UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS TECNOGÊNICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Ronaldo Malheiros Figueira

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Boggiani

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

SÃO PAULO

2007

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Figueira, Ronaldo Malheiros
Evolução dos Sistemas Tecnogênicos no Município de São Paulo /
Ronaldo Malheiros Figueira. – São Paulo, 2007.
126 f. : il.

Dissertação (Mestrado) : IGc/USP
Orient.: Boggiani, Paulo César

1. São Paulo (SP): Sistemas tecnogênicos 2. São Paulo 3.
Tecnógeno 4. Ação antrópica I. Título

“Dedico este trabalho a minha esposa Regina,
aos meus filhos Leonardo e Lucas, aos meus pais
pais Arlindo e Maria Emilia, a meu irmão
Eduardo e a minha tia Vitória, por todo apoio e estímulo,
pois sem eles seria muito difícil chegar até aqui .”

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e amigo, Prof^o Dr. Paulo César Boggiani grande responsável pela realização deste trabalho, desde o momento de inscrição no processo de seleção para ingresso no programa de pós-graduação até a conclusão deste trabalho, pela paciência, estímulo, compreensão e orientação dada ao longo de todo o trabalho, principalmente na fase de conclusão.

Aos Professores do Instituto de Geociências, em especial ao Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini pela leitura crítica e contribuições na versão preliminar deste trabalho; ao Prof. Dr. Thomaz Fairchild, responsável pela disciplina de seminários gerais, e a Prof^a. Dr. Denise Bacci pelo apoio e estímulo.

A Geóloga Ana Lucia Desengi Gesicki, pela leitura e comentários realizados na versão final do presente trabalho.

Aos meus alunos e amigos Juliana Colli Munhoz, pela confecção dos mapas e tabelas; Felipe Almeida pela ajuda na discussão do tema e material fotográfico; Saulo Rocha, pela tratamento das figuras e fotos, e ao Jonatas Januário, á todos o meu muito obrigado.

A todos os alunos os alunos do curso de geografia e Professores do Centro Universitário Sant'anna, em especial Ana Lucia de Araújo Guerrero, Edson Capitânic, Luis Paulo Valente, Magali Nascimento de Paula, Silvia Lopes Raimundo, Vicente Carlos Cavallari e Jonaldo Agart, pelo apoio e estímulo.

A todos os amigos da Defesa Civil-COMDEC o meu muito obrigado, em especial ao amigo Celso Carvalho de Souza, um companheiro de todos os momentos, Jair Paca de Lima, por ter permitido o meu afastamento em férias no meio do período de chuvas, Jornalista Fenando Coghi Busian pelas informações e fotografias sobre áreas de risco e a Andréa Dantas.

Aos geólogos da Prefeitura do Município de São Paulo, em especial Francisco Adrião Neves da Silva, pelas informações resíduos sólidos e áreas contaminadas; Luciana Pascarelli, pelas informações sobre áreas de risco , e José Fernando, pelas fotos e informações sobre a região de Perus.

Aos funcionários do Instituto de Geociências do setor de pós-graduação, Ana Paula e Magali, da biblioteca; da gráfica, Claudionor, Henrique, Edmir e Jose, e da administração Iolanda, Ivone e Regina.

RESUMO

FIGUEIRA, M. R. 2007. Evolução dos Sistemas Tecnogênicos no Município de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 126 p.

O papel do ser humano como agente geológico tem sido amplamente considerado como modificador da superfície da Terra através de feições e depósitos denominados tecnogênicos. Na presente dissertação de mestrado apresenta-se nova forma de abordagem na qual os processos tecnogênicos são analisados na forma de sistemas, ou seja, sistemas tecnogênicos, de modo semelhante ao que é empregado na Geologia Sedimentar na análise de sistemas deposicionais. Para esse tipo de abordagem, foram estudados os sistemas tecnogênicos do Município de São Paulo no contexto de evolução histórica, no qual se considera que foi fundamental, para a origem e desenvolvimento da atual metrópole, a retificação dos rios Tietê e Pinheiros, o que deu origem aos S.T. de Canais e Reservatórios, com o objetivo de geração de energia hidrelétrica. Através da instalação desses canais, ocorreu drenagem de amplas áreas de várzeas, do antigo regime meandrante dos rios retificados, o que proporcionou a ocupação urbana dessas áreas por inúmeros tipos de obras de infra-estrutura, notadamente as avenidas marginais. Concomitantemente ao crescimento da urbanização, houve necessidade de matérias-primas para construção civil, o que acarretou na origem do S.T. de Mineração, marcado pela intensa lavra de brita e areia aluvionar. Com o crescimento urbano nas antigas áreas de várzea, ocorreu o impedimento da lavra de areia, a qual passou a ser extraída por lavagem de manto de alteração de rochas granítico-gnaíssicas da região sul e trazidas de outros municípios. A ocupação das antigas áreas de várzea acarretou também problemas de inundação, para o qual a solução vem sendo através da implantação de reservatórios de retenção (“piscinões”) formando novo e importante sistema tecnogênico, o qual vem sendo seriamente comprometido por intensos processos de assoreamento resultantes da erosão nas cabeceiras. Os sedimentos acumulados nesses reservatórios são retirados e dispostos nos aterros sanitários, comprometendo a já limitada capacidade desses, inseridos no S.T. de Resíduos. O crescimento do S.T. de Ocupação Urbana para fora do domínio de exposição dos sedimentos da Bacia de São Paulo, sobre rochas alteradas de seu embasamento gnaíssico-granítico, vem acarretando a criação de inúmeras áreas de risco, sujeitas a escorregamento, as quais constituem novo e dinâmico sistema tecnogênico (S. T. de Movimentos de Massa), juntamente com o S.T. de Áreas Contaminadas, resultantes do intenso processo de industrialização. Ao abordar os processos e produtos tecnogênicos de forma sistêmica foi possível identificar a dinâmica, interação e evolução de um sistema para outro, o que demonstrou ser uma forma eficiente para subsidiar propostas para tratamento dos problemas ambientais e urbanísticos de uma cidade.

Palavras-chave: São Paulo (SP), sistemas tecnogênicos, tecnógeno, ação antrópica

ABSTRACT

FIGUEIRA, M. R. 2007. Evolução dos Sistemas Tecnogênicos no Município de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 126 p

The role of humans as geologic agents in the modification of the earth's surface has been broadly considered through study of so-called tecnogenic features and deposits. In this Master Dissertation, a new approach is presented in which tecnogenic process area analyzed as systems - tecnogenic systems (TS) - in a way similar to that employed in the analysis of depositional systems in Sedimentary Geology. Thus tecnogenic systems of the Municipality of São Paulo were studied within the context of their historical evolution, in which the fundamental point for the origin and development of the present metropolis was the rectification of the Tietê and Pinheiros rivers, for the purpose of generating hydroelectric energy, which gave rise to the TS of Canals and reservoirs. The installation of these canals resulted in the drainage of broad areas of the floodplains associated with the previous meandering regime of the rectified rivers. This led to the urban occupation of these areas by numerous engineering projects on infrastructure, most notably major highways marginal to the rivers. Concomitantly with increasing urbanization, there was increasing demand for primary resource for construction, originating the TS of Mining, marked by intense exploitation of gravel and alluvial sand. With urban sprawl onto the former floodplains, the sand extraction was impeded such that sand had to be extracted from the weathering mantle of granitic-gneissic rocks of the southern region and brought in other municipalities. The occupation of the floodplains also brought with it problems with flooding. The solution to these problems has been via the implantation of retention reservoirs ("piscinões"), forming still another new and important tecnogenic system, whose effectiveness is becoming seriously compromised by silting-up due to erosion in regions of the headwaters. The sediments that accumulate in these reservoirs are removed to sanitary landfills (the TS of Residues) seriously limiting their capacity. The growth of the TS of urban occupation to areas outside the dominion of the sediments of the São Paulo Basin, and onto altered granitic-gneissic basement rocks has created numerous areas of risk, subject to landslides which comprise a dynamic, new tecnogenic system (TS of Mass Moviment), together with the TS of Contaminated Areas, which has resulted from extensive industrialization. Approaching tecnogenic processes and products from a systemic point of view has made it possible to identify the dynamics, interaction and evolution of one system to another. This is proving to be an efficient way to contribute positively to proposal for the treatment of urban and environmental problems of the city of São Paulo.

Keywords: tecnogenic systems, São Paulo, tecnogene, anthropic action

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	- Localização da área de estudo	15
Figura 2.1	- Depósito tecnogênico construído - Aterro Sanitário Bandeirantes	20
Figura 2.2	- Depósito tecnogênico induzido - assoreamento de canal	20
Figura 2.3	- Materiais úrbicos - resíduos sólidos inertes.....	21
Figura 2.4	- Materiais gárbicos - resíduos sólidos domésticos e outros tipos de resíduos	21
Figura 3.1	- Vista aérea da porção central da Cratera de Colônia, na Região Sul	32
Figura 3.2	- Vista da borda norte da Cratera de Colônia.....	32
Figura 3.3	- Imagem do Pátio do Colégio.....	36
Figura 3.4	- Ponte sobre o rio Anhangabaú.....	36
Figura 3.5	- Sistema hidráulico de operação da Bacia do Alto Tietê.....	47
Figura 4.1	- Principais Bacias Hidrográficas do Município de São Paulo.....	54
Figura 4.2	- Confluência dos Rios Pinheiros e Tietê em fotografia de 1929.....	58
Figura 4.3	- Barragem Móvel do Cebolão no Canal do Tietê.....	58
Figura 4.4	- Barragem da Penha – Rio Tietê – Zona Leste.....	60
Figura 4.5	- Reservatório da Barragem da Penha – Zona Leste.....	60
Figura 4.6	- Tietê e Pinheiros original e com a retificação do Rio Tietê.....	63
Figura 4.7	- Processo de assoreamento Ribeirão Embu-Mirim Repr. Guarapiranga.....	69
Figura 4.8	- Reservatório de retenção de cabeceira – Piscinão Aricanduva III	74
Figura 4.9	- Reservatório de retenção de baixada – Piscinão Aricanduva V.....	74
Figura 4.10	- Seção do canal do Tietê em 1894 e 1998/2004	81
Figura 4.11	- Sistemas Tecnogênicos de Resíduos	83
Figura 4.12	- Disposição de resíduos sólidos inertes em antiga lagoa de decantação	86
Figura 4.13	- Disposição de resíduos sólidos domésticos – Aterro Sanitário São João	86
Figura 4.14	- Riscos geológicos –degrau de abatimento – Jardim Elisa Maria	90
Figura 4.15	- Ocupação em encosta Jardim Paraná Subprefeitura da Freguesia do Ó.....	90
Figura 4.16	- Localização por subprefeitura dos setores de risco alto e muito alto	92
Figura 4.17	- Quantidade de áreas contaminadas por distrito	97
Figura 4.18	- Evolução do consumo de agregados	98
Figura 4.19	- Distritos com minerações em atividade	100
Figura 4.20	- Sistemas Tecnogênicos de Mineração – Extração de Brita	102

Figura 4.21 - Pedreira Basalto – Subprefeitura de Perus.....	104
Figura 4.22 - Sistemas Tecnogênicos de Mineração – Extração de Areia	106
Figura 4.23 - Lagoa de decantação de finos – extração de areia – Zona Sul	110
Figura 4.24 - Vista aérea lagoa de decantação – Perus - Zona Noroeste	110
Figura 4.25 - Sistemas Tecnogênicos de Reabilitação de Áreas de Mineração	112
Figura 4.26 - Área reabilitada – mineração de brita – Hipermercado Extra	114
Figura 4.27 - Área reabilitada – mineração de areia – Parque Villa-Lobos.....	114
Figura 5.1 - Esquema Evolutivo dos Sistemas Tecnogênicos	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Classificação dos depósitos de resíduos e respectivos materiais tecnogênicos	84
Tabela 4.2 - Setores de risco geológico por subprefeitura.....	91

