

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Simone Lisboa dos Santos da Silva

EXTRAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA
DO RIO DE JANEIRO - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E PARÂMETROS DE ANÁLISE
NA INDICAÇÃO DE ÁREAS PRODUTORAS

RIO DE JANEIRO

2010

Simone Lisboa dos Santos da Silva

EXTRAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA
DO RIO DE JANEIRO - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E PARÂMETROS DE ANÁLISE
NA INDICAÇÃO DE ÁREAS PRODUTORAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós Graduação em
Geografia da Universidade Federal do Rio
de Janeiro como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Telma Mendes da Silva

Rio de Janeiro
2010

Simone Lisboa dos Santos da Silva

EXTRAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA
DO RIO DE JANEIRO - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E PARÂMETROS DE ANÁLISE
NA INDICAÇÃO DE ÁREAS PRODUTORAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós Graduação em
Geografia da Universidade Federal do Rio
de Janeiro como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em

Prof^a. Dr^a. Telma Mendes Silva (PPGG / UFRJ) – Orientadora

Prof^a. Dr^a. Ambrosina Helena Ferreira Gontijo-Pascutti (UFRRJ/Dept^o Geografia)

Prof. Dr. Paulo Pereira Gusmão (PPGG / UFRJ)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à professora Telma Mendes pela exemplar orientação, cuidado e dedicação.

Ao mestrando Marcos de Góis, pelo incentivo, revisão e formatação do texto final.

Ao Sr. Edmar Delatorre e Família, os quais gentilmente permitiram a realização das campanhas de campo.

À equipe de Geofísica do Depto. Geologia/UFRJ, especialmente aos professores Paula Lucia Ferrucio da Rocha e Roberto Hermann Plastino e ao mestrando Emerson Alves da Silva pelo apoio na etapa de extração e configuração do perfil de eletrorresistividade.

Ao Grupo de Pesquisa ESPAÇO/UFRJ, coordenado pela Prof. Carla Madureira, que cedeu as bases cartográficas do sistema viário e de uso do solo.

A Isis Gama, pela confecção do perfil estratigráfico.

Ao motorista Vanderlei pelo apoio em campo.

Ao técnico do laboratório “Maria Regina Mousinho de Meis” Joséilson Rodrigues da Silva pelas análises granulométricas.

Ao CNPq pela concessão da bolsa, incentivando esta pesquisa e o meu desenvolvimento intelectual e acadêmico.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ.

E aos amigos que compreenderam o período de retiro intelectual e apoiaram a conquista de mais uma etapa em minha vida!

*"O rio atinge seus objetivos, porque aprendeu a contornar
obstáculos."
Lao-Tsé*

RESUMO

O presente trabalho trata da exploração mineral de areia, realizada na área da baixada fluminense, associada aos terrenos de idade quaternária com morfologias planas e suaves, sendo por esta situação foco de interesse para instalação de diversos usos concorrentes, principalmente para ocupação urbana. Buscamos então traçar um panorama sobre o mercado fluminense de exploração de depósitos arenosos, propondo uma estrutura analítica com parâmetros físico-ambientais que fundamentem a proposta metodológica para identificação de novas áreas produtivas ao discutirmos alternativas de recuperação para as áreas degradadas pela mineração. Sendo assim, a partir da constatação da condição ambiental da tradicional área fornecedora de areia para a metrópole, referente à bacia do rio Guandu, buscou-se investigar os principais impactos associados e suas possíveis formas de mitigação.

Para atingir os objetivos propostos foram estabelecidos os seguintes níveis de análise: estratégico, logístico e operacional, os quais foram associados a escalas cartográficas adequadas ao detalhamento de cada nível. Resultante das avaliações nos dois primeiros níveis de análise, a Bacia do rio Surui foi indicada para a etapa de investigação mais detalhada. Neste sentido, para avaliação do pacote sedimentar da bacia do rio Surui, foi utilizada técnica de sondagem elétrica vertical, segundo os métodos de eletrorresistividade. A partir das tendências espaciais detectadas, delineia-se um cenário de expansão rumo à porção central da bacia da baía de Guanabara, decorrente da conjugação de diversos fatores propícios à atividade, dentre eles: sua localização estratégica e a ocorrência de amplas áreas de acumulação de sedimentação quaternária.

ABSTRACT

*SAND EXTRACTION IN THE RIO DE JANEIRO REGION METROPOLITAN –
Spatial distribution and parameters for analysis in the indication to producing areas*

This work deals with the mining of sand in the Baixada Fluminense area, associated with flat and smooth Quaternary land, and for this focus of interest for installation of various competing uses, especially for urban occupation. We seek the situation on the sand deposits market exploited in Rio de Janeiro, proposing an analytical framework with the physico-environment that supports the methodology for identification of new productive areas to discuss alternatives for the recovery of degraded mining areas. Thus, from the observation of environmental condition of the traditional donor area of sand to the metropolis - Guandu basin –, we aimed to investigate the main impacts associated with and possible forms of mitigation.

To achieve the proposed objectives we have established the following levels of analysis: strategic, logistical and operational, which were associated with appropriate cartographic scales. Resulting from the first two levels of analysis, the Surui Basin was named to the stage for further investigation. In this sense, to evaluate the sedimentary basin of the river Surui was used technique of vertical electrical sounding, according to the methods of resistivity. From the spatial trends detected, outlines a scenario of expansion into the central portion of the Guanabara Bay basin, due to the combination of several factors conducive to activity, among them: its strategic location and the occurrence of large areas of Quaternary sediment accumulation.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1: Mapa Geomorfológico elaborado por SILVA (2002).	17
Figura 2: Região Metropolitana do Rio de Janeiro e unidades produtivas de areia cadastradas no SIGMINE/DNPM - (2002).	18
Figura 3: Produção brasileira de areia, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro (2008).	19
Figura 4: Unidades de exploração de areia, segundo cadastro do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral em dezembro de 2008, considerando a exploração em todas as suas fases (autorização de pesquisa, licenciamento, concessão, requerimento de lavra). Em destaque a Bacia de Sepetiba e, particularmente a Bacia do Guandu. Elaborado por S.L.S. Silva.	21
Figura 5: Quadro síntese do diagnóstico ambiental realizado pelo Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (PERH – Guandu). Fonte: SONDOTÉCNICA (2005).	24
Figura 6: Área de ocorrência do Aquífero Piranema na bacia do rio Guandu	25
Figura 7: Cenário da mineração de areia: (A) progressão vertical da cava, com aprofundamento da escavação e exposição do lençol freático; (B) seleção granulométrica através de lavagem, com deposição dos sedimentos finos na lagoa de rejeitos - Areal Tropicaliente, em Itaguaí (Fotos: S. L. S. Silva, 2009).	30
Figura 8: Esquema das etapas de pesquisa que contituem a abordagem metodológica utilizada para desenvolvimento do trabalho.	32
Tabela 1 - Classes de Amplitude altimétrica para a definição dos compartimentos topográficos.	35
Figura 9: Quadro Síntese ‘esquemático’ das variáveis analisadas com valores atribuídos à classificação dos Níveis Logístico e Operacional para avaliação do Potencial de Áreas para Produção de Areia para as bacias e sub-bacias de drenagem do Mercado Consumidor Metropolitano do Rio de Janeiro.	39
Figura 10: Etapas da extração de areia em ambiente de cava no areal Tropicaliente - (A) Localização do Areal Tropicaliente, na bacia do Guandu; (B) logo após a areia misturada com a água é bombeada para caixas suspensas; onde (C) a seleção granulométrica é feita pela desagregação das partículas através de lavagem (Fotos: T. M. Silva, 2008).	41
Figura 11: Faixas de resistividade dos materiais.	42
Figura 12: Disposição dos eletrodos no arranjo Schlumberger.	43
Figura 13: Localização das SEVs - Sondagens Elétricas Verticais e do perfil estratigráfico realizados (A) , e em detalhe a localização em campo (B) .	44
Figura 14: Ilustração da primeira estação de coleta de dados. A – Detalhe do aparelho resistivímetro utilizado, onde observa-se o computador acoplado ao	45

multímetro **(a)** para medição da corrente elétrica e da voltagem, baterias **(b)** para gerar a corrente elétrica e amplificador de corrente **(c)** para amplificar a corrente gerada pelas baterias; **B** – eletrodo medindo 16 cm a partir da alça.

Figura 15: (a) eletrodos de corrente – que transmitem corrente elétrica para a subsuperfície do terreno, (b) carretéis de fios elétricos - ligados ao amplificador de corrente de um lado e do outro aos eletrodos fincados no chão, (c) eletrodos que recebem a corrente de retorno.	45
Figura 16: Foto mostrando a localização de perfil estratigráfico em parede exposta e coleta de amostras de solo para análise em laboratório; localização da primeira estação de coleta de dados por Sondagem Elétrica Vertical (SEV-2).	46
Figura 17: A – Localização do Perfil estratigráfico realizado em corte adjacente ao canal; B - Camadas identificadas em campo e coletadas para posterior análise granulométrica em laboratório.	47
Figura 18: Exemplo de gráfico para interpretação da SEV, sendo p - resistividade, h - profundidade, d - somatórios das profundidades (ou profundidade total). A curva em preto mostra os dados de campo e em vermelho o resultado da modelagem. Em azul as camadas com as diferentes resistividades.	49
Figura 19: A - Carta Estratigráfica Internacional (2008). O traçado contínuo em vermelho destaca o Período Quaternário; B - Oscilações climáticas registradas (glaciais/interglaciais e pluviais/interpluviais).	61
Figura 20: Baixadas da costa fluminense.	63
Figura 21: Distribuição da sedimentação quaternária nas bacias da RMRJ, e respectivo sistema viário (atual e previsto), e área urbana. Elaborado por S.L.S. Silva.	67
Tabela 2 - Fases atuais dos processos de licenciamento de extração de areia cadastrados no DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral (até 2009).	69
Tabela 3 – Ano de cadastro dos processos de produção de areia, considerando todas as fases de exploração, segundo dados do SIGMINE/DNPM.	70
Figura 22: Sub-bacias da Bacia da Baía de Sepetiba, áreas urbanas e exploração mineral, a nível estratégico de reconhecimento de depósitos. Elaborado por S.L.S. Silva.	71
Figura 23: Sub-bacias da Bacia da Baía de Guanabara, áreas urbanas e exploração mineral, a nível estratégico de reconhecimento de depósitos quaternários exploráveis.	72
Tabela 4 – Área total das grandes bacias da RMRJ e porcentagem das áreas dos compartimentos identificados, em destaque a classe relativa às feições quaternárias.	74
Tabela 5: Área absoluta e porcentagem das áreas de sedimentação quaternária por bacias e das áreas classificadas como de uso urbano nas sub-bacias da bacia da baía de Sepetiba.	77
Tabela 6: Área absoluta e porcentagem das áreas de sedimentação quaternária por bacias e das áreas classificadas como de uso urbano nas sub-bacias da bacia da baía de Guanabara.	78
Figura 24: Quadro Síntese ‘esquemático’ das variáveis analisadas com valores atribuídos à classificação dos Níveis Logístico e Operacional para avaliação do Potencial de Áreas para Produção de Areia para as bacias e sub-bacias de drenagem do mercado consumidor metropolitano do Rio de Janeiro. Elaborado por S.L.S. Silva.	81
Figura 25: Usos do solo na baixada da Bacia do Surui, localizada no município de Magé. Elaborado por S.L.S. Silva.	84

Figura 26: Visão panorâmica dos compartimentos geomorfológicos da Bacia do rio Suruí.	85
Figura 27: Curvas de campo das SEVs – sondagens elétricas verticais. SEV.2, realizada a cerca de 10 metros do canal; e SEV.3, realizada a cerca de 30 metros do canal.	86
Figura 28.A: Curva de interpretação da SEV.2 - ajustada pelo programa IPlzwin.	88
Figura 28.B: Curva de interpretação da SEV.3 - ajustada pelo programa IPlzwin.	89
Figura 29: Pseudo-seção de eletroressistividade conforme interpolação dos dados das SEVs.2 e 3.	90
Tabela 7 – Distribuição das frações granulométricas de acordo com a profundidade.	91
Figura 30: Perfil estratigráfico de terraço fluvial próximo a SEV.2.	92
Figura 31: Graus de recuperação de áreas degradadas pela mineração (modificado de Bitar e Braga, 1995).	97
Figura 32.A: Pedreira transformou-se em Parque de Lazer – Toronto, Canadá.	98
Figura 32.B: Antiga mina de carvão transformou-se em Anfiteatro – Virgínia, EUA.	98
Figura 32.C: Cava de extração de areia desativada transformou-se no lago Central do Parque Ibirapuera na cidade de São Paulo.	99
Figura 32.D: Cava de extração de areia desativada transformou-se na Raia Olímpica da Cidade Universitária da Universidade de São Paulo-USP.	99
Figura 33: Localização prevista do Parque Fluvial do Guandu.	105
Figura 34: Polígono areeiro de Itaguaí, distante cerca de 2 km das margens do Guandu, e não inserido diretamente no Projeto do 'Parque Fluvial Guandu'.	107

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	12
1.1. Questões e Objetivos	15
2. A REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO E A EXPLORAÇÃO DE DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS ARENOSOS	16
2.1. A associação entre depósitos quaternários e aquíferos porosos	27
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.1. Etapas de gabinete	33
3.2. Etapas de campo	40
3.3. Etapas de laboratório	47
3.4. Estruturação integrada de dados coletados e alcançados	48
4. EMBASAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO	50
4.1. Escalas e níveis de análise do planejamento ambiental	51
4.2. Os mecanismos de evolução da paisagem e a gênese dos recursos ambientais	58
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
5.1. Análises ao nível estratégico: as baixadas metropolitanas do Rio de Janeiro	66
5.2. Análises ao nível logístico: sub-bacias das bacias de Sepetiba e de Guanabara	76
5.3. Análises ao nível operacional: bacia do rio Suruí	82
5.4. Recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia em ambiente fluvial	94
6. CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

1. APRESENTAÇÃO

Em tempos em que o termo ambiental é difundido nas diversas dimensões da vida cotidiana, seja do simples indivíduo até as altas esferas da política internacional, torna-se ainda mais necessário o discernimento do que tal difusão significa para o avanço das ciências e, em contrapartida, como este avanço repercute nas transformações de práticas sociais e produtivas. O tema alcançou não somente uma estrondosa visibilidade global, como tem adquirido, através da implantação de políticas regulatórias ambientais (nacionais e internacionais), uma institucionalidade que lhe atribui grande peso na elaboração das demais políticas territoriais.

Para dar conta dos diversos e complexos aspectos desta questão, o discurso reveste-se de uma interdisciplinaridade que a relaciona a variados campos do conhecimento. Neste sentido, a Ciência Geográfica ao questionar sobre a espacialidade dos processos, contribui para o entendimento da dinâmica dos mesmos, uma vez que se considera que estes não estão inertes no tempo e no espaço. E num enfoque mais refinado, a Geomorfologia, enquanto disciplina afiliada à Geografia fornece o arcabouço teórico-metodológico para compreensão da dinâmica evolutiva dos diversos ambientes, os quais são objetos de manejo e gestão ambiental. Desta maneira os indícios geomorfológicos mostram grande relevância ao se delinear cenários ambientais retrospectivos e prospectivos; tendo em vista que a geomorfologia de uma dada área reflete sua história genética e evolutiva específica, a qual traduz a atuação e interação de vários elementos e fatores, naturais e antrópicos, modeladores da paisagem.

O crescente interesse pelos problemas ambientais relaciona-se intimamente com a percepção da deterioração da qualidade de vida das populações, representada pela degradação de determinados ambientes, que são significativos para o ser humano como nichos ecológicos ou fornecedores de bens naturais à

sociedade. Diante da constatação do atual nível de degradação ambiental surgem questionamentos sobre suas causas, efeitos, graus, limites e possíveis soluções.

Neste trabalho, considera-se que a exploração de recursos naturais seja uma das atividades mais representativas da clássica discussão geográfica sobre a relação sociedade e natureza, ou seja, a maneira mais clara e direta de apropriação da natureza pelo ser humano na qual os impactos e conflitos ficam mais evidenciados, sendo o requerimento primário para tal atividade o entendimento da dinâmica natural do ambiente a ser explorado. De acordo com os pressupostos de planejamento ambiental, propõe-se que a mera localização e identificação dos recursos seja somente a etapa inicial, que deve ser seguida de outras como o reconhecimento das condições ambientais para verificação da possibilidade de implantação e monitoramento da atividade produtiva e, sobretudo o tratamento dos impactos gerados e possível reaproveitamento do terreno para outros fins.

O presente trabalho examina um estudo de caso que abarca as questões apresentadas anteriormente: a exploração de depósitos quaternários na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Acredita-se que seja um caso bem propício para abordagem de aspectos referentes à gestão integrada, uma vez que se refere à exploração de depósitos arenosos de idade quaternária em ambientes e sub-ambientes fluviais, como as planícies flúvio-marinhas; áreas que envolvem não somente o gerenciamento do recurso mineral representado pelas areias, como também dos recursos hídricos, o que acaba por envolver múltiplos setores e esferas de governo.

No que se refere ao arcabouço geomorfológico, ressalta-se aqui que o reconhecimento de feições morfológicas de detalhe em uma bacia de drenagem deve ser considerado como plano de informação básico a ser analisado, visto que atuam como “ponto inicial” para a compreensão da dinâmica atuante na bacia hidrográfica; esta que se refere ao recorte espacial definido como unidade básica de evolução geomorfológica e recorte preferencial de políticas de planejamento e gestão ambiental.

A relevância do estudo baseia-se tanto na maneira de exploração deste recurso mineral quanto no ambiente afetado por esta atividade, visto que, por tratar-se de material de baixo valor agregado, a extração das areias que servem de insumo para a indústria de construção civil, apresenta técnicas de beneficiamento simples e

alta dependência do fator transporte no custo final. Assim, este tipo de exploração possui um caráter de seletividade espacial muito forte, sendo restrita às proximidades dos núcleos consumidores pelo requerimento financeiro; e reservada aos ambientes de sedimentação quaternária (feições fluviais) pela ocorrência natural de amplos depósitos deste material. Embora a mineração figure como uma atividade intensiva, e seus efeitos geralmente apontados como predatórios e irreversíveis, ela atua como um importante elo da cadeia produtiva como fornecedora de matéria-prima. Deste modo, o assunto configura-se de grande interesse não apenas ao setor mineral ou governamental, enquanto regulador, mas também à sociedade civil como um todo.

A situação da atividade exploratória dos depósitos arenosos quaternários na RMRJ torna-se ainda mais delicada, pelo fato de sua principal área fornecedora, a Bacia do rio Guandu, ser responsável também pelo abastecimento de água de grande parcela da população metropolitana. Some-se a isto a presença do aquífero sedimentar poroso Piranema e está configurado um cenário completo para ocorrência de conflitos e pressões para um maior controle ambiental, seja através de maior fiscalização, rigor nas normas técnicas ou criação de unidades de conservação, como, por exemplo, a Área de Proteção Ambiental da Bacia do rio Guandu – APA Guandu, instituída pela lei 3760/2002.

Configura-se, deste modo uma perspectiva de maior controle e restrições na exploração em curso nesta bacia, o que estaria em descompasso com o reaquecimento econômico vislumbrado para o estado do Rio de Janeiro. Onde há a expectativa de que, em função da produção de petróleo e gás, haja grandes investimentos no setor de construção civil devido à implantação de infraestrutura, aumento da demanda imobiliária, etc. Portanto, mesmo que pudéssemos argumentar que ainda não se tenha atingido os limites físicos quantitativos das reservas minerais deste material, as quais julga-se relativamente abundantes; outros limites têm se demonstrado mais restritivos, no que concerne aos conflitos sócio-ambientais e usos do solo competitivos.

1.1 – Questões e objetivos

Diante do exposto, e tendo em vista que a atual situação ambiental da principal área fornecedora deve-se não tão somente às práticas exploratórias como também aos grandes volumes de material extraído, o presente trabalho tem por objetivos:

- a. analisar a atual distribuição espacial da atividade de extração de areia da RMRJ, apontando as tendências de expansão, concentração e/ou dispersão espacial;
- b. avaliar parâmetros físico-ambientais que balizem a formalização de uma proposta metodológica para identificação de áreas potenciais para produção de areia;
- c. indicar alternativas de recuperação ambiental para áreas em que a exploração mineral tenha sido desativada, contrariando a prática comumente utilizada de simples abandono das cavas.

2. A REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO E A EXPLORAÇÃO DE DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS ARENOSOS

Considerando que a configuração geomorfológica do Estado do Rio de Janeiro é complexa e diversificada, haja vista sua abrangência desde regiões de serras e depressões interplanálticas à região dos maciços litorâneos (**Figura 1**), o que lhe proporciona uma ampla variação de ambientes e ecossistemas, podemos notar que este possui um elevado potencial ambiental, tanto do ponto de vista paisagístico quanto pela apropriação de outros bens naturais. Embora tal diversidade no relevo não seja exclusiva ao território fluminense, este desempenha um papel bem representativo a respeito de questões e conflitos ambientais comuns aos grandes centros urbanos brasileiros. Questões estas representadas por conflitos de interesses e poderes devido à distribuição e uso (desiguais) dos recursos ambientais. Ainda que a apropriação destes recursos pela sociedade se faça de variadas formas, a mais tradicional e emblemática delas é a exploração mineral. Atividade na qual os aspectos negativos são mais visíveis e pronunciados devido ao seu caráter extrativo e intensivo, pois grandes são os volumes de materiais retirados e mobilizados, interferindo sobremaneira na dinâmica dos ambientes. Entretanto, do ponto de vista estratégico, a exploração mineral faz-se necessária como fonte supridora de grande parte dos insumos da cadeia produtiva.

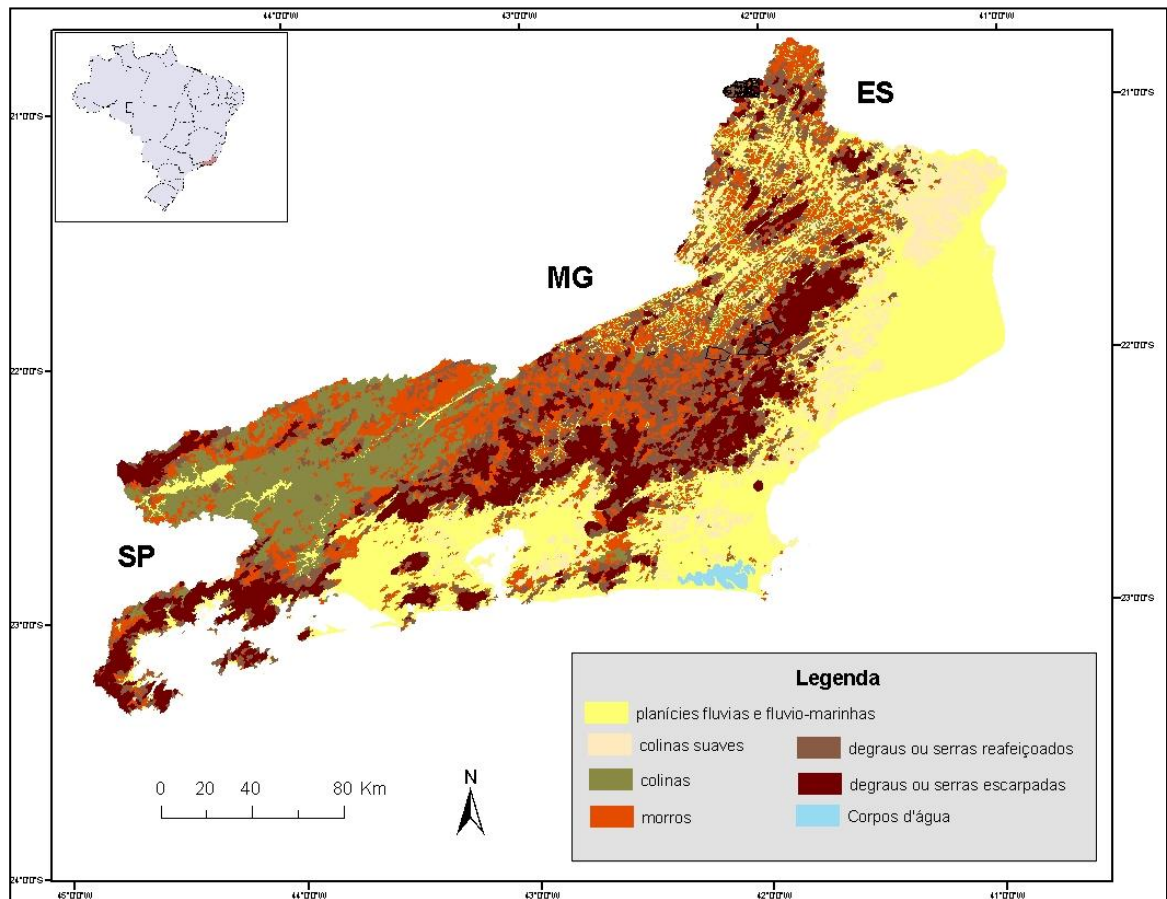


Figura 1: Mapa Geomorfológico elaborado por SILVA (2002).

No que tange à atividade mineral fluminense, além da produção de petróleo e gás realizada no Norte do Estado, a qual ganha destaque pela relevância econômica e grande capital investido; temos ainda a exploração de fontes hidrominerais e agregados para construção civil (areia, pedra, brita) em diversas áreas do território. Ainda que em um primeiro momento não se perceba toda a relevância econômica que a atividade desempenha, posto que se refere à produção de um material de baixo valor agregado e relativamente abundante, uma análise um pouco mais apurada revela sua atuação como atividade de suporte a outros setores econômicos. E no que se refere ao mercado mineral de areia, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ, constituída pelos municípios de Paracambi, Seropédica, Japeri, Queimados, Nova Iguaçu, Belford Roxo, São João do Meriti, Mesquita, Nilópolis, Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Magé, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo, Tanguá e Niterói, representa o principal mercado produtor e consumidor (**Figura 2**).

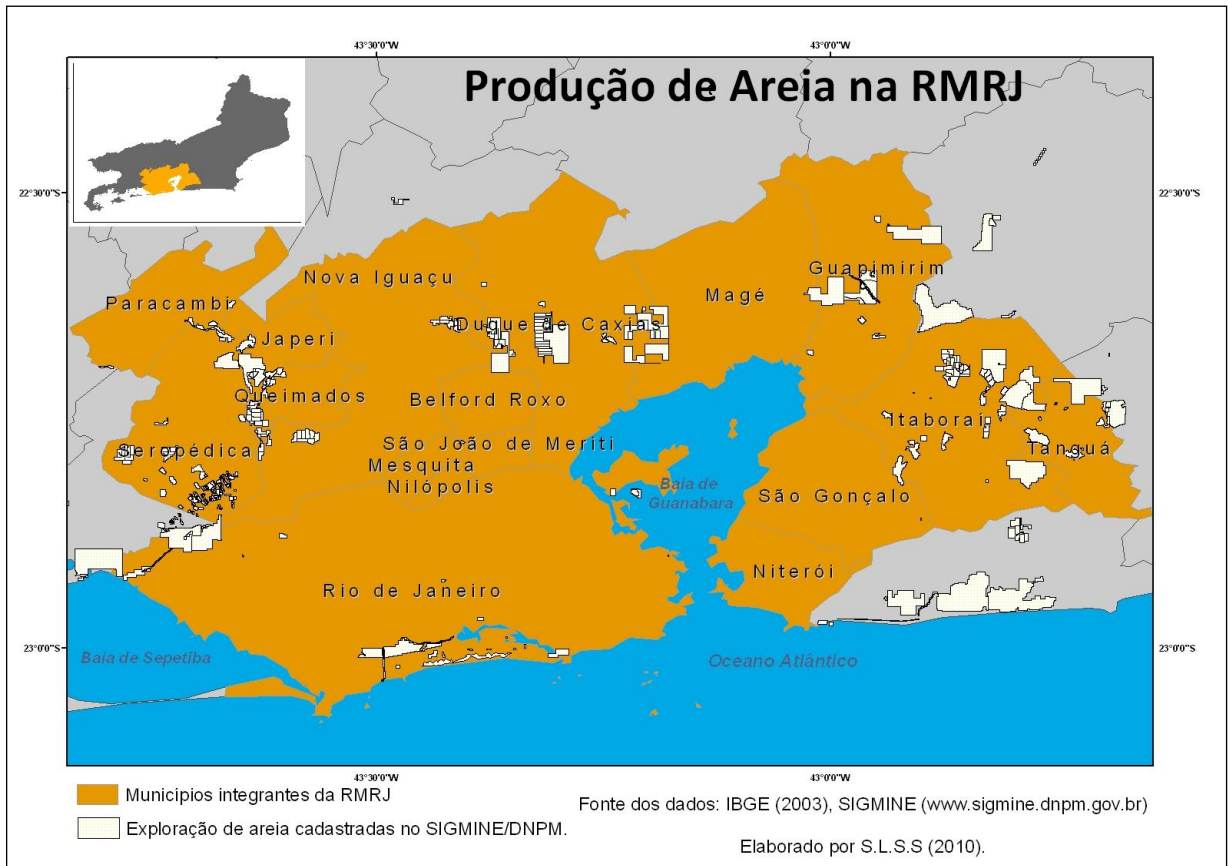


Figura 2: Região Metropolitana do Rio de Janeiro e unidades produtivas de areia cadastradas no SIGMINE/DNPM - (2002).

Ainda sobre a produção de areia, Cooke e Doornkamp (1990) salientam que areia e cascalho¹ são materiais básicos para construção civil, e representam os dois mais relevantes recursos minerais em termos de produção a nível mundial. E no que concerne a produção brasileira, de acordo com o DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral (2008) o país nos últimos anos vem seguindo esta tendência mundial e aumentando sua produção (**Figura 3**), e o estado do Rio de Janeiro figura como segundo maior produtor nacional, estando abaixo somente do estado de São Paulo.

¹ Os agregados para construção civil são materiais granulares, definidos por sua granulometria em: areia (partículas com diâmetros entre 0,06 e 2 mm) e cascalho (partículas com diâmetros entre 2 e 64 mm).

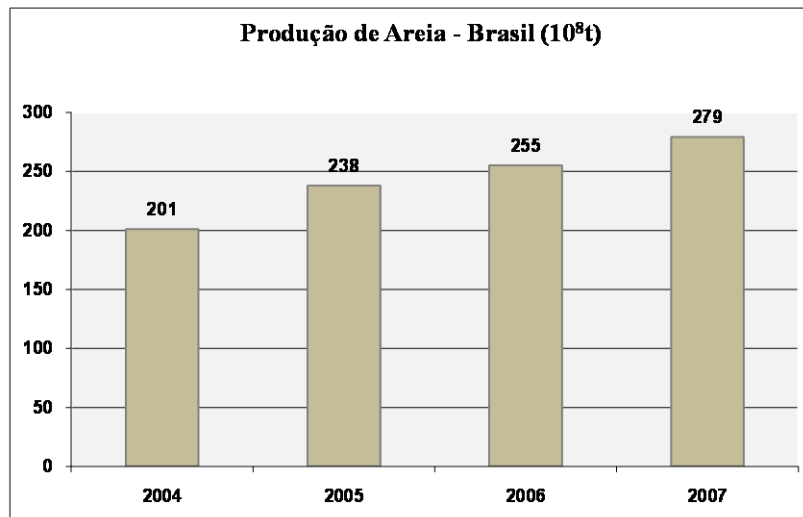


Figura 3: Produção brasileira de areia, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro (2008).

No caso da produção fluminense de areia, que se realiza nos terrenos quaternários devido à ocorrência de depósitos arenosos relacionados ao intenso retrabalhamento do relevo neste período geológico, embora uma análise inicial possa sugerir uma considerável disponibilidade de áreas exploráveis, há que se considerar que estas mesmas feições coincidem com as áreas de ocupação urbana. Fato já esperado, tendo em vista que tais terrenos associam-se às baixadas, com suas formas planas e suaves, que facilitam a ocupação e construção. Assim, temos que, embora teoricamente o recurso mineral areia seja abundante na superfície terrestre, os locais de seus depósitos já apresentam outros usos que impedem sua exploração. Ao mesmo tempo tem-se que considerar que a proximidade do mercado consumidor é um fator preponderante nesta atividade, visto que maiores distâncias encarecem o produto e tratando-se de material de baixo valor agregado, como no caso da areia, tal encarecimento é impeditivo.

Assim, ao se analisar áreas propícias a esta atividade, o requisito fundamental é ter uma fraca ocupação urbana, mas ainda assim estarem inseridas numa rede de infraestrutura que facilite o escoamento da produção, e assim não encareça o produto. Portanto, certo grau de afastamento do núcleo central é recomendado, pois estas áreas apresentam usos de solo mais densos e restritivos,

entretanto exige-se que tal afastamento respeite os limites impostos pelos custos de transporte.

