Fonte: ELETROPAULO/EMPLASA/SABESP, 1988).

Figura 52. Visão do reservatório do Tanque Grande no ano 2000 com o nível da água baixo expondo depósitos de assoreamento (Fonte: PMG, 2000).