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	11
1.2. OBJETIVO	13
1.3. MÉTODOS	13
1.4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
2. TECNOGÊNESE.....	16
2.1. TECNOGÊNESE – CONCEITUAÇÃO DO TERMO	16
2.2. CLASSIFICAÇÃO DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS	18
2.3. SISTEMAS DEPOSICIONAIS X SISTEMAS TECNOGÊNICOS.....	23
2.4. PROCESSOS TECNOGÊNICOS	24
3. O MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.....	27
3.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	27
3.2. A OCUPAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	35
3.2.1. Dos paleohabitantes à constituição da Vila de São Paulo de Piratininga	35
3.2.2. A Gênese de uma Metrópole	43
4 - SISTEMAS TECNOGÊNICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.....	51
4.1. SISTEMAS TECNOGÊNICOS DE CANAIS E DE RESERVATÓRIOS	53
4.1.1. Sistema Tecnogênico do Canal do Tietê	56
4.1.2. Sistema Tecnogênico do Canal do Pinheiros.....	61
4.1.3. Sistema Tecnogênico dos Reservatórios Gurarapiranga-Billings.....	66
4.1.4. Sistemas Tecnogênicos de Reservatórios de Retenção – “piscinões”.	70
4.2. SISTEMAS TECNOGÊNICOS DE OCUPAÇÃO URBANA	78
4.2.1. Sistemas Tecnogênicos de infra-estrutura	79
4.2.2. Sistemas Tecnogênicos de Resíduos	81
4.2.3. Sistemas Tecnogênicos de Movimentos de Massa	88
4.2.4. Sistemas Tecnogênicos de Áreas Contaminadas	94
4.3. SISTEMAS TECNOGÊNICOS DE MINERAÇÃO	97
4.3.1. Sistema Tecnogênico de Extração de Brita	101

4.3.2. Sistema Tecnogênico de Extração de Areia.....	104
4.3.3. Sistemas Tecnogênicos de Reabilitação de Áreas de Mineração	111
5. CONCLUSÕES	116
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS	120

1 - INTRODUÇÃO

A discussão em torno do papel do ser humano como agente geológico e modificador do ambiente sempre foi cercada de muita polêmica, principalmente entre os pesquisadores do meio científico e os profissionais que atuam na geologia aplicada. Por outro lado, é fato que a ação do ser humano, desde tempos pré-históricos, vem deixando registros que são denominados pelos diversos autores como *depósitos tecnogênicos*. Assim a maior polêmica gira em torno de como classificar e onde situar esta ação ou tecnogênese no tempo geológico.

Na presente dissertação de mestrado, foi realizado paralelo entre os conceitos de geologia sedimentar, principalmente os relacionados à definição e interpretação de Sistemas Depositionais, e aplicação destes no estudo da evolução tecnogênica, ou seja, tendo o ser humano como agente geológico direto e indireto.

Atualmente, com o intenso processo de urbanização, principalmente nas grandes cidades como São Paulo, os sistemas tecnogênicos têm número expressivo e variado de registros, com diversos tipos de depósitos e feições. Assim, a presente dissertação tem por objetivo apresentar uma discussão conceitual sobre tecnogênese, ou seja, de como a ação antrópica atua na forma de agente geológico tendo, como área de estudo, o Município de São Paulo e áreas limítrofes dentro da Região Metropolitana de São Paulo, a fim de apresentar sua evolução tecnogênica e possíveis aplicações para o planejamento.

A evolução da ciência geológica vem apresentando fases que são marcadas principalmente em função das necessidades da sociedade. Os primeiros geólogos foram absorvidos, principalmente, pelo setor mineral, pelas empresas de petróleo, de geologia de engenharia e mais recentemente na área ambiental e de geologia urbana.

A atuação dos geólogos no contexto urbano, no Estado de São Paulo, iniciou-se com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, nos trabalhos relacionados à erosão e risco geológico de escorregamentos. A partir de 1991 os geólogos passaram a consolidar sua atuação nas prefeituras, como as de São Paulo, Santos e Guarulhos e outras do Estado de São Paulo, e também em outras cidades brasileiras, como Rio de Janeiro, Porto Alegre, Vitória e Belo Horizonte. Este novo campo de atuação contou com o apoio e respaldo técnico de algumas entidades como Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, Fundação Geo-rio, além de algumas universidades públicas estaduais e federais que começaram a desenvolver projetos e incluírem nos seus cursos conceitos e práticas na área de geologia aplicada, ambiental ou urbana.

Tomando como exemplo a Prefeitura do Município de São Paulo, a partir de 1991, os geólogos iniciaram trabalhos significativos relacionados aos riscos geológicos, parcelamento de solo, disposição final de resíduos sólidos domésticos, cartografia geotécnica, arqueologia, recursos hídricos e, recentemente, em trabalhos integrados com outras áreas ambientais como na elaboração do Atlas Ambiental do Município de São Paulo (SVMA, 2004).

A escolha do Município de São Paulo para aplicação do estudo da evolução dos sistemas tecnogênicos deu-se em virtude de diversos fatores. Primeiro em decorrência da possibilidade de entendermos a cidade como um laboratório rico e que possibilita o desenvolvimento de diversos estudos, entre eles o que diz respeito às disparidades e integração dos aspectos geológico-geomorfológicos, hídricos e sócio-econômicos. Em segundo lugar, pela larga experiência e conhecimento adquiridos ao longo de quinze anos em consequência da atuação como geólogo da Prefeitura do Município de São Paulo. Finalmente, pela voracidade com que está se dando o seu processo de urbanização e crescimento desordenados e na possibilidade de aplicação do estudo dos sistemas tecnogênicos de formas

preventivas e corretivas no que diz respeito às ações de gestão urbano-ambiental e de defesa civil.

O presente estudo, ao procurar entender os efeitos da ação antrópica no meio-físico de forma sistêmica, permite ainda integrar os diversos estudos geológicos realizados na região de forma compartimentada, ou seja, específicas em determinadas áreas como Mineração, Riscos Geológicos e Disposição de Resíduos Sólidos, entre outros.

1.2. Objetivo

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo analisar a evolução e dinâmica tecnogênica no Município de São Paulo, a partir da caracterização e estudo de seus sistemas tecnogênicos, ou seja, a ação antrópica na produção de depósitos e feições tecnogênicas, utilizando paralelo com os conceitos da Geologia Sedimentar.

1.3. Métodos

Para elaboração da presente dissertação, foram analisados os principais trabalhos sobre a geologia do Município de São Paulo e os relacionados aos problemas geológicos e geotécnicos relacionados a tecnogênese. O trabalho prosseguiu na pesquisa, com base na bibliografia e nos levantamentos de campo de feições e depósitos tecnogênicos, os quais foram reunidos, para uma análise conjunta, em sistema tecnogênico, a partir do qual foi formulado o modelo de caracterização e evolução tecnogênica no Município de São Paulo.

Como método de estudo, foram aplicados os conceitos desenvolvidos para análise de sistemas deposicionais da Geologia Sedimentar, discutidos em Giannini (1993), de forma a traçar um paralelo entre os processos e produtos sedimentares com os da ação antrópica no meio ambiente, o qual passa, necessariamente, à identificação, individualização e caracterização da fácies, no presente caso, fácies tecnogênicas.

O método de estudo de sistemas tecnogênicos, em paralelo à proposta de método de estudo de sistemas no Quaternário costeiro (Giannini, 1993), divide-se em três etapas: exame prévio, descrição externa e descrição interna. Por se tratar de um sistema antrópico, é acrescido ao método uma análise prévia da ocupação histórica.

O exame prévio de um sistema deposicional tem por objetivo situar o sistema, ou conjunto de sistemas como é o caso de São Paulo, no seu meio, ou macroambiente na semântica sistêmica, o qual seria também um sistema hierarquicamente superior. Nesse sentido, o Sistema Tecnogênico do Município de São Paulo encontra-se associado a um sistema hierarquicamente superior, no caso o da Região Metropolitana de São Paulo e, por sua vez, esse se encontra relacionado ao Sistema Tecnogênico Brasileiro. O estudo desse sistema maior é apontado como perspectiva futura de pesquisa, a fim de se fundamentar uma história geotecnogênica brasileira, a partir da complementação e integração dos estudos já realizados sobre esse tema no Brasil (Oliveira *et al.* 2005).

No exame prévio, ou seja, situar os sistemas no seu meio, é necessário o estudo do macroambiente como um todo, o estudo das interações entre os materiais e energia, entre os sistemas e o meio e a delimitação das fronteiras dos sistemas. Nessa etapa, procede-se do todo em direção às partes, tendo em mente um critério para subdividir a área de estudo em sistemas deposicionais.

1.4. Localização da área de estudo

O Município de São Paulo localiza-se na Região Sudeste do Brasil e é capital administrativa do Estado de São Paulo (Figura 1.1). Com relação aos recursos hídricos, o município possui praticamente todo seu território inserido na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, que por sua vez está inserida na Região Metropolitana de São Paulo. Esta região é

constituída por 39 municípios, tendo São Paulo como o núcleo central e uma população de 17,3 milhões de habitantes (IBGE, 2001).

O Município de São Paulo abriga uma população de 10,4 milhões de habitantes em um território de 1.509 km², o qual é subdividido dentro do princípio da gestão descentralizada em 31 subprefeituras.

Figura 1.1. Localização da área de estudo.

2. TECNOGÊNESE

2.1. Tecnogênese – conceituação do termo

Apesar da influência da ação antrópica nos processos geológicos superficiais e subsuperficiais ser tema antigo no meio científico, tanto mundial quanto nacional, o uso do termo tecnogênese foi empregado apenas recentemente no Brasil, nos trabalhos de Antonio Manoel dos S. Oliveira (Oliveira 1990, 1994 Oliveira *et al.* 2005) e de Alex U.G. Pellogia (Pellogia 1994, 1996, 1997, 1998a,b), onde se destacam respectivamente, na abordagem, pela linha teórica e filosófica.

Passada a discussão sobre ocorrência ou não de depósitos tecnogênicos, o atual estágio de conhecimento encontra-se na fase de ampla caracterização de inúmeras ocorrências desses, como, por exemplo, os do Alto Rio Meia Pontes, no Estado de Goiás (Rubin, 2002) e os relacionados aos aterros da linha de costa da Ilha de Florianópolis, no Estado de Santa Catarina (Lisboa 2004), ambos com forte tendência do uso dos estudos de tecnogênese no planejamento ambiental. Esses estudos, porém, são mais um reflexo da aceleração dos processos antrópicos, sejam esses planejados, como os aterros, ou induzidos, como os assoreamentos de rios, do que uma evolução do conhecimento científico do processo tecnogênico propriamente dita.

Segundo Oliveira (2005), uma das primeiras referências ao termo tecnógeno é de Chemekov (1982), mas em Ter-Stepanian (1988) é que se encontra uma proposta mais abrangente do termo. Com sentido semelhante, em Pavlov (1922 *apud* Gerasimov, 1979) encontra-se o uso do termo “antropógeno” e os eventos ocorridos nesse período seriam denominados antropogênicos, mesmo os não resultantes da ação humana, e geralmente referenciados como quaternários.

O termo tecnogênico tem sido preferencialmente utilizado, a ponto de seu uso já poder ser considerado como consagrado no meio científico, em função de fazer referência à ação da técnica, que teria surgido na Terra apenas com o surgimento do ser humano, com destaque para sua transformação do meio ambiente, sendo preferencialmente empregado no lugar de “antropógeno” (Oliveira *et al.* 2005). Nesse sentido, na aplicação do termo *tecnogênese*, é destacada a importância da presença de tecnologia na ação humana envolvida, definida como conjunto de processos por meio dos quais os seres humanos atuam na produção econômica ou em qualquer outra atividade que envolva objetos e a apropriação de materiais (Oliveira, 1995).