Neste sentido, as bacias de drenagem que apresentam elementos desta infraestrutura na RMRJ e, ao mesmo tempo, é o núcleo consumidor dos recursos ambientais tratados aqui são as bacias da Baía de Sepetiba, da Baía de Guanabara, as bacias contribuintes do Complexo Lagunar de Jacarepaguá e do Complexo Lagunar da Costa do Sol (**Figura 4**). No entanto, pode-se considerar que as bacias contribuintes ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá não atende a um dos requisitos básicos: apresentar usos do solo menos densos e restritivos, uma vez que está completamente inserido na área central do principal município da RMRJ, o próprio Rio de Janeiro, sendo, portanto, área de expansão urbana e forte especulação imobiliária. Ainda que algumas unidades de produção de areia estejam cadastradas no DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, estas não apresentam representatividade em termos quantitativos ou de volume de produção. E por outro lado, apesar das bacias do Complexo Lagunar da Costa do Sol (conhecida como “Região dos Lagos”) apresentar, comparativamente ao de Jacarepaguá áreas mais extensas de sedimentação quaternária e estar conectado à rede logística da RMRJ, tal articulação viária se faz, principalmente através de vias com pedágios e em articulação com um tipo de uso do solo extremamente restritivo que é o turístico, fatores que encareceriam a produção. Assim, em termos práticos, as duas áreas quês e destacam como produtoras de areia para o mercado da RMRJ são as bacias da Baía de Sepetiba e da Baía de Guanabara, devido a maior extensão areal e a história evolutiva geomorfológica muito semelhantes, com considerável retenção de sedimentação quaternária. Corroborando esta afirmação, temos como principal área produtora da RMRJ nas últimas décadas a bacia do rio Guandu, pertencente à bacia da Baía de Sepetiba. Bacia que é oficialmente delimitada, segundo o Decreto 31.178/2002-RJ que cria seu comitê, como desde as nascentes do Ribeirão das Lages, as águas desviadas do Paraíba do Sul e do Piraí, os afluentes ao Ribeirão das Lages, ao rio Guandu e ao canal de São Francisco, até a sua desembocadura na Baía de Sepetiba, bem como as Bacias Hidrográficas do rio da Guarda e Guandu-Mirim.

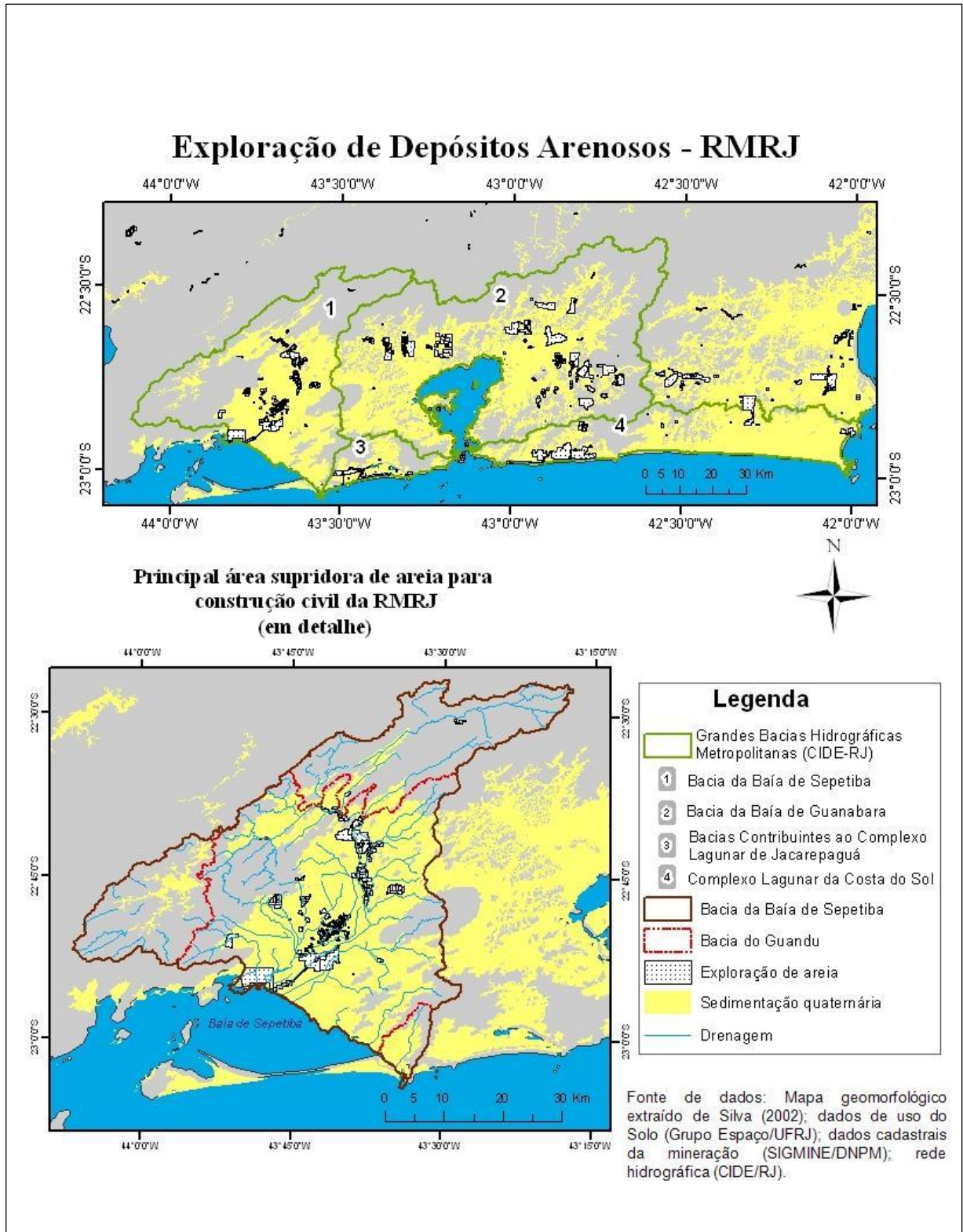


Figura 4: Unidades de exploração de areia, segundo cadastro do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral em dezembro de 2008, considerando a exploração em todas as suas fases (autorização de pesquisa, licenciamento, concessão, requerimento de lavra). Em destaque a Bacia de Sepetiba e, particularmente a Bacia do Guandu. Elaborado por S.L.S. Silva.

Esta bacia destaca-se por ter protagonizado, desde o início de sua ocupação no início do século XVII, inúmeras intervenções que alteraram sobremaneira sua configuração natural, particularmente seus sistemas de drenagens, através de retificações dos canais. Um breve histórico de usos do solo da Bacia do Guandu auxiliaria na compreensão dos fatores que propiciaram a instalação e desenvolvimento da atividade extrativa de maneira tão arraigada. Desta maneira, sucintamente passemos pelos principais marcos de ocupação da área, que se inicia tendo os padres jesuítas como principais agentes promotores (séc. XVII), por meio da atividade agrícola e já demonstrando iniciativas incipientes de “obras de drenagem” (abertura de valas, construções de ponte, etc.) visando a minimização das enchentes. A tendência ao uso agrícola perdurou até um período de estagnação econômica, em meados do século XIX.

Já nas décadas de 1930 e 1940, a região é alvo de inúmeras obras governamentais de drenagem, especialmente no período de 1935-1941 o DNOS – Departamento Nacional de Obras executa desobstruções, dragagens, retificações de rios, abertura de canais e valetas, construções de pontes e diques, enfim alterações drásticas na drenagem. Então, na década de 1950, devido ao surgimento de novos pólos agrícolas em outras regiões fluminenses, constata-se a decadência da região, acarretando uma disponibilidade de terrenos agrícolas sem uso. Instala-se (e prolifera-se) a partir de então pequenas indústrias de extração mineral para a construção civil. E a partir das décadas de 1960 e 1970, com a instalação de novos tipos de usos de solo, muito mais voltados para funções urbano-industriais, testemunhamos uma tendência geral de industrialização que também atinge o Oeste Fluminense acabando por atrair determinadas fábricas, sendo um dos marcos inegáveis deste processo a construção do Porto de Sepetiba, em 1982 (GÓES, 1942; BERBET, 2003; CARVALHO-PENNA, 2006).

Tal como registrado no histórico da região, como também evidenciado na atualidade, a porção da bacia mais afetada e que passou pelas maiores intervenções em sua configuração ambiental, refere-se às feições fluviais de planícies e terraços. Assim como afirma o Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (PERH Guandu):

Desde os tempos coloniais, com a expansão da lavoura canavieira e instalação de portos fluviais e marítimos, a ocupação e as grandes intervenções estruturais nessas bacias têm ocorrido preferencialmente sobre as planícies fluviais e flúvio-marinhas e sempre próximas às margens dos rios, estendendo-se com menor intensidade para as colinas e encostas mais íngremes. (SONDOTÉCNICA, 2005, pág 7).

O mencionado documento em sua fase de diagnóstico ambiental enumera uma série de problemas ambientais detectados, suas causas, impactos e ações mitigadoras previstas. Dentre estes algumas questões relacionadas à atividade extrativa mineral. Estes aspectos são demonstrados na **Figura 5** através de um quadro síntese, onde a “exploração de areia de forma inadequada” figura como umas das causas associadas aos “conflitos entre mineração x agricultura” e à “limitação/pressão para o estabelecimento de novos usuários” tendo ações previstas no sentido de “racionalização da extração” e “gestão de águas subterrâneas”. Tais interpretações baseiam-se nos métodos de extração praticados, que pelo fato de tratarem de material com pouco valor agregado requerem um baixo custo de produção, desta maneira as técnicas de lavra, beneficiamento, estocagem e transporte são bem rudimentares e conhecidas como “lavras garimpeiras”.

Considerando que a exploração dos depósitos arenosos concentra-se na zona oeste da Bacia do Guandu, coincidindo com a extensão do aquífero poroso Piranema (**Figura 6**), a atual situação ambiental da Bacia do Guandu tem se caracterizado pela deflagração de diversos conflitos a respeito das divergentes demandas de uso do solo, dos recursos hídricos e minerais. Ressaltando o papel desempenhado pelo seu Comitê, que tem como atribuição a articulação entre estes diferentes agentes, arbitrando os conflitos, aprovando e acompanhando o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, documento de apoio técnico e gerencial às decisões disponível na SERLA (www.serla.gov.br). No caso do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia do Guandu, as ações prioritárias são no sentido de ordenação do uso do solo, seguindo como princípios: o gerenciamento integrado dos recursos, a recuperação da qualidade ambiental e a garantia da qualidade e quantidade dos recursos hídricos (IPT, 1992; SONDOTÉCNICA, 2005).

Fatores indutores, causas, impactos e ações na bacia dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim

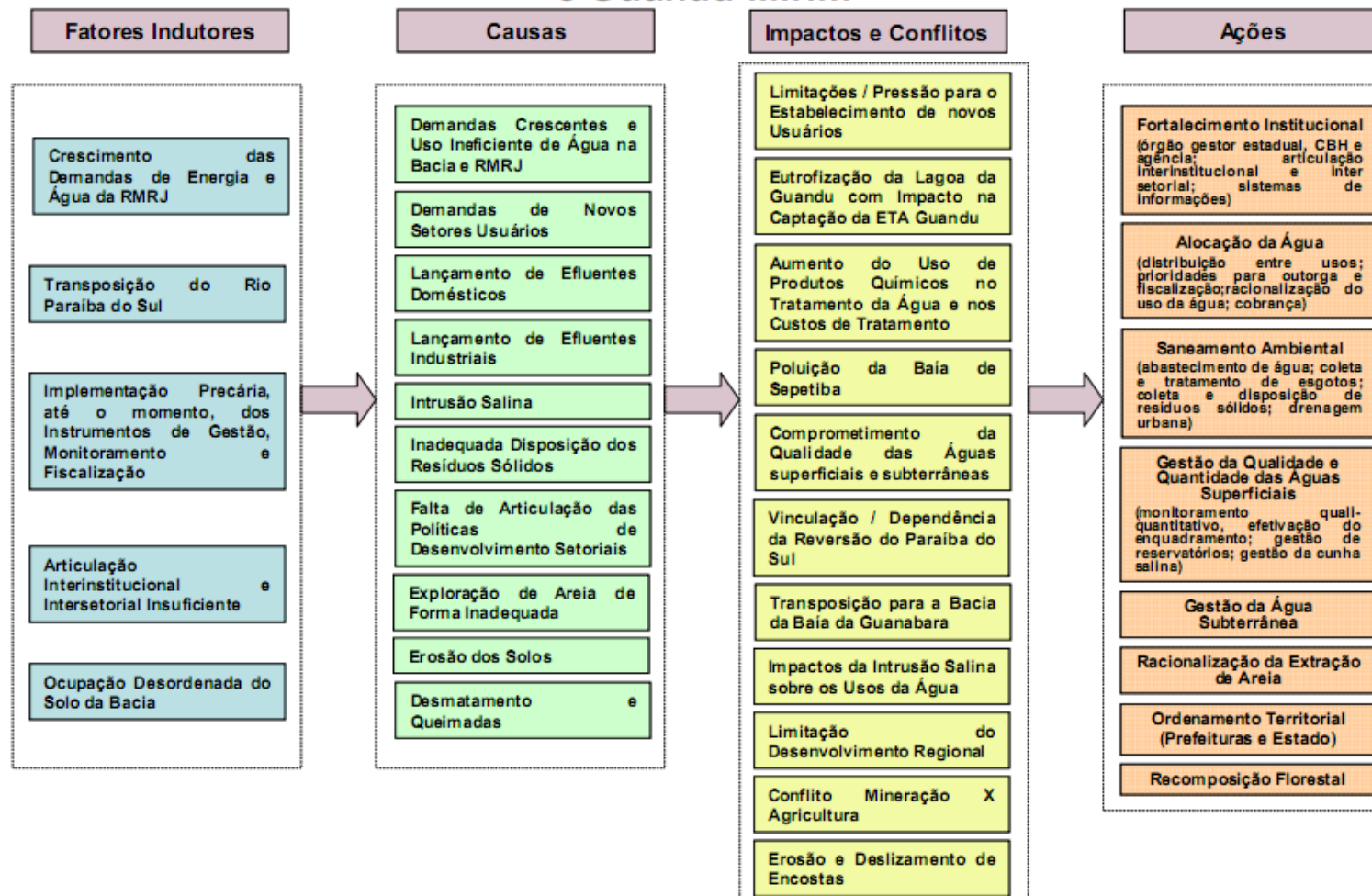


Figura 5: Quadro síntese do diagnóstico ambiental realizado pelo Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (PERH – Guandu). Fonte: SONDOTÉCNICA (2005).

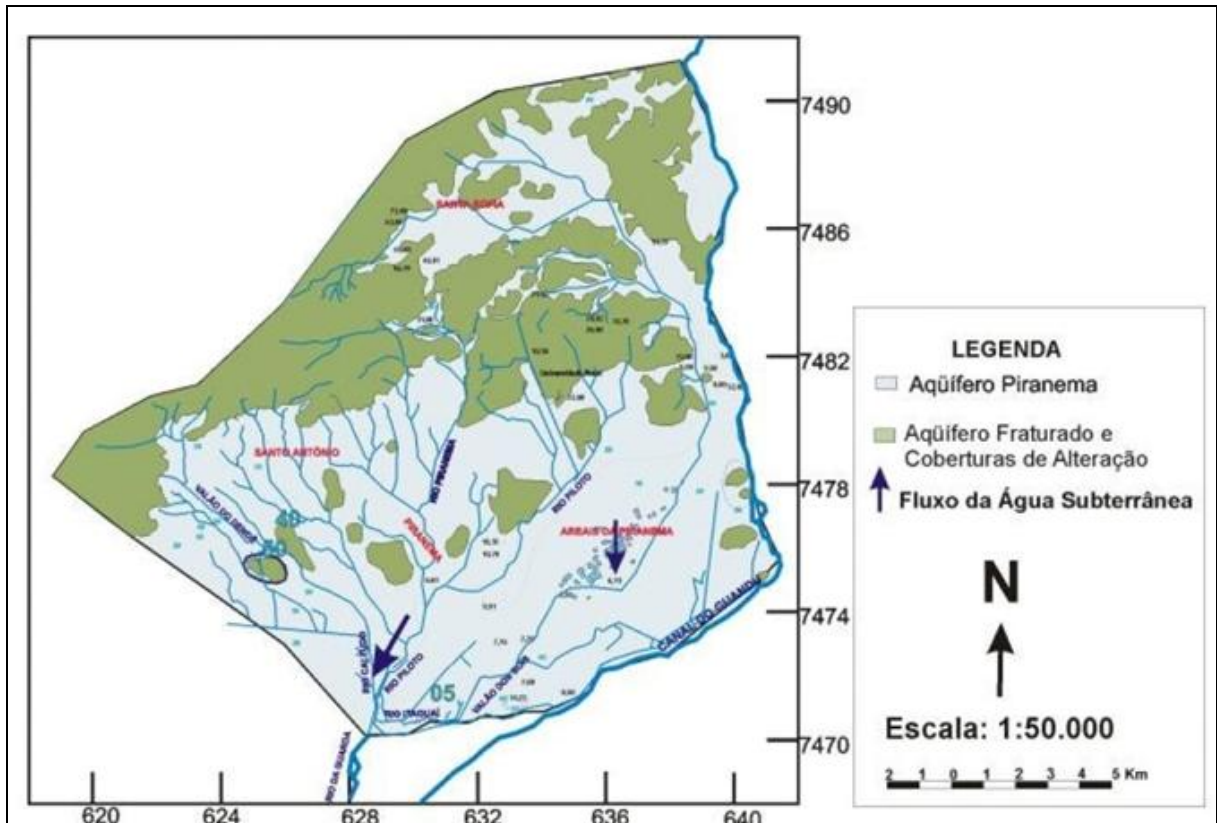


Figura 6: Área de ocorrência do Aquífero Piranema na bacia do rio Guandu (Fonte: MARQUES, 2005).

Neste contexto, duas questões se desdobram: a ocorrência concomitante dos depósitos arenosos e dos aquíferos porosos associados aos terrenos quaternários, e decorrente deste fato, as propostas de recuperação são baseadas principalmente nesta condição, ou seja, na existência das águas subterrâneas. Acreditando na relevância das questões, tais discussões são detalhadas mais adiante.

Vislumbrasse que com a maior rigidez nas normas, no controle, nos padrões de ordenamento e respectiva fiscalização, previstos no plano da bacia, haja uma redução na produção, fato que estaria em descompasso com as perspectivas de aumento na demanda fluminense associado a um aquecimento econômico impulsionado por investimentos da indústria de petróleo e gás. Assim, a indicação de outras áreas potenciais para produção de areia justifica-se por duas vertentes. A primeira fundamenta-se nesta perspectiva de redução na produção realizada na bacia do Guandu, devido aos conflitos ambientais associados à forma de exploração

predatória que vem sendo praticada. E a segunda baseia-se no relato de que esta bacia, desde a década de 1960, tem sido praticamente a única fornecedora de areia para a RMRJ. Assim a proposta de novas áreas de produção deste bem mineral mostra-se relevante à gestão ambiental nos seguintes sentidos: complementar a produção já existente; propor não somente a implantação de novas unidades produtivas, como também estabelecer previamente critérios e limites de exploração, respeitando as potencialidades e restrições ambientais das respectivas áreas. De tal modo que os terrenos utilizados pela mineração possam ser reutilizados para outros fins.

As propostas de áreas potenciais para produção de areia devem também considerar os aspectos logísticos relacionados às tendências regionais para o mercado. Neste sentido, as investigações de Becker e Paganoto (2008) sobre os ritmos de crescimento populacional (considerando a população residente) da RMRJ para o período de 1980 a 2000 auxiliam na compreensão do panorama regional. Os autores classificam os municípios pertencentes a RMRJ em três grupos, a saber: 1) os que apresentam diminuição do ritmo de crescimento populacional, no qual se enquadram os municípios de Nilópolis, Niterói, Paracambi, Tanguá, São Gonçalo e Belford Roxo; 2) os que apresentam estabilidade ou pequeno crescimento populacional, que englobaria os municípios de São João de Meriti, Rio de Janeiro, Duque de Caxias e Nova Iguaçu; e 3) que apresentam elevação do ritmo de crescimento ou uma manutenção de altas taxas de crescimento, referindo-se a Guapimirim, Seropédica, Japeri, Queimados, Magé e Itaboraí. Particularmente na classe que apresenta crescimento populacional nota-se uma tendência de expansão da população da RMRJ em todas as direções: ao leste com Itaboraí, ao norte-nordeste com Guapimirim e Magé e para o oeste com Seropédica, Japeri e Queimados. Corroborando com estas proposições, Egler *et al.* (2003) em sua proposta de Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara, apontam que embora a urbanização esteja concentrada nas orlas ocidental (Rio de Janeiro e Duque de Caxias) e oriental (Niterói, São Gonçalo e Itaboraí), os vetores considerados mostram que a orla setentrional (Magé e Guapimirim) é o novo foco de expansão.

Considerando os objetivos do trabalho, e a partir da articulação entre tais tendências de expansão urbana e um levantamento prévio das recentes unidades produtivas cadastradas no DNPM, pode-se considerar que a área de interesse a ser

investigada refere-se à já consolidada área fornecedora, na bacia da Baía de Sepetiba, e à bacia da Baía de Guanabara, principalmente em seus trechos mais estratégicos (no que concerne à ocorrência natural do bem mineral e à acessibilidade).

2.1. A associação entre depósitos quaternários e aquíferos porosos

Ao longo deste processo de investigação um aspecto que se destacou em termos de gestão e do próprio entendimento da dinâmica geomorfológica de uma dada área, foi a questão da ocorrência concomitante dos depósitos arenosos explorados e dos aquíferos porosos. Na verdade, mais do que uma coincidência há uma correlação muito forte entre o aquífero existente e a cobertura arenosa dos terrenos, já que a ocorrência de um é a própria condição de existência do outro, visto que o desenvolvimento do aquífero foi possibilitado pela natureza permeável das camadas sedimentares destes terrenos. Deste modo, uma discussão a respeito da gestão deste ambiente peculiar, os terrenos quaternários representados pelas baixadas fluminenses, articula-se com a gestão dos recursos hídricos. E no que tange a estes, além dos recursos mais visíveis como os corpos hídricos superficiais, como os canais e feições fluviais correlatas não podem deixar de considerar os recursos hídricos subterrâneos representados pelos aquíferos, reservatórios que devem ser encarados como reservas estratégicas de água, tanto para o cenário atual como para a proposição de cenários críticos e emergenciais.

Segundo o Instituto Geológico e Mineiro (2001), de acordo com sua capacidade de armazenamento e transmissão de água as formações geológicas podem ser classificadas em: formações aquíferas, quando o reservatório de água subterrânea possui capacidade para armazenar e transmitir água, cuja exploração seja economicamente rentável; e formações não aquíferas quando seu aproveitamento não é rentável (seja pelas condições de armazenamento ou transmissão). Dito de outra maneira, os aquíferos são estruturas litoestratigráficas adequadas ao armazenamento e ao aproveitamento de água nelas contida, que podem ter origens associadas a:

a) ocorrência de fissuras ou fraturas geológicas, sendo chamados de aquíferos fraturados e/ou fissurais;

b) ocorrência de formações cársticas (calcário e dolomitos), nas quais a água através do processo de dissolução forma reservatórios;

c) ocorrência de camadas sedimentares arenosas as quais apresentam a porosidade e a permeabilidade (estruturação intersticial) típicas das areias o que vem a facilitar a infiltração, a circulação e o armazenamento da água subterrânea, sendo chamados de aquíferos porosos, cujas formações geológicas mais comuns são areias limpas, areias consolidadas por um cimento também chamados arenitos, conglomerados, etc.

Assim, do ponto de vista hidrogeológico, devido ao fato do estado do Rio de Janeiro apresentar constituição geológica predominantemente cristalina, suas águas subterrâneas estão espacialmente mais distribuídas em aquíferos fissurais, uma vez que os aquíferos porosos estão nas planícies litorâneas e bacias sedimentares, que cobrem apenas cerca de 20% do território fluminense. E ainda que aquíferos porosos tenham menor extensão areal, estes desempenham relevante papel para as localidades em que se encontram devido principalmente a sua alta produtividade e à sua localização próxima aos conglomerados urbanos. Os sistemas aquíferos porosos fluminenses referem-se ao Aquíferos Terciários com espessura estimada de 10 a 30 metros, ao Aquífero Macacu com espessuras variáveis de 30 até 200 metros, e aos Aquíferos flúvio-lacustres associados a aluviões de rios, os quais se destacam os aluviões associados a rios como Macacu, Guandu e Macaé, os quais chegam a atingir até 100 metros de espessura (MARTINS *et al.*, 2008).

Especificamente em relação ao aluvião do rio Guandu, correspondente à principal área supridora da RMRJ, o aquífero poroso associado - o Piranema, de acordo com Marques (2005) refere-se à formação sedimentar, composta por sedimentos arenosos e areno-argilosos com permeabilidade intergranular, apresentando extensão de aproximadamente 180 Km², cuja zona de recarga é a própria superfície do terreno. Tendo $0,5 < q < 3$ (m³/h/m) de vazão específica, sendo classificado em aquífero do tipo poroso e livre, apresentando qualidade da água considerada entre boa a levemente ferruginosa. Fato que propicia que este sirva para o abastecimento da população local do bairro Piranema (no município de Itaguaí) através de poços artesianos e cacimbas. Portanto, alterações no lençol

freático que modifiquem a qualidade ou a disponibilidade de suas águas teriam efeitos diretos no abastecimento local, além da possível alteração na dinâmica hidrogeológica regional, visto que a mineração ao atingir o lençol provoca seu rebaixamento e o expõe aos agentes de contaminação (BERBET, 2003; MARQUES, 2005; MARTINS *et al.*, 2008).

E no que se refere especificamente aos aquíferos porosos da Bacia da Baía de Guanabara, representados pelos aluviões dos rios Macacu, Guapiaçu e Iguaçú, Martins *et al.* (2008) afirmam que há poucas informações sobre estes sistemas que geralmente são muito mal aproveitados. Seus pacotes sedimentares apresentam espessura em torno de 20m, mas em alguns trechos chegam a atingir cerca de 100m ou mais, possivelmente associados a feições estruturais de pequenos grábens, fato que possibilita grandes vazões na ordem de 10 m³/h.

Genericamente, os impactos associados à extração de areia referem-se às lagoas formadas pela contínua escavação atingindo o lençol freático, as quais são abandonadas após tornarem-se improdutivas para mineração. Tem-se também a formação de lagoa de rejeitos com os sedimentos finos que restam após a seleção, através de lavagem do material útil. Portanto, o cenário que se desenha é: lagoas (cavas) em progressão, alastrando-se vertical e, sobretudo horizontalmente, adjacentes a aterros artificiais com camadas de sedimentos homogeneamente finos (lagoas de rejeitos), bem selecionados pela lavagem (**Figura 7**).

Destas preocupações sobre as ameaças ambientais aos recursos hídricos, emerge a discussão sobre o grau de ameaça que estas práticas impõem aos aquíferos. Para tanto, recorreremos ao esclarecimento sobre dois termos complementares, o de risco que envolve situação de perigo ou dano, em razão da possibilidade de ocorrência de um processo induzido ou não (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004); e o de vulnerabilidade que segundo Auge (2004) deve ser entendido a partir de duas perspectivas: a de vulnerabilidade intrínseca e a de vulnerabilidade específica. A primeira associada às próprias características do aquífero, como natureza litológica, grau de porosidade e permeabilidade que determinam como ele reagirá a uma ação negativa, seja natural ou antrópica, estando relacionada à sua capacidade de absorver alterações adversas. Já a segunda perspectiva refere-se à conjugação da vulnerabilidade intrínseca com a existência de risco a um evento específico, como, por exemplo, a vulnerabilidade

(específica) à contaminação ou a vulnerabilidade (específica) a alteração do fluxo de recarga.



Figura 7: Cenário da mineração de areia: (A) progressão vertical da cava, com aprofundamento da escavação e exposição do lençol freático; (B) seleção granulométrica através de lavagem, com deposição dos sedimentos finos na lagoa de rejeitos - Areal Tropicaliente, em Itaguaí (Fotos: S. L. S. Silva, 2009).

Conforme Resolução CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 396/2009, águas subterrâneas são aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo, tendo como principal característica o fato de estarem protegidas por camada de determinado material, podendo ser solo, rocha ou suas alterações. E devido a esta relativa proteção, que varia de acordo com a vulnerabilidade intrínseca ao aquífero, estão menos propensas à contaminação do que as águas superficiais e por isso os aquíferos são considerados excelentes reservatórios estratégicos de água. Em contrapartida, quando contaminadas as águas subterrâneas, seu processo de descontaminação é difícil e oneroso, tornando medidas preventivas de preservação dos aquíferos uma necessidade imediata (em termos qualitativos e quantitativos).

É notório o caráter estratégico dos reservatórios de água subterrânea, sobretudo quando se considera a qualidade dos serviços públicos prestados à população da Baixada Fluminense, os quais são reconhecidamente deficientes. De

tal modo que deve-se projetar cenários futuros desde situações favoráveis (com ampla disponibilidade e distribuição de água) até cenários críticos e emergenciais (com déficits no abastecimento), nos quais os aquíferos metropolitanos (locais) desempenham papel estratégico.

A situação torna-se ainda mais crítica devido à ausência de projeto de recuperação ambiental destas cavas quando sua exploração for desativada. Nesse tocante, outro indicativo que reforça correlação entre a gestão de recursos hídricos e o uso dos demais recursos minerais é o fato de as alternativas de recuperação, para os terrenos nos quais a mineração de areia seja desativada, tais como: piscicultura, implantação de áreas de lazer para práticas de pesca, passeios de barcos, basearem-se justamente na presença de lagoas formadas pela inundação das cavas.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos que fundamentam as análises posteriores, empenhadas em atribuir um caráter articulado entre os diversos aspectos considerados, portanto sendo aconselhável uma abordagem que integre múltiplos critérios, natureza de dados (sociais, econômicos e físico-ambientais), bem como suas variadas fontes. Assim, tanto os dados primários, ou seja, aqueles produzidos por análises próprias, neste caso originados em campo pelas coletas e confecção dos perfis, quanto os dados secundários, isto é, os coletados e compilados das instituições e das pesquisas anteriores, neste caso as bases cartográficas e cadastrais; seguiram a estrutura metodológica apresentada de maneira esquemática, na **Figura 8**, onde se expõem as principais fases de investigação realizadas, referentes às etapas de gabinete, campo e laboratório. Destacando que estas não foram consideradas e realizadas hierarquicamente, embora possuam uma cronologia lógica que exige um determinado ordenamento, mas sim muitas delas foram realizadas concomitantemente.

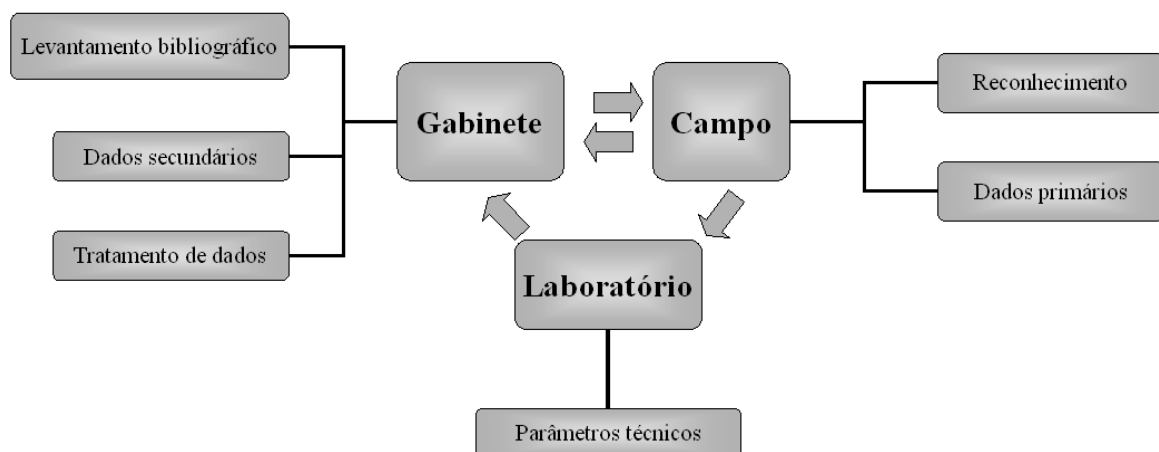


Figura 8: Esquema das etapas de pesquisa que contituem a abordagem metodológica utilizada para desenvolvimento do trabalho.

3.1. Etapas de gabinete

a) Levantamento bibliográfico

Além do arcabouço geomorfológico a respeito da evolução morfogenética dos ambientes quaternários, do arcabouço geográfico sobre as escalas de planejamento e níveis de análise, e também da revisão sobre a conjuntura fluminense a respeito dos agregados para construção civil; fez-se necessário atentar para uma tendência, relativamente recente (desde a década de 1980) de utilização dos SIG's (Sistemas de Informações Geográficas) como instrumento de apoio à análise e decisão dos variados setores. A crescente valorização da informação espacial fundamenta-se no fato de que esta representa fenômenos reais os quais possuem uma localização específica, atributos próprios e independentes e desempenham relações espaciais com outros fenômenos. Assim por ser transdisciplinar, a “geoinformação”² é de interesse de diversos setores da sociedade, fato que amplia a demanda por análises das informações espaciais.

Neste sentido, os estudos de Marioni e Hoppe (2006) e de Lamelas *et al.* (2008) são exemplares devido ao modelo analítico de suporte espacial a decisão, enfocando o uso sustentado do que chamam de geo-recursos, em áreas metropolitanas, referindo-se justamente à exploração de areia e brita (respectivamente, em Frankfurt – Alemanha e Zaragoza - Espanha). Nestes casos, as análises seguiram métodos demasiadamente matemáticos, entretanto as variáveis utilizadas mostraram-se bastante relevantes enquanto direcionamento para as investigações que aqui se pretende realizar. Assim, primando por variáveis espaciais, em detrimento das estritamente matemáticas, e através de adaptações metodológicas, as variáveis avaliadas são divididas em:

⇒ **Fatores indispensáveis:**

- Ocorrência natural do recurso; articulação com os centros consumidores, com a presença de uma rede viária eficaz que condicione o escoamento da produção, distância máxima do centro consumidor de cerca de 50 Km.

² Termo cunhado por Câmara *et al.* (2003) referindo-se às novas aplicações das informações espaciais, sendo interesse convergente de vários ramos da ciência, como Informática, Estatística, Ciências Ambientais e muito particularmente a Geografia.

⇒ **Fatores potencializadores:**

- Grau de concentração natural do recurso; profundidade do depósito.

⇒ **Fatores de constrangimento:**

- Presença de outros usos do solo, tais como: áreas urbanas, industriais, áreas naturais protegidas; a consideração de outros zoneamentos/planejamentos territoriais; profundidade e vulnerabilidade dos aquíferos.

b) Coleta de dados secundários

Uma vez que o argumento utilizado é que os conhecimentos geomorfológicos representam relevante indicador do comportamento ambiental das unidades estudadas, o plano de informação primário ao qual se recorreu foram os mapas geomorfológicos produzidos por Silva (2002) em escala de semidetalhe (1:50.000) utilizando a técnica de cálculo da amplitude altimétrica (Δh) proposta por Meis *et al.* (1982). Esta metodologia consiste em calcular a amplitude altimétrica (Δh) dada pela diferença entre a altitude superior ($\Delta h_{\text{máx}}$) e a inferior ($\Delta h_{\text{mín}}$) de bacias de drenagem de primeira e segunda ordem até sua confluência com a rede coletora, utilizando-se cartas topográficas. As autoras definem a bacia de drenagem como unidade básica de reconhecimento das diferentes classes de amplitude altimétrica, tendo em vista seu significado fundamental para compreensão das relações entre área-fonte, zona de transporte e zona de deposição em ambientes geodinâmicos distintos. Procedeu-se então ao reconhecimento das bacias de drenagem que se enquadravam nas mesmas classes de desnivelamento altimétrico, sendo as bacias com valores diferentes separadas pela delimitação de interflúvios e divisores. Desta maneira, consideramos que o mapa geomorfológico elaborado reflete o grau de encaixamento fluvial ou entalhamento erosivo das encostas, associando-se intimamente a variações lito-estruturais e/ou tectônicas.

No tocante às planícies, se considerou as rupturas de declive (afastamento significativo das curvas de nível nos segmentos situados na base das encostas) como critério de delimitação entre as áreas de acumulação ou retenção da sedimentação quaternária e as demais feições onde predominam processos erosivos (domínio colinoso, feições de morros e/ou serranas). Por tratar-se de

morfologia suave, onde as diferenciações topográficas são pouco perceptíveis, o recorte de bacias de drenagem foi abandonado como critério para delimitação geomorfológica, recorrendo-se a outras informações fornecidas pelas cartas topográficas, a saber: rupturas de declive existentes entre as encostas e as áreas de baixo declive (reconhecidas na carta a partir de um brusco afastamento entre as curvas de nível) refere-se ao critério de delimitação da área de acumulação ou retenção da sedimentação quaternária (feição morfológica de planícies fluviais) com as demais feições em que predominavam os processos erosivos ou de dissecação (colinas, morros e serras). A **tabela 1** apresenta as classes de amplitude altimétrica estabelecidas e suas respectivas associações às feições morfológicas reconhecidas.

Tabela 1 - Classes de Amplitude altimétrica para a definição dos compartimentos topográficos

Classes de Amplitude Altimétrica	Compartimentos Topográficos	Característica Morfológica
0-20m	planícies flúvio-marinhas	feições de topografia plana - horizontal a sub-horizontal
20-100m	colinas	feições de colinas de topos planos caracterizadas pelo entulhamento de vales e reentrâncias de cabeceiras de drenagem
100-200m	morros	feições de encosta bem íngremes e que ocorrem muitas vezes isoladas em meio de planícies fluviais
200-400m	serras isoladas ou feições de transição	feições de transição entre compartimentos diferentes
> 400m	serras escarpadas	encostas escarpadas com topos bem elevados, com mudança abrupta entre os compartimentos

Em hachura a classe de compartimento topográfico de maior representação para a retenção da sedimentação quaternária. Fonte: SILVA *et al.*, 2007.

O produto cartográfico final apresentado por Silva (2002) foram cartas morfoestruturais confeccionadas em AutoCAD, arquivos de extensão *.dwg*, os quais foram posteriormente convertidos para arquivos *.shp* para que pudessem ser tratados

em ambiente SIG – Sistema de Informações Geográficas, e que neste trabalho se refere ao *software* ArcGIS 9.2.

A partir desta conversão este plano de informação pode ser articulado aos demais que se referem aos recortes oficiais de bacias e sub-bacias hidrográficas, e sua respectiva rede de drenagem e corpos d'água fornecidos pela Fundação CIDE/RJ – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro (www.cide.rj.gov.br). Enquanto que para os dados cadastrais a respeito da produção de areia fluminense, utilizou-se as informações espaciais fornecidas pelo SIGMINE – Informações Geográficas da Mineração (<http://sigmine.dnpm.gov.br/>).

Ao que se refere ao sistema viário e aos usos do solo do Estado do Rio de Janeiro foram utilizadas as bases cedidas pelo Grupo ESPAÇO/UFRJ, coordenado pela Prof.^a Carla Madureira Cruz. E foram ainda utilizadas as informações da Secretaria de Obras do Estado do Rio de Janeiro para delimitar manualmente o traçado previsto para o futuro Arco Viário Metropolitano. Cabe ressaltar, que as bases cartográficas do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (www.ibge.gov.br/mapas_ibge/bases.php) serviram de base e de apoio para os limites territoriais municipais.

Além dos dados supracitados, serão também avaliadas a existência e atuação dos comitês de bacias hidrográficas no estado do Rio de Janeiro, relacionando-os com as possibilidades para indicação de novas áreas de extração. E por fim, conjuga-se ainda a realização de coleta sistemática de informações existentes na literatura nacional e internacional sobre projetos de recuperação ambiental, bem como sua avaliação para sugestão de emprego em áreas de extração da área de estudo.

c) Tratamento dos dados

O tratamento dos dados secundários em ambiente SIG (ArcGIS 9.2), utilizando ferramentas de sobreposição de recortes espaciais, consultas e cálculos geométricos resultou em mapas e tabelas que têm dois propósitos: indicar as áreas propícias às análises mais detalhadas, servindo assim como preparo às fases de campo; e fundamentar, na medida que serve como representação gráfica dos resultados as análises espaciais que se seguem. Destaca-se que além do cuidado

com quesitos técnicos (procedimentos operacionais/computacionais), também outros quesitos devem ser contemplados com tamanho cuidado. Como é o caso da definição da escala cartográfica utilizada, cuja escolha depende do nível de análise considerado.

Assim, recorre-se às proposições de Egler *et al.* (2003) para a articulação entre três níveis de análises: a) a **concepção estratégica**, onde são mapeados os condicionantes gerais da dinâmica socioambiental; b) a **visão logística**, a qual detalharia as bacias hidrográficas fornecendo informações de aproximação imediata; e c) a **definição tática** para reconhecimento das principais unidades espaciais, fornecendo assim informações em detalhe.

Por entender que esta abordagem representa bem a preocupação entre a articulação de escalas, aqui utilizaremos destas concepções, ressalvadas as adaptações requeridas para este caso específico e definição de escala cartográfica associada. Assim fica estabelecido que as análises que seguem obedecerão aos seguintes níveis de análise:

I) Nível estratégico: identificação das áreas de acumulação da sedimentação quaternária que estejam conectadas diretamente a RMRJ, correspondendo às Baixadas Metropolitanas, da Baía de Guanabara e da Baía de Sepetiba.

II) Nível logístico: reconhecimento de sub-bacias específicas que conjuguem de maneira positiva os fatores de constrangimento, potencializadores e indispensáveis.

III) Nível Operacional: A partir deste nível realizam-se as análises detalhadas referentes ao grau de refinamento requerido na pesquisa, corresponderiam às feições individuais dentro da bacia de drenagem.

E no intuito de sintetizar os resultados das análises, confeccionou-se um quadro (**Figura 9**) que demonstrasse os quesitos considerados tanto no nível de análise logístico quanto no operacional. Assim conforme disposto abaixo:

NÍVEL LOGÍSTICO: Para cada fator atribuiu-se um valor, variando de 0 a 2 (0 - não atende; 1 - atende razoavelmente; 2 - atende satisfatoriamente), de acordo com o grau de atendimento/satisfação em relação aos requisitos que se busca. No caso de referir-se a um fator de constrangimento à atividade, o valor atribuído é negativo (-1).

Os fatores analisados neste nível de análise são os seguintes:

- **% areal de concentração natural do recurso** - que foi calculado através da relação entre área de sedimentação quaternária ocorrente na bacia / área total da bacia.

- **Distância do centro consumidor**, considerada de no máximo 50 Km, pois de acordo com relatórios técnicos da ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil, distâncias acima de 50 Km tornam os custos de transporte impeditivos. Sendo para isso considerado como ponto central da RMRJ, seu município sede, que figura como um dos principais consumidores de agregados.

- **Articulação viária** - que representa sua inserção em malha viária que facilite o escoamento da produção, necessitando, portanto, da presença de vias pavimentadas articuladas às grandes vias estaduais e federais que ligam a RMRJ. Neste quesito o que se considera articulação viária diz respeito à ligação da área produtora ao mercado consumidor através de rodovias federais, estaduais pavimentadas. No entanto, pelo fato de o mercado consumidor se referir a uma área de grande amplitude, ou seja os vários municípios integrantes da RMRJ, e não a um ponto específico; esta análise considera que a articulação viária se dá em diversos sentidos (leste-oeste, norte-sul). Sendo assim, para este modelo, o critério distância considera como ponto referencial da RMRJ seu município sede, Rio de Janeiro; e como limite máximo de distância 50 Km, considerando os custos dos transportes. Também levou-se em consideração a existência de vias pedagiadas, o que encareceria muito o transporte.

- **% areal de ocupação urbana** – calculado através da relação entre área da classe de uso de solo “área urbana” sobre a área total da bacia, que diz respeito à predominância da classificação de uso do solo urbano, característico das áreas urbanas mais consolidadas e que representa um dos usos de solo mais conflitantes com a atividade mineral.

NÍVEL OPERACIONAL: A semelhança dos fatores analisados acima, no nível operacional atribuiu-se um valor para cada fator, variando de 0 a 4, de acordo com o grau de atendimento/satisfação, sendo que para estes atribui-se peso 2 nas análises (**0** - não atende; **2** - atende razoavelmente; **4** - atende satisfatoriamente).

Tal adaptação de peso deve-se ao fato de que a este nível, as análises devem ser mais criteriosas e as mais detalhadas possíveis, pois representam as condições de campo para a execução dos trabalhos. E para os fatores de constrangimento atribui-se o valor negativo **-2**. Os fatores analisados neste nível de análise são os seguintes:

- **Profundidade do depósito:** Fazendo analogia com os depósitos encontrados na Bacia do Guandu, e por haver evidências que as baixadas de Sepetiba e da Guanabara protagonizaram histórias geomorfológicas evolutivas muito similares, projeta-se que espessuras em torno de 100 metros sejam indicadas.

- **Interesse do setor na implementação de unidades produtivas na área:** Uma indicação sobre este quesito faz-se a partir das análises dos empreendimentos cadastrados no DNPM nos últimos anos, permitindo que se delinee quais as bacias que vem sendo os maiores focos de interesse.

- **Vulnerabilidade dos aquíferos associados:** Tal análise somente será possível a partir de análises mais refinadas e específicas.

NÍVEL ESTRATÉGICO DE ANÁLISE		'Bacias indicadas'									
		'Sub-bacias analisadas'									
NÍVEL LOGÍSTICO DE ANÁLISE	% areal de concentração natural do recurso										
	Distância do centro consumidor (< 50 Km)										
	Articulação viária com o centro consumidor										
	% areal de ocupação urbana										
NÍVEL OPERACIONAL DE ANÁLISE	Espessura do pacote de areia										
	Interesse do setor na implementação de unidades produtivas										
	Vulnerabilidade dos aquíferos associados										
GRAU DE POTENCIALIDADE											

Nível Logístico: **0** – não atende; **1** – atende razoavelmente; **2** – atende satisfatoriamente; **-1** – constrangimento moderado; **-2** – constrangimento alto.

Nível Operacional: **0** – não atende; **2** – atende razoavelmente; **4** – atende satisfatoriamente; **-2** – constrangimento moderado; **-4** – constrangimento alto.

Figura 9: Quadro Síntese 'esquemático' das variáveis analisadas com valores atribuídos à classificação dos Níveis Logístico e Operacional para avaliação do Potencial de Áreas para Produção de Areia para as bacias e sub-bacias de drenagem do Mercado Consumidor Metropolitano do Rio de Janeiro. Elaborado por S.L.S. Silva.

3.2. Etapas de campo

Dentre os diversos propósitos que possui as fases de trabalho empíricas enfatizamos os procedimentos de:

a) **Reconhecimento:** consistindo no contato preliminar para reconhecimento de alguns aspectos referentes às dinâmicas sociais e ambientais em curso na área de estudo. Além da realização de entrevistas informais com os trabalhadores da mineração.

b) **Averiguação:** visando a confirmação ou refutação das tendências detectadas em gabinete, bem como atualização de dados.

c) **Coleta de dados primários:** visando fornecer subsídios às análises específicas de caráter físico dos depósitos de areias, bem como complementar o entendimento sobre o ambiente estudado.

As campanhas de campo realizadas enfocaram duas bacias: a Bacia do rio da Guarda (integrante da bacia do Guandu), área de produção de areia já consolidada para o mercado metropolitano e a Bacia do rio Suruí, na qual se questionou sobre o seu potencial como produtora de areia. Sendo assim, para cada bacia foram delineados propósitos diferentes, portanto, procedimentos distintos foram adotados.

Neste sentido, as operações de campo na Bacia do rio da Guarda tinham por objetivo averiguar os procedimentos atuais da atividade (**Figura 10**), suas principais características, como: profundidade de ocorrência dos depósitos, etapas de beneficiamento, tendência de expansão das cavas, seus principais impactos associados e perspectivas para a exploração. As campanhas de campo foram realizadas em outubro de 2008 e janeiro de 2009, tendo como ponto de referência o **Areal Tropicaliente**, unidade produtiva em funcionamento há doze anos, sendo realizada entrevista com o funcionário responsável pelo local desde a sua implantação Sr. Carlos Alberto. A seleção deste areal deveu-se à receptividade dos responsáveis pelo local em colaborar com os trabalhos, tendo em vista que não houve tal participação de outras unidades produtivas na área.

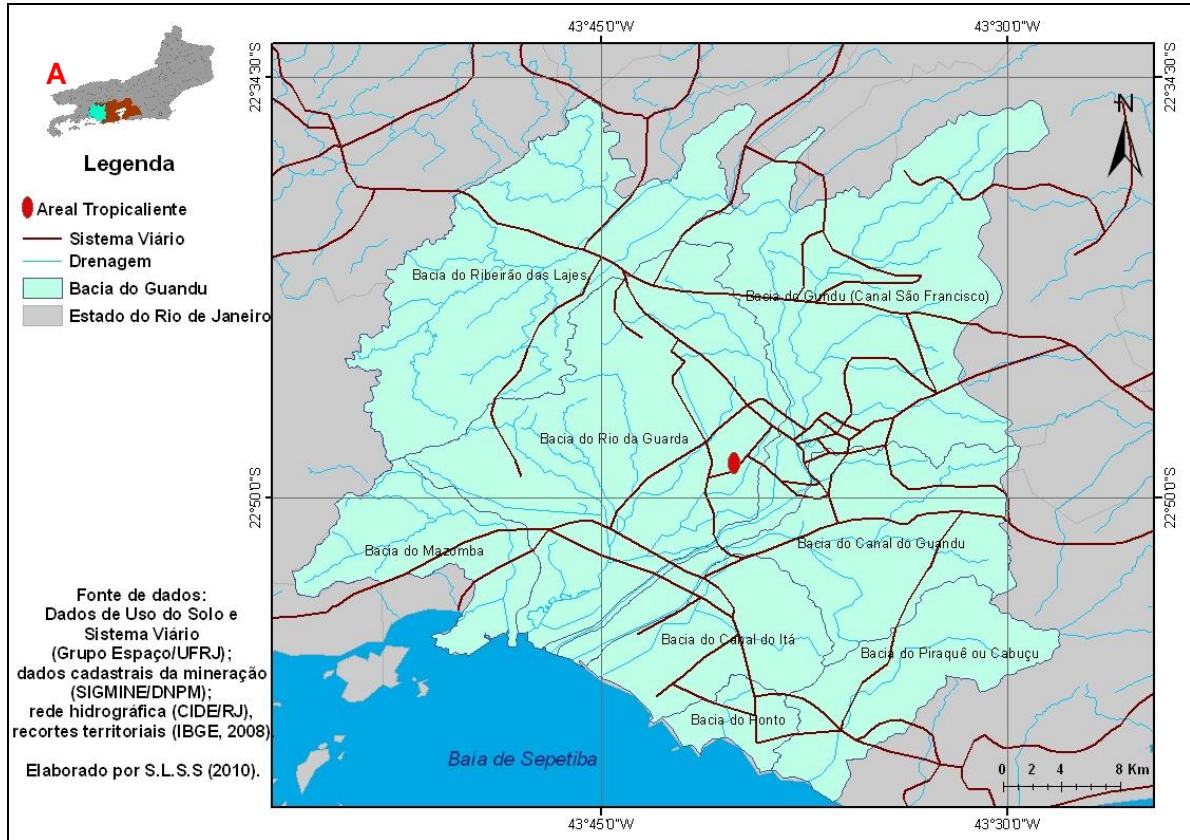


Figura 10: Etapas da extração de areia em ambiente de cava no areal Tropicaliente - **(A)**Localização do Areal Tropicaliente, na bacia do Guandu; **(B)** logo após a areia misturada com a água é bombeada para caixas suspensas; onde **(C)** a seleção granulométrica é feita pela desagregação das partículas através de lavagem (Fotos: T. M. Silva, 2008).

Enquanto que as campanhas de campo na Bacia do rio Suruí, selecionada a partir da etapa de análise relacionada ao **nível logístico**, visaram o levantamento de dados físico-ambientais, enfocando tanto o reconhecimento da área quanto a coleta de dados primários. Desta maneira, os procedimentos adotados foram os seguintes: realização de perfis de eletrorresistividade, realização de perfil estratigráfico e coleta de amostras deformadas para análises texturais.

i. Realização de perfis de eletrorresistividade: Por ser a eletrorresistividade uma metodologia que vem sendo bastante aplicada em áreas continentais nos últimos anos devido a possibilidade de identificar a composição de unidades litológicas em profundidade, sem no entanto necessitar de abertura de trincheira e/ou realização de sondagens e, assim, não causando nenhuma alteração na área a ser investigada, foram realizadas seções de eletrorresistividade visando identificação da profundidade dos corpos arenosos. Tal técnica consiste na injeção de corrente elétrica no solo e mensuração de sua resistividade à passagem desta corrente por suas camadas. Esta resistência varia de acordo com o material atingido pelas correntes, visto que refere-se aos íons livres contidos nos poros do solo ou das rochas. Assim, através da variação de resistência pode-se inferir sobre a composição sedimentar das camadas. As camadas mais decompostas, como no caso dos sedimentos argilosos e arenosos, correspondem a valores baixos de resistência (**Figura 11**), uma vez que, quanto mais decomposto o material, maior o teor de íons livres, isto porque o processo de decomposição mineral é acompanhado da liberação de íons.

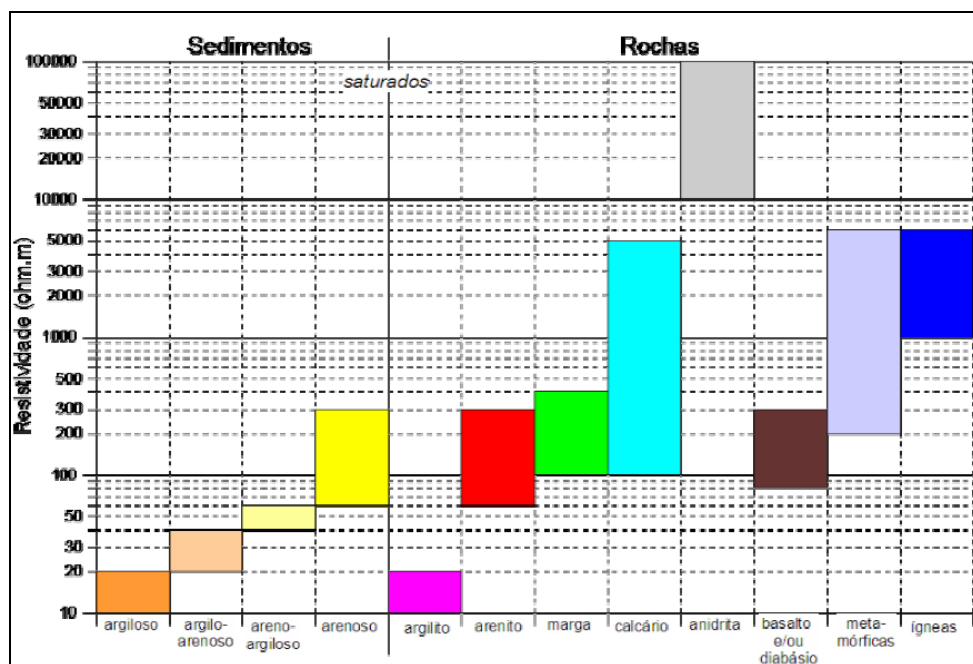


Figura 11: Faixas de resistividade dos materiais. Fonte: Braga, 2007 (modificado de Orellana, 1972).

Em campo utilizou-se Equipamento para levantamento geofísico por método elétrico desenvolvido no laboratório de Geofísica do Departamento de Geologia da UFRJ (PLASTINO *et al.*, 2003) e operado pelo próprio **Prof. Roberto Hermann Plastino**, obedecendo a técnica de SEV - Sondagem Elétrica Vertical, a qual investiga a variação da eletrorresistividade em profundidade, a partir de um ponto fixo na superfície do terreno. Seguiu-se o *arranjo Schlumberger* (**Figura 12**), no qual a distância entre os eletrodos de corrente M e N mantenha-se fixa e tende a zero em relação à distância L (entre AO e OB). E, assim ao aumentar a distância entre os eletrodos de corrente AB, o volume total da subsuperfície analisada aumenta, permitindo com isso que se alcancem camadas mais profundas.

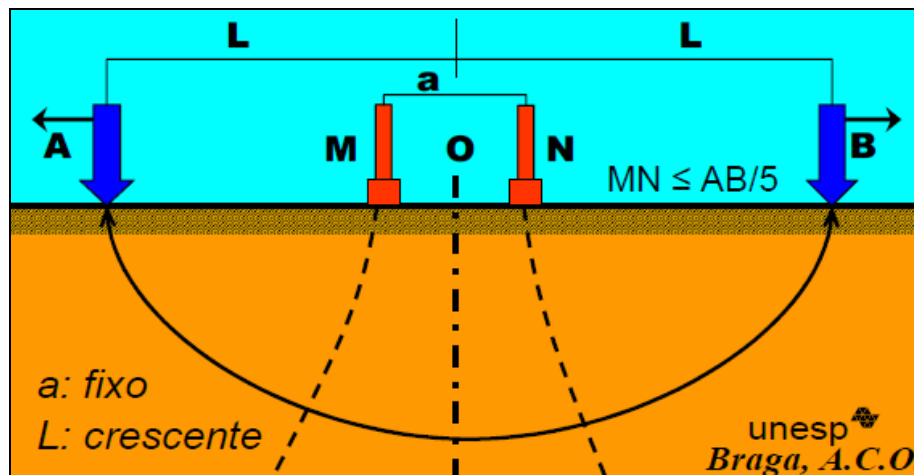


Figura 12: Disposição dos eletrodos no arranjo Schlumberger. Fonte: A.C.O. Braga, 2007.

Na **Figura 13** pode-se observar o exemplo da localização das SEVs - Sondagens Elétricas realizadas em área de pasto da Fazenda Dellatorre, na sub-bacia do rio Suruí inserida na baixada da Guanabara. A SEV-2 foi realizada mais próxima do canal e com distanciamento AB de 100 metros, enquanto a SEV-3, no sentido da planície aluvionar, apresentou distanciamento entre AB de 200 metros. A aparelhagem utilizada e os procedimentos realizados podem ser observados através das **Figuras 14, 15 e 16**, no trabalho de campo do dia 03 de Outubro de 2009.

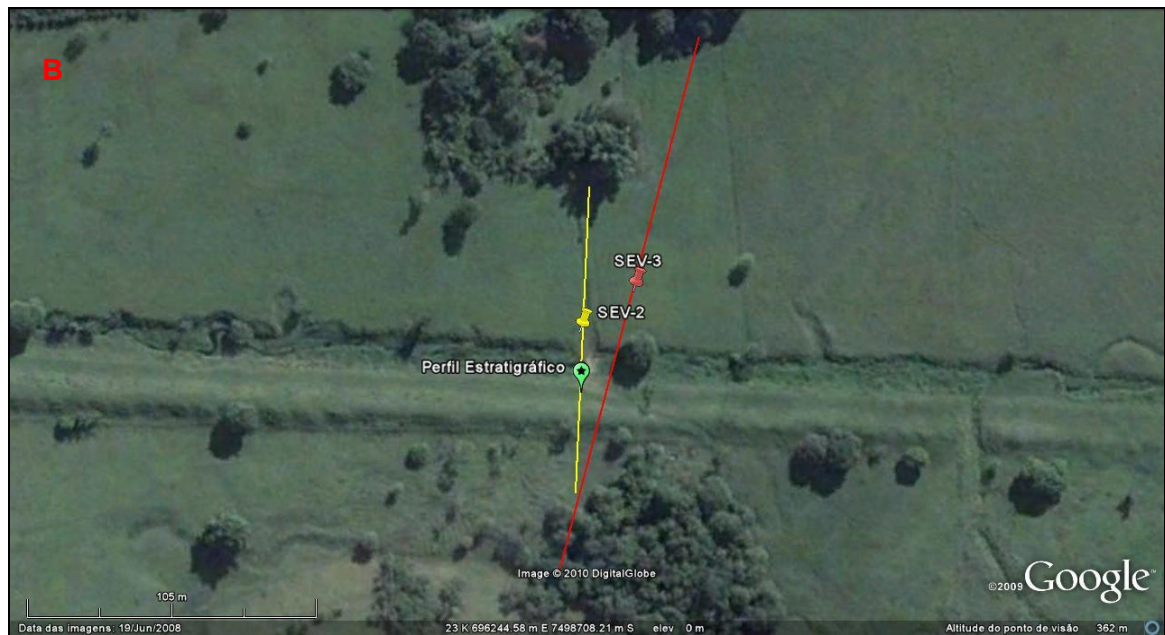
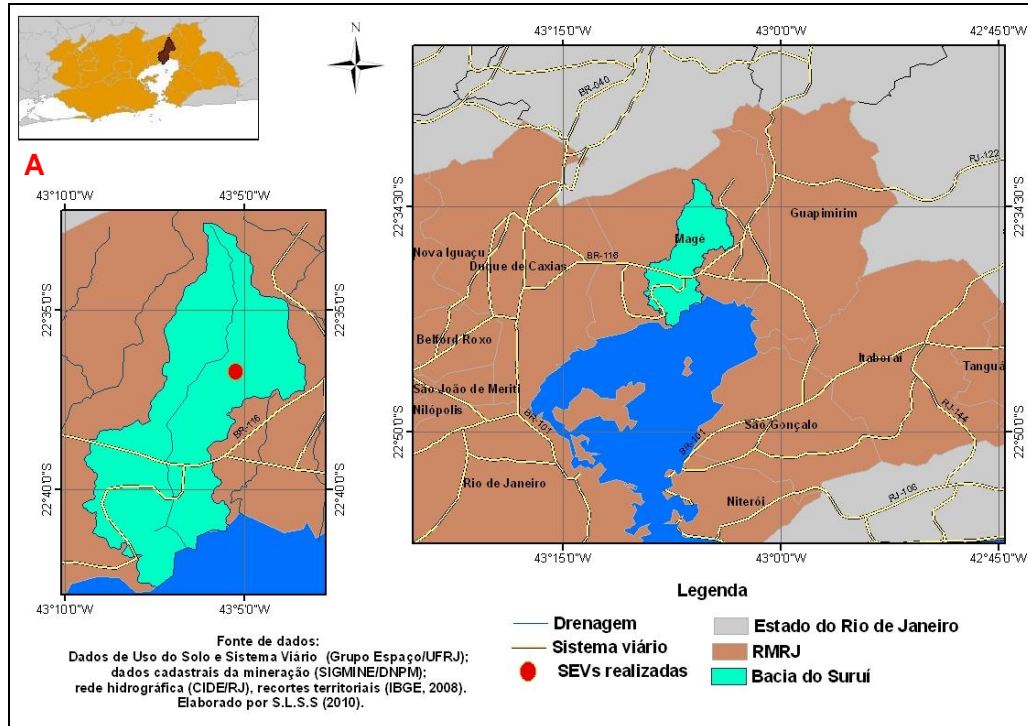


Figura 13: Localização das SEVs - Sondagens Elétricas Verticais e do perfil estratigráfico realizados (A), e em detalhe a localização em campo (B). (Fonte: Google Earth, 2010).

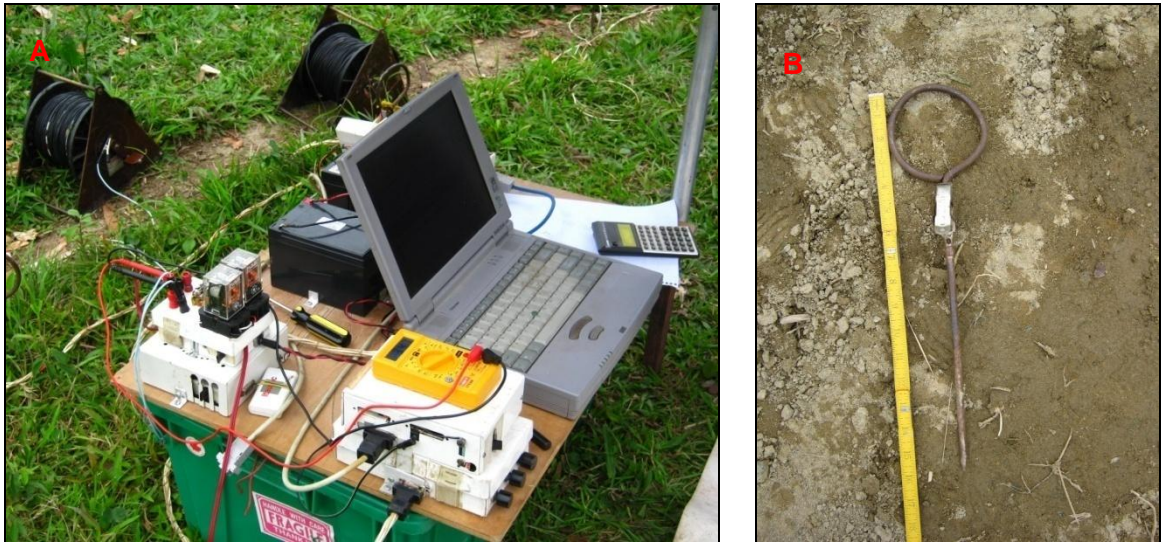


Figura 14: Ilustração da primeira estação de coleta de dados. **A** – Detalhe do aparelho resistivímetro utilizado, onde observa-se o computador acoplado ao multímetro **(a)** para medição da corrente elétrica e da voltagem, baterias **(b)** para gerar a corrente elétrica e amplificador de corrente **(c)** para amplificar a corrente gerada pelas baterias; **B** – eletrodo medindo 16 cm a partir da alça (Fotos: S.L.S. SILVA, 2009).