Uma fase infrutífera da evolução do conhecimento da ação tecnogênica pode ser atribuída às tentativas de se estabelecer um intervalo da Escala do Tempo Geológico restrito à ação geológica por parte do ser humano, como a proposta de Ter-Stepanian (1988), na qual o Holoceno deveria ser considerado a época de transição do Pleistoceno para o Quinário ou Tecnógeno, onde a base, desse novo período, seria o momento no qual a completa configuração alterada antropicamente seria atingida (Oliveira, 2005).

Em Suguio (2005) encontra-se uma crítica quanto ao uso de critérios antropológicos para definir o fim do Pleistoceno o que, além de considerar antropocêntrico seria inconsistente, uma vez que o surgimento dos primeiros homínídeos data do Mioceno. Nesse artigo, é retomada a discussão com relação à influência da ação antrópica e escala de tempo geológico, já debatida em Pellogia (1995), a respeito do artigo de Carneiro *et al.* (1993) e respectiva réplica (Carneiro *et al.* 1995).

O estudo da influência antrópica nos processos geológicos superficiais passa a se desenvolver de forma significativa em Oliveira *et al.* (2005), os estudos passam para o entendimento da relação processo e produto e suas implicações ambientais, com bons exemplos de suas aplicações, além de ampla e completa revisão sobre o assunto. Destaca-se

também, na revisão de Oliveira *et al.* (2005), que os estudos sobre o tema geralmente abordam as ações antrópicas sem adotar o conceito de tecnogênese e que alguns permanecem limitados à descrição de impactos de intervenções humanas como se não ocorressem mudanças no meio ambiente.

Outros termos são empregados como referência à ação antrópica na forma de processos geológicos, como antropostoma (Suertegaray, 2003). Outra forma de abordar a ação antrópica seria como apresentado em Rodrigues (2005), tendo o ser humano como agente estruturador e modelador do relevo, empregando as denominações "antropogeomorfologia" e "morfologia antropogênica".

A ação geológica do ser humano geralmente é comparada com os processos naturais, sem a influência da ação humana (Oliveira *et al.* 2005), como forma de separar o que seria natural do antrópico, de acordo com uma série de exemplos listados em Ter-Stepanian (1988).

Nos estudos sobre tecnogênese, nota-se ênfase nos depósitos em contraposição às demais feições tecnogênicas, tais como as erosivas e escavações, o que requer maior atenção na caracterização do tipo de ação antrópica que a produziu e a feição gerada e seu respectivo depósito correlativo (Oliveira *et al.* 2005).

2.2. Classificação de depósitos tecnogênicos

Existem propostas de classificação de depósitos tecnogênicos, nas quais a ênfase é dada no tipo de ação antrópica, por exemplo, os sistemas sedimentares mineiros, industriais, urbanos, rurais, ente outros (Nolasco & Oliveira 2000). Há também classificação com relação à ordem em que se deu a ação antrópica, ou seja, depósitos de primeira ordem ou geração, resultantes da ação humana direta, como aterros, formando os depósitos tecnogênicos

construídos (figura 2.1), diferenciados dos depósitos tecnogênicos induzidos (figura 2.2), resultantes de processos naturais modificados indiretamente, como assoreamento produzido pela ação antrópica, e os depósitos modificados, como áreas naturais contaminadas. Como depósito de segunda ordem, seriam classificados os depósitos remobilizados (Peloggia, 1999).

Dentro dos depósitos tecnogênicos classificados como construídos, são ainda diferenciadas quatro categorias, com base na caracterização do material constituinte do depósito: úrbicos, gárbicos, espólicos e dragados Fanning & Fanning (1989). Os materiais úrbicos seriam detritos produzidos em grande quantidade nos centros urbanos, que são classificados como resíduos inertes e caracterizados por solos e materiais produzidos nas demolições e indústria da construção civil como tijolos, telhas, concreto, vidros, asfalto, brita, plásticos, metais, etc (figura 2.3). Materiais gárbicos seriam caracterizados por apresentar detritos misturados com resíduos sólidos domésticos, ricos em matéria orgânica em quantidades suficientes para gerar gás metano. Estes materiais constituem depósitos muito comuns nos centros urbanos onde os resíduos sólidos gerados são dispostos sem um tratamento prévio, ou seja, todo o resíduo é disposto inadequadamente em lixões, ao contrário das cidades onde existe um aterro para inertes (ou materiais úrbicos) e outro aterro sanitário para o resíduo doméstico (figura 2.4). Os materiais espólicos seriam os oriundos de operações de terraplanagem realizadas em obras de engenharia e urbanismo, onde são gerados os depósitos chamados de “Bota-Fora” e também de assoreamento, induzidos pela erosão acelerada. São depósitos típicos de áreas de expansão urbana, onde o movimento de terra intenso associado a um relevo acidentado e a rochas suscetíveis à erosão produzem grandes quantidades de sedimentos que se depositam nas baixadas (planícies aluviais) e assoreiam as drenagens. Já os materiais dragados seriam os sedimentos provenientes da dragagem de cursos d’água e comumente depositados em áreas cercadas por diques em cotas topográficas superiores às da planície aluvial. Nos centros urbanos onde o controle da erosão praticamente

Figura 2.1- Depósito tecnogênico construído – Aterro Sanitário
Bandeirantes– resíduos domésticos/ Perus – Zona oeste

Figura 2.2 - Depósito tecnogênico induzido – assoreamento de canal
Subprefeitura de São Mateus – Zona Leste

Figura 2.3 - Materiais úrbicos – resíduos sólidos inertes depositados em antiga lagoa de decantação de finos - Zona Sul

Figura 2.4. Materiais gárbicos - resíduos sólidos domésticos e outros tipos de resíduos denominados lixões. Fonte:CEMPRE

é inexistente, é muito comum a constituição de depósitos dragados, a exemplo do material retirado do Canal do Tietê e do Canal do Pinheiros, nos trechos que cortam a Cidade de São Paulo.

A evolução dos estudos tecnogênicos passa, no momento, para a necessidade da definição de uma linguagem comum, como sugerido em Giannini (1993) em análise da aplicação da teoria dos sistemas à Geologia Sedimentar. Em sua análise, ressalta que o primeiro passo para unificação de conhecimentos, é a formulação de uma linguagem comum, com base no pressuposto de Delattre (1981), segundo o qual, uma linguagem é feita de conceitos decompostos em dois níveis, um semântico, do formalismo que o expressa, e um sintático, do seu significado. A unificação de linguagens requer a integração de conceitos sintaticamente análogos, contidos em contextos diferentes, sob conceito semântico único, o que se aplica perfeitamente no atual estágio do estudo da ação antrópica, a qual se encontra em processo de diversificação de linguagem, ao invés da desejável convergência.

Em geologia sedimentar, a falta de integração de linguagem é frequentemente motivo da falência científica de conceitos importantes, como o “ambiente sedimentar”, por vezes utilizado de forma inadequada como sinônimo de sistema deposicional. A existência de uma linguagem bem estruturada é a base necessária para a descrição de sistemas e, por sua vez, para criação de modelos (Delattre, 1981; Giannini, 1993).

Na presente dissertação, é apresentada a proposta de se estudar a evolução tecnogênica com base em sistemas tecnogênicos, a partir dos quais são formulados modelos evolutivos, o que se pretende que seja utilizado no planejamento ambiental da cidade, constituindo, assim, nova forma de abordagem do estudo tecnogênico.

2.3. Sistemas Depositionais x Sistemas Tecnogênicos

O estudo das feições e depósitos tecnogênicos, na forma de sistemas tecnogênicos, tem como referência o que foi estruturado para os Sistemas Depositionais em Gianinni (1993), onde encontra-se análise dos trabalhos pioneiros sobre Sistemas Depositionais (Boyd & Dyer 1964, Hayes & Scott 1964, Fischer & McGowen 1967). Nesta análise, não foi encontrada definição formal para sistemas deposicionais, apenas operacional, ou seja, aqueles autores apenas aplicaram o método, sem definir precisamente o que seria um sistema deposicional. Gianinni (1993) utilizou, portanto, a definição de sistema deposicional de Galloway (1979), inferida de Fischer & McGowen (1967), segundo o qual o sistema deposicional é uma unidade estratigráfica física tridimensional geneticamente definida, consistindo de um conjunto contíguo de fácies sedimentares relacionadas por processos. Galloway (1979) complementa ainda essa definição com três observações: (1) sistemas deposicionais são os equivalentes estratigráficos de unidades fisiográficas maiores; (2) sistemas deposicionais formam os tijolos de construção essenciais no preenchimento de uma bacia sedimentar; (3) o conceito aplica-se com maior eficiência onde os limites entre sistemas estejam preservados e possam ser mapeados.

Ao traçarmos um paralelo entre o que foi proposto para Sistemas Depositionais e para o que se entende por Sistema Tecnogênico, uma diferença principal é a de poder associar o depósito tecnogênico às feições tecnogênicas, como, por exemplo, uma área escavada e respectivo aterro, o que nem sempre é possível realizar no estudo dos sistemas deposicionais. Outra diferença é a de que, em função de ser possível um resgate histórico do processo tecnogênico, um sistema tecnogênico não necessita estar interconectado fisicamente, ou seja, um depósito de material de dragagem pode estar situado quilômetros de distância do corpo d'água ou rio de onde foi retirado, sem nenhuma comunicação física. Já que se pretende que o estudo de sistemas tecnogênicos tenha aplicação ambiental, a colocação do depósito e área de

dragagem num mesmo sistema é necessária, principalmente se for constatada a presença de contaminantes na área de onde o material foi retirado. Portanto, para definição de Sistemas Tecnogênicos, deve-se procurar entender a conexão interna entre as fácies e entre essas e as feições tecnogênicas, como por exemplo áreas escavadas ou erodidas.

Outra diferença fundamental no estudo dos sistemas tecnogênicos, é que esses podem ser caracterizados de forma contrária aos sistemas deposicionais, ou seja, é possível sua definição sem a caracterização das fácies, o que viria a ser um detalhamento posterior, como adotado na presente dissertação, restrita ao estudo e definição apenas dos sistemas tecnogênicos, de forma contrária ao adotado para os sistemas deposicionais, os quais são definidos após a individualização e caracterização de suas fácies sedimentares.

Os sistemas deposicionais são arranjos em bacias sedimentares ou em seqüências sedimentares, como proposto por Fischer & McGowen (1967), onde são colocados como tijolos de construção no preenchimento sedimentar de uma bacia, onde a bacia é vista como um sistema maior. No caso dos sistemas tecnogênicos, face às suas características, sugere-se que sejam estruturados com base na delimitação do município, o qual pode ainda vir a ser associado a um sistema maior, da Região Metropolitana de São Paulo, em conexão com os sistemas tecnogênicos municipais dos respectivos municípios que a compõem, e demais, como os fornecedores de areia para a construção civil, como exemplo.

2.4. Processos tecnogênicos

De forma semelhante ao que ocorreu na discussão sobre elevação ou não da temperatura global, nos últimos anos, a importância da ação antrópica na modificação do relevo e geração de depósitos é atualmente amplamente aceita. Neste aspecto é fato que esta ação resultante pode ser considerada maior do que o agente geomórfico (Hooke 2000),

considerando o material removido intencionalmente, como em minerações e aterros, ou os resultantes indiretamente, como os erosivos, relacionados à atividade agrícola.

Histórico da atividade relacionada à movimentação antrópica de terra, qualitativa e quantitativa, é apresentada em Hooke (2000), onde apresenta estimativa de que a quantidade de material que teria sido remobilizada, nos últimos 5 000 anos, seria comparável ao volume de uma montanha alongada de 4 000 m de altura, 40 km de largura e 100 km de comprimento, considerando tanto as movimentações intencionais como as não intencionais, resultantes da agricultura. Neste trabalho, é apresentada uma análise do poder humano de remobilização de materiais, desde os primórdios da humanidade, quando considera que a influência antrópica como agente geológico pode ser colocada como iniciada há 400 000 anos atrás, quando há registro do uso, pela espécie humana, de pequenas construções e alterações de terrenos, com uso de pedras.