Figura 15: **(a)** eletrodos de corrente – que transmitem corrente elétrica para a subsuperfície do terreno, **(b)** carretéis de fios elétricos - ligados ao amplificador de corrente de um lado e do outro aos eletrodos fincados no chão, **(c)** eletrodos que recebem a corrente de retorno (Foto: S.L.S. SILVA, 2009).



Figura 16: Foto mostrando a localização de perfil estratigráfico em parede exposta e coleta de amostras de solo para análise em laboratório; localização da primeira estação de coleta de dados por Sondagem Elétrica Vertical (SEV-2) - Foto: T.M. SILVA, 2009.

ii. **Realização de perfil estratigráfico:** realizado em corte lateral adjacente ao canal da sub-bacia do rio Suruí, buscando o ordenamento horizontal da sequência sedimentar, visando identificá-las em uma sucessão temporal, e que auxilie na identificação da granulometria da parte superior do pacote sedimentar da área de estudo (**Figura 17**). Tendo em vista que são escarsos os dados para caracterização geomorfológica desta bacia, a realização do perfil estratigráfico nas camadas mais superficiais representa uma etapa básica para identificar a composição granulométrica destas camadas e, assim, poder calibrar mesmo que simplificada os dados de superfície. Os dados de campo foram posteriormente tratados em gabinete para confecção do desenho em CorelDraw com demonstração das camadas identificadas em campo



Figura 17: **A** – Localização do Perfil estratigráfico realizado em corte adjacente ao canal; **B** - Camadas identificadas em campo e coletadas para posterior análise granulométrica em laboratório (Fotos: S.L.S. SILVA, 2009).

iii. Coleta de amostras deformadas para análises texturais: visando coletar amostras deformadas de material que sejam representativas do ambiente de planície fluvial em estudo, para análises granulométricas, procurando caracterizar o tipo de material disponível nas camadas analisadas.

3.3. Etapas de laboratório

A análise granulométrica foi efetuada para as amostras representativas de cada camada identificada, coletadas na superfície do corte da planície fluvial, seguindo etapas do método proposto por Folk (1968). Após secagem ao ar e destorramento, a amostra foi quarteada, sendo separados 30 gramas de material, ao qual foram adicionados 20 ml de peróxido de hidrogênio e água destilada. A solução permaneceu em repouso durante 24 horas e, ao final destas, foi lavada com água destilada em peneira de 0,062mm de malha para separação das frações silte/argila das areias. As areias retidas na peneira foram secadas em estufa e posteriormente

peneiradas em bateria com intervalos sucessivos de 1 (ϕ) - peneiras 2,00mm, 1,00mm, 0,50mm, 0,125mm e 0,062mm, e tempo de peneiramento de 15 minutos em vibrador. Para os siltes e as argilas, armazenados em provetas de 1000ml, foram adicionados 20ml de defloculante (solução de hexametáfosfato de sódio e carbonato de sódio) sendo realizada pipetagem com 6 tempos (com extração das frações finas da amostra para os intervalos de 0,062 a 0,031mm, 0,031 a 0,016mm, 0,016 a 0,008mm, 0,008 a 0,004mm, 0,004 a 0,002mm e 0,002 a 0,001mm), determinados em função da temperatura ambiente e calculados a partir da Lei de Stokes. E, por fim, as areias, os siltes e as argilas foram pesados, obtendo-se seus percentuais individuais e acumulados.

As análises texturais foram realizadas no Laboratório de Geografia Física 'Maria Regina Mousinho de Meis' do Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ, sendo consideradas as seguintes frações granulométricas:

- **Grânulos:** material com diâmetro entre 4,00 e 2,00 mm;
- **Areias:** classificadas em areia muito grossa (entre 2,00 e 1,00 mm), areia grossa (entre 1,00 e 0,50 mm), areia média (entre 0,50 e 0,250 mm), areia fina (entre 0,250 e 0,125 mm) e areia muito fina (entre 0,125 e 0,062 mm);
- **Siltes:** Silte grosso (entre 0,062 e 0,031 mm), silte médio (entre 0,031 e 0,016 mm), silte fino (entre 0,016 e 0,008) e silte muito fino (entre 0,008 e 0,004);
- **Argilas:** material com diâmetro menor que 0,004 mm.

3.4. Estruturação integrada de dados coletados e alcançados

Após a conjugação de dados primários e secundários, efetuou-se análise articulada, através das ferramentas operacionais baseadas nas técnicas de geoprocessamento, e do instrumental geográfico-geomorfológico que fundamenta as interpretações ambientais.

Os aspectos primários contemplados referem-se à distribuição da sedimentação quaternária, tanto em termos de área quanto de profundidade; a

conectividade espacial com o mercado consumidor; a consideração de outros usos do solo; e a existência e atuação de comitês de bacia, que intermedeiam e viabilizam a discussão dos usos de solo da bacia. Tendo como produtos finais mapas que representem cartograficamente as análises realizadas, além de tabelas elaboradas no *software* excel apresentando os valores percentuais areais.

No que se refere ao processamento dos dados das SEVs, foi utilizado o programa **IPlzwin** disponibilizado pelo Departamento de Geofísica da Moscow State University Geological Faculty através do site <http://geophys.geol.msu.ru/>. Tal programa "plota" em um gráfico os valores de eletrorresistividade registrados em campo, fazendo as devidas correções baseadas em modelos matemáticos e assim fornece curvas de eletrorresistividade (**Figura 18**) com a maior precisão possível. E a partir de mais de um ponto de sondagem é possível produzir um perfil "pseudotransversal" através da interpolação dos pontos de sondagem.

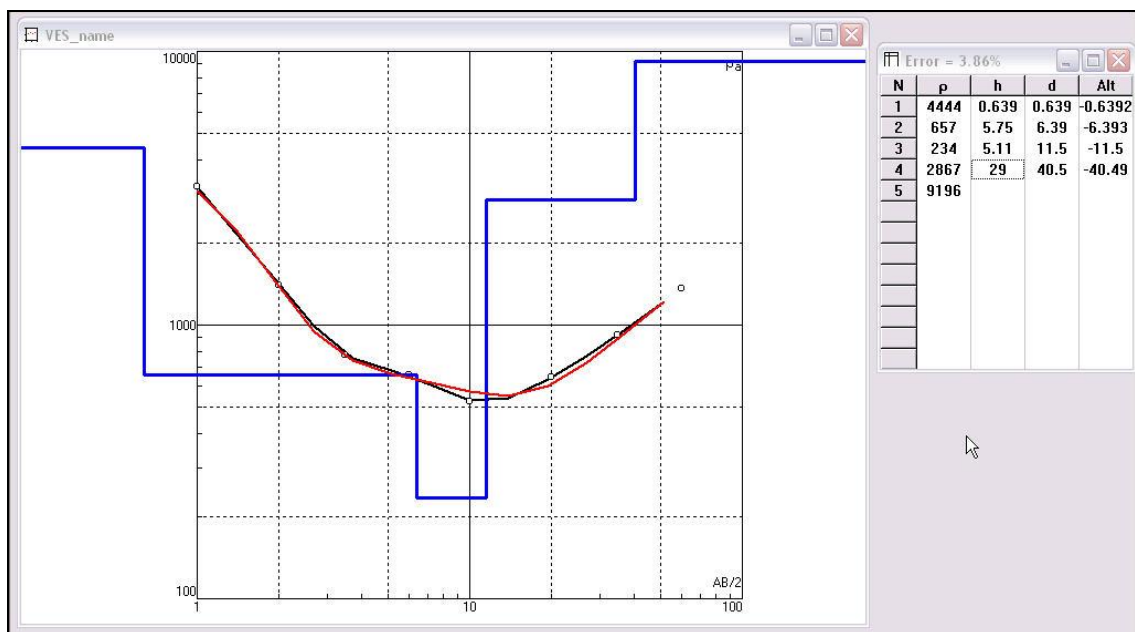


Figura 18: Exemplo de gráfico para interpretação da SEV, sendo ρ - resistividade, h - espessura, d - profundidade total. A curva em preto mostra os dados de campo e em vermelho o resultado da modelagem. Em azul as camadas com as diferentes resistividades.

4. EMBASAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO

Este capítulo trata do instrumental teórico-conceitual que embasará as discussões e/ou reflexões a respeito da reformulação de alguns conceitos tradicionais e do surgimento de novas terminologias, estas motivadas pelo reconhecimento da deterioração da qualidade ambiental, particularmente no tocante aos seus efeitos sobre a qualidade de vida humana. Diante de tamanhas preocupações com os problemas ambientais e suas implicações imediatas e futuras para a sociedade, o vetor ambiental tem sido incorporado em todos os setores, desde a esfera econômica, social, política e até mesmo num plano mais subjetivo, e, desta forma, sendo absorvido pelo ideário coletivo. Tal processo de assimilação da “lógica ambiental” nas mais diversas facetas da sociedade resulta, na maioria das vezes, em falta de clareza ou coerência na terminologia utilizada; visto que, embora a questão ambiental seja interesse de todos, esta requer discussões teóricas e metodológicas específicas que dialoguem com os objetivos e particularidades do modo de vida das populações locais.

Neste entendimento, pode-se notar que uma das principais inquietações que atinge diversos setores da sociedade e ramos das ciências é à maneira de ocupação dos territórios, ou dito de outra forma, como o homem ocupa e modifica o espaço em que vive. Sendo assim, nas últimas décadas houve um expressivo desenvolvimento de instrumentos técnicos e teóricos visando o ordenamento territorial, estabelecendo normas e padrões de apropriação e uso dos espaços. Abordando tais instrumentos por uma vertente geográfica, privilegiam-se na primeira parte deste capítulo discussões a respeito do planejamento ambiental, escalas de análise e aplicações da cartografia geomorfológica, a segunda parte trata dos mecanismos de evolução da paisagem e sua associação com a gênese dos recursos ambientais, enquanto que a terceira parte é dedicada à discussão do termo recuperação no contexto da mineração e o levantamento de propostas de recuperação para lavras de areia em ambientes fluviais.

4.1. Escalas e níveis de análise do planejamento ambiental

Os instrumentos de regulação e ordenamento territoriais foram os que mais se desenvolveram e ganharam corpo nestas últimas décadas, tendo atravessado algumas oscilações de filosofias e práticas do pensamento ambientalista brasileiro. Este que originariamente possuía uma postura essencialmente preservacionista, mais recentemente adota uma perspectiva mais ampla e integradora de intervenção. De acordo com Moraes (2005), da preocupação ecologista parte-se para conceitos mais abrangentes como o de qualidade de vida e desenvolvimento sustentado, acarretando assim uma ampliação do campo de atribuições e interesses do setor ambiental a partir da década de 1980 e exigindo, portanto, que o aspecto ambiental seja internalizado nos diversos programas e ações estatais, dando-lhes um elemento de articulação. Neste sentido, os planejamentos setoriais desempenham papel fundamental no manejo ambiental de uma determinada área, uma vez que são estes que estabelecem, a priori, os padrões de uso e ocupação do solo, segundo a ótica desenvolvimentista que adotem. A qual, via de regra, tem primado por um padrão extensivo-intensivo, extensivo do ponto de vista espacial, pois consome muito rapidamente os espaços; e intensivo do ponto de vista de consumo dos recursos naturais, pois se consomem as reservas ao máximo possível.

Neste contexto, formula-se o termo planejamento ambiental, como tentativa de integrar e articular a problemática ambiental aos programas e políticas setoriais e estatais, e não mais tratá-la como mero apêndice. Sendo o termo forjado em uma conjuntura de reorientação dos princípios ambientalistas, associada a um movimento de reformulação das políticas ambientais, assim como aponta Floriano (2004, p.1):

Planejamento Ambiental é uma expressão recente, usada com maior frequência nos últimos dez anos por uma boa razão: de 3 a 14 de junho de 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, a ECO-92, foi criado o maior programa de planejamento ambiental que já se imaginou: a AGENDA 21; que previa um planejamento em cascata do nível global, para o nacional, regional (estadual), até o nível local (ou municipal), com o objetivo de melhoria da qualidade de vida do ser humano e de conservação e preservação ambiental (FLORIANO, 2004, p. 1).

Se por um lado tal formulação representa um avanço nas discussões epistemológicas da problemática ambiental, pois aponta a necessidade de se construir um arcabouço teórico-conceitual apropriado para gestão ambiental. Por outro lado, a definição que tem sido dada ao planejamento ambiental ainda não exprime nitidamente seu conteúdo e atribuições, sendo bem ilustrativa da já mencionada incorporação quase automática do termo ambiental a categorias e objetos conhecidos, seja na esfera institucional (governo, academia, empresariado) ou popular. Tal como salienta Almeida (1999, p.14):

[...] o planejamento ambiental não possui uma definição muito precisa, ora se confunde com o próprio planejamento territorial, ora é uma extensão de outros planejamentos setoriais mais conhecidos (urbanos, institucionais e administrativos), que foram acrescidos da consideração ambiental (ALMEIDA, 1999, p. 14).

Ainda segundo Almeida (1999), o conceito tradicional de planejamento ambiental refere-se a um conjunto de metodologias e procedimentos visando dar racionalidade à ação que pode ter dois tipos de objetivos principais: segundo a linha de planejamento voltada para a **demanda**, o objetivo é avaliar as consequências ambientais de determinada ação proposta e identificar possíveis alternativas a esta ação, enfatizando a problemática econômica e social; enquanto que para a linha de planejamento voltada para **oferta** o objetivo é avaliar as contraposições entre as aptidões e usos dos territórios a serem planejados, ressaltando características do meio em que se desenvolve a atividade humana, definindo as possibilidades atuais e potenciais de satisfação da demanda. Os modelos mais notáveis de métodos tanto para linha de demanda (Lewis, 1964; Steinitz, 1967; Hills, 1970; Lynch, 1972; Johns, 1973)³ quanto para linha da oferta (McHarg, 1969; Tricart, 1972; Falque, 1975)⁴, embora apresentem peculiaridades de enfoques, objetivos e procedimentos diversos, demonstram uma preocupação em comum: ordenação do espaço, utilizando-se de critérios de classificação para estabelecer zonas, regiões ou áreas; seja para indicar localizações favoráveis ou desfavoráveis a determinados usos, seja

³ Citados por Floriano (2004).

⁴ Segundo Floriano (*Op. Cit.*).

para fins econômicos e estratégicos, ou ainda para fins conservacionistas e/ou preservacionistas.

Os modelos supracitados de planejamento ambiental serviram de embasamento as metodologias mais recentes de ordenamento territorial com vistas à implementação de projetos ambientais, dentre as quais ressalta-se o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), particularmente o realizado por Becker e Egler (1996) para os estados legais da Amazônia. Neste estudo detalhado, os autores apresentam a dimensão técnica do ZEE, esclarecendo o roteiro metodológico de sua execução; e sua dimensão política, discutindo sobre o significado deste “*instrumento para racionalização da ocupação dos espaços e de redirecionamento das atividades*”.

Egler *et al.* (2003) ao exporem que o zoneamento ambiental não pode ser visto apenas como um instrumento de restrição, mas, sobretudo de regulação social do uso dos recursos naturais e ecológicos, indica um sentido apropriado para tal zoneamento, apontando-o como um fator decisivo na articulação entre as diversas agendas, desde que considerado como um sistema de informações para a gestão integrada do território. Neste entendimento, podemos dizer que planejamento e zoneamento apresentam em comum a busca pela organização do uso do espaço, sendo o zoneamento ambiental parte fundamental do planejamento territorial. Assim, podemos também interpretar o zoneamento como uma das etapas iniciais do planejamento ambiental, que aliada a outras constitui uma política de gestão ambiental contínua e não somente ações pontuais e desarticuladas.

Em uma interpretação literal, Floriano (2004) define planejamento como um processo de organização de tarefas para se chegar a um fim, com fases características e sequenciais. De modo geral, o autor indica a seguinte sequência para o planejamento ambiental: identificação do objeto, definição de objetivo, desenvolvimento de ações, prevenção e correção de desvios. Partindo destas colocações, será aqui adotado como sequência lógica do planejamento ambiental três fases de ação: 1º) os estudos prévios; 2º) a implementação e monitoramento; 3º) o tratamento dos impactos associados. Sendo assim, na primeira fase, contemplar-se-ia um panorama regional das localizações favoráveis a implantação de determinada atividade/uso; realizando-se estudos específicos para se estabelecer áreas/zonas/regiões potenciais, além do estabelecimento de padrões a

serem seguidos e limites a serem respeitados. Enquanto que a segunda fase dedicar-se-ia a efetiva implantação da atividade bem como acompanhamento de seu desenvolvimento a fim de avaliar a eficácia do zoneamento proposto, e também controlar possíveis desvios nos padrões pré-estabelecidos. E por fim, na terceira fase, haveria o tratamento dos impactos associados à implantação da atividade, de acordo com o monitoramento e controle exercidos nas fases anteriores.

Ainda que apresentadas muito simploriamente, tais etapas revestem-se de uma complexidade relacionada à pluralidade de atores e interesses envolvidos, além da multiplicidade de escalas espaciais e temporais associadas. O que de acordo com Egler *et al.* (2003, p.129) exige uma “[...] abordagem interdisciplinar, considerando, segundo uma hierarquia de escalas espaciais e temporais, a estrutura e dinâmica do sistema ambiental, e uma visão sistêmica que analise as relações de causa/efeito entre os componentes do sistema ambiental”.

Devido à familiaridade que a Ciência Geográfica possui com as reflexões sobre a problemática da escala, cabe aqui uma breve retomada sobre este tema, ainda que muito debatido sempre se mostrando polêmico. Partimos, assim, da acepção que Smelser e Baltes (2001) oferecem, na obra “*Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*”, sobre escala na Geografia referindo-se ao tamanho, relativo ou absoluto, seja relacionado à mensuração de unidades de tempo (escala temporal) ou à mensuração do espaço físico (escala espacial). Deste modo, os autores apresentam três referenciais sobre escala, a saber: a escala cartográfica, escala do fenômeno e a escala de análise. Geralmente, associa-se o significado de escala simplesmente à escala cartográfica, devido a sua apreensão mais imediata, visto que se baseia numa transformação matemática, sendo a relação entre as dimensões reais de uma superfície e a representação dessas dimensões no mapa. Enquanto que a escala do fenômeno se refere ao tamanho no qual uma estrutura ou processo (físico ou humano) ocorre ou existe, sendo sua interpretação muito menos objetiva do que a cartográfica. Já a escala de análise se refere ao tamanho da unidade na qual algum problema é analisado, sendo geralmente associada a um recorte gerencial respeitando uma hierarquia de competências e poderes.

Frequentemente esses três referenciais são tratados independentemente ou mesmo de maneira estanque, embora estejam inter-relacionados, uma vez que a escala cartográfica de representação do fenômeno depende do nível de análise

estabelecido pela própria escala do fenômeno, bem como pela escala de análise pretendida, se a nível regional ou local, por exemplo. E de outro ponto de vista, o nível de detalhamento ou generalização da representação cartográfica interfere na interpretação do fenômeno, a medida que pode ressaltar ou ocultar determinados aspectos.

Como indica Castro (1995) a escala como uma estratégia de apreensão da realidade não representa o tamanho do fenômeno, mas define o campo da pesquisa, dando sentido ao recorte espacial objetivado. De maneira que, embora o fenômeno não possa ser abordado em sua totalidade, apresenta uma escala de observação e análise mais apropriada. No que se refere ao zoneamento ambiental realizado por Egler *et al.* (2003) para a Baía de Guanabara, as escalas consideradas mais apropriadas referem-se a três níveis de escalas de análise articulados: a **concepção estratégica** de evolução da ocupação humana, realizada na escala cartográfica de 1:100.000, onde foram mapeadas as condicionantes gerais da dinâmica socioambiental; a **visão logística** detalhando as bacias contribuintes da Baía de Guanabara, realizada na escala cartográfica de 1:50.000, apresentando informações de aproximação intermediária; e a **definição tática** onde foram definidas as principais unidades espaciais, realizada na escala cartográfica de 1:25.000, apresentando informações em detalhe. Percebe-se que há uma correlação entre os níveis de análise e as escalas cartográficas, pois como já salientado, ainda que estas não definam o teor das análises, a escolha da escala cartográfica adequada possibilitará ou inviabilizará o grau de detalhamento.

Outra tentativa de articulação entre níveis de análise é proposta por Macedo (1994), que delinea para o que ele denomina de “plano de desempenho ambiental”, três níveis: estratégico, tático e operacional. Pelo fato do plano representar, segundo Almeida (1999), um documento para comunicar determinadas informações, ou seja, para registrar as decisões, este não apresenta, a priori, escalas cartográficas associadas; ainda assim é um proveitoso exemplo de análise articulada. Ao nível estratégico são definidas as orientações gerais e objetivos abordando as variáveis ambientais críticas. Ao nível tático determina-se os objetivos por segmento ambiental e os padrões de qualidade ambiental para cada um destes. E ao nível operacional são programadas as metas de menor prazo e os projetos ambientais necessários à sua consecução.

Em se tratando de níveis de análise não podemos deixar de considerar a bacia de drenagem como recorte espacial bem apropriado às análises ambientais, tanto por representar a unidade fundamental de evolução geomorfológica, como pela sua institucionalização, através da Lei 9433/97 (PNRH) como arena de decisão, principalmente com a atuação dos comitês de bacia. Lima (2005) ao afirmar que a identificação da bacia como instância unificadora de processos ambientais e das interferências humanas tem conduzido a ampliação do conceito, dando ao recorte destas um novo significado; só vem a corroborar com o que já anunciava Pires do Rio e Galvão (1996), ao dizer que a bacia hidrográfica perde seu conteúdo puramente natural para assumir importância como entidade na qual se manifestam os conflitos e torna-se, portanto, construção política.

Na mesma direção, Peixoto *et al.* (1997) apontam uma tendência para utilização das bacias de drenagem como unidades fundamentais de análise e planejamento ambiental, assumindo um novo caráter, onde a integração dos componentes físicos e bióticos e aspectos sociais, econômicos e políticos são analisados visando o melhor aproveitamento dos recursos ambientais e minimização dos impactos e riscos ambientais associados à sua utilização. E desta forma, o recorte analítico da bacia de drenagem torna-se justificável não somente por seu cunho fisiográfico, mas também por ser o palco preferencial para implantação de políticas ambientais, já que “A bacia caracteriza-se, então, como um espaço onde a delimitação física antepõe-se à delimitação política, sendo esta, porém, a que define esse espaço socialmente, dando-lhe a conotação mais apropriada de um território” (LIMA, 2005, p.182).

E, pelo fato de representar a unidade básica de evolução do relevo, a bacia de drenagem desempenha relevante papel no zoneamento ambiental, visto que este se baseia no mapeamento das características ambientais da área, as quais são condicionadas, em grande parte, pela dinâmica de evolução da bacia de drenagem na qual se insere. Ressaltando assim, os mapeamentos geomorfológicos como planos de informação primários; pois conforme afirma Casseti (2007; www.funape.org.br/geomorfologia/index.php) a cartografia geomorfológica constitui uma importante ferramenta de espacialização dos fatos geomorfológicos, visto que além de representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura

e processos e com a própria dinâmica dos processos; também permite abordagens de interesse como: vulnerabilidade e potencialidade dos recursos do relevo.

Para Cooke e Doornkamp (1990), os requerimentos para cartografia geomorfológica aumentam a medida que aumenta a necessidade de compressão da dinâmica da natureza, particularmente no que diz respeito à distribuição e mudanças ao longo do tempo, dos riscos e dos recursos. Florenzano (2008) salienta que esse caráter aplicado dos mapeamentos geomorfológicos teve início na década de 1950, como suporte ao planejamento econômico; e mais recentemente ampliando suas aplicações aos zoneamentos agrícola, urbano, regional e em obras de engenharia.

Neste sentido, Gustavsson (2006 *apud* FLORENZANO, 2008) alerta que nas últimas décadas, o mapeamento e pesquisa geomorfológica tem seguido duas abordagens: a **analítica**, na qual o mapa contém informações descritivas dos aspectos morfológicos, morfogenéticos e morfocronológicos, a exemplo das cartas morfodinâmicas (permitem expressar o risco de acidentes) e das cartas morfométricas (de declividade, de orientação de vertentes, etc.); e a **sintética** ou **integrada**, na qual os dados geomorfológicos são combinados com outras variáveis como hidrologia, vegetação, solo, e este tipo de abordagem serve de base de dados para a realização dos zoneamentos ambientais.

Enfim, o que tentou se estabelecer até aqui é que o processo de gestão ambiental é inerentemente territorial e assim sendo, exige uma análise espacial e, portanto, ferramentas que auxiliem neste entendimento da dinâmica ambiental, que não é inerte nem no tempo e nem no espaço, muito pelo contrário, o caráter dinâmico da evolução das paisagens representa o maior desafio metodológico a ser superado. E para tanto, são necessários instrumentos adequados de investigação que privilegiem a perspectiva espacial, tais como estabelecimento de níveis de análises e escalas cartográficas adequados, procedimentos metodológicos de mapeamentos ambientais, além da articulação entre estes.

4.2. Os mecanismos de evolução da paisagem e a gênese dos recursos ambientais

Embora neste trabalho enfoquemos a cartografia geomorfológica como subsídio à gestão ambiental, deve-se salientar que mesmo antes de ter ganhado este aspecto aplicado, esta desde os primórdios da pesquisa geomorfológica foi utilizada como “instrumento de análise e síntese” dos estudos, servindo ao mesmo tempo como fonte e representação gráfica e espacial de informação. Sendo assim, constantemente tem se buscado refinar as técnicas de representação cartográfica das formas do relevo, uma vez que estas são imprescindíveis para a análise da gênese e evolução da paisagem. Apesar de não constituir o critério exclusivo de interpretação da paisagem, as formas constituem um importante critério de classificação, pois são o resultado materializado dos processos morfogenéticos que atuaram e atuam na área de estudo (MELO *et al.*, 2005; FLORENZANO, 2008).

Chorley *et al.* (1984) ilustram de maneira bem elucidativa o mecanismo da evolução geomorfológica, ao comparar a paisagem a um palimpsesto, isto é, a um antigo pergaminho que devido sua escassez era utilizado por várias vezes, tendo assim diversos manuscritos sobrepostos, sem que nenhum apagasse por absoluto os anteriores. Tal como ocorrem nas paisagens que carregam em si heranças de fases evolutivas anteriores na sua configuração atual, tendo como evidências na morfologia, tanto o arranjo espacial destas formas, como também seus materiais constituintes. Assim, apesar da morfologia da paisagem não representar todos os aspectos ambientais, esta pode ser interpretada como indicador de determinados comportamentos, potencialidades ou fragilidades ambientais. Neste sentido, Melo *et al.* (2005) destacam a relevância dos processos, das formas e dos materiais nas interpretações geomorfológicas, visto que com a caracterização e classificação do relevo através destes atributos pode se inferir não somente sobre a ocorrência de distintos materiais, mas também sobre a suscetibilidade a processos erosivos, comportamento de águas subterrâneas, comportamento geotécnico e orientação de outras atividades econômicas.

Tais atributos estão intimamente associados, constituindo uma “cadeia” de relacionamentos, na qual um pode originar, modificar ou evidenciar o outro. Simplificadamente, nesta “cadeia” os processos (morfogenéticos) originam as formas que, por sua vez, condicionam o desenvolvimento de materiais correlatos. Seguindo esta linha de raciocínio, a identificação de uma tipologia de formas poderia indicar a possível ocorrência de tipos de materiais (depósitos e sedimentos) relacionados à sua morfogênese. Desta maneira, a compreensão dos processos morfogenéticos é o primeiro passo para se estabelecer esta tipologia de formas do relevo para então se inferir sobre comportamentos ou materiais associados.

Ponderando sobre este aspecto, podemos utilizar a concepção de sistema morfogenético, que Coque (1984) define como “*um conjunto de combinações de processos elementares responsáveis pelo modelado de uma porção do espaço submetida aos mesmos agentes de erosão, atuando com modalidades idênticas*”. Ou ainda, podemos empregar um termo análogo que Brunnsden (2003) utiliza que é regime de processos, o qual o autor caracteriza como uma hierarquia de eventos distribuídos como uma sequência no tempo e no espaço, sendo descrito pela frequência, magnitude e duração dos processos. Embora se argumente que uma determinada série de eventos seja única, sendo, portanto, improvável que duas áreas tenham exatamente o mesmo regime de processos ou que respondam da mesma maneira; o que se levanta é que através da operação de um conjunto de processos, haverá uma tendência de se produzir um conjunto característico de morfologias. Sendo assim, um sistema morfogenético ou regime de processos morfogenéticos não se reduz a uma simples soma dos processos elementares (intemperismo, movimentos de massa, transporte/erosão - fluvial, glacial, periglacial, costeiro, eólico, etc), eles são um sistema de relações entre processos, impulsionados por controles tectônicos, litológicos ou climáticos (GARNER, 1974).

Diante de todo o exposto, deduz-se que determinados agentes ou processos específicos de meteorização, erosão, transporte e deposição podem ser favorecidos pela morfologia, bem como organização espacial destas formas pré-existentes e outros aspectos próprios da paisagem. Tal como já nos apontava Ab’Saber (1969):

[...] o (Período) Quaternário, ele próprio, através de processos lineares, predominantemente exorreicos, e de processos morfoclimáticos areolares intertropicais variáveis, apoiou-se numa compartimentação prévia,

relacionada a acontecimentos geológicos e geomorfológicos de longa duração, pertencentes à história pós-cretácica e pré-pleistocênica. (AB'SABER, 1969, p. 10).

No que se refere a tais controles, considera-se que os fatores climáticos sejam preponderantes nos traços das atuais paisagens devido à sua intensa atuação na história geomorfológica recente. Sobretudo no Período Geológico mais recente denominado Quaternário, o qual apresenta aspectos marcantes como: existência de grande número de vestígios e evidências preservados a serem analisados, fato favorecido pela proximidade à contemporaneidade; associação com o surgimento do homem e período no qual deu-se grande parte da história da humanidade, sendo por isto também conhecido por “idade do homem”. E do ponto de vista geomorfológico, é o Período responsável pela esculturação atual do relevo, devido principalmente à intensidade das variações climáticas, as quais repercutiram significativamente nas taxas de pedogênese e morfogênese, nos regimes fluviais e nível dos oceanos, o que também lhe atribuiu a denominação de “idade do gelo” (MOURA, 1984; SUGUIO, 1999).

De acordo com Suguio *et al.* (2005), o termo Quaternário e seu significado cronológico têm sido discutidos na esfera científica devido a reformulações nos intervalos temporais das glaciações características deste Período. Surgindo assim propostas de modificações de terminologias e limites temporais, para que o seu início seja modificado de 1,81 Ma para 2,6 Ma. Embora o novo intervalo tenha sido adotado por algumas associações científicas, aqui se adota o intervalo “tradicional” do Período Quaternário (**Figura 19**), para fins de equivalência com estudos paleoambientais anteriores, abordados mais adiante, que utilizaram o limite de 1,81 Ma.

Durante as glaciações quaternárias, as altas e médias latitudes sofreram os efeitos dos glaciais, quando do esfriamento climático e avanço das geleiras; e os efeitos dos interglaciais quando do reaquecimento climático, recuo das geleiras e avanço das florestas. Já nas baixas latitudes os efeitos foram outros, e muito mais relacionados às variações hídricas, posto que as os interglaciais (clima mais quente) corresponderam a fases úmidas, onde predominam os processos químicos e bióticos, com entalhamento da drenagem. Enquanto que os glaciais (clima mais frio) corresponderam a fases semi-áridas, onde predominam os processos mecânicos,

torrenciais devido à concentração das chuvas. Assim, os períodos glaciais das altas e médias latitudes, corresponderiam aos períodos pluviais das baixas latitudes; bem como os períodos interglaciais corresponderiam aos interpluviais (COQUE, 1984; SUGUIO, 1999).

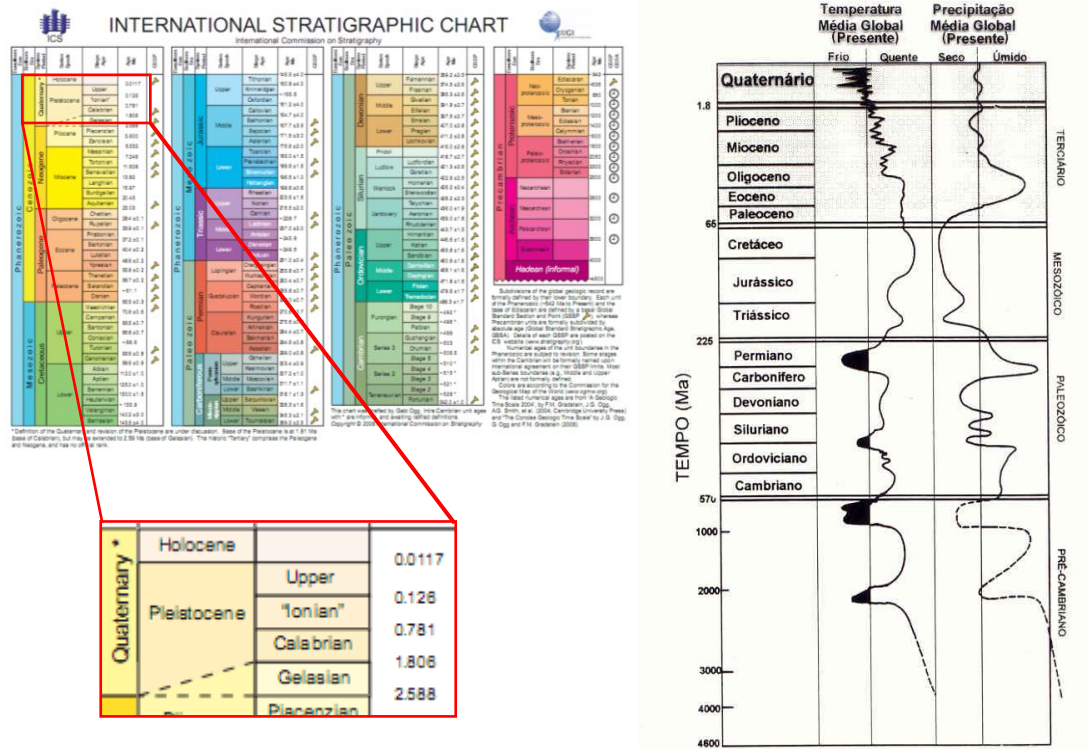


Figura 19: A - Carta Estratigráfica Internacional (2008) - Fonte: www.iugs.com. O traçado contínuo em vermelho destaca o Período Quaternário; **B** - Oscilações climáticas registradas (glaciais/interglaciais e pluviais/interpluviais) - Fonte: Suguio (1999).

Uma vez que estas regiões afetadas indiretamente pelas glaciações, como é o caso brasileiro, tiveram alterações mais relacionadas às condições hidrológicas, ocorre que amplas áreas estiveram submetidas a uma intensa alternância entre processos intempéricos químicos e físicos, originando morfologias eluviais e coluviais relacionadas ao desenvolvimento da drenagem. Já nas áreas costeiras, a isso se somou a influência das regressões e transgressões marinhas, resultando em interdigitações de depósitos fluviais, marinhos e flúvio-marinhos. Em se tratando da evolução geomorfológica do estado do Rio de Janeiro, nosso caso de interesse, as baixadas fluminenses são bem representativas dos eventos deposicionais Quaternários, pois em suas depressões e nas bacias marginais são encontrados os

depósitos correlativos aos ciclos erosivos e às suas respectivas superfícies de erosão⁵ reconhecidos por Bigarella *et al.* (1975 *apud* AMADOR, 1997).

O termo baixada refere-se a uma “*área deposicional proveniente de uma sedimentação fluvial, flúvio-marinha ou marinha, estando topograficamente deprimida em relação aos terrenos contíguos, ou junto à linha de costa*” (ADAMY e DANTAS, 2004, pág. 66). Tal situação topográfica e/ou locacional faz com que nestas áreas desenvolvam-se feições deposicionais com morfologias planas e suaves, e assim seja foco de interesse tanto pelo favorecimento para ocupação humana, quanto pela grande ocorrência de materiais úteis à cadeia produtiva. Tais materiais referem-se tanto aos recursos minerais representados pelos depósitos arenosos, fonte de suprimento básico a variadas atividades produtivas, particularmente a indústria de construção civil. Como também aos recursos hídricos representados tanto pelas feições fluviais superficiais (canais, planícies e terraços) quanto pelas formações hidrogeológicas subsuperficiais (aquíferos porosos) que coincidem com os terrenos quaternários, visto que apresentam uma correlação em suas gêneses; uma vez que o desenvolvimento dos aquíferos foi possibilitado pela natureza permeável das camadas sedimentares destes terrenos.

Notamos esta correlação entre os depósitos arenosos e os aquíferos quaternários nas próprias baixadas fluminenses, que pode ser segmentada em: Baixada de Campos dos Goitacazes, Baixada de Araruama, Baixada de Guanabara, Baixada de Sepetiba e Baixa de Jacarepaguá; as quais estão associadas aos seus respectivos sistemas aquíferos. No entanto, as Baixadas da Guanabara e de Sepetiba destacam-se como de peculiar interesse, visto que estas compreendem os municípios integrantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ (**Figura 20**), e por tal fato desempenham papel estratégico.

Extrapolando o caráter utilitário e econômico dos recursos ambientais, reconhecemos que sua relevância se deve muito mais aos aspectos relacionados à

⁵ Superfície de erosão ou de aplainamento é uma superfície do terreno bastante planar e mais ou menos contínua, formada ao mesmo tempo por processos erosivos ou deposicionais (marinhos, fluviais, glaciais) atuantes na porção externa da terra (Sugio, 1999). No SE brasileiro Bigarella *et al.* (1975) reconheceram três níveis de Pediplano – Pd1, Pd2 e Pd3 – que é a superfície formada pelo recuo paralelo das encostas, processo característico das fases semi-áridas.

qualidade ambiental que estes proporcionam. Assim, o que se argumenta é que a gestão não deve versar unicamente sobre uma determinada categoria de recurso (mineral ou hídrico, no caso), mas sim partir para uma concepção integrada que tratem de um ambiente peculiar de ocorrência dos já aludidos recursos ambientais quaternários. A partir deste entendimento, as planícies fluviais e flúvio-marinhas das baixadas fluminenses tornam-se objetos de interesse dos estudos que tratem das atividades exploratórias destes materiais e produtos geomorfológicos. Desta maneira, exige-se uma compreensão detalhada da dinâmica ambiental destes ambientes, recorrendo-se assim às reconstituições paleoambientais regionais, que evidenciaram histórias evolutivas muito semelhantes entre a Baixada de Sepetiba e da Guanabara (AMADOR 1997; MEIS e AMADOR 1972, 1974, 1977 *apud* AMADOR, 1997; BERBET 2003).

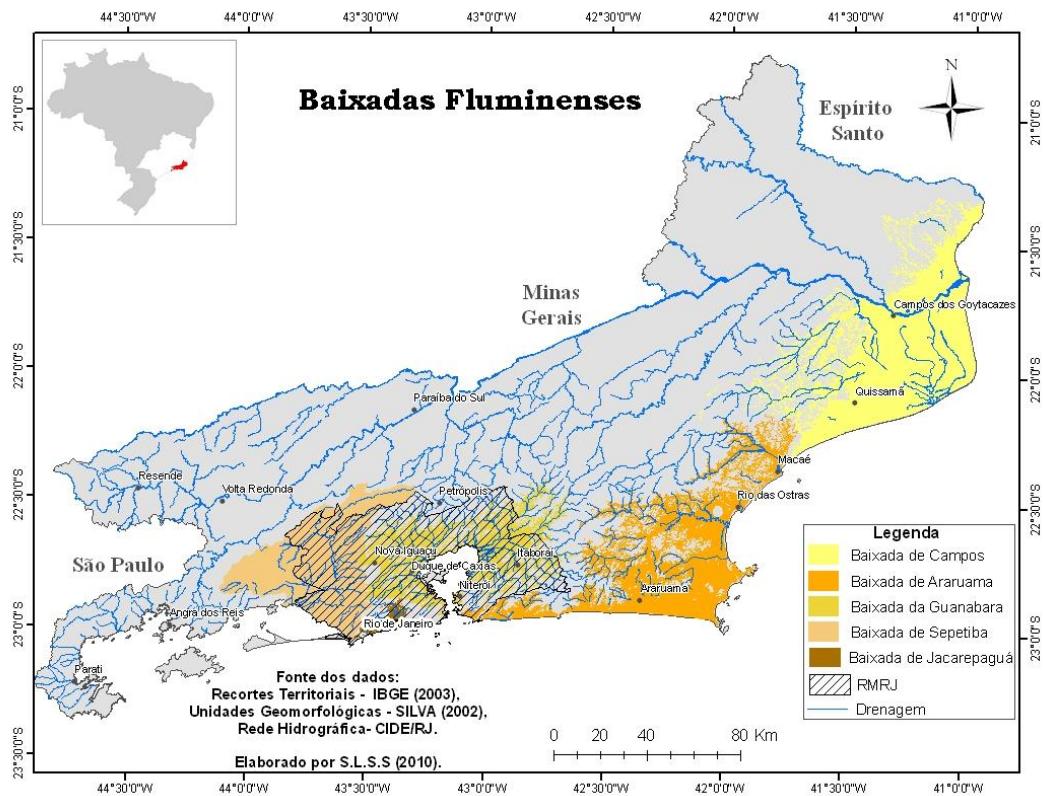


Figura 20: Baixadas da costa fluminense.

Evidências paleoambientais apontam que até o último interglacial (há cerca de 200.000 anos) a drenagem dos rios do setor oriental da Baía de Guanabara (Macacu, Guapimirim, Guapiaçu) era direcionada para a Baía de Sepetiba, utilizando a atual depressão da Bacia do Rio Guandu. Assim após esta reorganização da

drenagem, através de erosão remontante e dissecação do relevo, se desenvolvem colinas e tabuleiros representando o divisor que separa a Bacia do Rio Guandu, que drena para Baía de Sepetiba das Bacias de Meriti, Iguaçu e Acari que passam a drenar para a Guanabara. Outro aspecto de comparação reside no fato de que tanto a Baixada da Guanabara quanto Sepetiba apresentam evolução da deposição sedimentar relacionada as fases deposicionais do Pleistoceno superior, associadas à alternâncias climáticas de úmido e quente para seco e frio. Assim, por comparação e extrapolação tem-se que os processos morfogenéticos entre as duas regiões foram análogos, resultando assim em produtos morfogenéticos similares (morfologias), restando-nos ainda averiguar se os materiais produzidos também apresentariam tal semelhança.

Para tal averiguação exige-se um nível de análise mais detalhado, com escalas cartográficas (espaciais) e geológicas (temporais) correspondentes. De tal modo, que se chega ao nível de considerarmos individualmente as unidades de morfologias fluviais, obviamente sem perder a clareza que estão inseridas em unidades maiores de evolução geomorfológica, como as bacias de drenagem e a própria unidade de baixadas. Para o estado do Rio de Janeiro, Silva (2002) destaca que as áreas de retenção da sedimentação quaternária estão, predominantemente, localizadas no interior do Domínio Morfoestrutural das Depressões Tectônicas Cenozóicas, sendo representadas por feições de terraços e planícies fluviais, as quais se referem a terrenos de topografia plano-horizontal a sub-horizontal, nos quais os processos de agradação superam os de degradação.

No tocante à exploração de areia e cascalho, Cooke e Doornkamp (1990) apontam duas principais fontes: formações rochosas sedimentares estratificadas e depósitos sedimentares superficiais. Ressaltando que os principais contextos geomorfológicos que estes materiais podem ocorrer são: fluvial - em canais, planícies, terraços e leques; flúvio-glaciais - onde uma variedade de materiais foi carregada pela ação do gelo; e marinhos - na zona litorânea. Segundo os autores, as feições fluviais apresentam elevado grau de possibilidade de ocorrência destes materiais, sendo os sedimentos mais grosseiros associados a depósitos por acréscimo lateral do canal e os sedimentos mais finos associado a deposição dentro do canal. Nota-se assim que as planícies originadas de padrões de drenagem

entrelaçados⁶ ou meandrantess⁷ apresentam maior grau de associação a depósitos mais grosseiros, visto que estes são mais suscetíveis a migração lateral do canal.

⁶ Canais entrelaçados (*braided*) - Apresentam grande volume de carga de fundo que, conjugada com as flutuações das descargas, ocasionam sucessivas ramificações, ou múltiplos canais que se subdividem e se reencontram, separados por ilhas assimétricas e barras arenosas.

⁷ Canais meandrantess (*meandering*) - Descrevem curvas sinuosas através de um trabalho contínuo de escavação da margem côncava (ponto de maior velocidade da corrente) e de deposição na margem convexa (ponto de menor velocidade). Podem formar bancos sedimentares ou meandros abandonados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta, conforme as fases de investigação descritas no terceiro capítulo, os resultados alcançados. Cabendo aqui, uma breve retomada dos níveis de análise que estruturam o trabalho: nível estratégico, nível logístico e nível operacional.

5.1. Análises ao nível estratégico: as baixadas metropolitanas do Rio de Janeiro

Conforme já mencionado anteriormente, nestas análises, o aspecto mais notório é o fato de grande parte das feições quaternárias identificadas coincidirem com as áreas de ocupação e expansão urbana, uma vez que devido principalmente à sua morfologia suave favorece bastante a ocupação humana, representando sítio preferencial de assentamento. Assim, embora as áreas de acumulação da sedimentação quaternária estejam abundantemente distribuídas na porção litorânea do território fluminense, a maior parte destas áreas apresenta algum grau de impedimento. Desta forma, na seleção das bacias que, a princípio, atendam os requisitos da atividade – conectividade espacial com a RMRJ, articulação viária, ocorrência de sedimentação quaternária etc. – destacam-se as Bacias da Baía de Sepetiba, da Baía de Guanabara, e o grupo de Bacias Contribuintes ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá (**Figura 21**).

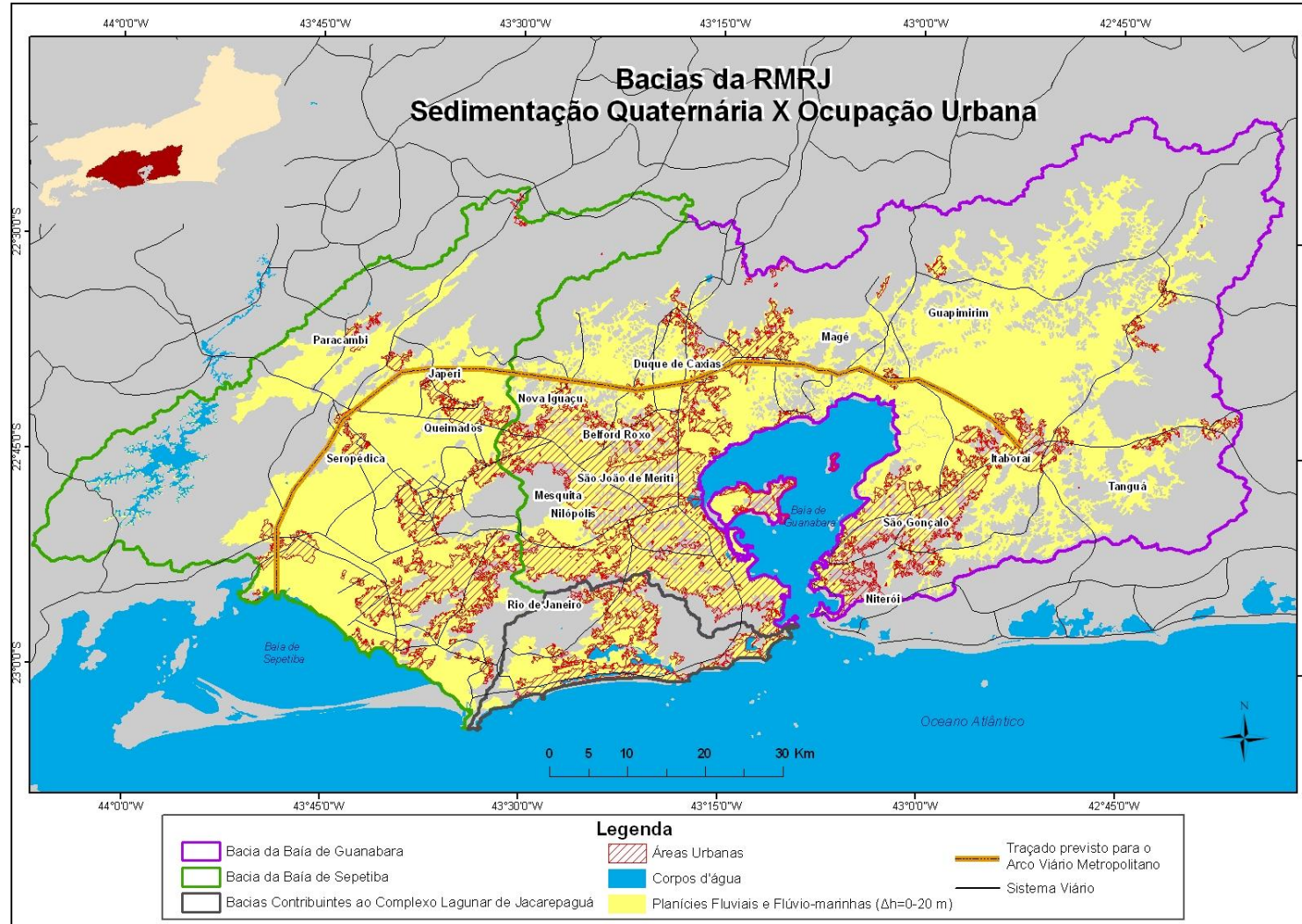


Figura 21: Distribuição da sedimentação quaternária nas bacias da RMRJ, e respectivo sistema viário (atual e previsto), e área urbana. (Fonte dos dados: Mapa Geomorfológico (SILVA, 2002), Rede Hidrográfica (CIDE/RJ), Dados de extração mineral (SIGMINE/DNPM), Recortes territoriais (IBGE, 2003). Elaborado por S.L.S. Silva.

Ao atentarmos para a base cadastral do DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral referente à exploração de areia no Rio de Janeiro notamos que estas duas bacias já demonstram a presença deste setor em sua área. Entretanto sutis diferenças são apontadas na fase de operação em que se encontram (**Tabela 2**) assim como diferenças nas dimensões dos estabelecimentos mineradores. Coforme Decreto 62.934/68 que regulamenta o Código de Mineração, as fases se referem a: **a) requerimento de pesquisa:** solicitação inicial para execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e determinação da exeqüibilidade de seu aproveitamento econômico; **b) autorização de pesquisa:** compreende trabalhos de campo e de laboratório como levantamentos geológicos pormenorizados da área a pesquisar, em escala conveniente para estudos sobre a viabilidade do empreendimento de acordo com as especificações do mercado ou aproveitamento industrial. Nesta fase não é permitida ao minerador a extração de substâncias minerais para fins comerciais, somente em caráter excepcional, mediante prévia autorização do DNPM, será admitida a extração de substâncias minerais ; **c) requerimento de licenciamento:** solicitação inicial para obtenção de licenciamento ; **d) licenciamento:** são três os tipos de licenças expedidas pelos órgãos ambientais competentes – LP- Prévia, na fase preliminar do planejamento da atividade: LI- Instalação, autorizando o início da implantação e LO- Operação, quando pode-se iniciar os trabalhos extrativos ; **e) requerimento de lavra:** etapa posterior à pesquisa mineral; **f) concessão de lavra:** entende-se por lavra o conjunto de operações coordenadas, objetivando o aproveitamento industrial da jazida a começar da extração das substâncias minerais úteis que contiver até o seu beneficiamento; e **g) disponibilidade:** são as áreas desoneradas oriundas do indeferimento dos pedidos de pesquisa ou do não indeferimento ou extinção de direito de lavra, as quais são postas em disponibilidade até que eventual interessado protocolize solicitação.

Tabela 2 – Fases atuais dos processos de licenciamento de extração de areia cadastrados no DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral (até 2009).

SUB-BACIAS		Requerimento de Pesquisa	Autorização de Pesquisa	Requerimento de Licenciamento	Licenciamento	Requerimento de Lavra	Concessão de Lavra	Disponibilidade
Total								
Bacia da Baía de Sepetiba	182	29	58	15	52	14	11	3
Bacia do Canal do Guandu	7	1	4	0	0	2	0	0
Bacia do Canal São Francisco	54	18	26	0	8	2	0	0
Bacia do rio Mazomba	3	2	1	0	0	0	0	0
Bacia do Ribeirão das Lajes	6	0	2	2	1	1	0	0
Bacia do Rio da Guarda	122	11	29	15	41	12	11	3
Bacia do Rio Santana	4	1	1	0	1	1	0	0
Bacia da Baía de Guanabara	147	32	70	8	18	7	9	3
Bacias drenantes da Vertente Norte da Serra da Carioca	1	1	0	0	0	0	0	0
Bacia do rio Caceribu	65	7	30	3	12	6	5	2
Bacia do Guapimirim-Macacu	25	15	7	1	2	0	0	0
Bacia do Iguaçú	46	7	26	4	3	1	4	1
Bacia da Ilha do Governador	1	1	0	0	0	0	0	0
Bacia do Inhomirim-Saracuruna	11	1	9	0	1	0	0	0

Notamos que tanto para a Bacia da Baía de Guanabara quanto para a Bacia da Baía de Sepetiba o maior número de ocorrência é referente a autorização de pesquisa, sendo respectivamente 70 e 58 processos cadastrados. Sendo um dos indícios que há um maior interesse desta atividade em direção à Baixada de Guanabara nos últimos anos, principalmente a partir dos anos de 2006 (**Tabela 3**), quando o número de ocorrências se iguala e chega a ultrapassar os números da tradicional e consolidada área produtora de areia, a baixada de Sepetiba. Tendo isto em vista, algumas tendências foram observadas: a) embora ambas apresentem em termos quantitativos, a mesma ordem de grandeza, em termos qualitativos pode-se levantar que na baixada de Guanabara, os processos são relativamente mais recentes, o que indicaria um avanço da atividade sobre a bacia; b) diferenciam-se

também pelas proporções de tamanho, sendo os areais na baixada de Sepetiba, em sua maioria, menores em termos de área e infere-se que mais profundos devido ao tempo de exploração; c) encontram-se mais concentrados espacialmente do que na baixada da Guanabara, como pode ser visto nas **Figuras 22 e 23**.

Tabela 3 - Ano de cadastro dos processos de produção de areia, considerando todas as fases de exploração, segundo dados do SIGMINE/DNPM.

Décadas	BACIA DA BAÍA DE SEPETIBA	BACIA DA BAÍA DE GUANABARA
1970	3	1
1980	2	0
1990	31	7
2000	5	1
2001	4	5
2002	5	1
2003	10	1
2004	16	16
2005	5	11
2006	25	20
2007	28	30
2008	46	41
2009	2	13

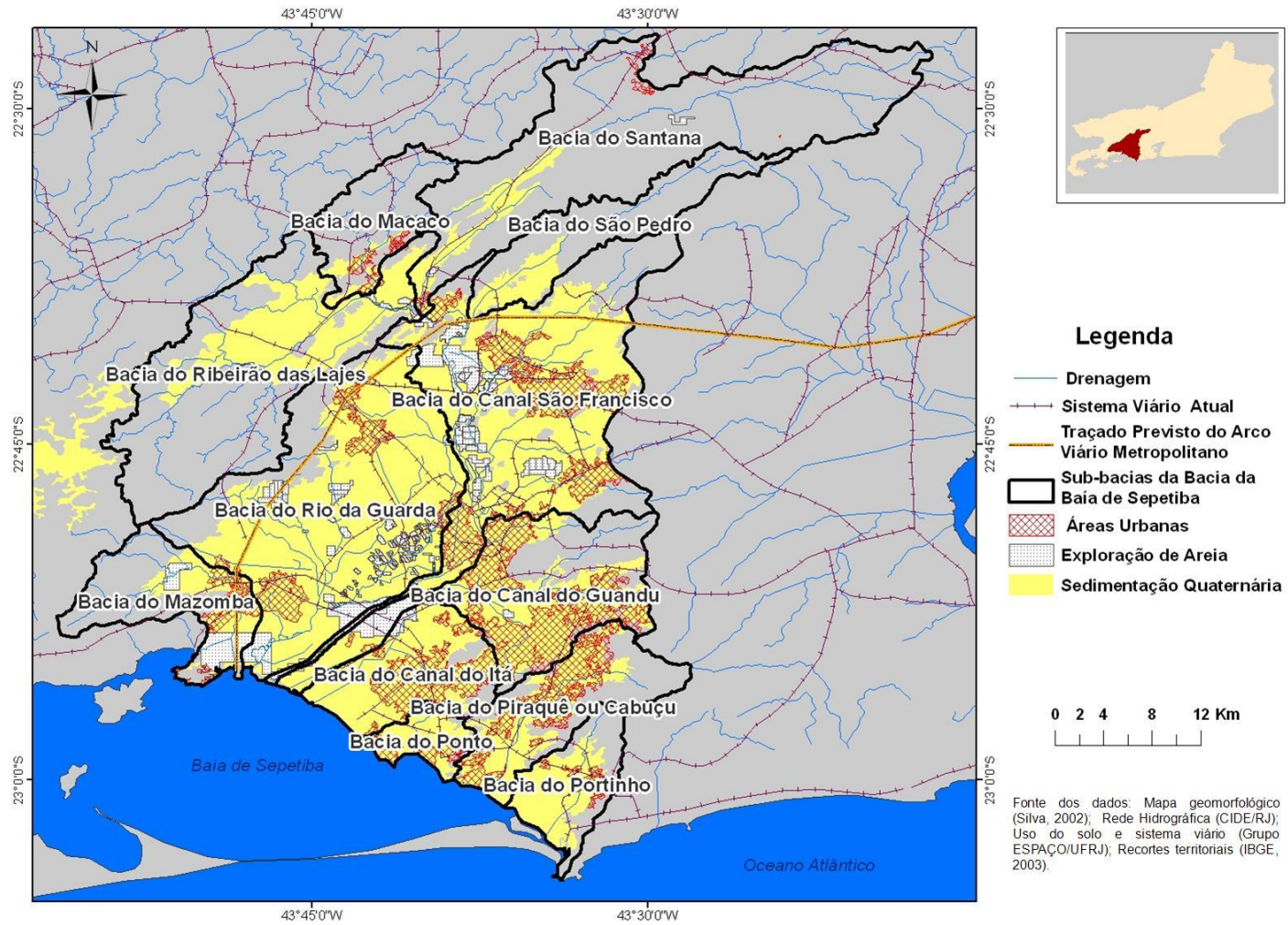


Figura 22: Sub-bacias da Bacia da Baía de Sepetiba, áreas urbanas e exploração mineral, a nível estratégico de reconhecimento de depósitos.
Elaborado por S.L.S. Silva.

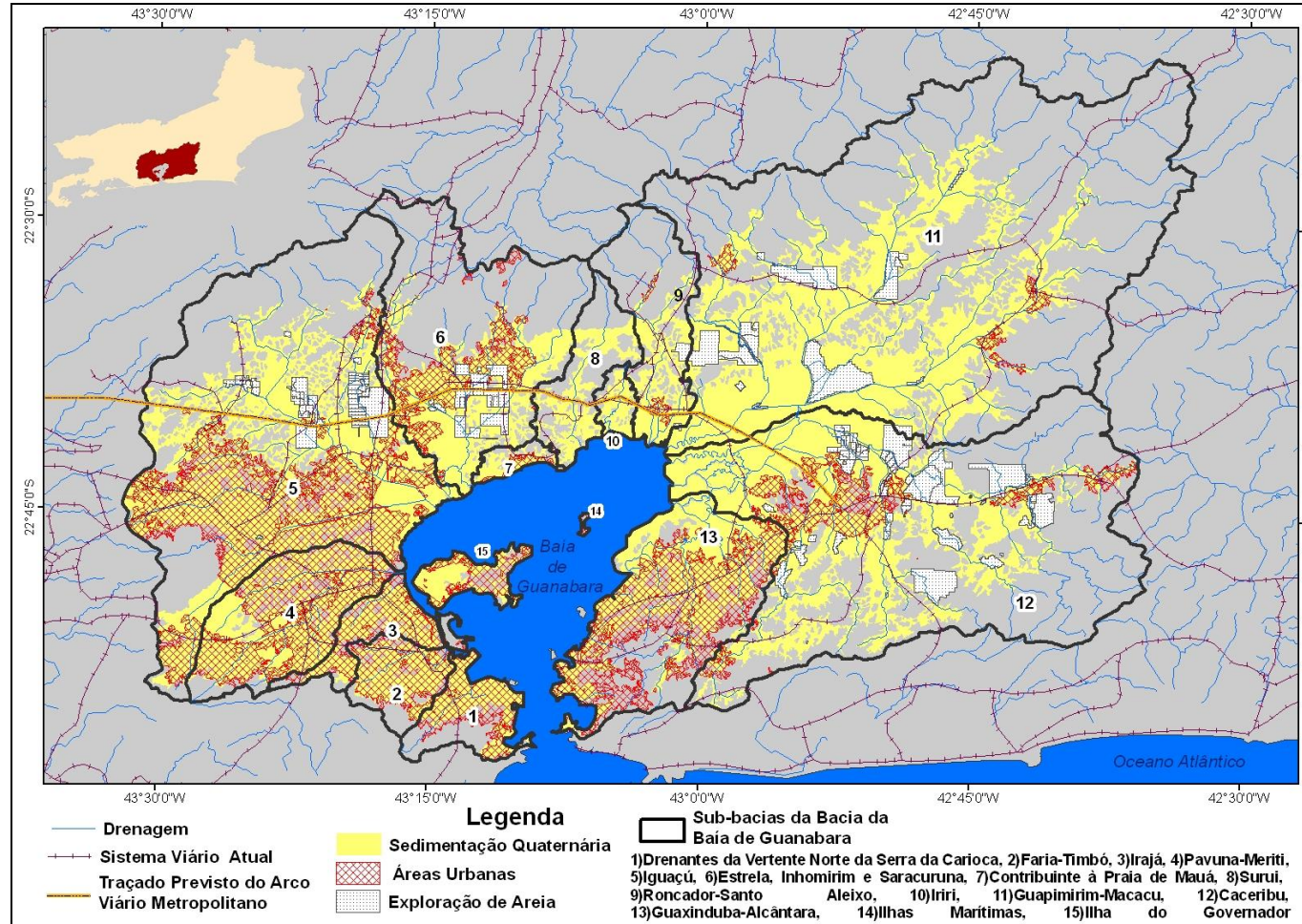


Figura 23: Sub-bacias da Bacia da Baía de Guanabara, áreas urbanas e exploração mineral, a nível estratégico de reconhecimento de depósitos quaternários exploráveis [Fonte dos dados: Mapa geomorfológico (Silva, 2002); Rede Hidrográfica (CIDE/RJ); Uso do solo e sistema viário (Grupo ESPAÇO/UFRJ); Recortes territoriais (IBGE, 2003)] Elaborado por S.L.S. Silva.

A partir de tal identificação parte-se para os cálculos sobre as áreas de planícies fluviais e flúvio-marinhas, correspondente as feições onde ocorrem os depósitos arenosos. Para a partir de então, analisar mais atentamente os demais fatores que favoreceriam ou impossibilitariam a implantação de tal atividade nas respectivas bacias e sub-bacias referentes a estas baixadas. Após o cálculo das áreas totais das bacias estudadas e das áreas relativas a cada classe de desnivelamento altimétrico associadas a cada compartimento geomorfológico (**Tabela 4**), constatou-se que tanto em termos absolutos (área total da bacia) quanto pela porcentagem das classes geomorfológicas identificadas, aquela que se destaca diante de suas dimensões é a Bacia da Baía de Guanabara, a qual apresenta uma área total de cerca de 4.041 Km², sendo 48,12 % desta área relativa à sedimentação quaternária. Seguida pela Bacia da Baía de Sepetiba que apresenta uma área com cerca de 2.295 Km², mas também destaca-se pela proporção na extensão dos terrenos quaternários que possui, em torno de 47,36%. Enquanto que a Baixada de Jacarepaguá, associada à Bacia contribuinte ao complexo lagunar de Jacarepaguá, além da restrita área total, com cerca de 325 Km² apresenta também o fator de constrangimento relacionado à sua localização, completamente inserida na área do principal município da RMRJ (o próprio Rio de Janeiro que dá o sentido à existência da Região Metropolitana), sendo alvo de forte pressão urbana e especulação imobiliária, visto que corresponde a um corredor de expansão de ocupação relacionado aos bairros emergentes da zona oeste (Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá). Conjugando-se tais critérios, a Bacia de Jacarepaguá foi considerada inapropriada para indicação de área potenciais à produção mineral. Restando, portanto, a indicação de novas áreas na Bacia da Baía de Sepetiba e na Bacia da Baía de Guanabara.

Tabela 4 - Área total das grandes bacias da RMRJ e porcentagem das áreas dos compartimentos identificados, em destaque a classe relativa às feições quaternárias.

Bacia da Baía de Guanabara			Bacia da Baía de Sepetiba			Bacia Contribuinte ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá		
Desnívelamento Altimétrico	Área (Km ²)	Área (%)	Desnívelamento Altimétrico	Área (Km ²)	Área (%)	Desnívelamento Altimétrico	Área (Km ²)	Área (%)
0-20 m	1944,79	48,12%	0-20 m	1086,94	47,36%	0-20 m	155,36	47,73%
20-100 m	456,78	11,30%	20-100 m	163,08	7,11%	20-100 m	4,08	1,25%
100-200 m	432,89	10,71%	100-200 m	323,96	14,12%	100-200 m	19,01	5,84%
200-400 m	318,02	7,87%	200-400 m	321,70	14,02%	200-400 m	51,63	15,86%
> 400 m	889,29	22,00%	> 400 m	399,45	17,40%	> 400 m	95,41	29,31%
Área Total (Km²)		4041,7679	Área Total (Km²)		2295,13	Área Total (Km²)		325,49

No que se refere à articulação viária, as bacias mencionadas inserem-se na rede logística fluminense através de vias federais e estaduais. Neste quesito também considerou-se projetos futuros de ampliação da malha viária, uma vez que se prevê a implantação do Arco Rodoviário Metropolitano, ligando o município de Itaboraí ao Porto de Itaguaí, representando relevante elo de integração entre as baixadas fluminenses. Com uma ampliação prevista na ordem de 119 quilômetros, segundo a Secretaria de Obras do Estado do Rio de Janeiro, os objetivos deste projeto são o desvio do tráfego de veículos comerciais de longa distância, aliviando os principais corredores metropolitanos, tais como a Avenida Brasil, Ponte Rio-Niterói, BR-101; reduzindo o tempo e os custos do transporte de cargas, favorecendo dentre outros mercados àqueles de produtos com baixo valor agregado, como a areia.