No processo evolutivo, quando ocorre progresso contínuo nos tipos de ferramentas, cada vez mais eficientes, é apontado que a invenção da roda seria um marco significativo, tanto ao propiciar aumento na eficiência do processo como também em decorrência da necessidade de melhoria dos caminhos e, conseqüentemente, abertura de estradas. O uso de ferramentas de ferro, por volta de 2 500 anos atrás, também viria a ser um incremento, tanto na agricultura quanto na mineração e, com a constituição de vilas, e necessidade de água, a construção de canais e desvio de drenagens passaram também a ser mais comuns.

O próximo grande salto viria a ocorrer apenas por volta de 1800, com a revolução industrial, apesar de no Período Romano a ação tecnogênica ter sido considerável, quando em aproximadamente 400 anos, foram construídas por volta de 300 000 km de estrada, muitas dessas com o uso de cimento. Com a revolução industrial, havia sido iniciada a lavra de

carvão, às quais, até hoje, encontram-se associadas uma das maiores mobilizações de materiais pela ação humana, na área do município.

Estudos recentes (Wilkinson & McElroy 2007) têm demonstrado significativo aumento das taxas de erosão em decorrência da ação antrópica na agricultura, com estimativas, para o final do Neógeno, antes portanto da ação antrópica, de taxas de denudação de aproximadamente 62 m/1000 anos, o que equivaleria a 21 gigatoneladas por ano de sedimentos carregados pelos rios. Antes da ação antrópica, a carga erosiva estaria confinada aos canais de drenagem, e 83 % dos sedimentos carregados pelos rios seriam provenientes de áreas mais elevadas, que perfazem 10 % da superfície da Terra. Com a ação antrópica, teria ocorrido drástica mudança nesse quadro, com aumento da erosão subaérea, com taxas de denudação estimadas de 600 m/ 1000 anos, equivalente a 75 gigatoneladas/ 1000 anos, porém concentradas em áreas relativamente mais baixas, ao longo das margens continentais passivas, as quais representam 65% da área superficial do planeta. A erosão resultante da ação antrópica, seria ainda colocada como responsável pela diminuição da superfície terrestre em por volta de 6 cm, o que aparentemente não seria muito, frente à elevação média dos continentes! de 840m. Porém esta diminuição é significativa frente à necessidade de manutenção do crescimento populacional através da agricultura.

3. O MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

3.1. Geologia e Geomorfologia do Município de São Paulo

Os limites municipais de São Paulo, no Estado de São Paulo, apresentam configuração alongada na forma semelhante à letra “T”, com sua maior direção no eixo Norte-Sul e sua parte superior na direção E-W. Tal configuração deve-se, em parte, aos desmembramentos de áreas vizinhas, mas também reflete as configurações geológicas e geomorfológicas locais, a qual tem ao norte a Serra da Mantiqueira, alinhada segundo a direção norte-sul.

A geologia do município pode ser sintetizada com constituída por uma bacia sedimentar de idade paleógena na sua porção central – Bacia de São Paulo - tendo ao Norte a Serra da Mantiqueira, onde afloram metassedimentos e corpos de granitos proterozóicos, e ao Sul, em direção ao litoral, a parte superior do Planalto Atlântico, mais conhecido como Serra do Mar, com exposições de gnaisses. Unidades geológicas mais recentes são representadas pelos extensos depósitos fluviais quaternários relacionados, principalmente, a três rios principais, o Tietê, o Pinheiros e o Tamanduateí.

Revisão e síntese sobre a geologia da Bacia Sedimentar de São Paulo, foi apresentada por Riccomini *et al.* (2004), com base principalmente em Riccomini (1989) e Riccomini e Coimbra (1992). Nesses trabalhos, a evolução da Bacia de São Paulo é situada no contexto do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini 1989), seguindo a mesma abordagem de Almeida (1976), com depressões tectônicas, em parte ocupadas por bacias sedimentares, associadas a regiões montanhosas soerguidas por falhas, que é o contexto no qual o Município de São Paulo geologicamente se situa.

Além da Bacia de São Paulo, encontram-se associadas ao *Rift* Continental do Sudeste do Brasil, as bacias de sedimentares de Curitiba e Taubaté, entre as principais de uma série de

outras distribuídas numa extensão de 900 km, desde a cidade de Curitiba, no Estado do Paraná, até a cidade de Barra de São João, no Litoral do Rio de Janeiro. Morfologicamente, o *Rift* Continental do Sudeste do Brasil apresenta-se como uma faixa estreita e deprimida, alongada segundo a direção ENE, que acompanha a linha de costa atual, com largura de aproximadamente 70 km, separado do Oceano Atlântico pela Serra do Mar (Riccomini *et al.* 2004).

O preenchimento sedimentar da Bacia de São Paulo é relativamente bem conhecido devido ao grande número de dados de poços de água subterrânea e estudos geotécnicos (Takiya 1991, Silva 1999 e demais referências apresentadas por Riccomini *et al.* 2004), os quais demonstram o retalhamento da bacia por falhamentos após a sedimentação.

A conformação em superfície da Bacia de São Paulo tem traçado irregular e amebóide ao sul e retilíneo ao norte, com direção N60E, coincidente com a falha transcorrente de Taxaquara-Jaguari (Coutinho 1980). Estudo da distribuição das fácies sedimentares (Riccomini & Coimbra, 1992, Riccomini *et al.* 2004) induz à interpretação de que a bacia originalmente era um hemigráben, ou seja, limitada e controlada por falhas normais apenas num das bordas da bacia, o que lhe confere uma forma, em perfil, assimétrica.

A falha transcorrente de Taxaquara-Jaguari, coincidente com o limite tectônico norte da Bacia de São Paulo, separa os metassedimentos do Grupo São Roque dos augen gnaisses do Complexo Costeiro, aflorantes no Cinturão Ribeira (Coutinho, 1980). O Grupo São Roque, no Município de São Paulo, é caracterizado por filitos intrudidos por corpos graníticos, os quais são intensamente lavrados para produção de brita na Serra da Cantareira. Em trabalho mais recente (Juliani, 1993), parte do que era considerado como Grupo São Roque foi individualizado como Grupo Serra de Itaberaba.

O Complexo Costeiro, ao sul da Bacia de São Paulo, é caracterizado por rochas gnáissico-migmatíticas, com faixas máficas e félsicas, com biotita e/ou anfibólio e leitos claros com quantidade variável de quartzo e feldspato (Riccomini *et al.* 2004).

As falhas normais, que deram origem à Bacia de São Paulo, teriam sido resultantes da reativação das zonas de cisalhamento de idade proterozóica de Taxaquara e Jaguari (Coutinho 1980, Riccomini & Coimbra, 1992) e, provavelmente, a área da bacia teria sido maior do que a de que conhecemos atualmente, com por volta de 1000 km². A maior espessura de sedimentos, identificada por sondagem no Bairro de Mooca, é de 290 m (Takiya, 1991).

O preenchimento sedimentar da Bacia de São Paulo teria iniciado com a deposição de leques aluviais associados a planícies aluviais de rios entrelaçados no Eoceno-Oligoceno, ou seja, entre 56 Ma e 23 Ma atrás. O conjunto sedimentar foi denominado Grupo Taubaté por Riccomini (1989). Esse grupo é representado, em sua porção inferior, por conglomerados com matriz lamítica e arenosa de cores esverdeadas, que passam lateralmente a arenitos, interpretados como depositados num contexto de leques aluviais e planícies aluviais de rios entrelaçados (Formação Resende), sistema esse que grada lateralmente e verticalmente para um sistema lacustre (Formação Tremembé), presente na porção centro-norte da Bacia de São Paulo e na vizinha Bacia de Taubaté, caracterizado por argilitos verde maciços e ritimitos de folhelhos e margas, dolomitos e arenitos (Riccomini 1989, Riccomini *et al.* 2000). Esses sedimentos são caracterizados pela relativa abundância de matéria orgânica e conteúdo fossilífero (Mezzalana, 1989) e reconhecidos, na Bacia de São Paulo, em escavações para a construção da Estação Barra Funda da Cia. do Metropolitano de São Paulo (Riccomini & Coimbra, 1992).

Os leques aluviais teriam sido depositados a partir do desnível provocado pelo movimento das falhas normais ao norte da bacia, a qual provavelmente não se encontrava

individualizada, mas em continuidade com as bacias de Resende e Taubaté (Riccomini 1989). Esses sedimentos, inseridos na Formação Resende, são constituídos por conglomerados, com seixos, blocos e matacões de gnaiss, granitos e rochas alcalinas, com matriz lamítica a arcoseanas de cor esverdeada fornecida pela presença de argilominerais esmectíticos, identificados por Sant' Anna (1999).

O preenchimento sedimentar inferior foi associado a eventos de derrames vulcânicos de ankaramito, aos quais estaria relacionada cimentação hidrotermal identificada em conglomerados e lamitos da Formação Resende (Riccomini 1989, Riccomini & Oliveira, 1998).

O topo do Grupo Taubaté é caracterizado por um sistema fluvial meandrante, o qual seria a unidade mais nova da Bacia de São Paulo, definido como Formação São Paulo por Riccomini (1989) e tendo como seção-tipo a exposição localizada abaixo da caixa d'água da Rua Heitor Penteado, originalmente descrita por Suguio & Barbour (1969), e extensas áreas de exposição, atualmente densamente ocupada, o que dificulta sua observação.

No Mioceno (23 Ma a 5 Ma) teria ocorrido a deposição dos sedimentos da Formação Itaquaquecetuba (Coimbra *et al.* 1983), em sistema fluvial entrelaçado, sobre o embasamento pré-cambriano. A área-tipo desta unidade situam-se nas áreas de extração de areia em Itaquaquecetuba, na margem direita do Rio Tietê, a leste da cidade de São Paulo, onde a unidade atinge a espessura máxima de 50m, sendo que a relação entre esses sedimentos e os do Grupo Taubaté não foi ainda estabelecida (Riccomini *et al.* 2004). Outra área de ocorrência da Formação Itaquaquecetuba situa-se no oeste do município de São Paulo, em áreas que foram empregadas no passado para extração de areia em Carapicuíba e na Cidade Universitária da USP. Foi também identificada em sondagem no Vale do Rio Tamanduateí, no Parque Dom Pedro II (Riccomini & Coimbra 1992).

Ao Sul do Município, a 35 km da região central da Cidade de São Paulo, existe uma estrutura circular, com 3,6 km de diâmetro, a qual vem sendo interpretada como astroblema, originada pelo impacto de um corpo extraterrestre (figuras 3.1 e 3.2), porém sem apresentar ainda evidências seguras dessa hipótese (Crosta et al. 2005, Riccomini *et al.* 2005).

Ab' Sáber (1980) sintetiza o intervalo pleistocênico (1,6 Ma a 0,01 Ma), após a formação de patamares intermediários assimétricos nas calhas dos rios principais (Tietê e Pinheiros), com testemunhos desses restritos à margem esquerda do Rio Tietê e outro subconjunto similar e oposto, na margem direita do Rio Pinheiros, por sobre os quais teria ocorrido a ampliação do sítio urbano metropolitano, o qual se refere como Metrópole Interna. Nesse trabalho, é apontado que existem dúvidas quanto a serem esses patamares intermediários terraços fluviais ou níveis de pedimentação, de ação erosiva.

A Geomorfologia do Município de São Paulo, segundo síntese de Ab Sáber (1980), trata-se de um Sistema de Colinas entalhado nos sedimentos flúvio-lacustres da Bacia de São Paulo, o que constituiria na porção mais original do que foi designado de Planalto Paulista por Almeida (1964).