A partir destas considerações, ficou estabelecido que ao **nível estratégico** de nossa análise, contemplar-se-ia ambas as bacias, da Baía de Sepetiba e da Baía de Guanabara, individualmente, tal nível foi associado à escala de representação cartográfica de 1:250.000, no caso de Sepetiba, e 1:300.000, no caso da Guanabara. Assim correlaciona-se o nível de análise utilizado como estratégico correspondente a escala cartográfica da ordem de grandeza de 10^5 , sendo aqui os mapeamentos representados em tamanhos reduzidos, e por isto, acompanhados de escala gráfica.

Em uma breve análise quanto aos aspectos locacionais (distância, inserção em rede viária), observamos que na Bacia da Baía de Sepetiba os areais têm como eixo de direcionamento o rio principal da bacia, o Guandu. Constatação esperada, pois representa o agente principal de remodelamento geomorfológico desta planície fluvial, considerando o período geológico mais recente, quando houve uma estabilização nas oscilações climáticas e respectivas alterações do nível do mar e a rede de drenagem passou a ter um papel ainda mais incisivo na reconfiguração da paisagem da Baixada de Sepetiba. E mais detalhadamente, observamos que sua distribuição é ainda mais concentrada no que poderíamos chamar porção centro-oeste da bacia, do lado este da margem do Guandu, referente a bacia do rio da Guarda, onde o número de unidades produtivas é maior.

Esta disposição espacial dos empreendimentos relaciona-se, além da ocorrência natural da sedimentação a outro fator de cunho locacional marcante, a inserção deste trecho da bacia ao chamado 'polígono de Piranema'. A conexão entre a rodovia estadual RJ-099, conhecida como reta de Piranema que liga os municípios de Seropédica e Itaguaí, ao conectar a rodovia federal BR-465 (antiga Rio-São Paulo) a BR-101, amplia a capacidade de escoamento de escoamento da produção. Por outro lado, na porção leste da bacia já verifica-se uma ocupação urbana mais intensa, associada a sua conexão direta ao município do Rio de Janeiro, vetor de expansão urbana.

No que se refere às áreas de sedimentação da bacia da Baía de Guanabara, em termos areais esta apresenta um valor bem maior, de 4 Km², se comparados aos cerca de 2 Km² da área total de sedimentação da bacia da Baía de Sepetiba; no entanto, a ocupação urbana é bem mais intensa e consolidada variando desde bacias classificadas sem uso urbano até bacias classificadas com 70-80% de uso urbano. A princípio, as áreas de sedimentação quaternária ainda disponíveis, ou seja, com usos do solo menos restritivos ou competitivos do que o uso urbano, refere-se a porção setentrional da bacia, representada pelas sub-bacias do rio Suruí, Roncador-Santo-Aleixo, Iriri, Guapimirim-Macacu e parte da bacia do rio Caceribu. Estas constatações estão em concordância com os estudos já apontados de Egler *et al.* (2003), e Becker e Paganoto (2008), sobre os vetores de expansão na Baixada da Guanabara.

Esta disposição espacial das áreas de sedimentação quaternária no sentido contrário ao das aglomerações urbanas já consolidadas (setor ocidental e oriental da Guanabara) indica três vantagens destas bacias elencadas: a primeira refere-se à própria condição de “não urbano” destas áreas, cujos terrenos apresentam outros usos menos competitivos e caros; a segunda diz respeito à crescente articulação e integração entre os dois extremos da Guanabara, com projetos de ampliação, modernização e melhoria da rede viária; e a terceira refere-se aos indícios de crescimento urbano em novos sentidos, como, por exemplo, rumo ao trecho leste da Guanabara, devido à expectativa de aquecimento econômico associada à implantação do Pólo Petroquímico. E para um melhor entendimento sobre os dados levantados das sub-bacias segue um panorama mais detalhado ao nível logístico de análise.

5.2. Análises ao nível logístico: sub-bacias das bacias de Sepetiba e de Guanabara

Ao nível logístico buscou-se analisar preliminarmente, através de simples cálculos a concentração natural do recurso para cada sub-bacia, em termos absolutos e em porcentagens (**Tabela 5**). Sendo assim, para o caso de Sepetiba, as sub-bacias que se destacaram em termos absolutos de área com sedimentação quaternária foram a do rio da Guarda com 282 Km², do canal de São Francisco com 252 Km², do canal do Guandu com 123 Km² e do canal do Ita com 88 km². Enquanto que em termos de porcentagem, a bacia do canal do Ita é a que apresenta o maior valor, com 91% de área total da bacia recoberta por sedimentação quaternária; sendo seguida pela bacia do Ponto com 86%, do rio da Guarda com 84% e do canal São Francisco com 78% de área com cobertura quaternária. No que tange ao cálculo das áreas com uso do solo urbano, as principais bacias a sobressaírem quanto ao grau de concentração de sedimentação, considerando o total e a porcentagem, apresentam valores de ocupação urbana consideráveis (comparativamente às demais). A exemplo da bacia do canal do Ita que possui 30%

de uso urbano do solo, ou como a bacia do canal do Guandu que apresenta 36% de sua área com uso urbano.

Tabela 5 – Área absoluta e porcentagem das áreas de sedimentação quaternária por bacias e das áreas classificadas como de uso urbano nas sub-bacias da bacia da baía de Sepetiba.

SUB-BACIAS DA BACIA DA BAÍA DE SEPETIBA					
Bacia	Área sedimentação (Km²)	ÁREA TOTAL Bacia (Km²)	Grau de concentração do recurso (%)	Uso Urbano (Km²)	Uso Urbano(%)
Rio Santana	25	318	8	3	1
Rio Macaco	9	74	12	4	6
Rio São Pedro	18	93	20	não classificada como de uso urbano	
Ribeirão das Lajes	88	267	33	0,29	0,110
Canal São Francisco	252	323	78	52	16
Rio da Guarda	282	335	84	22	7
Rio Mazomba	39	96	40	10	10
Canal do Guandu	123	175	70	63	36
Canal do Ita	88	97	91	29	30
Rio Piraquê ou Cabuçu	60	108	55	26	25
Rio Ponto	25	29	86	8	26
Rio do Portinho	37	63	58	3	5

Embora a bacia do rio da Guarda, principal produtora atual, não apresente as melhores condições de concentração natural do recurso, estando em terceiro lugar neste quesito; quando se avalia conjuntamente com a presença de uso urbano (somente 7%), esta demonstra potencial para a atividade. Portanto, ainda que a concentração natural do recurso tenha grande peso na seleção de áreas produtivas, pois obviamente é a condição primordial para a existência da atividade, pode-se considerar que em condições semelhantes de acumulação da sedimentação, são outros fatores que determinam a potencialidade de dada área à implantação da atividade mineral. Desta forma, além das análises quantitativas realizadas através de cálculos de áreas e porcentagens, devem ser complementadas por avaliações qualitativas que levem em conta não somente os valores totais absolutos, como também os valores relativos e o contexto da área que se estuda.

Em se tratando da bacia da baía de Guanabara (**Tabela 6**), estas complementações qualitativas tornam-se ainda mais indicadas, uma vez que se considerarmos somente os valores absolutos das áreas de sedimentação, chegaremos a conclusão de que as bacias de maior potencial são Guapimirim-Macacu com 474 Km², Iguaçu com 405 Km² e Caceribu com 373 Km², entretanto não é a mera existência do material em si que o torna um recurso aproveitável, pois há outros fatores logísticos, econômicos e sociais a se ponderar. Desta maneira, levanta-se a hipótese que um indicador inicial para avaliar o potencial de determinada bacia apresentar depósitos arenosos com profundidades economicamente interessantes, é o grau de concentração de recurso, calculado como porcentagem de sedimentação sobre a área da bacia. Tal parâmetro pode representar a possibilidade de se encontrar depósitos mais profundos, visto que quanto menor a área da bacia, mais localizados estarão seus pacotes sedimentares.

Tabela 6 - Área absoluta e porcentagem das áreas de sedimentação quaternária por bacias e das áreas classificadas como de uso urbano nas sub-bacias da bacia da baía de Guanabara.

SUB-BACIAS DA BACIA DA BAÍA DE GUANABARA						
Bacia	Área sedimentação (Km2)	ÁREA TOTAL Bacia (Km2)	Concentração do recurso (%)	Uso Urbano (Km2)	Uso Urbano(%)	
Vertente Norte da Serra Carioca	33	66	50	39	59	
Faria-Timbó	41	63	65	48	76	
Irajá	37	55	67	48	86	
Pavuna-Meriti	129	165	78	119	72	
Iguaçu	415	732	57	220	30	
Estrela, Inhomirim e Saracuruna	152	350	44	57	16	
Contibuintes à Praia de Mauá	11	18	61	4	21	
Surui	35	85	41	não classificada como de uso urbano		-
Roncador-Santo Aleixo	50	132	38	3	2	
Iri	14	20	68	não classificada como de uso urbano		-
Guapimirim-Macacu	474	1259	38	24	2	
Caceribu	373	812	46	60	7	
Guaxindiba-Alcântara	154	270	57	145	54	
Ilhas Maritimas	4	5	89	1	19	
Ilha do Governador	23	36	63	17	47	

Nesse caso, em termos relativos as bacias que apresentam maior concentração de sedimentação são as bacias das Ilhas marítimas (89%) que se tornam inviáveis por sua própria condição fisiográfica isolada; Pavuna-Meriti (78%) que apresenta um grau de uso urbano muito elevado para ser propícia a atividade; e Iriri (68%) que figura como uma das bacias, a priori, mais indicadas. A partir dessas análises preliminares, alguns encaminhamentos já são vislumbrados, no entanto, visando analisar todas as sub-bacias elencadas de maneira mais objetiva, utilizamos de um quadro sintético (**Figura 24**) com o intuito de representar esquematicamente os critérios utilizados, transpondo as análises quantitativas e qualitativas em graus de atendimento aos critérios estabelecidos, sendo classes definidas a partir dos valores máximos encontrados nas bacias, da seguinte maneira:

No parâmetro sobre porcentagem areal de concentração natural do recurso, estabeleceu-se que seria atribuído grau **0** de 'não atendimento ao requisito' às bacias que apresentassem concentrações abaixo de 40%, a exceção da bacia de Guapimirim-Macacu que devido às suas grandes proporções faz com que seus 38% (474 Km²) de concentração da sedimentação sejam bastante representativos. Foi atribuído grau **1** de 'atendimento razoável', para as bacias que apresentam concentração de 40-60%, e grau **2** de 'atendimento satisfatório' para aquelas cujas as porcentagens ultrapassam 60%.

Já para o parâmetro a respeito da porcentagem areal de ocupação urbana, o estabelecido foi atribuir grau **-2** de fator de 'constrangimento alto' para aquelas bacias cujos valores de uso do solo urbano ultrapassam 20%; grau **-1** de fator de 'constrangimento moderado' para as bacias que apresentam entre 15-20%; grau **0** de 'não atendimento ao requisito' para as bacias que possuem 10-15%; grau **1** de 'atendimento razoável' para bacias com 0-10%; e grau **2** de atendimento satisfatório para as bacias que não foram classificadas como de uso urbano.

No que se refere a distância máxima de 50 Km do centro consumidor, devido ao fato de o mercado consumidor não se referir a um ponto específico e sim a vastas extensões do território metropolitano, considera-se que a grande maioria das bacias atenda a este quesito, a exceção das áreas insulares. Sendo estabelecido que as bacias limítrofes da RMRJ receberiam o grau **1** de 'atendimento razoável', as demais bacias continentais receberiam grau **2** de 'atendimento satisfatório', e as bacias insulares grau **-2** de fator de 'constrangimento alto', devido a inviabilidade

econômica do transporte marítimo. Tal como na avaliação sobre a distância, no levantamento sobre o parâmetro de articulação viária com o mercado consumidor, seguiu-se a mesma lógica de graduação: grau **1** para as bacias limítrofes da RMRJ, grau **2** para as demais bacias continentais e grau **-2** para as bacias insulares.

E assim, depois de avaliados os parâmetros individualmente, foram somados os valores atribuídos para cada sub-bacia resultando no que foi chamado de grau de potencialidade. Deste quadro de potencialidade os destaques da Bacia da baía de Sepetiba ficam por conta da bacia do rio da Guarda que alcançou o maior grau dentre as demais, não por acaso figurando como a principal fornecedora de areia do mercado metropolitano há décadas, e logo depois temos a bacia do Portinho com grau 6. Enquanto que para a Bacia da baía de Guanabara as bacias de maior relevância nestas avaliações foram a bacia do rio Roncador-Santo Aleixo com grau 6, do rio Surui com grau 7, e do rio Iriri com grau 8. Pretendendo seguir a estrutura de análise proposta em níveis, tendo para o próximo nível, operacional, selecionado uma das sub-bacias em destaque na bacia da baía de Guanabara por entender que diante das tendências apontadas esta bacia apresenta fatores estratégicos mais fortes no que se refere à localização. Desta forma, optamos pela bacia do rio Suruí em razão de apresentar o mesmo grau de potencialidade detectado na bacia do rio da Guarda, possibilitando uma análise comparativa; e apresentar grau intermediário de potencialidade (7) dentre as três bacias em destaque na Bacia da baía da Guanabara.

NÍVEL ESTRATÉGICO DE ANÁLISE		Bacias da Baía de Sepetiba											Bacias da Baía de Guanabara															
		Rio Santana	Rio São Pedro	Rio Macaco	Ribeirão das Lajes	Canal do São Francisco	Rio da Guarda	Rio Mazomba	Canal do Guandu	Canal do Ita	Rio Piraquê ou Cabuçu	Rio do Ponto	Rio do Portinho	Bacia da Vertente Norte da S. da Carioca	Faria-Timbó	Irajá	Pavuna-Meriti	Iguaçu	Estrela, Inhomirim e Saracuruna	Contribuinte à Praia de Mauá	Surui	Roncador-Santo Aleixo	Iriti	Guapimirim-Macacu	Caceribu	Guaxinduba-Alcântara	Ilhas Marítimas	Ilha do Governador
NÍVEL LOGÍSTICO DE ANÁLISE	% areal de concentração natural do recurso	0	0	0	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1
	Distância do centro consumidor (< 50 Km)	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	-1	-1	
	Articulação viária com o centro consumidor	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	-2	-2	
	% areal de ocupação urbana	1	2	1	2	-1	1	1	-2	-2	-2	-2	1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	2	1	2	1	1	-2	-1	-2	
NÍVEL OPERACIONAL DE ANÁLISE	Espessura do pacote de areia																											
	Interesse do setor na implementação de unidades produtivas																											
	Vulnerabilidade dos aquíferos associados																											
GRAU DE POTENCIALIDADE		*	*	*	5	5	7	5	5	4	3	4	6	3	4	4	4	3	3	3	7	6	8	5	4	3	-2	-4

Logístico: 0 – não atende; 1 – atende razoavelmente; 2 – atende satisfatoriamente; -1 –constrangimento moderado ; -2 –constrangimento alto
Operacional: 0 – não atende; 2 – atende razoavelmente; 4 – atende satisfatoriamente; -2 –constrangimento moderado ; -4 –constrangimento alto
* Não atende o requisito primordial de concentração do recurso.

Figura 24: Quadro Síntese ‘esquemático’ das variáveis analisadas com valores atribuídos à classificação dos Níveis Logístico e Operacional para avaliação do Potencial de Áreas para Produção de Areia para as bacias e sub-bacias de drenagem do mercado consumidor metropolitano do Rio de Janeiro. Elaborado por S.L.S. Silva.

5.3 . Análises ao nível Operacional: Bacia do rio Suruí

A este nível mais refinado de análise, selecionou-se a sub-bacia do rio Suruí (**Figura 25**) localizada no município de Magé, que conforme já apontado, atendeu aos requisitos iniciais de análise ao nível logístico, sendo utilizada a escala cartográfica de 1:70.000 para representação gráfica, correspondendo a uma ordem de grandeza de 10^4 , também sendo aqui representados pela figura em tamanho reduzido e acompanhado por escala gráfica. Quanto à articulação viária, a Bacia do rio Suruí está ligada ao restante da RMRJ via BR-116 (Rio-Teresópolis), BR-493 e RJ-107 (Estrada Velha da Serra da Estrela), o que lhe confere boa acessibilidade em ambos os sentidos da RMRJ (leste-oeste).

Esta bacia não foi classificada como de uso urbano, tendo como uso de solo de destaque as formações florestais, sendo representado pelas áreas florestadas e reflorestadas possuindo área de 48 Km² (41% da bacia), seguido pela classe de agropasto somado a vegetação secundária que responde por uma área de 31 Km² (26% da bacia). Diversas áreas identificadas como pastagens na verdade são áreas abandonadas que não se regeneraram, uma vez que a produção pecuária é pouco significativa na região.

Na área serrana da bacia alguns trechos integram Unidades de Conservação federais, estaduais e de outros municípios. Enquanto que na porção de baixada da bacia, embora haja Projeto de APA – Área de Proteção Ambiental do rio Suruí de âmbito municipal até a elaboração deste trabalho tal proposta não foi implementada. No entanto, o simples projeto já aponta um grau de restrição ambiental, se ainda não concretizado pelo menos já previsto. No entanto, para se avaliar o real teor de restrição é necessário que se considere: 1) os limites estabelecidos para a APA e; 2) as restrições dispostas em seu plano de manejo, quando instituído. Sendo assim, ainda que seja criada uma unidade de conservação na área, sendo esta da categoria de uso sustentável, como é o caso de APA, a autorização para atividades de exploração de seus recursos naturais fica subordinada ao disposto nos Plano de Manejo conforme a Lei 9985/2000 que institui o SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Outro aspecto a ser considerado é a peculiaridade desta classe de recurso mineral, que apesar da imagem de degradação associada,

também é considerada como de interesse coletivo ou utilidade pública e desta forma tem sido alvo de reformulações normas e leis ambientais, como por exemplo, nos casos excepcionais que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente (APP).

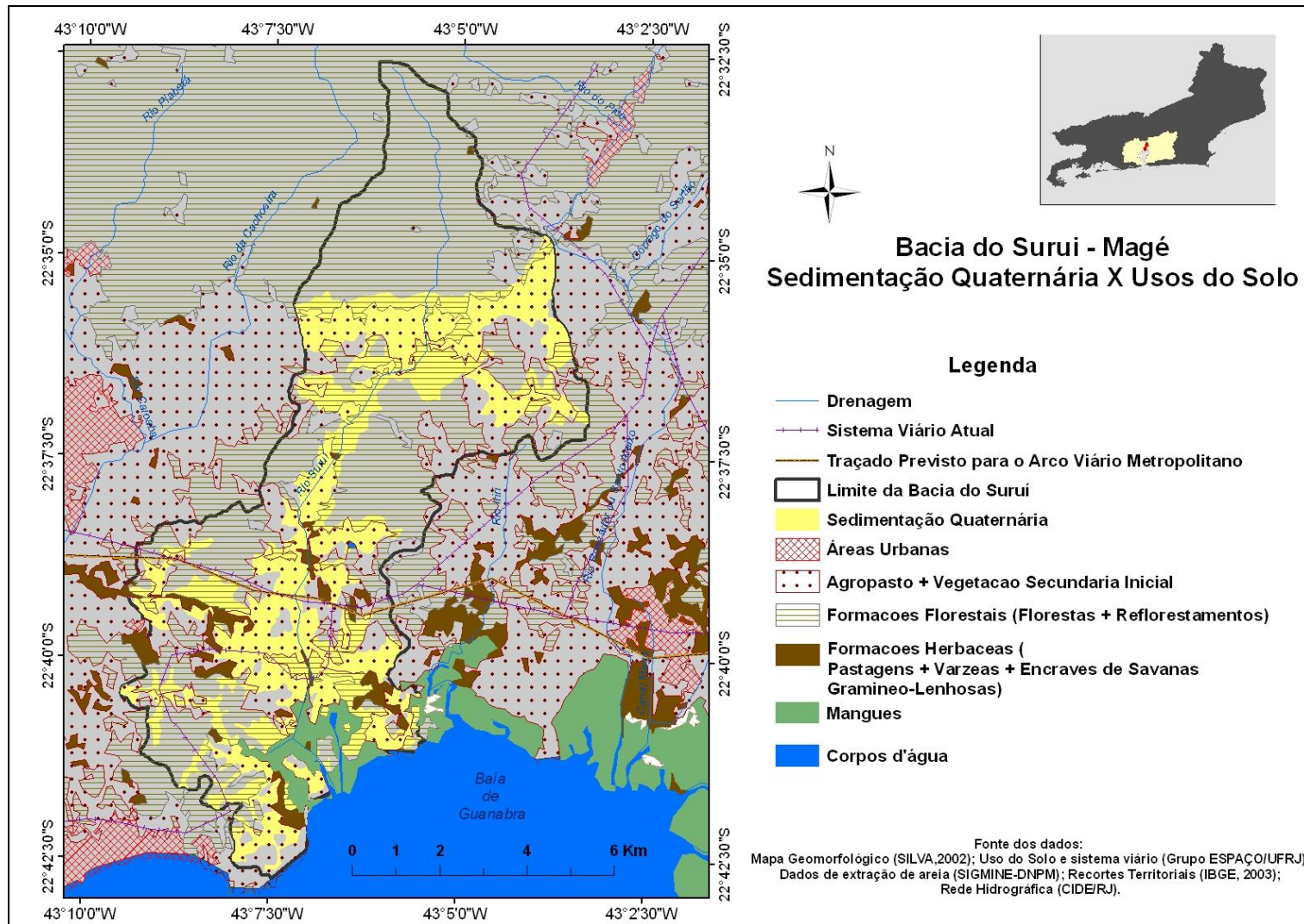


Figura 25: Usos do solo na baixada da Bacia do Surui, localizada no município de Magé. Elaborado por S.L.S. Silva.

A sub-bacia selecionada insere-se no contexto geomorfológico de evolução da Baixada de Guanabara, o qual está associado a movimentos tectônicos de soerguimento da borda continental, registrados ao longo do sudeste brasileiro, que teve em contrapartida o rebaixamento dos blocos adjacentes, promovendo um sistema de *horsts* (elevação originada por movimento tectônico) e grábens (depressão originada por movimento tectônico). Sendo justamente as feições estruturais de grábens as mais associadas ao favorecimento da ocorrência dos aluviões e pacotes sedimentares de consideráveis espessuras, assim como já apontado por estudos de geologia regional fluminense. A representatividade geomorfológica que a sub-bacia do rio Suruí possui pode ser notada na **Figura 26**, que apresenta desde vastas áreas de domínio de processos deposicionais (planícies e terraços baixos) até áreas onde predominam os processos erosivos (degraus).



Figura 26: Visão panorâmica dos compartimentos geomorfológicos da Bacia do rio Suruí. Em primeiro plano, segmento de uma feição de colina ($\Delta h=20-100$ m); em segundo plano trecho da baixada representada pelas planícies e terraços baixos ($\Delta h=0-20$ m); e em terceiro plano transição entre degraus reafeiçoados ($\Delta h=200-400$ m) e degraus escarpados ($\Delta h>400$ m) da Serra do Mar; Fazenda Dellatorre (Foto: T. M. Silva, 2009).

Visando certo aprofundamento das análises, e com a finalidade de se conhecer a composição e forma do pacote sedimentar referente às feições quaternárias de terraços e planícies fluviais, realizaram-se em campo SEVs-seções elétricas verticais, cujas interpretações das curvas de eletrorresistividade obtidas permitem formular modelos para o pacote deposicional da área. E assim nas campanhas de campo realizadas para identificação e escolha do local que serviria

para a realização das seções de eletrorresistividade e perfil estratigráfico, selecionou-se a área de pasto da Fazenda Dellatorre devido à vasta área aberta disponível e sem interferência de outras correntes elétricas e pela colaboração do proprietário. Desta maneira, a uma distância de cerca 10 metros do canal realizou-se uma seção denominada **SEV.2**, e outra seção denominada **SEV.3** a cerca de 30 metros do canal, sendo obtidas as curvas bilogarátmicas (**Figura 27**) correspondentes, sendo os valores das resistividades dispostos no eixo y do gráfico e no eixo x a distância $AB/2$. Estas curvas representam a variação da eletrorresistividade de acordo com os materiais constituintes das camadas em diferentes profundidades, permitindo com isso levantamentos sobre a distribuição espacial em sentido vertical da composição do terreno estudado.

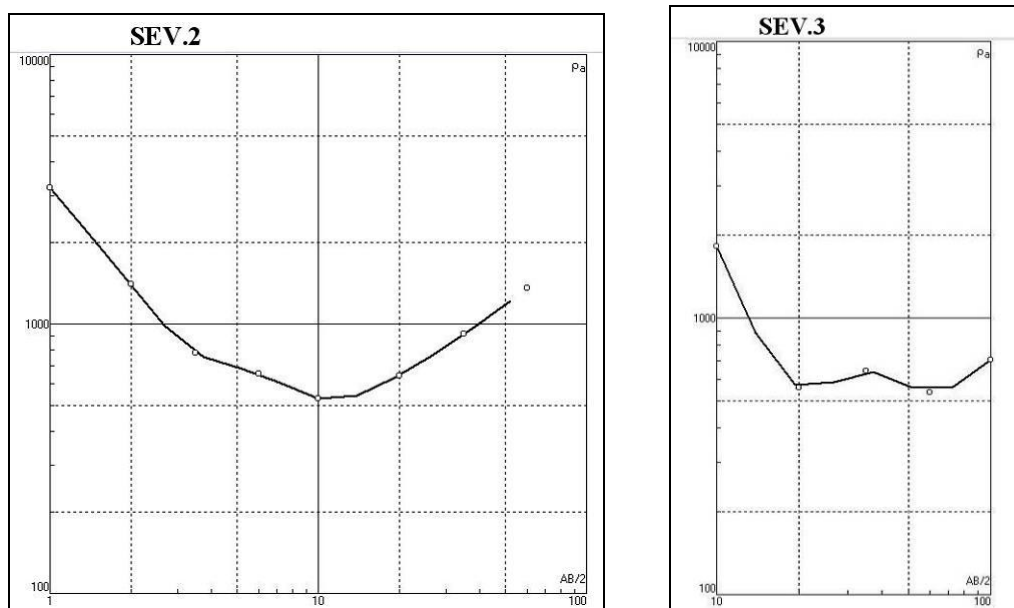


Figura 27: Curvas de campo das SEVs – sondagens elétricas verticais. SEV.2, realizada a cerca de 10 metros do canal; e SEV.3, realizada a cerca de 30 metros do canal.

As curvas obtidas em campo são apenas o primeiro passo de interpretação geoeletrica, passando por ajustes baseados em modelos físico-matemáticos através da utilização de *softwares* específicos, aqui utilizando o programa **IPIzwin**, que após os ajustes e correções traçou as curvas de interpretação para as respectivas SEVs. Sendo a lógica de interpretação das curvas bem simples, pois embora a eletrorresistividade varie conforme a profundidade, esta variação é constante e

gradual. Assim, mantendo-se a corrente elétrica constante a tendência é que ao percorrer o mesmo tipo de material a reta da eletrorresistividade também se mantenha constante. Ao contrário se a corrente elétrica passar por tipos de materiais diferentes, haverá variação na reta de eletrorresistividade, sendo tal fato detectado pela mudança abrupta na inclinação da reta a partir de um ponto de inflexão

Ponderando sobre os modelos de interpretação estabelecidos, e tendo em vista o ambiente deposicional (fluvial) ao qual se referem os pacotes avaliados, considera-se que as camadas com material mais grosseiro oferecem uma maior eletrorresistividade, e por conseguinte aquelas de material mais fino obtêm valores menores de eletrorresistividade. Tal modelo interpretativo buscou também considerar as condições de saturação que indicam que quanto maior o teor de água nas camadas menor será a resistência imposta à corrente elétrica, em decorrência das propriedades físicas da água de excelente condução elétrica.

E assim chegou-se as seguintes considerações a respeito das seções de eletrorresistividade vertical realizadas na área: Para a SEV.2 (**Figura 28.A**) identificou-se uma camada geolétrica de alto valor de eletrorresistividade (ρ : 4444 ohm.m) medindo 0,6m de espessura e profundidade, sendo interpretada como camada de solo superficial. A segunda camada geolétrica identificada reduz bastante a eletrorresistividade, passando para o valor de 657 ohm.m, com espessura de 5,75 m e alcançando profundidade de 6,39 m; sendo interpretada como camada de sedimentos mais grosseiros. Quanto a terceira camada geolétrica identificada, esta apresenta o menor valor de eletrorresistividade deste perfil (ρ : 234 ohm.m) a uma profundidade de 11,5 m e com espessura de 5,11 m, sendo associada a uma camada saturada com presença de material argiloso. Enquanto que para a quarta camada geolétrica identificada os valores de eletrorresistividade (ρ : 2867 ohm.m) aumentam novamente, indicando uma camada de composição mais grosseira e associada uma condição de não-saturação, possuindo espessura de 29m e chegando a profundidade de mais de 40 m. E partir desta camada a eletrorresistividade aumenta consideravelmente (ρ : 9196 ohm.m), indicando já ter se atingido camada de litologia mais resistente rumo ao embasamento rochoso.

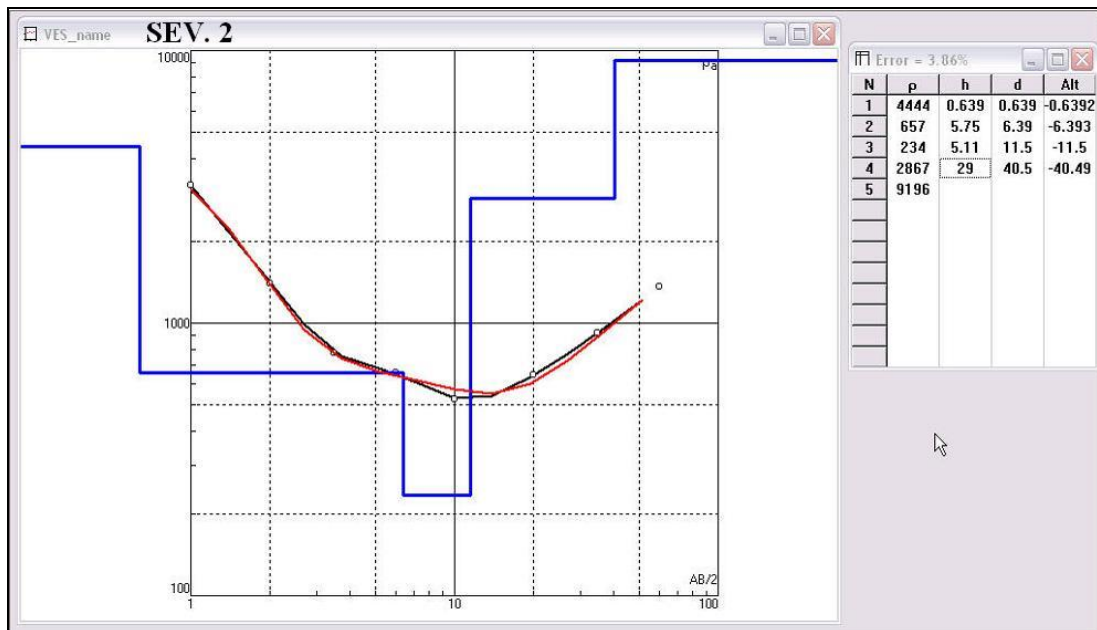


Figura 28.A: Curva de interpretação da SEV.2 - ajustada pelo programa IPIzwin, sendo ρ - resistividade, h –espessura da camada geolétrica, d – profundidade. A curva em preto mostra os dados de campo, em vermelho a curva após os ajustes matemáticos realizados pelo programa, e as linhas azuis representam as camadas com as diferentes resistividades.

Similarmente na curva de interpretação da SEV.3 (28.B) a primeira camada geolétrica reconhecida apresenta um valor bem alto (\square : 9196 ohm.m) também sendo associada a camada de solo superficial, com espessura e profundidade de 3,17m. Já na segunda camada geolétrica identificada de espessura 1,27m e em profundidade de 4,44m, os valores de eletrorresistividade são os menores registrados neste perfil (\square : 201 ohm.m), sendo interpretada como camada de material argiloso com indícios de saturação. E aumentando a eletrorresistividade com o valor de 569 ohm.m, a terceira camada geolétrica de espessura considerável de 97,2m atinge a profundidade de 102 m, sendo associada a ocorrência de material de granulometria mais grosseira, indicando o início de camada com ocorrência de material arenoso. E por fim na quarta camada geolétrica identificada encontramos um valor ainda mais alto de eletrorresistividade (\square : 7407 ohm.m) indicando camada de material bastante resistente, sendo interpretada como um pacote sedimentar arenoso, cuja espessura atinge 470m e em profundidade de 572m.