Em Rosa (1980) encontra-se, também, uma boa síntese do relevo do Município de São Paulo, o qual é descrito como relacionado a uma bacia sedimentar (Bacia de São Paulo) encravada e superimposta em terrenos cristalinos pré-cambrianos do reverso da escarpa do Planalto Atlântico, o que faz com que se comporte como um compartimento de Planalto mais rebaixado em relação ao conjunto, circundado por um relevo geralmente mais acidentado, modelado em rochas mais antigas, de natureza granítica, gnáissica, xistosa e de metassedimentos, de onde se sobressaem alguns pontos dominantes que emolduram o sítio urbano: ao norte, o Pico do Jaraguá, sustentado por um resistente corpo lenticular de quartzito,

Figura 3.1. - Vista aérea da porção central da Cratera de Colônia, na Região Sul do município com ocupação irregular sobre planície .

Figura 3.2 - Vista a partir da borda norte da Cratera de Colônia com destaque para elevação ao fundo relacionado à borda sul

Serra da Cantareira e da Pirucaia; em Mogi das Cruzes a Serra de Itapeti; no sudeste o Morro do Bonilha e Morro do Suindara, que são áreas impróprias à ocupação urbana.

No contexto acima, com a ocupação da cidade sobre a área mais deprimida de exposição de sedimentos da Bacia de São Paulo, o Rio Tietê é o principal canal de escoamento das águas superficiais da região. Esse rio atravessa a Bacia de São Paulo de leste para oeste, e constitui o nível de base regional, ao lado do Rio Pinheiros, seu principal afluente (Rosa 1980).

Do ponto de vista topográfico, ainda segundo Rosa (1980), o relevo rebaixado da Bacia de São Paulo, com relação às serras que a circundam, não ultrapassa a amplitude de 100 metros. Os canais de escoamento dos rios Tietê e Pinheiros situam-se na cota de 720m, tendo o divisor de suas águas, marcado pelo Espigão da Avenida Paulista, atingindo a altitude de 810-820m, aproximadamente. O nível de base para todo esse sistema de drenagem é a soleira granítica de Barueri, situada na cota 710m (Cozzolino, 1973; Suguio, 1980).

A conformação do Sistema de Colinas tem como principal expressão os vales dos rios Tietê e Pinheiros, originados pela erosão dos sedimentos da Bacia de São Paulo soerguidos por um evento epirogenético, o qual teria proporcionado a elevação e conseqüente entalhamento do conjunto sedimentar atualmente ocupado pela cidade.

O efeito desse soerguimento e concomitante entalhamento foi a geração do que Ab' Sáber (1980) denominou de patamares erosivos, os quais foram originalmente interpretados com altos e médios terraços e posteriormente tomados como superfícies erosivas e não de sedimentação fluvial.

As unidades geológicas mais recentes, no Município de São Paulo, estariam relacionadas a depósitos de talus, depósitos eluvio-coluvionares e aos sedimentos fluviais holocênicos (0,01 Ma até o presente) associados à drenagem atual, com a formação de extensas planícies fluviais meandantes, formadas antes do processo de ocupação antrópica, a qual, dada às significativas intervenções, deram início a implantação dos sistemas tecnogênicos, analisados na presente dissertação.

Os sedimentos fluviais holocênicos cobriram os sedimentos arenosos da Formação Itaquaquetuba e as áreas de embasamento pré-cambriano expostas, na forma de lajedos ou travessões, ao longo das drenagens principais, como o que ocorre no meio do Vale do Rio Pinheiros, próximo à Cidade Universitária, e na região de Vila Maria Baixa, próximo à velha ponte de Vila Maria. Os sedimentos fluviais holocênicos teriam sido originados em sistema fluvial distinto do da Formação Itaquaquetuba, marcado por areias grossas, provavelmente depositadas sob clima semi-árido em sistema de rios entrelaçados, com leito de rio largo e variado, cujo trânsito irregular e, por vezes violento, levavam de roldão troncos de árvore de uma paleo-mata galeria regional, anterior à generalização das florestas pluviais, que teriam ocupado o Planalto Atlântico (Ab' Sáber 1980).

A nova planície meandante teria sido provavelmente mais alta em seu centro do que nos lados, conseqüência da formação de diques marginais ao leito principal, mantidos pelas florestas ribeirinhas. Nas porções laterais, tanto do Rio Tietê como do Rio Pinheiros, inúmeros meandros abandonados foram formados os quais, formando lagos-em-ferradura foram totalmente colmatados, reduzindo-se a depressões residuais no meio das grandes várzeas dos dois principais rios do Planalto Paulistano (Ab' Sáber, 1980).

A nova fase, relacionada à ocupação antrópica, encontra-se sintetizada, de forma brilhante, no texto do Prof. Aziz Ab'Sáber (1980), segundo o qual “Em raros lugares do

mundo tropical, duas planícies aluviais meândricas foram tão desfiguradas pelas ações humanas, baseadas em retificações e inversões de correnteza. Enquanto a retificação do Tietê se fez ao centro da faixa meândricas pré-existente, o canal do Pinheiros foi estabelecido encostado à margem esquerda do vale do rio Pinheiros, com rebaixamento de Norte para Sul, a fim de possibilitar a inversão global do fluxo das águas planaltinas. O Tietê que corria para Oeste, à altura de sua confluência com o Pinheiros, passou a entrar no seu próprio tributário e, pouco depois, viu suas águas serem sucessivamente jogadas para montante do Pinheiros através de usinas elevatórias de Traição e Piratininga. Tal inversão de curso criou problemas enormes de poluição fluvial, iniciando o sistema de Rios-cloaca. Ganhou-se uma área enorme de antigos terrenos, submersíveis, transformando em um verdadeiro novo terraço: um nível de terraços antrópicos. Em contrapartida perderam-se dois rios, para não falar de seus numerosos afluentes, também extensivamente poluídos. E, no momento em que a cidade de São Paulo ultrapassou a casa de dez milhões de habitantes, acumularam-se problemas e problemas devidos, sobretudo a falta de previsão e planejamento paradoxais” (Ab’ Saber, 1980).

3.2. A ocupação no Município de São Paulo

3.2.1. Dos paleohabitantes à constituição da Vila de São Paulo de Piratininga

A ocupação pré-histórica e indígena de São Paulo provavelmente foi realizada em harmonia com a dinâmica ambiental de extensas planícies aluviais meândricas dos rios Tietê e Pinheiros e de seus afluentes (figura 3.3). Tal harmonia pode ser atribuída ao conhecimento que os nativos tinham do funcionamento dos regimes de cheias das várzeas e de sua insalubridade, haja visto para a denominação de Anhagabaú para um antigo vale na região central da cidade, atualmente todo ocupado. Em língua Tupi Guarani, Anhagabaú significa “Vale dos Demônios”, possivelmente às suas condições insalubres (figura 3.4). A característica de ser um vale sujeito a inundações passou a ser desconsiderada em tempos

Figura 3.3. – Imagem do Pátio do Colégio, construído no divisor de águas dos rios Tamandateí e Anhangabaú **de 1592.**

Figura 3.4. - Ponte sobre o rio Anhangabaú, destruída duas vezes por forte correnteza e reconstruída, em imagem de 1817. Em Tupi Guarani, o significado de Anhangabaú é vale dos demônios.

passados, quando enchentes destruíram, por duas vezes, uma ponte e, mais recente, o túnel, construído em 1990, o qual foi inundado em março de 1998.

O estudo de cartas dos primeiros jesuítas, que ali se instalaram, aos seus superiores e de atas de arquivos municipais, pelo ex-presidente da República Washington Luis, em seu livro intitulado “Na Capitania de São Vicente” (Luis, 1980), demonstrou que o que era conhecido como Piratininga, com nenhuma etimologia satisfatória para essa palavra, não era vila nem povoado, apenas uma região situada no planalto, que se estendia desde Carapicuíba, incluindo Pinheiros, até Ururuai, onde ainda existe a Capelinha de São Miguel de Ururuai, situada além da Penha, no antigo caminho do mar, vereda dos índios, que se desenvolvia no vale do Rio Mogi, por onde Martin Afonso subiu ao Planalto em 1532.

A importância dos campos de Piratininga foi apontada por Martim Afonso, o qual considerou estratégica para um posto avançado, principalmente na aldeia de João Ramalho, onde já habitavam alguns portugueses que se comunicavam com São Vicente, no caminho trilhado pelos índios e que iam até o Paraguai, onde se imaginavam existir fabulosas minas. Esse caminho, também conhecido como Peabiru foi, entre 1501 até seu fechamento em 1553, a porta de comunicação entre a Ibéria e a metade meridional da América do Sul (Donato 1971).

Numa povoação de índios, que chamavam Piratininga, distante da povoação de João Ramalho, o superior dos jesuítas, Manoel da Nóbrega, resolveu estabelecer um ponto de irradiação de catequese religiosa dos índios. Foi assim construída pequena edificação descrita em uma carta de José de Anchieta como “uma paupérrima e estreita casinha, tendo 14 passos de comprimento e 10 de largura, feita de barro e coberta de palha, que servia ao mesmo tempo de escola, dormitório e refeitório, enfermaria e cozinha e despensa, separada da convivência dos portugueses” (Cartas Jesuíticas, José de Anchieta, v.3 p.38, 42, 43 e 73, *apud* Luís, 1980),

construção essa considerada marco inicial da origem de uma das maiores metrópoles do mundo.

Onde foi construída a rudimentar casa dos jesuítas, foi posteriormente erguida uma igreja, denominada de São Paulo. Essa região encontrava-se em meio ao campo aberto e largo, que caracteriza o planalto de Piratininga. Já existia a Vila de Santo André, situada à borda desse campo, no limite com a floresta da Serra do Mar, mais sujeita aos ataques de surpresa dos indígenas. Era, portanto, essa nova localidade, que passou a ser chamada de São Paulo do Campo de Piratininga, melhor para visualização dos inimigos e com campos de “bons ares e boas águas”, ideais para cultivo de cereais e frutas e pastagem do gado, com os quais se abastecia a própria povoação, e também a Vila de Santos e de São Vicente, no litoral.

Foi em 1554 que os jesuítas construíram a igreja, na colina entre o rios Tamanduateí e Anhangabaú, no dia da conversão de São Paulo, 25 de janeiro, quando celebraram uma missa, não a primeira naquela região, mas sim a primeira a reunir todos elementos que iniciariam a formação territorial e a cristianização do interior do Brasil, ou seja, colonos portugueses, índios, mamelucos e representantes da Capitania de São Vicente, portanto do rei de Portugal. Não se suspeitava que, com o trabalho civilizador, com o cruzamento das raças, com as entradas ao sertão, com as leis e autoridade portuguesa, estava-se iniciando uma obra coletiva, da qual resultaria a formação do Brasil atual (Luís, 1980).

A Missa de 25 de Janeiro de 1554, segundo Luís (1980), marca o início da ocupação mais estruturada do Brasil e pode também ser considerada como o marco de uma nova fase da evolução tecnogênica não somente de São Paulo como em todo o Brasil, tendo como fase tecnogênica anterior à iniciada, de forma incipiente, mas em harmonia com a dinâmica

ambiental, pelos povos nativos, com a formação de sambaquis e outros sítios arqueológicos, tanto no Brasil como na região andina, onde as comunidades eram mais desenvolvidas.

Outra possibilidade de marco histórico, para o início da nova fase tecnogênica do território brasileiro, poderia ser a fundação de São Vicente, porém relatos históricos demonstram que não eram áreas propícias, como aponta Luís (1980) “no litoral, na baixada, os alagadiços, em que mais se formavam mangues que canaviais, poucos e insignificantes engenhos poderiam produzir açúcar, e sem meios de exportação, e não só de açúcar se vive”.

Em 1560 a sede da Vila de Santo André foi transferida para junto da igreja de São Paulo, dando início à catequização dos índios e à devassa do sertão, “a fazer fazendas a apascentar gados e a descobrir minas” (Luís, 1980,) dando início, efetivamente, à tecnogênese do território brasileiro.

Nos anos de 1589, ocorreram as descobertas de minas de ouro, prata e ferro em todo o Brasil. Na região de São Paulo, destaque é dado para a atuação de Afonso Sardinha na mineração, referenciado por Pedro Taques como “o afamado paulista, primeiro descobridor de minas de ouro em todo Brasil, em S.Paulo nas serras de Iguanimbaba que agora se chamam Mantaguyra, na de Jaraguá, termo de S. Paulo, na de Vuturuna, termo de Parnahyba, na de Hybiraçoyaba, termo de Sorocaba” (Rev. do Instituto Histórico Geográfico do Brasil. V. 33, pg 93, *apud* Luís, 1980). Da mesma forma que no trabalho “Informação sobre as mina de S. Paulo” (Rev. do Instituto Histórico Geográfico do Brasil. V. 64, pg 5-6, *apud* Luís, 1980) Pedro Taques escreve que “Afonso Sardinha, e seu filho de mesmo nome, foram os que tiveram a glória de descobrir ouro de lavagem na serras de Jaguamimbaba e de Jaraguá (em S. Paulo) e na de Ivuturuna (em Parnahyba) na Biraçoyaba (Sertão de Sorocaba) ouro, prata e ferros pelos anos de 1599”.

Ainda na condição de vila, São Paulo torna-se o centro de organização e partida das

entradas e bandeiras, que atingiram seu auge entre 1580 e 1640, cuja atividade resultou em significativo aumento territorial e criação de novas províncias que, posteriormente, transformaram-se em municípios. A vila de São Paulo funcionava não apenas como residência e palco de organização das Bandeiras, como também local onde os inventários, os feitos no sertão, eram processados, já que era provida de juízes e escrivões e mais ofícios judiciais (Luís, 1980).

As entradas e bandeiras tinham por objetivo a obtenção de nativos, para trabalhar na lavoura, e a descoberta de minas de ouro e pedras preciosas, motivados por inúmeras crenças, como a de que o Rio São Francisco tinha sua nascente na “Lagoa Dourada”, no centro do continente sul-americano, a terra do ouro, o que resultou na descoberta das jazidas de ouro do atual Estado de Minas Gerais.

Por volta de 1600, a Vila de São Paulo era ainda muito pobre, com por volta 200 habitantes em 100 casas. Dos moradores, por volta de 65 encontravam-se ausentes, embrenhados no sertão. O trigo plantado era de má qualidade e só se usava para hóstias e pequenos confeitos. “Os padres têm uma casa bem acomodada, com um corredor e oito cubículos de taipa, guarnecidos de certo barro branco” (Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Brasil, v. 65, pg. 58 apud Luís, 1980). Esse barro branco seria provavelmente caulim, encontrado entre os sedimentos da Bacia de São Paulo, o que, juntamente com o material para fazer telhas e as paredes de taipa de mão ou de pau-a-pique, representariam, junto com as minas de ouro, referidas como de lavagem e de baixa produção, as primeiras atividades de mineração de São Paulo.

Em 1599, a notícia da vinda do Governador Geral do Brasil D. Francisco de Souza, levou a uma maior solenidade na eleição da Câmara Municipal. A Vila de São Paulo era então administrada por um conselho, composto de dois vereadores, dois juízes e um procurador.

Naquela época, como exposto na análise de Luís (1980), a vila não possuía orçamento vultoso, sendo que os caminhos e pontes eram feitos e conservados “por mão comum”, distribuindo-se o trabalho em trechos pelos moradores vizinhos que deles usassem, ou como pena pecuniária a criminosos, que assim se ofereciam em troca do perdão do crime.

À nova Câmara, eleita em 1599, coube mandar consertar o caminho do mar e cuidar da criação de uma casa para venda de coisas de comer, prevendo a vinda do Governador Geral. A sua chegada à Vila de São Paulo, transformou-a em sede do Governo Geral, nela se estabelecendo com enorme comitiva, entre os quais engenheiros e mineiros alemães, já que o Governador vinha com a idéia obcecada de encontrar, a partir de São Paulo, o caminho das minas da cabeceira do Rio São Francisco, tendo fomentado as entradas ao sertão, para o que não foi rigoroso no cumprimento de legislação que proibia a escravidão de indígenas. O motivo por ter feito vistas grossas à legislação vigente, segundo Luís (1980), teria sido devido ao cativo do índio vir a ser o lucro imediato do bandeirante e facilitador das investidas para o sertão e a busca das minas que ansiava descobrir.

Duas expedições bandeirantes principais foram organizadas pelo Governador Geral, a primeira chefiada por André de Leão e a segunda por Nicolau Barreto. A primeira foi relatada por Guilherme Glymmer, relato esse publicado na obra de P. Marcgrave – História Botânica do Brasil, posteriormente estudado por Orville Derby em expedição realizada em 1879, tendo chegado pessoalmente à região atingida pela expedição de André Leão em 1603. (Luís, 1980).

A Bandeira de André Leão não obteve êxito, fracasso atribuído à escassez de víveres, pequeno número de integrantes (60 a 70 homens) e medos frente ao grande número de índios. Esse insucesso frente à obstinação do D. Francisco de Souza provocou a organização de uma nova Bandeira com 300 homens brancos, na sua maioria moradores da Vila de São Paulo, e comandada por Nicolau Barreto, acrescida de índios auxiliares e escravos, que partiu em

1602, no sentido de Mogi da Cruzes, após D. Francisco de Souza ter sido substituído no cargo Governador Geral (Luís, 1980).

A Expedição de Nicolau Barreto provavelmente teria percorrido o mesmo caminho da de André Leão, tendo atingido o Rio Guaimihy, afluente do Rio São Francisco, o qual Orville Derby teria identificado como sendo o atual Rio das Velhas, sem também ter encontrado as minas de ouro.

Apesar de não ser mais o Governador Geral, D. Francisco de Souza permaneceu em São Paulo, dada à sua obstinação de descobrir as minas das cabeceiras do Rio São Francisco, tendo retornado à Espanha em 1605, com ordem expressa de levar consigo os mineiros e impedido de comunicar o resultado de suas pesquisas. D. Francisco de Souza retorna à Vila de São Paulo, tendo antes conseguido, em Madrid, que o governo geral do Brasil fosse dividido em dois, continuando a sede do primeiro em Salvador, na Bahia, e que o segundo fosse constituído pelas capitanias do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Vicente, abrangendo as minas que tanto buscava descobrir, a qual passou a ser conhecida como Repartição do Sul. D. Francisco de Souza falece em São Paulo, pobre e sem ter descoberto as sonhadas minas de ouro, em 1611.

Entre Guairá, atual Estado do Paraná, e a Vila de São Paulo havia o caminho terrestre indígena, cuja construção foi atribuída, de forma fantasiosa, a um dos apóstolos de Jesus Cristo, motivo pelo qual ficou conhecido, por volta de 1500, como “Caminho de São Tomé” ou “Pia Zumé”, na forma indígena de falar (Luis, 1980). Por esse caminho atingia-se o Rio Paraguai, e chegou a ser proibido de ser trafegado pelo Governador Geral que substituiu D. Francisco de Souza, tendo sido reaberto em seu segundo mandato, em 1603. A nova empreitada dos bandeirantes passou a ser a destruição das reduções jesuíticas de Guairá, das quais destaque pode ser dado à bandeira paulista sob o comando de Raposo Tavares, em 1629,

da qual resultou em fins de 1631 e início de 1632 a ocupação de todo o Guairá, a destruição de 12 reduções indígena e a evacuação de duas cidades espanholas, o que permitiu a anexação do atual Estado do Paraná ao território brasileiro.

A Vila de São Paulo, frente ao seu crescimento, passa a cidade em 1711, por parte do rei D. João V, nela estabelecendo a sede da capitania. Com a independência de Portugal, promulgada em 1822, não distante da cidade, às margens do Rio Ipiranga, São Paulo se transforma em capital de província imperial. Com o fim do império e estabelecimento da República, ali foi constituída a capital de um estado autônomo e federado, com rendas próprias, cujas terras passaram a ser alvo de imigração de outros estados e de todas nações do mundo, com florescimento da agricultura, comércio e indústria (Luís, 1980).

3.2.2. A Gênese de uma Metrópole

O desenvolvimento industrial de São Paulo está ligado à disponibilidade do capital gerado pela produção cafeeira, adicionada a outros fatores de produção como mão-de-obra, capacidade empresarial, disponibilidade de água e energia elétrica e localização próxima a um dos até hoje mais importante portos de importação e exportação – o Porto de Santos (Rosa 1980).

Segundo evolução histórica apresentada por Faria (2000), a partir da década de 1870, impulsionada pela riqueza gerada pela produção e exportação do café, a cidade passou a crescer de forma acelerada. Em 1872 tinha 31 385 habitantes, 18 anos depois, em 1890, sua população dobrou e, depois, em 10 anos, quase quintuplicou, tendo atingido 239 820 habitantes em 1900. A riqueza circulava e diversificava em múltiplos empreendimentos, no comércio, na indústria, na atividade bancária e também em empreendimentos voltados para a infra-estrutura como as estradas de ferro, produção e distribuição de energia elétrica e transporte urbano de passageiros.

Com relação à estrada de ferro, destaque deve ser dado ao espírito empreendedor de Irineu Evangelista de Souza – o Barão de Mauá – construtor da primeira ferrovia do Brasil. Em sua biografia (Caldeira, 1995), há relato de um dos mais antigos eventos tecnogênicos relacionado a uma obra. Evangelista de Souza, impulsionado pelo que viu na Inglaterra, por volta de 1840, ficou obstinado a introduzir ferrovias no Brasil. Para isso contratou engenheiros para percorrerem a Europa e Estados Unidos, com ordens para acompanhar as tentativas de desenvolvimento tecnológico que estavam sendo feitas nos Alpes e nas Montanhas Rochosas, a fim de superar o paredão de 800 m de desnível da Serra dos Órgãos que separa os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, por onde passava metade das cargas transportadas no Brasil naquela época. O engenheiro inglês William Bagge era constantemente desarmado de suas argumentações sobre as dificuldades de se construir uma ferrovia nos trópicos.

Os engenheiros europeus encontraram grandes dificuldades ao transferir, sem adaptações, as técnicas européias de construção civil em uma região tropical. A cada metro de avanço das escavações eles descobriam que as coisas no Brasil não funcionavam exatamente do modo como aprendera nos canteiros de obras em seu país, superação tecnológica essa que seria obtida apenas décadas mais a frente. O corte aparentemente simples do morro do Câmara, no Rio de Janeiro, transformou-se num tormento para o engenheiro inglês William Bagge. Cada vez que os operários, seguindo suas instruções, terminavam de remover com carrinhos de mão centenas de metros cúbicos de terra, e a obra parecia acabada, as chuvas de verão se encarregavam de promover um deslizamento e mostrar que os cálculos sobre a estabilidade do talude estavam errados. Nessa época, até os tijolos eram trazidos da Europa e foi também por iniciativa de Evangelista de Souza – Barão de Mauá – que foram criadas as primeiras olarias no Rio de Janeiro. A primeira viagem de trem a ser noticiada no Brasil teria ocorrido em 6 de setembro de 1853.

Outro exemplo das dificuldades geradas por intervenções antrópicas, no início da ocupação do Rio de Janeiro, foi o carregamento quase que total pelas chuvas de aterro também construído por iniciativa de Evangelista de Souza na cidade do Rio de Janeiro, para instalação de usina de gás para iluminação.

Em 1867 foi inaugurada a primeira estrada de ferro de São Paulo, que liga Santos à Jundiaí, também construída pelo Barão de Mauá, e conhecida como “A Inglesa”. Segundo Faria (2000), o surgimento das ferrovias, ligadas diretamente à exportação do café, teve vários efeitos sobre a cidade de São Paulo, como sua reestruturação espacial e criação de novos empregos e, principalmente, a transferência das residências dos fazendeiros para a capital. A esse crescimento urbano, acrescenta-se, ainda, a contribuição dos imigrantes que, desiludidos com o trabalho das fazendas, procuravam fixar-se na capital em busca de melhores oportunidades, passando a ser os primeiros operários de fábricas, sendo que muitos desses montaram, depois, seus próprios negócios.