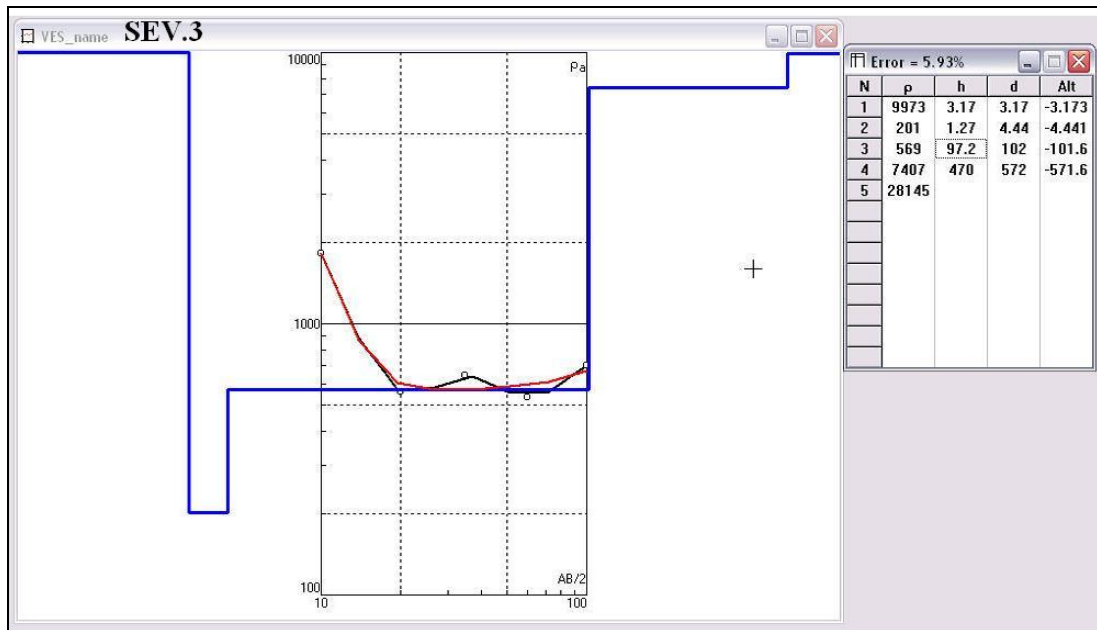


Figura 28.B: Curva de interpretação da SEV.3 - ajustada pelo programa IPIzwin, sendo ρ - resistividade, h - espessura da camada geolétrica, d - profundidade atingida. A curva em preto mostra os dados de campo, em vermelho a curva após os ajustes matemáticos realizados pelo programa, e as linhas azuis representam as camadas com as diferentes resistividades.

Deste modo, a partir da investigação em profundidade de dois pontos pode-se confeccionar uma pseudo-seção transversal para propor um modelo para o referido pacote sedimentar. Trata-se de uma “pseudo-seção”, pois os dados foram obtidos pontualmente e extrapolados para uma área maior, através da interpolação destes pontos, perfazendo uma linha transversal entre o local de realização da SEV.2 e de realização da SEV.3. E para a pseudo-seção realizada na sub-bacia do rio Suruí (**Figura 29**) levantamos a proposição que tal como demonstra a SEV.2 na área mais próxima ao canal temos uma delgada camada de solo associada a alta eletrorresistividade (tons avermelhados); seguida de uma camada ainda pouco espessa de material arenoso (tons amarelados); sendo prosseguida por camada bem espessa de material de baixa eletrorresistividade, o qual associamos a um nível saturado (tons azulados); para então voltar aos altos valores associados ao início do embasamento rochoso. E em direção à SEV.3, ou seja, afastando-se do canal rumo ao centro da planície, as espessuras das camadas são maiores bem como as profundidades atingidas pelas sondagens, que próximo ao canal chegam somente a 40 m e rumo à planície chega a 470m.

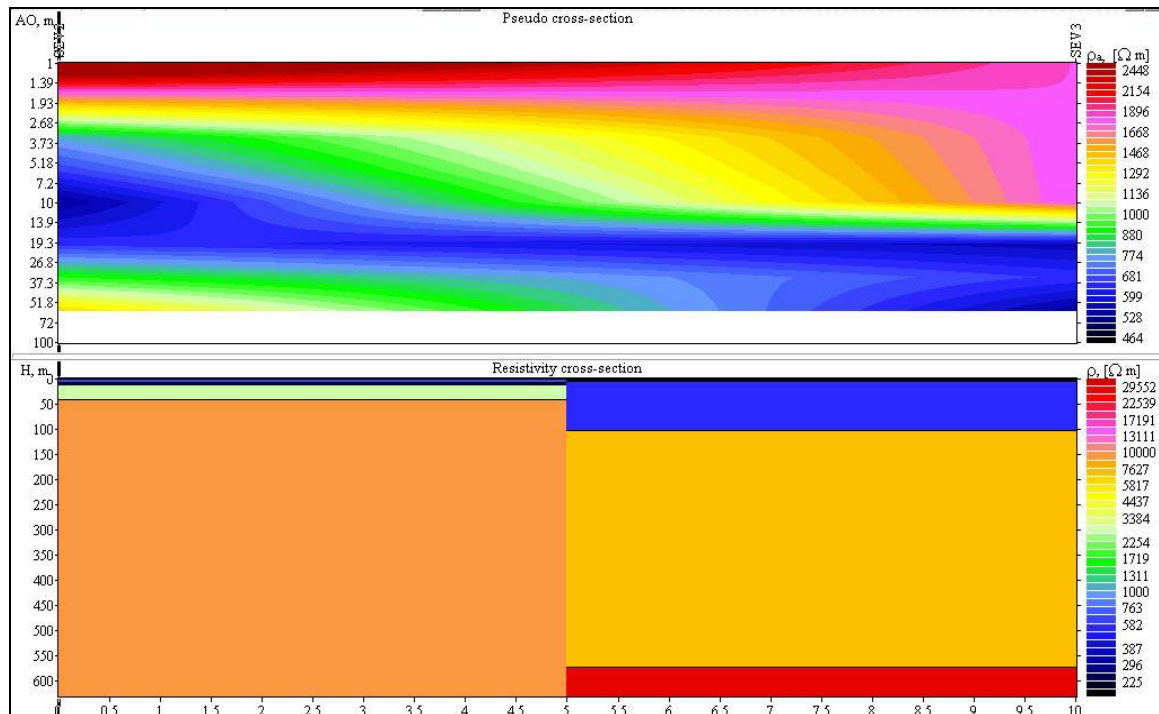


Figura 29: Pseudo-seção de eletroressistividade conforme interpolação dos dados das SEVs.2 e 3.

Visando apoiar as interpretações apresentadas, realizou-se perfil estratigráfico e análise granulométrica (**Tabela 7**) das camadas superficiais próximas ao canal e a SEV.2. Sendo detectadas em campo 4 camadas: A- com espessura de cerca de 0,50m, de cor amarelada, apresentando estrutura granular e textura siltosa; B- com espessura em torno de 0,20m, cor acinzentada e textura entre arenosa e siltosa; C- com espessura de 0,65m e apresentando cor castanha, textura bem fina, mosqueamento e presença de raízes remetendo a condições deposicionais de baixa energia; e por fim a camada D- caracterizada com uma cor mais acinzentada, perdendo os indícios de mosqueamento e apresentando textura de areia fina. Esta caracterizações de campo foram ratificadas pelas análises granulométricas laboratoriais, que apontaram o predomínio de textura fina, principalmente siltosa na camada A; a camada B como a mais arenosa entre as quatro reconhecidas, predominando a fração areia muito fina (entre 0,125 e 0,062 mm); o caráter extremamente fino da granulometria da camada C, com predomínio de argilas; e a camada D, onde predomina a fração fina, principalmente argila.

Tabela 7 – Distribuição das frações granulométricas de acordo com a profundidade.

Fracões Granulométricas	Grânulos			
	Amostra A %	Amostra B %	Amostra C %	Amostra D %
entre 4,00 a 2,00mm	0,31	0	0	0
	Areias			
	Amostra A %	Amostra B %	Amostra C %	Amostra D %
entre 2,00 a 1,00 mm	0,31	0	0	0
entre 1,00 a 0,50 mm	0,99	0,12	0,06	0,13
entre 0,50 a 0,250 mm	1,7	1,16	0,25	1,3
entre 0,250 a 0,125 mm	2,64	13,44	0,5	12,26
entre 0,125 a 0,062 mm	11,32	32	0,96	10,31
Areias Totais	16,9	46,8	1,8	24,06
	Siltos e Argilas			
	Amostra A %	Amostra B %	Amostra C %	Amostra D %
entre 0,062 a 0,031 mm	12,4	15,7	4,46	5,12
entre 0,031 a 0,016 mm	16,36	12,9	11,8	4,44
entre 0,016 a 0,008 mm	16,01	7,4	17,84	11,6
entre 0,008 a 0,004 mm	13,46	5,9	19,55	13,14
entre 0,004 a 0,002 mm	7,7	3,5	10,12	8,2
entre 0,002 a 0,001 mm	16,9	7,9	34,65	33,45
0,001mm	0	0	0	
Finos Totais	82,8	53,22	98,46	75,9

O perfil estratigráfico abaixo (**Figura 30**) fornece uma representação das camadas detectadas em campo, as quais estão mais diretamente relacionadas as camadas geoeletricas mais superficiais identificadas pela SEV. 2, uma vez que as análises estratigráficas e granulométricas ocorreram de maneira manual, e não por sondagem profunda, de tal maneira que atingiram somente profundidades superficiais. Embora atingindo apenas os níveis iniciais, já se pode correlacionar as primeiras camadas geoeletricas identificadas como solo com a camada de solo detectada no perfil estratigráfico; assim como correlacionar as camadas de siltito com grânulos dispersos e de siltito com a intercalação entre camadas geoeletricas de granulometria fina; e por fim a identificação de arenito como correspondente às camadas geoeletricas associadas ao material arenoso e de maiores eletrorresistividade.

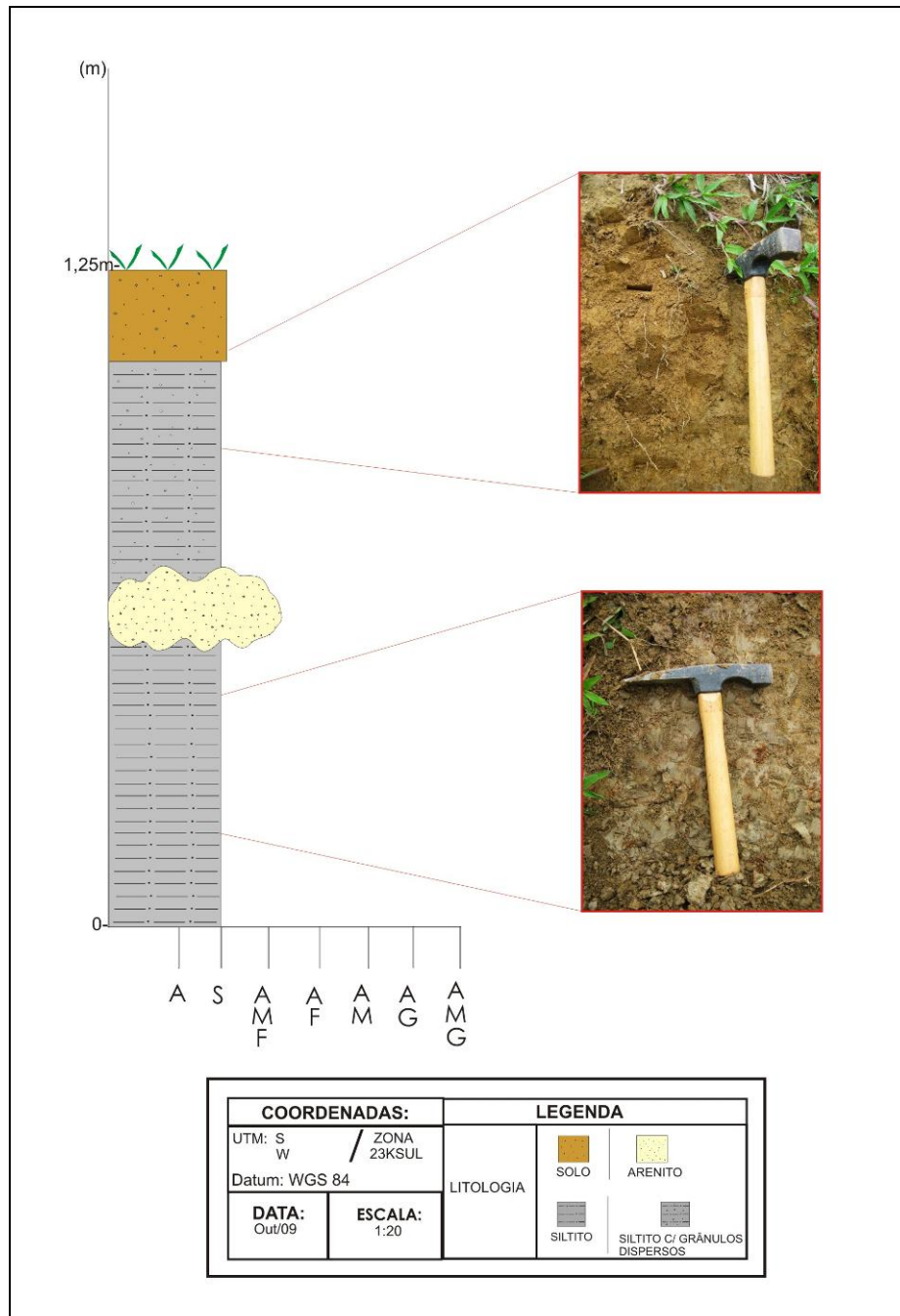


Figura 30: Perfil estratigráfico de terraço fluvial próximo a SEV.2.

Enfim, em se tratando dos quesitos sugeridos para análises ao nível operacional, pode se considerar que a sub-bacia selecionada atende ao parâmetro de espessura do pacote de areia, visto que investigações preliminares atingiram profundidades acima de 500m, identificando pacotes com espessuras variando de 100 a 400m. Entretanto para investigações a respeito do parâmetro referente à

vulnerabilidade do aquífero associado ao pacote sedimentar identificado, são necessários outros estudos mais específicos para se estabelecer os limites, espessuras e características de permeabilidade dos aquíferos. E no parâmetro referente ao interesse do setor na implementação de unidades produtivas, já se observa uma tendência, segundo dados cadastrais, de novas unidades produtivas instalando-se na bacia da Guanabara, principalmente neste setor setentrional. Portanto, podemos considerar que levando em conta os fortes indícios geomorfológicos, estratigráficos e espaciais que a sub-bacia do rio Suruí apresenta, esta oferece elevado potencial para exploração dos depósitos arenosos para atender a demanda do mercado metropolitano do Rio de Janeiro.

É indispensável destacar que o que é analisado aqui são amostras pontuais e, portanto insuficientes para caracterização dos depósitos sedimentares de toda a bacia, no entanto, tendo em vista a carência de pesquisas na área, esta investigação preliminar é básica para os estudos sobre a sedimentação quaternária da bacia. Assim, a existência de uma variada gama de estudos similares na bacia do Guandu fornece parâmetros para balizar as interpretações realizadas. Neste sentido, ao traçarmos um breve comparativo entre a Bacia do rio Suruí e a Bacia do rio Guandu, podemos detectar semelhanças nos que diz respeito tanto à estrutura, granulometria do material e espessura das camadas. No caso da Bacia do Guandu investigações já realizadas (GOES, 1942; MARQUES, 2000; SONDOTÉCNICA, 2005) identificaram duas unidades para o pacote deposicional: uma superior definida como aluvionar de cobertura siltico-argilosa e outra inferior de sedimentos arenosos pleistocênicos, sendo ainda encontradas lentes métricas de argila e níveis de matéria orgânica. Nesta bacia, sondagens geofísicas indicam pacotes com espessuras variando de 10 a 35 metros de profundidade. Enquanto que para a Bacia do Suruí nossas análises demonstram uma situação muito semelhante uma vez que nas SEVs- sondagens elétricas verticais realizadas indicam que há uma unidade (primeira e segunda camadas geoeletricas reconhecidas) superficial cuja espessura varia de 3 a 6 metros, referente ao solo superficial e a estas lentes de materiais mais finos relacionados aos argilitos, siltitos das camadas A e B do perfil estratigráfico; e outra unidade mais profunda (terceira e quarta camadas geoeletricas reconhecidas) cuja espessura varia de 20 a 90 metros, relacionada à camada arenosa,

representada pela camada B do perfil estratigráfico associada ao teor de areias e cunhas de areias grosseiras (representada como arenito).

5.4. Recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia em ambiente fluvial

Qualquer discussão a respeito da exploração mineral não pode desconsiderar duas questões fundamentais: A primeira se refere aos impactos ambientais associados às práticas exploratórias, habitualmente de caráter negativo, pois resulta em efeitos adversos à dinâmica natural do ambiente, sejam estes visíveis ou não, e no caso da exploração de areia tais danos ganham grande visibilidade devido às proporções de material retirado. A segunda questão se refere às maneiras de se evitar, mitigar ou reverter os efeitos negativos das práticas exploratórias, que segundo Brum (2000) tem sido reforçada cada vez mais através dos instrumentos normativos e jurídicos que estabelecem a obrigatoriedade de documentos preventivos e de planejamento, como: EIAs – Estudos de Impactos Ambientais, RIMAs-Relatório de Impactos Ambientais, PRADs- Planos de Recuperação de Áreas Degradadas e Plano de desativação de minas.

Annibelli e Souza Filho (2000) ratificam estas considerações ao afirmarem que se por um lado a mineração gera impactos socioeconômicos positivos, por outro produz impactos socioambientais e socioculturais negativos. Isto porque além de alterar as características ambientais do lugar minerado, também altera a relação entre as pessoas e o lugar, pois acaba afastando estas do convívio com o ambiente degradado. Os autores enfatizam que, embora os efeitos adversos sejam inegáveis, não há incompatibilidade absoluta entre a prática da mineração e a preservação do meio ambiente, sendo possível a coexistência entre as duas desde que seja conduzida de forma racional e responsável, respeitando as normas técnicas regulamentares.

No caso específico da exploração de areia os impactos inerentes à exploração mineral conjugam-se à peculiaridade do ambiente fluvial, bem como a rigidez locacional que obriga a esta a se instalar em áreas urbanas e periurbanas,

tornando os conflitos pela preservação ambiental mais críticos. Neste contexto, o conceito de recuperação vem sendo revisto e adequado, assim como nos aponta Bitar (1997, p.14):

Frente a este panorama de externalidades e problemas, a recuperação de áreas degradadas no contexto metropolitano tenderia a assumir um papel essencial, particularmente pela possibilidade de conferir à mineração o desempenho de importante função urbana, qual seja, conter os processos e degradação durante seu funcionamento e compatibilizar o encerramento de suas atividade com necessidades públicas ou privadas de uso do solo.

O termo recuperação usualmente é empregado sob uma concepção ecológica ou ecossistêmica como nos demonstra uma breve retomada sobre a definição do termo, a exemplo do que conceitua o IBAMA (1990) ao afirmar que recuperação refere-se à restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não-degradada, que pode ser diferente de sua condição original. Ou ainda o que nos aponta Ormond (2004) em seu “Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais” que fornece duas definições para recuperação, podendo esta ser entendida como restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada (tal como indicado o IBAMA), normalmente tornando-a diferente da sua situação original; ou entendida como um conjunto de ações planejadas e executadas por especialistas de diferentes áreas do conhecimento, que visa restabelecer as condições anteriores à intervenção. Ficando evidente que os resultados das ações de recuperação apresentam variação de grau, desde restabelecimento das condições originais até condições totalmente avessas à situação inicial. Desta maneira, a partir do conceito de recuperação desdobram-se outros termos de acordo com o grau de restituição estabelecido, sendo os termos mais usualmente empregados: restauração e reabilitação (IPT, 1992; BITAR, 1997).

Por restauração (*restoration*), segundo o IPT (1992) entende-se que as medidas de recuperação pretendem a reprodução das condições exatas do local antes da intervenção. Enquanto que para Ormond (2004) restauração refere-se a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada mais próximo de sua condição original. Bitar (1997) reforça a ideia ao definir que restauração representa uma situação relativamente próxima das condições iniciais

do ecossistema, porém em grau intermediário. Já para a definição de reabilitação (*rehabilitation*), o IPT (1992) estabelece que é a implantação de outro uso do solo, reaproveitando a área para outra finalidade. Tal definição considera que a reabilitação é um recurso utilizado quando a solução mais viável for o desenvolvimento de atividades alternativas e adequadas ao uso humano, e não somente voltada a reconstituição vegetal.

Em se tratando deste caso de estudo, julga-se que uma definição de recuperação concebida especificamente sobre o prisma da mineração é a mais indicada para nos fundamentar. Destarte, utilizemo-nos aqui das concepções fornecidas por Bastos e Silva (2006), os quais estabelecem que o termo recuperação visa a estabilização do terreno, a garantia da segurança pública, a melhoria estética e a devolução do espaço para algo considerado útil. Dito de outra maneira, o propósito da recuperação, a despeito das várias classificações que se possa realizar conforme o grau de “reconstituição original” alcançado (ou não), é estabilizar o terreno considerado degradado de tal maneira que as condições do sítio tornem-se compatíveis com a circunvizinhança. Garantindo condições para a auto-sustentabilidade do ambiente afetado, isto é, que se assegurem a manutenção e reprodução dos sistemas ambientais envolvidos, bem como para a qualidade de vida da população do entorno.

Retomando os diferentes modelos de recuperação para áreas mineradas que propõem Bastos e Silva (2006), temos que estes levantam três hipóteses: 1) restauração, quando o objetivo é devolver o terreno ao seu estado original, removendo a causa da degradação, ou seja, envolve a máxima restituição possível ao estado preexistente; 2) reabilitação, quando se busca o retorno das funções e processos naturais, podendo aproximar-se em maior ou menor grau do estado ideal; 3) reconversão, quando o objetivo é dar uma utilização ao espaço afetado com outros usos distintos dos originais. E assim, conjugando as propostas elencadas sugerimos um esquema de representação para as medidas de recuperação de áreas degradadas pela mineração (**Figura 31**) tomando como base esquema similar elaborado por Bitar e Braga (1995) e fundamentando-se nas definições de Bastos e Silva (2006).

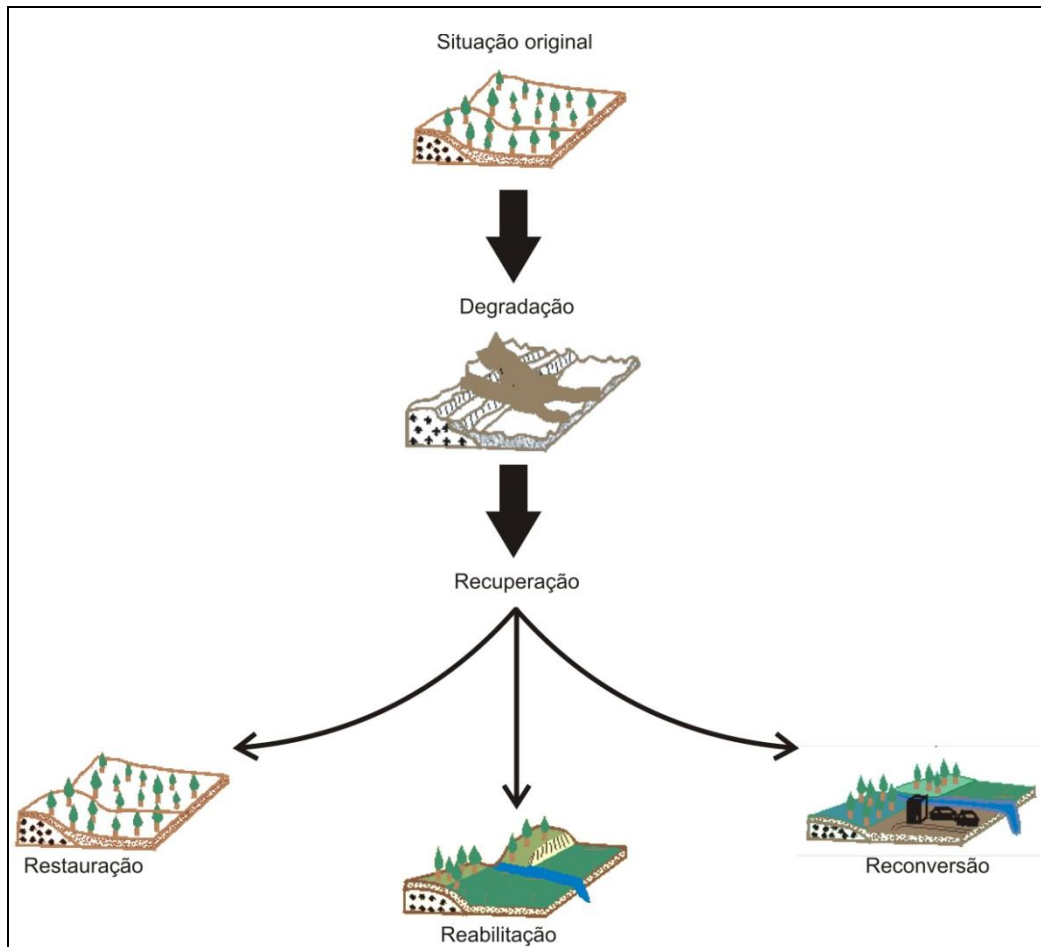


Figura 31: Graus de recuperação de áreas degradadas pela mineração (modificado de Bitar e Braga, 1995).

Em se tratando de mineração de areia, em função dos grandes volumes de material escavados e retirados, ou seja, devido a desconfiguração total da paisagem inicial, as possibilidades de restauração ficam bastante reduzidas, implicando que os modelos de recuperação aplicados em mineração enfoquem a reabilitação, no sentido de estabilização da paisagem e a reconversão, no sentido de atribuir outro uso à área. No entanto, mesmo quando o objetivo é a reconversão do terreno a outro uso, o que exige um grau menor de reconstituição da paisagem, há que se buscar primeiramente a estabilização do terreno, tanto física, quanto química e biológica, como nos assinala Sanchez (2001, p.50):

A possibilidade de um novo uso requer que a área apresente condições de estabilidade física (por exemplo, que não atuem processos erosivos intensos e que não haja riscos excessivos de movimentos de terrenos) e estabilidade química (a área não deve estar sujeita a reações químicas que possam gerar compostos nocivos à saúde humana ou aos ecossistemas,

como ácidos provenientes de pilhas de estéril contendo sulfetos). Além disso, dependendo do uso pós-mineração, adiciona-se o requisito de estabilidade biológica (por exemplo, no caso de a área ser utilizada para finalidades de conservação ambiental).

Este mesmo autor afirma que a partir da instauração de novas condições ambientais (morfológicas, biológicas, físicas) é possível atribuir novos usos ao terreno, como: agrícola ou florestal, urbano (residencial, comercial, industrial), turístico, recreativo, conservação, e outros. Através das figuras 32.A, 32.B, 32.C e 32.D podemos observar alguns exemplos de reconversão de terrenos degradados pela mineração para outros usos, predominando os usos relacionados a lazer e recreação.



Figura 32.A: Pedreira transformou-se em Parque de Lazer – Toronto, Canadá (Fonte: Bastos e Silva, 2006).



Figura 32.B: Antiga mina de carvão transformou-se em Anfiteatro – Virgínia, EUA (Fonte: Bastos e Silva, 2006).



Figura 32.C: Cava de extração de areia desativada transformou-se no lago Central do Parque Ibirapuera na cidade de São Paulo (Fonte: Bitar e Braga, 1995).

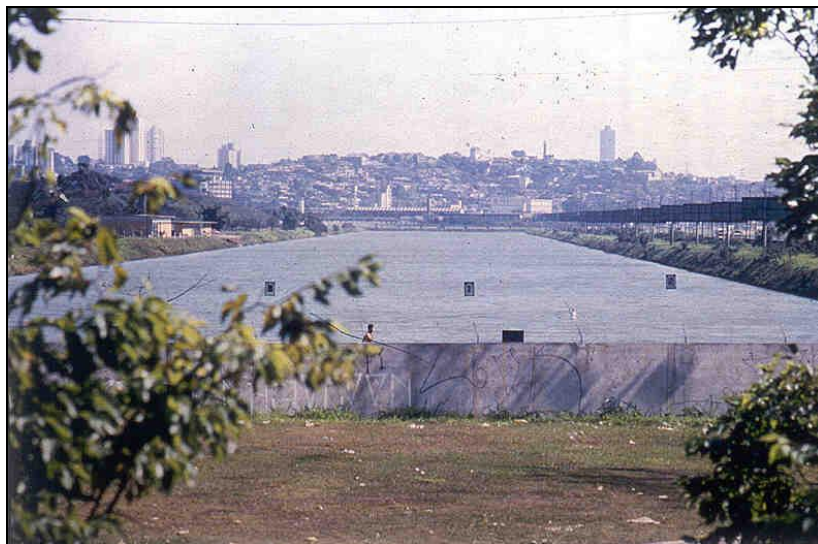


Figura 32.D: Cava de extração de areia desativada transformou-se na Raia Olímpica da Cidade Universitária da Universidade de São Paulo -USP (Fonte: Bitar e Braga, 1995).

O novo uso do terreno degradado dependerá do grau de degradação encontrado, ou seja, das condições a partir das quais se dará a recuperação. Sendo assim, em áreas de mineração de areia uma das grandes limitações aos usos posteriores é a descaracterização morfológica da superfície; a qual segundo Colturato (2000 *apud* Povideo e Marques Neto, 2006) não se trata somente de impacto visual, mas, sobretudo de alterações de ordem geomorfológica expressas por modificações na morfologia e nos fluxos de matéria e energia vigentes no sistema. Tais modificações nas formas topográficas associam-se a alterações nos

processos morfológicos vigentes, como direções de fluxos de água no escoamento superficial, interferindo na dinâmica erosiva e de infiltração.

Considerando as novas condições dos terrenos degradados criadas pela mineração de areia em ambiente fluvial, como no caso aqui tratado, as principais alternativas para reconversão baseiam-se na existência das cavas inundadas, que embora em um primeiro momento figurem como entrave, também podem representar uma potencialidade ou um diferencial em relação ao seu entorno. Neste sentido, Marcondes *et al.* (2007) ao estudar as diversas formas de novos usos em antigas áreas de mineração de areia no Vale do Paraíba, apontam que as principais se referiam a reconversão para reservatórios de água para irrigação, instalação de piscicultura, pesca esportiva, áreas de lazer, disposição de material inerte, abrigo de fauna silvestre e aproveitamento imobiliário. Os autores destacam a possibilidade da transformação destas áreas em parques temáticos para a prática de esportes náuticos, sendo particularmente indicados para empreendimentos situados ao longo de rodovias com grande fluxo de turistas. Piedras *et al.* (2005) levantam outra alternativa indicada para reutilização das cavas já inundadas: a piscicultura no sistema tanque-rede, proposta que devido ao baixo investimento inicial requerido e a possibilidade de sua implantação em diversos ambientes aquáticos vem sendo reforçada. Esta alternativa consiste no cultivo de peixes em volume delimitado, permitindo a livre e constante circulação de água na área de cultivo, possibilitando o deslocamento de água pelos próprios peixes e a oxigenação necessária para os processos metabólicos dos peixes confinados.

Seja com a finalidade de alcançar as condições de uso preexistente à mineração (restauração), ou simplesmente transformar as áreas degradadas em áreas com condições seguras e estáveis (reabilitação), ou ainda prepará-las para novos usos planejados, os trabalhos de recuperação baseiam-se em medidas práticas que segundo Bitar e Braga (1995) podem ser classificadas em três grandes conjuntos de técnicas aplicadas à recuperação de áreas degradadas distinguidas em função da predominância do campo do conhecimento científico que as fundamentam, sendo elas: a revegetação, buscando a estabilidade biológica; a geotecnia, visando a estabilidade física; e a remediação, visando a estabilidade química. Embora distintas, as técnicas são empregadas conjuntamente sendo dependentes e complementares umas das outras.