Sob uma atmosfera de pujança e de economia em ascensão, instala-se em São Paulo a empresa canadense The São Paulo Tramway, Light Power Company Limited, que passou a ser conhecida apenas pela denominação Light, que teve na cidade de São Paulo não apenas interesse na produção de energia elétrica, mas também no transporte movido à tração elétrica, através de bondes. A primeira linha de bonde foi inaugurada no dia 7 de maio de 1900, movido à energia elétrica produzida por uma termoelétrica na Rua São Caetano, com capacidade de apenas 1 MW.

Os negócios da Light em São Paulo cresceram de forma acelerada, principalmente com a substituição das máquinas a vapor por máquinas movidas à energia elétrica de uma indústria em franca expansão. Este cenário conduziu a Light a construir a primeira usina hidrelétrica do Brasil, a Usina de Parnaíba, em Santana do Parnaíba, no Rio Tietê, inaugurada

em 1901, com potência inicial de 2 MW, tendo atingido, em 1912, sua potência máxima de 16 MW. Como não era possível construir um reservatório a montante da barragem sem afetar a cidade de São Paulo, em 1906 foi implantada a Represa Velha de Santo Amaro, depois denominada de Guarapiranga, com a função de regularizar as vazões do Rio Tietê e manter as condições de operação da Usina de Parnaíba. Inicialmente, portanto, o reservatório de Guarapiranga foi construído para geração de energia e não para abastecimento de água, função essa adquirida anos depois.

Lentamente, em um processo conhecido como “substituição de importações”, São Paulo começava também a transformar-se numa cidade industrial, cujo processo foi acelerado durante a Primeira Grande Guerra (1914-1918). Nos anos de 1924 e 1925, a cidade de São Paulo encontrou-se sob grande estiagem e conseqüente crise energética, a qual já se fazia previsão frente ao crescimento industrial. Esta situação obrigou a Light a construir às pressas mais uma usina no Rio Tietê, a Usina de Rasgão, acrescentando mais 22 MW ao sistema, obra essa com o caráter paliativo, enquanto se dava execução ao projeto de reversão dos rios Pinheiros e Tietê. Conhecida àquela época como “Projeto da Serra”, havia quatro pontos favoráveis à sua execução, como apontado por Edgard de Souza: o desnível da Serra do Mar, possibilidade de maior armazenamento de água, facilidade de transporte durante a construção, menor distância de transmissão a São Paulo e posição geográfica favorável, entre as duas maiores cidades do Estado de São Paulo, a capital e o importante porto de Santos. Outro fator favorável apontado era a grande quantidade de terra inabitada, próxima à capital, imprópria para agricultura e de reduzido valor, representadas pelas várzeas dos rios Pinheiros e Tietê. Se fossem zonas agrícolas, como as do interior do Estado, o custo aquisitivo poderia tornar o projeto financeiramente inexecutável (Farias, 2000). Assim, foi possível a construção do canal do Rio Pinheiros e a reversão do Rio Tietê, a fim de alimentar o Reservatório da Billings (figura 3.5).

Figura 3.5 – Sistema hidráulico de operação da Bacia do Alto Tietê com o sistema de reversão das águas dos canais dos Tietê e Pinheiros para o Reservatório Billings, extraído de EMAE (2007).

A disponibilidade das antigas áreas de várzea para ocupação, após as obras de retificação, resultaram em toda uma ordem de ocupação assim sintetizada por Ab'Sáber (2004) como “... No decorrer de processos de urbanização em tempo histórico relativamente rápido, as planícies aluviais foram sendo incorporadas aos espaços urbanos anteriormente produzidos. De início uma urbanização de planícies com excelente modelo paisagístico (Parque Dom Pedro II, Vale do Anhangabaú). Logo, um processo de urbanização caótico, ao sabor de retificações feitas sem qualquer previsão de impactos, envolvendo especulação com terras varzeanas, grilagem de espaços baldios, construção de marginais em terraços artificiais

beiradeiros, sem preocupação com espaços ecológicos de reserva para o futuro. Interferências de todas as ordens, incluindo setores industriais e

residenciais carentes, foram responsáveis pela criação de problemas sociais insolúveis: novas pontes dotadas de vãos laterais mal calculados em face da dinâmica hidrológica em franco processo de modificação; para compensar a estreiteza e a insuficiência das marginais, fez-se um esforço de construção de vias paralelas descontínuas; supressão de algumas fábricas poluidoras; acréscimo de grandes edificações empresariais, *shopping centers*, empresas de materiais de construção, comércio atacadista disperso, saneamento básico em antigos bairros de várzea como Vila Maria; construção do Parque Anhembi; manutenção do campo de Marte; reestruturação dos antigos clubes beiradeiros; setores de parques ecológicos; surgimento de espigões, em blocos espaçados; invasão de favelas, em faixas mal fiscalizadas“ (Ab’Sáber 2004 p. 209).

Por sobre o Espigão da Paulista, divisor de águas entre os vales dos rios Pinheiros e Tietê, foram instaladas as avenidas Jabaquara, Domingo de Morais, Paulista, Dr. Arnaldo, Heitor Penteado e rua Cerro Cora. Desse espigão central, partem tributários do Rio Tietê que, dada sua situação de vales encaixado,s propiciaram, após canalização, a abertura de grandes avenidas de fundo de vale como Ricardo Jafet, 23 de Maio, 9 de Julho, Anhagabaú, Pacaembu e Sumaré, com cruzamento com as ruas transversais feitas em desnível (Rosa, 1980).

As áreas de várzea do sítio urbano foram às últimas áreas a serem ocupadas, devido à dificuldade de drenagem, aterro, fundações e risco de inundações. As inundações passaram a ser mais freqüentes, atingindo níveis mais elevados, à medida que o escoamento superficial passou a ser mais acelerado em consequência da impermeabilização do solo e desmatamentos generalizados nas cabeceiras dos rios (Rosa, 1980).

Ainda sobre modificações hidrogeomorfológicas ocasionadas pelas avenidas de fundo de vale, Ab'Sáber (2004) salienta: “Inumeráveis são os problemas criados pelas avenidas de fundo de vale para a circulação interna durante a ocorrência de grandes chuvas na Grande São Paulo. A maior parte delas funciona como se fosse uma calha alongada asfaltada, que recebe todo o volume d'água de escoamento superficial, proveniente das cabeceiras e de pequeninos córregos que entalham lateralmente as encostas das colinas. Daí porque o baixo vale e médio vale de tais córregos ficam sujeitos a alagamentos, que podem atingir de 1 a 1,5m de coluna d'água, em poucas dezenas de minutos de grandes chuvas” .

Os vetores de crescimento da cidade de São Paulo passaram a ser nos sentido Leste e Oeste, ao considerar as condições do sítio urbano e as limitações de ocupação nas regiões de serra ao norte e os reservatórios de água ao sul. Com exceção do Rio Tamanduateí – o maior afluente do Tietê depois do Pinheiros – todos os principais córregos que cruzam a Metrópole Central, desde a Lapa até a Penha, na margem esquerda do coletor principal, estão canalizados e tamponados. (Ab'Sáber, 2004).

À proporção que as áreas mais favoráveis vão sendo ocupadas, inicia-se o processo de verticalização, entre 1970 e 1980, nos bairros mais antigos, como Pinheiros e Itaim-Bibi, e abertura de novas frentes de expansão urbana cada vez mais distante do centro. Essa expansão urbana se fez na forma de abertura de loteamentos sem planejamento ou conhecimento das aptidões dos terrenos, com ruas normalmente abertas em forma de “tabuleiro de xadrez”, com escoamento das águas pluviais na maior linha da vertente, em ruas que ficaram, por muito tempo, sem pavimentação, guias, sarjetas e galerias de águas pluviais. Para facilitar a venda dos lotes, a vegetação era totalmente removida, mas as construções não rapidamente estabelecidas, com a conseqüente aceleração dos eventos erosivos. Para os terrenos mais acidentados, o problema se agravou. Para torná-los aproveitáveis, foram realizadas grandes movimentações de terra, aplainamento de morros, formação de terraços artificiais, com eliminação de toda cobertura

vegetal e camada superficial do solo. “As cidades crescem, tamponam grandes espaços, hermetizam o solo regional. Nas suas porções centrais reduzem a infiltração das águas a quase zero, enquanto nas periferias, dotadas de bairros carentes e construções mal alicerçadas implantadas em vertentes íngremes ou em beira de córregos poluídos, alternam-se deslizamentos e transbordos de dramáticas conseqüências” (Ab’Sáber, 2004, p.208).

Para suprir a demanda da crescente construção civil, inúmeras áreas de extração mineral são constituídas, com destaque para a extração de areia e pedra britada (Rosa 1980).

4 - SISTEMAS TECNOGÊNICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO-

A discussão do Homem como agente geológico na literatura vem sendo um tema muito polêmico e tratado de forma abrangente, quando os diversos autores utilizam a terminologia de depósitos tecnogênicos para descrever todos os processos, produtos e feições relacionados à tecnogênese.

Neste contexto, no presente trabalho, baseado na literatura e tomando como área objeto de estudo o município de São Paulo, é proposta classificação e agrupamento destes tecnógenos na forma de sistemas tecnogênicos. A proposição do termo sistema deu-se em função de que como resultado da tecnogênese ocorrer diversidade, complexidade, dinamismo e, principalmente, uma interação dos processos e feições dentro de vários ambientes. A partir da grande expressão da ação tecnogênica no município, constatou-se um dinamismo marcado por uma hierarquia evolutiva e cronológica dos processos. Este dinamismo pode ser entendido como consequência da combinação dos aspectos do meio físico com o rápido crescimento da cidade, onde, a exemplo de Teixeira & Prandini (1998), muitas vezes partiu-se de um ambiente de primeira ordem (ambiente geológico), na sequência consolida-se um de segunda ordem (ação tecnogênica) e finalmente, dentro de um processo de reabilitação, culmina-se com um sistema de terceira ordem (ação tecnogênica).

Os aspectos que nortearam a proposta de classificação em sistemas tecnogênicos levaram em conta a tipologia dos materiais; os processos de intervenção sobre o meio; a tipologia ou relações entre determinadas feições; a própria dinâmica do processo de urbanização da cidade e, principalmente, o comportamento e necessidades do Homem em diversos momentos e situações de interação de cada sistema tecnogênico.

Ressalta-se que na maioria das vezes, é regra atribuir o termo “depósito tecnogênico” para todos os processos e os ambientes resultantes da ação Humana, sendo que muitas vezes estes produtos eram tratados de forma isolada e sem aferir um destaque para a ação humana ou ao menos enfatizar todo o seu dinamismo, com ênfase nos aspectos ambientais ou na própria atividade.

Para maior entendimento da proposta de sistemas tecnogênicos, faz-se necessária a discussão sobre o conceito de sistema. Christofolletti (2002) discutiu o termo dentro de uma visão e aplicação da modelagem de sistemas ambientais, onde reforça que a "abordagem holística sistêmica é necessária para compreender como as entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se em organizações espaciais, se estruturam e funcionam, como que esta proposta busca inovar e dar destaque aos processos, produtos e feições que diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de alinhamento". A introdução do conceito de sistemas foi expressiva dentro do estudo da geomorfologia e recentemente aplicada na análise ambiental, que de certa forma também contempla os aspectos e dinâmicas tecnogênicas.

Oliveira (1999) reforça esta abordagem quando argumenta que a *interdependência ou interação* dos componentes do meio ambiente marca também uma evolução conceitual sobre a forma de abordagem do meio ambiente. Esta evolução se deu de uma abordagem inicialmente limitada à análise das propriedades ou atributos de cada componente (abordagem mecanicista ou artesiana), para uma abordagem em que a principal chave é a interação (abordagem sistêmica)”.