De maneira geral, as técnicas de revegetação referem-se à fixação localizada de espécies vegetais até a implantação de reflorestamentos extensivos, visando a preservação/conservação ambiental ou com finalidades econômicas. Tal etapa desempenha importante papel, uma vez que possibilita a retomada na produção biológica do solo, inibindo erosões e favorecendo a estabilização do terreno; além de representar importante aspecto para a composição paisagística do ambiente. Já os métodos de geotecnia envolvem a execução procedimentos técnicos fundamentados em mecânica dos solos, mecânica das rochas, geologia, visando a estabilização física do ambiente. Destaca-se que para a mineração os procedimentos mais comumente executados são os de terraplanagem, controle dos sistemas de drenagem e retenção de sedimentos, construção de diques e bacias de rejeitos e contenção de taludes de cortes. E quando se trata de estabilização química o método utilizado é o de remediação que visa eliminar, neutralizar, imobilizar ou transformar elementos ou substâncias contaminantes; geralmente envolve processos químicos e biológicos (IBAMA, 1990; BITAR, 1997; SANCHEZ, 2001; RONDINO, 2005).

Conforme aponta Bitar (1997) ratificado por Rondino (2005), no que diz respeito à mineração de areia em planície aluvionar os métodos frequentemente empregados são os de revegetação e de geotecnia. No primeiro caso, as principais medidas práticas referem-se à:

- instalação de barreiras vegetais: que consiste no plantio de mudas, dispostas em linhas, de espécies vegetais arbóreas e arbustivas, tendo como propósito principal atenuar o impacto visual, amenizando a discrepância entre o terreno degradado e seu entorno;
- arborização dispersa na área de mineração: que consiste no plantio de mudas de espécies vegetais arbóreas com distribuição aleatória, visando também a atenuação do impacto visual, entretanto enfrenta dificuldades devido à grande compactação do solo provocada pelas máquinas e caminhões utilizados;
- revegetação de taludes de barragens de rejeitos: que consiste no plantio de espécies vegetais arbustivas e herbáceas nos taludes internos e externos de barragens e diques das bacias de decantação de rejeitos finos. Visando amenizar o impacto visual e evitar processos erosivos nos taludes.

Já como métodos de geotecnia, um dos mais praticados refere-se ao remodelamento topográfico que é a realização da terraplanagem simples, com o objetivo de redesenhar a superfície topográfica, corrigindo as irregularidades que existam. Tal procedimento, geralmente resulta em superfícies totalmente diferentes daquelas encontradas no terreno após a mineração, caso seja executado após o encerramento das atividades. Entretanto, indica-se que, tal como outras medidas de recuperação seja praticada sincronicamente com a mineração, pois há a possibilidade de se aproveitar as máquinas e equipamentos da atividade, tornando o procedimento de remodelamento mais barato e proveitoso (BITAR, 1997; SANCHEZ, 2001).

A indicação que as medidas de recuperação devam ser planejadas e praticadas juntamente com a própria exploração fica ainda mais reforçada através da proposta de remoção dirigida de estéreis para preenchimento da cava, que consiste na remoção e armazenamento do estéril (camadas de solo terreno de material inútil àquela atividade de mineração) para preenchimento das cavas desativadas. Tal procedimento visa a recomposição topográfica do terreno e aumentar a vida útil da bacia de rejeitos. De acordo com Bitar (1997) em mineração de areia, os estéreis referem-se as camadas ou lentes argilosas encontradas em meio a matriz arenosa e a eficácia é dependente dos volumes de estéreis obtidos, em relação ao volume de material arenoso removido.

Os procedimentos sumariamente elencados representam somente as técnicas mais utilizadas, as quais na prática funcionam como etapas técnicas de um planejamento de recuperação. Sendo as técnicas conjugadas entre si para se alcançar estabilidade física, química e/ou biológica, dependendo do resultado final pretendido. E neste sentido, aliando a revegetação com a geotecnia, temos o procedimento de retaludamento e revegetação das áreas lavradas, que consiste na terraplanagem para atenuar a declividade do talude e cujo preenchimento com material estéril seria inviabilizado pelos grandes volumes necessários; com a posterior revegetação do talude visando a estabilidade física e também contribuindo para atenuar o impacto visual. Nos casos em que haja formação de lagoas, pelo preenchimento da cava pela água do lençol freático ou pluvial, pratica-se a execução de cortes para suavizar os taludes marginais das lagoas seguida de revegetação destes. O objetivo é estabilizar a porção emersa de taludes marginais contribuindo

para resistência física das margens, mostrando-se eficaz principalmente neste ambiente onde as condições de umidade do terreno favorecem o desenvolvimento da vegetação (BITAR, 1997; SANCHEZ, 2001).

Não se pode deixar de mencionar que a prática mais comum para as áreas degradadas pela mineração tem sido seu simples abandono, ainda que possa se argumentar que haja uma tendência de que com o tempo o terreno se estabilize naturalmente, tal processo se daria de forma muito mais lenta, menos eficaz, em menor grau e com possibilidades muito menores do que nos casos em que há medidas de recuperação. Sem mencionar que o abandono de terrenos em áreas urbanas e periurbanas favorece a ocupação e usos desordenados, que aliados às condições de instabilidade ambiental implica em risco à população diretamente ou indiretamente associada a estas áreas. Portanto, conforme salienta Bitar (1997), medidas de recuperação tornam-se indispensáveis no contexto metropolitano, requerendo desde o seu planejamento soluções sintonizadas com a destinação futura do local e compatíveis com as demandas de uso do solo das cidades.

5.4.1. Perspectivas de recuperação das áreas degradadas pela mineração na Bacia do Guandu

Diante do contexto delineado, a atual situação ambiental da Bacia do Guandu tem se caracterizado pela deflagração de diversos conflitos a respeito das divergentes demandas de uso do solo, dos recursos hídricos e minerais. Tendo se destacado o papel desempenhado pelo seu Comitê, que tem como atribuição a articulação entre estes diferentes agentes, arbitrando os conflitos, aprovando e acompanhando o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, documento de apoio técnico e gerencial às decisões (www.serla.gov.br). No caso do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia do Guandu, as ações prioritárias são no sentido de ordenação do uso do solo, seguindo como princípios: o gerenciamento integrado dos recursos, a recuperação da qualidade ambiental e a garantia da qualidade e quantidade dos recursos hídricos (SONDOTÉCNICA, 2005).

Reforçando com isso as iniciativas para racionalização da atividade exploratória, que tem nos Termos de Ajustamento de Conduta Ambiental (TAC's) os

principais instrumentos de adaptação à nova regulação. O Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta Ambiental firmado entre os órgãos ambientais do estado do Rio de Janeiro e os empresários de extração de areia em Seropédica e Itaguaí (Proc. E-07/202401/01) estabelece obrigações e prazos aos empresários, os quais se comprometem a efetuar o Plano de Recuperação da Área, arcando com os custos da recuperação integral da área minerada degradada. Tendo como contrapartida o compromisso da FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (atualmente INEA – Instituto Estadual do Ambiente) de acompanhar e fiscalizar as atividades; do DRM/ RJ - Departamento de Recursos Minerais de analisar e dar parecer técnico; e do Sindicato dos Mineradores em auxiliar nas negociações.

Neste sentido, a criação da Área de Proteção Ambiental do rio Guandu, promulgada pela Lei 3.760/02, em março de 2007, representa uma das medidas estratégicas do PERH-Guandu que juntamente com projetos de reflorestamento e projeto de criação de um Parque Fluvial integra o Programa de Recuperação da Bacia do rio Guandu. A Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu é estabelecida no artigo 2º da supracitada Lei como:

[...] compreendendo todos os terrenos situados numa faixa de largura de 500 metros de ambas as margens em toda a extensão do curso de água desde a Usina Pereira Passos até a sua desembocadura na baía de Sepetiba, incluindo os trechos denominados Ribeirão das Lajes (trecho de montante), Rio Guandu (trecho intermediário) e Canal de São Francisco (trecho de jusante), assim como as cabeceiras e a faixa de 100 metros de ambas as margens de seus afluentes rio Macacos, Cacaria, São Pedro, Poços, Queimados e Ipiranga.

A criação da APA Guandu figura como passo inicial para implantação do Parque Fluvial Guandu (**Figura 33**), firmado através de protocolo de intenções entre a Prefeitura Municipal de Seropédica e o Governo do Estado do Rio de Janeiro. De acordo com seus idealizadores, o Parque Linear seria uma das estratégias de manejo para APA – Guandu, prevendo o plantio de mais de um milhão de mudas e se estendendo por cinco municípios – Queimados, Japeri, Paracambi, Seropédica e Rio Claro – integrantes da bacia do rio Guandu, contando, portanto, com a articulação destas prefeituras municipais bem como a parceria de órgãos como Companhia Vale do Rio Doce, Petrobrás, CSA – Companhia Siderúrgica do

Atlântico, IEF – Instituto Estadual de Florestas e UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Além é claro de estar inserida em uma perspectiva mais ampla, na qual o Governo do Estado, através da SEA – Secretaria de Estado do Ambiente prevê a criação nos próximos anos de uma série de Parques fluviais visando a recuperação ambiental de outras bacias hidrográficas. Segundo a SEA - Secretaria de Estado do Ambiente, após o lançamento do Parque Fluvial do rio Guandu e, posteriormente do Macacu, serão lançados o projeto do rio Estrela e de mais cinco parques fluviais, cujos o objetivo é garantir a proteção dos mananciais de água, fortalecendo os corredores de Mata Atlântica (www.graeffconsulting.com.br/guandu; www.gfdesign.com.br/parquesfluviais/).

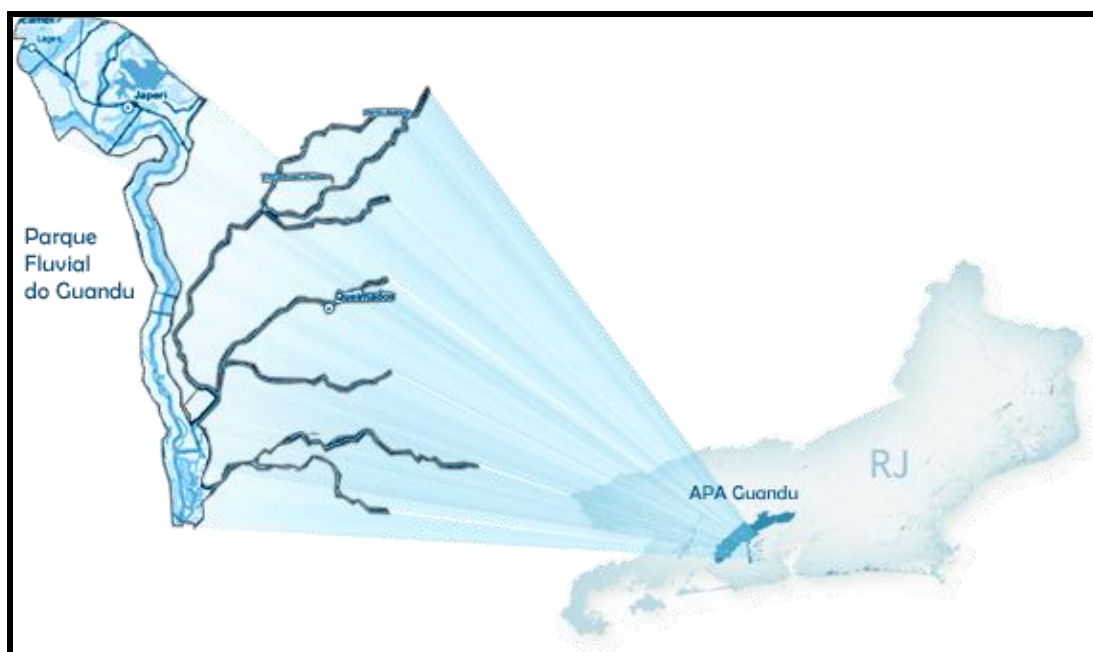


Figura 33: Localização prevista do Parque Fluvial do Guandu. (Fonte: www.gfdesign.com.br/parquesfluviais/index.htm).

Especificamente sobre o projeto do ‘Parque Fluvial do Rio Guandu’, trata-se de uma zona de manejo especial da ‘Área de Proteção Ambiental do Rio Guandu’, que tem como fundamento o reflorestamento das margens do Guandu, e posteriormente também de seus afluentes. Visando assim a conservação de seus diversos ecossistemas relacionados aos ambientes de lagunas e das áreas alagáveis. De acordo com projeto apresentado os equipamentos previstos são:

- criação de uma ciclovia que teria um papel integrador, uma vez que, interligaria o parque de forma multimodal, a outros eixos, e onde poderiam se realizar não só o ciclismo como também caminhadas e trilhas ecológicas;
- criação de embarcadouros, nos quais seria possível a navegação de pequenas embarcações visando passeios turísticos ou a pescaria;
- aproveitamento dos corpos hídricos para a criação de piscinas públicas, os chamados 'piscinões', que utilizariam as águas tratadas do Guandu, instalando-se então balneários para lazer da população;
- e como ação complementar, criação de quadras esportivas e centros de referência ambiental visando a propagação dos ideais e práticas conservacionistas.

Embora a proposta de criação do Parque Fluvial vislumbre a recuperação ambiental da bacia hidrográfica do Guandu, tendo como medidas prioritárias a proteção e manutenção das matas ciliares de seu principal curso e principais afluentes através de seu ativo reflorestamento, este projeto visa principalmente a garantia de melhoria da qualidade da água, visto que esta bacia é a principal fornecedora de água da RMRJ. Tais ações, no que se refere à recuperação das áreas degradadas pela mineração de areia, ainda mostram-se incompletas, uma vez que, como pode ser observado pela **Figura 34**, a área onde há a maior concentração de unidades de extração de areia (sub-bacia do rio da Guarda), no conhecido "polígono" de extração de Itaguaí, dista cerca de 2 Km da margem oeste do Guandu, não estando, portanto, inserida diretamente na delimitação oficial da APA Guandu e no projeto do 'Parque Fluvial Guandu'.



Figura 34: Polígono areeiro de Itaguaí, distante cerca de 2 km das margens do Guandu, e não inserido diretamente no Projeto do 'Parque Fluvial Guandu' (Fonte: [Google Earth](#), data da imagem 14-junho-2008).

No entanto, para aquelas cavas que estejam diretamente inseridas nos limites da APA Guandu (500 metros das margens do rio Guandu e 100 metros dos afluentes Macacos, Cacaria, São Pedro, Poços, Queimados e Ipiranga) o Projeto de criação do 'Parque Fluvial' atenderia a principal demanda para as áreas degradadas pela mineração de areia que busquem a reutilização de seus terrenos. Desta forma, a proposta é o reaproveitamento das cavas inundadas que se transformariam em lagoas de criação de peixes, contribuindo para a piscicultura. Sendo ligadas ao rio por canais planejados, servindo para o transbordamento, desova e soltura de peixes (www.gfdesign.com.br/parquesfluviais/).

Por fim, ressalta-se que a proposta de criação de um 'Parque Fluvial' na bacia do rio Guandu integra um plano estratégico da Secretaria de Estado do Ambiente para garantir mais quantidade e qualidade de água para a população, estando prevista a implantação, como dito anteriormente, em outras bacias hidrográficas, tais

como o 'Parque Fluvial do Macacu', 'Parque Fluvial do rio Estrela', e outros ainda não definidos, indicando um segundo foco para estas preocupações: as bacias da Baía de Guanabara. Desta maneira, considerando as perspectivas para a atividade mineral, a Bacia do rio Suruí, assim como outras bacias apontadas neste trecho da Bacia da Baía de Guanabara, mostram-se preferenciais para serem alvo das futuras ações estratégicas de conservação ambiental, tendo em vista que a implementação da atividade mineral somente intensificaria as questões ambientais já em debate na região.

6. CONCLUSÕES

A título de encerramento do trabalho, retomemos os principais objetivos propostos inicialmente, que são:

- analisar a atual distribuição espacial da atividade de extração de areia da RMRJ, apontando as tendências de expansão, concentração e/ou dispersão espacial: Neste aspecto, concluímos que a atividade tem se expandido apresentando um sentido de expansão rumo à porção setentrional da bacia da Baía de Guanabara, que dentre outros fatores apresenta duas condições ideais para o desenvolvimento da atividade: a) amplas áreas de feições fluviais e flúvio-marinhas, nas quais predominam os processos de acumulação da sedimentação quaternária; e b) localização estratégica por estar a meio caminho tanto da porção leste quanto da porção oeste da RMRJ, com previsões de melhoria na acessibilidade através da ampliação da rede viária.

- avaliar parâmetros físico-ambientais que balizem a formalização de uma proposta metodológica para identificação de áreas potenciais para produção de areia: A proposta aqui delineada baseou-se principalmente na articulação entre os níveis de análise ou planejamento e as referidas escalas de representação. Neste sentido, ao se apresentar a estrutura analítica desenvolvida neste trabalho, a qual estabelece os níveis analíticos estratégico, logístico e operacional, propõe-se mais do que elencar quesitos geotécnicos. Desta maneira, sucintamente temos que o nível de análise *estratégico* corresponde à fase de reconhecimento geomorfológico de áreas que atendam determinada exigência, que no caso estudado é a acumulação de sedimentação quaternária. Para este nível ficou estabelecido que contemplar-se-ia as Baixadas Metropolitanas, representadas pela bacia da Baía de Sepetiba e a bacia da Baía de Guanabara, individualmente, sendo associado à escala de representação cartográfica de 1:250.000, no caso de Sepetiba, e 1:300.000, no caso da Guanabara, e tendo como correspondente a escala cartográfica de ordem de grandeza 10^5 . E o nível *logístico* de análise responde pela fase de reconhecimento de sub-bacias específicas que conjuguem de maneira positiva os fatores estabelecidos como potencializadores,; ou de constrangimento à atividade mineral. Neste nível foram considerados os parâmetros relacionados a

porcentagem areal de concentração do recurso, distância do centro consumidor, articulação viária e porcentagem de ocupação urbana. Sendo selecionada a este nível a sub-bacia do rio Suruí para análises mais refinadas a partir da escala cartográfica de 1:70.000, a qual corresponde a uma ordem de grandeza de 10^4 . E a partir daí realizar-se-iam análises mais específicas e locais, ao nível *operacional* de análise correspondendo as feições individuais dentro da bacia de drenagem, e exigindo, portanto, escalas mais apropriadas e cada vez mais detalhadas. As análises neste nível corresponderam à avaliação da profundidade do depósito, através das sondagens geoeletricas; e caracterização granulométrica, através de perfil estratigráfico e ensaios laboratoriais. No entanto, mesmo que estes parâmetros tenham sido bons indicadores neste nível de análise, consideramos que seja necessária a complementação da proposta através da avaliação de parâmetros físico-ambientais mais refinados, associados a identificação das características dos depósitos. Ressalta-se que no caso específico da Bacia do rio Suruí, além da potencialidade geomorfológica, locacional, produtiva; ainda há que se avaliar as legislações e projetos da municipalidade, tendo em vista que tal refinamento de análise não foi alcançado neste trabalho.

Reconhecemos que a simplificação do modelo, ainda que necessária, pois trata-se de um método de seleção de um recorte espacial “ideal”, gerou algumas restrições quanto à avaliação de determinados aspectos, principalmente no que se refere ao reconhecimento de usos restritivos. Tendo em vista que as restrições a qualquer atividade tida como ambientalmente prejudicial ultrapassam o caráter técnico, político ou jurídico; e relacionam-se principalmente às práticas sociais e econômicas em curso na área de interesse. Desta forma levantamos que a presente proposta necessita de adaptações que permitam apurar melhor este quesito sobre as verdadeiras restrições (sociais, políticas, etc.) à atividade mineral. Com isso ressalta-se o caráter experimental deste trabalho, o qual buscou estabelecer uma estrutura metodológica, sem, contudo ter dado conta das inúmeras possibilidades, para selecionar áreas de interesse para pesquisa ambiental no sentido de que os estudos acompanhem as tendências já vislumbradas para o mercado mineral metropolitano.

- indicar alternativas de recuperação ambiental para áreas em que a exploração mineral tenha sido desativada, contrariando a prática comumente

utilizada de simples abandono das cavas: Do mesmo modo que se faz necessária a reformulação nas escalas e níveis analíticos utilizados no contexto da gestão ambiental, outra importante reformulação diz respeito às concepções sobre o conceito e as práticas de recuperação ambiental, principalmente quando a degradação resulta de atividades mineradoras, as quais implicam em impactos de grandes proporções, e, sobretudo quando em áreas urbanas e peri-urbanas.

Neste sentido, a partir de breve levantamento sobre as inúmeras interpretações a respeito do termo recuperação, chegamos à conclusão de que o propósito principal da recuperação deve ser a estabilização (em suas diversas formas: química, física, biológica) visando a garantia das condições de auto-sustentabilidade do ambiente afetado pelos impactos. Tendo basicamente três modelos de recuperação, segundo o grau de reconstituição ambiental que se alcance, sendo eles, em grau crescente de reconstituição: restauração, reabilitação e reconversão (ou reaproveitamento para outro uso). Tendo em vista que o “grau de recuperação” depende do “grau de degradação”, ou seja, as possibilidades de recuperação de determinada área dependem do quanto e de como o ambiente foi alterado; consideramos que as medidas de recuperação devem ser incorporadas ao cotidiano da mineração, o que tornaria o processo mais rápido, barato e eficaz. No entanto, para isto é necessário que a etapa de recuperação seja estabelecida previamente, antes mesmo de iniciar os procedimentos, e que se estabeleçam os limites e formas de exploração levando em consideração a forma, espessura e fragilidades do pacote a ser explorado, reforçando mais uma vez que o conhecimento geomorfológico aprofundado da bacia é fundamental em todas as etapas da atividade.

Nesse tocante, da mesma maneira que delineamos um cenário de planejamento e implantação da atividade mineral de exploração de areia na sub-bacia estudada, também esboçamos cenários de recuperação para a área. Sendo assim, em um cenário similar ao que se encontra atualmente na bacia do rio da Guarda, área fornecedora de areia para grande parte do mercado metropolitano, onde proliferam cavas totalmente inundadas, a alternativa de recuperação mais indicada seria a reconversão para uso de lazer. Tal reaproveitamento das cavas como lagoa de pesca, tanque de piscicultura ou piscinão dependeria da suavização do talude e da forma e profundidade alcançada pela cava. Em um cenário

intermediário, no qual algumas cavas estivessem inundadas e outras não, haveria a possibilidade de recuperação conjugada da área. Desta forma, o uso também seria o lazer, proporcionando um cenário de vegetação (ações de reflorestamento) e lagos para recreação (nas cavas inundadas). E por fim, em um cenário ideal, onde fossem respeitados os limites do lençol freático e as cavas não fossem inundadas, haveria duas principais alternativas de recuperação: de cunho conservacionista, através de reflorestamento e recomposição paisagística; e de cunho social, com reaproveitamento do terreno para outro tipo de ocupação, como loteamentos para habitação.

Ao finalizar estes apontamentos é necessário esclarecer que as presentes considerações, embora se utilizem do estudo de caso da atividade mineral de exploração de areia, refletem as preocupações que permeiam a gestão de todo e qualquer recurso ambiental, sendo mais representativa, do cenário crítico que vivenciamos em relação ao uso e conservação destes recursos, por se tratar de material de baixo valor agregado. Entretanto, ressalta-se que além da relevância do próprio recurso mineral, afinal refere-se a um produto que demorou milhares de anos para ser produzido pela natureza, este integra uma cadeia de produção-reprodução-conservação de recursos ambientais, e inclusive de um dos mais indispensáveis deles: o espaço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.

ADAMY, A. & DANTAS, M. E. **Geomorfologia** – Setor Jirau. Porto Velho: Convênio FURNAS/CPRM, 2004.

ALMEIDA, J. R. **Planejamento Ambiental**: caminho para participação popular e gestão ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro: Thex Editora/Biblioteca Estácio de Sá, 1999.

AMADOR, E. S. **Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza**. Rio de Janeiro, 1997.

ANNIBELLI M.B.; SOUZA FILHO, C.F.M. **Mineração de Areia e seus Impactos Sócio-Econômico-Ambientais**. In: CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI, 15., 2006, Manaus. Anais do XV Congresso Nacional do Conpedi. Manaus, 2006.

AUGE, M. Vulnerabilidade de Aquíferos. **Revista Latino-Americana de Hidrogeologia**, n. 4, p. 85-103, 2004. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/hidrogeologia/article/view/2652/2193>>. Acesso em: 30/09/2009.

BASTOS, M. & SILVA, I. A. **Restauração, reabilitação e reconversão na recuperação de minas e pedreiras**. Porto: ANIET, 2006.

BECKER, B. K. & EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para a Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília: MMA/SAE, 1996.

BECKER, O. M. S. & PAGANOTO, F. A. População Migrante na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: uma abordagem espacial das desigualdades em 2000. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 16., 2008, Caxambu. **Anais do XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais**. Caxambu-MG: ABEP, 2008.

BERBET, M. C. **A mineração de areia no distrito areeiro de Itaguaí-Seropédica/RJ**: geologia dos depósitos e caracterização das atividades de lavra e dos impactos ambientais. 2003. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BITAR, O.Y. & BRAGA, T.O. O Meio Físico na Recuperação de Áreas Degradadas. In: BITAR, O.Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995.

BITAR, Omar Yazbek. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. 1997. 185f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRAGA, A. C. O. **Apostila de Métodos Geométricos Aplicados: Módulo Hidrogeologia**. São Paulo: UNESP/IGCE, 2007.

BRUM, I. A. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. 2000. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

BRUNSDEN, D. Geomorphology, Engineering and Planning. **Geographia Polonica**, v. 76, n. 2, p. 185-205, 2003.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. Representações Computacionais do Espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. **Geografia**, v. 28, n. 1, p. 83-96, jan./abr, 2003.

CARVALHO-PENNA, B. **Gestão de Recursos Hídricos: aspectos teórico-práticos da bacia do rio Guandu**. 2006. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. S/l, 2007. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 23/03/2009.

CASTRO, I. E. O Problema de Escala. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R.L. (org.). **Geografia: conceitos e temas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1995.

CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A.; SUGDEN, D. G. **Geomorphology**. New York: Mehuen & Co. Ltd., 1984.

COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in Environmental Management: a new introduction**. 2. ed. Oxford: Clarendon Press, 1990.

COQUE, Roger. **Geomorfología**. Madrid: Alianza Editorial S.A., 1984.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2008**: agregados para construção civil. DNPM, 2008. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 27/04/2009.

EGLER, C. A. G.; CRUZ, C. B. M.; MADSEN, P. F. H.; COSTA, S. M.; SILVA, E. A. Proposta de Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara. **Anuário do Instituto de Geociências** - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 26, p. 127-138, 2003.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FLORIANO, E. P. **Planejamento Ambiental**: Caderno Didático nº 6. Santa Rosa: ANORGS, 2004.

FOLK, R.L. **Petrology of Sedimentary Rocks**. Texas: The University of Texas, 1968.

GARNER, H. F. **The Origin of Landscapes**: a synthesis of geomorphology. New York: Oxford University Press, 1974.

GOES, H. A. **A Baixada de Sepetiba**. Rio de Janeiro: DNOS, 1942.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: MINTER/IBAMA, 1990.

IGM - Instituto Geológico e Mineiro. **Água Subterrânea**: conhecer para preservar o futuro. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 2001. Disponível em: <http://eGeo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm>. Acesso em: 29/09/2009.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **3º Curso de Geologia de Engenharia Aplicada a Problemas Ambientais**. São Paulo: ABAMA/DIGEM, 1992. (Apostila Mimeografada).

LAMELAS, M. T.; MARIONI, O.; HOPPE, A.; DE LA RIVA, J. Suitability for Sand and Gravel Extraction Site Location in the Context of a Sustainable Development in the Surrounding of Zaragoza (Spain). **Environment Geology**, n. 55, p. 1673-1686, 2008.

LIMA, A. G. A Bacia Hidrográfica como recorte de estudos em Geografia Humana. **Geografia**, Londrina, v. 14, n. 12, p. 173-183, jul./dez., 2005.

MACEDO, R. K. **Gestão Ambiental**: os instrumentos básicos para a gestão ambiental de territórios e unidades produtivas. Rio de Janeiro: ABES/AID, 1994.

MARCONDES FILHO, E.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; SOARES, P. V. O. Uso Futuro das Áreas de Mineração de Areia no Sub-trecho Compreendido entre Jacareí e Pindamonhangaba - SP e sua Inserção na Dinâmica Local e Regional. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, 1., 2007, Taubaté. **Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico**. Taubaté – São Paulo: IPABHi, 2007.

MARIONI, O.; HOPPE, A. Using the Analytical Hierarchy Process to Support Sustainable Use of Geo Resource in Metropolitan Areas. In: **Journal of Systems Sciences and Systems Engineering**, v. 15, n. 2, p. 154-164, mai./jun., 2006.

MARQUES, E. D. **Hidrogeoquímica nas cavas de extração de areia na região do Bairro de Piranema** – Distrito Areeiro de Seropédica – Itaguaí – RJ. 2005. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

MARTINS, A. M.; CAPUCCI, E.; CAETANO, L. C.; CARDOSO, G.; BARRETO, A. B. C.; MONSORES, A. L. M.; LEAL, A. S.; VIANA, P. Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro: síntese do estágio atual do conhecimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14., 2008, Curitiba. **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Curitiba: ABAS, 2008.

MEIS, M.R.; MIRANDA, L.H.G.; FERNANDES, N.F. Desnívelamento de Altitude como Parâmetro para a Compartimentação do Relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia**. Salvador: SBG, 1982.

MELO, M. S.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J.P.; MELLO, C. L. Processos e Produtos morfogenéticos continentais. In: SOUZA, C.R.G.;

SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (org.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

MORAES, A. C. R. **Meio Ambiente e Ciências Humanas**. 4. ed. São Paulo: Annablume, 2005.

MOURA, J.R.S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (eds.) **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1984.

ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. Rio de Janeiro: BNDES, 2004.

PEIXOTO, M. N. O.; SILVA, T. M.; MOURA, J. R. S. Reflexões sobre as Perspectivas Metodológicas em Geografia Física. **Revista da Pós-Graduação em Geografia**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 35-48, set./dez., 1997.

PIEDRAS, S. R.N.; POUEY, J.L.O.F.; MORAES, P.R.R. Uso de Áreas Degradadas pela Extração de Areia no Cultivo Intensivo de Pescado em Tanque-Rede. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 467-470, out./dez., 2005.

PIRES DO RIO, G. A. e GALVÃO, M. C. C. Gestão Ambiental: apontamentos para uma reflexão. **Anuário do Instituto de Geociências** - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 19, p. 35-44, 1996.

PLASTINO, R.H.; AYRES, H.; PENTEADO, D; ROCHA, P.L.F. Projeto de Desenvolvimento de Sistema e Equipamento para Levantamento Geofísico por Método Elétrico. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 8., 2003, Rio de Janeiro. **Anais do VIII International Congress of the Brazilian Geophysical Society**. Rio de Janeiro: SBGF, 2003.

POVIDEO, L. A.; MARQUES NETO, R. Passivos Ambientais em Cidades Pequenas: uma proposta de recuperação para cava de argila abandonada em Tambaú (SP). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 4, n. 2, p. 53-67, jul./dez., 2006.

RONDINO, E. **Áreas Verdes como Redestinação de Áreas Degradadas pela Mineração**: estudo de caso nos municípios de Ribeirão Preto, Itu e Campinas, Estado de São Paulo. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANCHEZ, L. E. **Desengenharia**: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: Edusp, 2001.

SILVA, T. M. **A Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SILVA, T. M.; MORENO, R. S.; CORREIA, J. D. A Utilização de Cartas Topográficas 1:50.000 para Classificação Morfológica Região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 23., 2007, Rio de Janeiro. **Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia**. Rio de Janeiro: SBC, 2007, v. 1, p. 429-437.

SMELSER, N. J. & BALTES, P. N. (ed.). **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**. Oxford: Pergamon Press, 2001.

SONDOTÉCNICA. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (Contrato 31/ANA/2005)**. Rio de Janeiro: Sondotécnica/Comitê Guandu/ANA, 2005.

SUGUIO K.; SALLUN, A. E. M.; SOARES, E. A. A. Período Quaternário: “*Quo Vadis*”? **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 3, p. 427-432, set., 2005.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado+presente= futuro?)**. São Paulo: São Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SITES CONSULTADOS

ANEPAC – Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br>>. Acesso em: 22/03/2009.

CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.cide.rj.gov.br>>. Acesso em: 25/03/2009.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>>. Acesso em: 03/07/2009.

GRAEFF CONSULTING. Disponível em: <<http://www.graeffconsulting.com.br/guandu>>. Acesso em: 22/03/2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br/mapas_ibge/bases.php>. Acesso em: 10/12/2008.

IUGS – Earth Science for the Global Community. Carta Estratigráfica Internacional (2008). Disponível em: <<http://www.iugs.com>>. Acesso em: 25/03/2009.

PARQUES FLUVIAIS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <<http://www.gfdesign.com.br/parquesfluviais>>. Acesso em 22/03/2009.

SERLA – Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. Disponível em: <<http://www.serla.gov.br>>. Acesso em: 26/03/2009.

SIGMINE – Informações Geográficas da Mineração. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 27/04/2009.

THE LABORATORY OF NEAR-SURFACE ELECTRICAL PROSPECTING. Disponível em: <<http://geophys.geol.msu.ru/>>. Acesso em: 23/03/2009.