Como forma de caracterizar a evolução tecnogênica no município de São Paulo adotou-se a compartimentação da ação tecnogênica em três grandes sistemas que, desde a fundação do município até os dias de hoje, primam sempre pelo dinamismo e interação:

Sistemas Tecnogênicos de Canais e de Reservatórios, Sistema Tecnogênico de Ocupação Urbana e Sistema Tecnogênico de Mineração.

Um outro aspecto dentro de cada um dos sistemas, diz respeito à diversidade de feições e ambientes onde se justifica a subdivisão em fácies. No Sistema Tecnogênico Fluvial e de Reservatórios destaca-se todas as ações do Homem sobre os recursos hídricos e suas relações dentro dos aspectos de saneamento, enchentes e o próprio abastecimento do município. Um segundo grupo, o Sistema Tecnogênico de Ocupação Urbana praticamente incorporou toda ação tecnogênica relacionada diretamente com os aspectos do processo de crescimento do município, a infra-estrutura necessária, os impactos ambientais e riscos resultantes da ocupação, bem como a geração de resíduos e áreas contaminadas. O terceiro grupo, o Sistema Tecnogênico de Mineração, caracteriza-se pelo grande volume de materiais remobilizados, essenciais para o crescimento e estruturação desta cidade, e pelo dinamismo na produção evolutiva de outros ambientes tecnogênicos.

4.1. Sistemas Tecnogênicos de Canais e de Reservatórios

As intervenções antrópicas e os impactos gerados sobre os recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê foram iniciadas há cerca de 100 anos. Estas intervenções foram motivadas por necessidades distintas e efetivadas direta ou indiretamente através de várias formas de apropriação destes recursos. Neste processo são destacados os usos múltiplos que vão desde a geração de energia, controle de cheias, abastecimento público e aspectos relacionados ao saneamento. Nesta linha são incluídas as macro e micro-intervenções urbanísticas viabilizadas pela retificação e canalização de rios e córregos por toda a bacia, possibilitando o processo de ocupação das várzeas e da implantação de sistemas viários de fundos de vale.

Para a espacialização, análise e caracterização destes sistemas tecnogênicos, onde toda a dinâmica da ação humana se dá sobre os recursos hídricos superficiais, adotou-se a porção da Bacia do Alto Tietê, onde está inserido o Município de São Paulo. Esta delimitação engloba as bacias hidrográficas de competência estadual formadas pelos rios Pinheiros, Pirajussara, Tamanduateí e Cabuçu de Cima (sub-bacias da Bacia do Alto-Tietê e com porções de sua área englobando outros municípios da Região Metropolitana de São Paulo). Quanto às bacias hidrográficas de competência municipal, destacam-se as formadas pelos córregos Mandaqui, Cabuçu de Baixo, Jaguaré, Aricanduva, Águas Espraiadas. Ressalta-se que o Município de São Paulo apresenta porções de seu território inseridas nas bacias hidrográficas dos rios Tamanduateí e Cabuçu de competência estadual (figura 4.1).

Figura 4.1. Principais Bacias Hidrográficas de competência municipal e estadual.
Extraído de DAEE-SP (2007)

Nos Sistemas Tecnogênicos de Canais e Reservatórios considera-se de fundamental importância a abordagem do processo de retificação dos rios Tietê e Pinheiros, para alimentação do sistema de produção de energia hidroelétrica e construção dos reservatórios Guarapiranga e Billings, através dos quais todos os demais sistemas tecnogênicos se desenvolveram, ao possibilitar o franco crescimento urbanístico.

Inserem-se nesses sistemas os reservatórios de retenção de água, mais conhecidos como “piscinões”, os quais foram implementados como consequência da insuficiência da capacidade de vazão, sob chuvas intensas, dos canais e córregos canalizados.

Nestes sistemas existe diversidade de feições resultantes e que podem, quando possível, ser associadas a processos naturais. Assim, os depósitos sedimentares produzidos, sejam nos canais e rios como nos reservatórios, são considerados como assoreamento e, segundo Chemekov (1982), classificados como depósitos tecnogênicos induzidos.

Os assoreamentos apresentam características de processo e produto que muito se assemelham aos processos naturais de deposição de sedimentos, mas que na cidade são caracterizados popularmente como assoreamento e que comprometem as vazões dos canais e a capacidade de reservatórios. Para o estudo e gerenciamento deste sistema deve-se respeitar o limite das bacias hidrográficas, principalmente para o entendimento de todo o processo de erosão/deposição e as consequências diretas sobre os eventos de enchentes e inundações.

Segundo Campagnoli (2002), o assoreamento constitui um processo de deposição sedimentar acelerada, que ocorre em corpos de diversas naturezas, tais como córregos, rios, lagos, estuários e ambientes praias. Sua ocorrência denota um desequilíbrio entre a produção de sedimentos de uma bacia e a capacidade transportadora de sua rede de drenagem.

Pela ampla diversidade de feições e produtos gerados neste sistema optou-se por adotar a sua subdivisão em Sistemas Tecnogênicos do Canal do Tietê, do Canal do Pinheiros e de Reservatórios.

4.1.1. Sistema Tecnogênico do Canal do Tietê

Ações tecnogênicas de expressão vêm sendo registradas no rio Tietê, que corta o município de leste para oeste, e na porção da bacia associada a este trecho. Destas ações destacam-se as obras de retificação do Rio Tietê no trecho entre a Barragem da Penha (Zona Leste) e Barragem Móvel do Cebolão (Zona Oeste), na região da foz do Rio Pinheiros e a construção destas duas barragens. Como consequência destas intervenções pode-se destacar a implantação de nova dinâmica fluvial que, ao contrário do antigo sistema meândrico, impôs ao novo canal o predomínio do processo de transporte sobre o de deposição, com o aumento da sua competência.

As intervenções no Rio Tietê também produziram e condicionaram profundas mudanças nos aspectos geomorfológicos da região, as quais foram descritas e classificadas por Rodrigues (2005) como “antropogeomorfologia”. A retificação do canal proporcionou uma completa transformação na várzea, que em muitos locais facilitou a constituição de um ambiente tecnogênico de primeira ordem, caracterizado pela atividade de extração de areia. Na sequência, todas as cavas oriundas do processo de extração de areia foram objeto de um processo de deposição de materiais úrbicos (Fanning&Fanning 1989), que resolveu os problemas sanitários que as lagoas apresentavam e possibilitou desenvolvimento de intenso processo de ocupação.

Pelo porte da obra de retificação do canal, foram remobilizados grandes volumes de materiais, tanto lateralmente como em profundidade, proporcionando o seu rebaixamento e a formação de terraços. Estes “Terraços Antrópicos” definidos por Ab’ Sáber (1980)

possibilitou a implantação de um sistema viário, as marginais, e a ocupação de toda área original da várzea.

Um outro aspecto deste processo de retificação, dentro da discussão sobre “antropogeomorfologia (Rodrigues, 2005) e tecnogênese, está relacionado ao rebaixamento do nível de base local e a possibilidade da implantação de um intenso processo de esculpimento dos vales e a conseqüente deposição de sedimentos nas respectivas sub-bacias. Esta situação foi atenuada e não trouxe maiores conseqüências para a drenagem desta porção da bacia em função do baixo gradiente dos afluentes e ao processo de canalização e impermeabilização. Um outro aspecto que contribuiu para o restabelecimento do equilíbrio erosão/deposição foi a construção da Barragem Móvel do Cebolão, que estabeleceu um novo nível de base do sistema de canal do Tietê em função do entulhamento progressivo de sedimentos..

No que diz respeito à dinâmica fluvial, o processo de retificação e construção das barragens destruiu completamente a evolução natural do antigo sistema meândrico (figura 4.2), modificou toda a dinâmica do processo de erosão/deposição e aumentou a competência do rio (figura 4.3).

Uma outra porção deste sistema meândrico, a montante da foz do Córrego Cabuçu de Cima, no limite de São Paulo com Guarulhos, foi completamente comprometida entre os anos de 1930 e 1940, com a construção da Barragem da Penha (figura 4.4). A função desta barragem, dentro de todo o processo de retificação, foi a possibilidade de retenção de águas a montante, de forma a atenuar os picos de enchentes/inundações sobre a ocupação da várzea a jusante. Dentro das práticas do controles de cheias na bacia, a Barragem da Penha e o seu reservatório desempenham o mesmo papel das estruturas de retenção denominadas “piscinões”, que hoje constituem uma das alternativas de atenuação dos eventos de cheias no

Figura 4.2 – Confluência dos Rios Pinheiros e Tietê em fotografia de 1929, de autoria desconhecida

Figura 4.3 - Barragem móvel do cebolões jusante da foz do Pinheiros

município, porém em franco processo de assoreamento, o que implica na necessidade de constante retirada dos sedimentos (figura 4.5).

Saindo de um olhar puramente hidrológico e inserindo a implantação da Barragem da Penha dentro do presente sistema tecnogênico, é importante destacar que com a construção desta estrutura todo o sistema meândrico a montante foi afogado, dando lugar a um reservatório contínuo a partir do eixo da barragem e ladeado por várias "lagoas" oriundas da extração de areia. Se por um lado toda esta estrutura amenizou os problemas de enchentes a jusante, os impactos sobre o sistema fluvial foram de caráter irreversível. Por outro lado, como forma de minorar os impactos paisagísticos, toda esta área foi objeto de um processo de reabilitação que culminou com a implantação do Parque Ecológico do Tietê, onde a paisagem constituída pelo reservatório e pelo complexo de lagoas possibilitou que este espaço tornasse um dos atrativos de lazer para a zona leste.

A partir da utilização da equação de interação antrópica proposta por Carvalho & Prandini (1998), a evolução tecnogênica deste sistema é marcada pela interação dos três sistemas propostos no presente trabalho. Inicialmente, e tomando como base o ambiente geológico caracterizado pela planície fluvial do Tietê, ocorre como intervenção a implantação da atividade de extração de areia que pode ser representada pela equação: ***ambiente geológico + atividade mineral = ambiente tecnogênico A***, sendo este ambiente inserido dentro do sistema tecnogênico de mineração. Na continuidade dos processos, a construção da barragem e a retificação do canal caracterizam um novo ambiente tecnogênico representado pela equação: ***ambiente geológico + construção da barragem e retificação do canal = ambiente tecnogênico B***. A implantação do Parque Ecológico do Tietê propiciou a implantação de um ambiente tecnogênico que englobou e interagiu com os dois ambientes

Figura 4.5 - Barragem da Penha com o Canal do Tietê a jusante
Fonte: DAEE (2007)

Figura 4.6 – Reservatório da Barragem Penha em processo de assoreamento

anteriores, sendo representado pela equação: *ambiente tecnogênico (A+B) + reabilitação = ambiente tecnogênico C* . Dentro do processo de evolução tecnogênica, este último ambiente está inserido dentro dos sistemas de urbanização e infra-estrutura e de reabilitação, que em decorrência do seu dinamismo estará constantemente sofrendo intervenções, o que inibe um futuro e desejado equilíbrio neste sistema.

Em área que vai desde montante do eixo da barragem até o retorno do sistema meândrico na região de São Miguel Paulista - extremo leste do município, implantou-se um ambiente flúvio-lacustre-meândrico que pela sua própria dinâmica, pela modificação do nível de base decorrente da construção da barragem e pelo aporte de sedimentos, oriundos da ocupação de áreas à montante, passou a comprometer consideravelmente o desempenho do reservatório na retenção de águas por se encontrar completamente assoreado. Este quadro de completo assoreamento vem a reforçar todo o dinamismo e intensidade da ação tecnogênica sobre o sistema fluvial e de reservatório. Saindo dos domínios do Parque Ecológico em direção à montante, o sistema meândrico volta a sua dinâmica natural que só é quebrada pelo intenso processo de ocupação que desde o final da década de 80 vem tomando esta porção da várzea. Desde a implantação desta ocupação, sob chuvas intensas e prolongadas, nos períodos de verão, acrescida da ineficiência do reservatório da barragem da Penha (figura 4.5), vêm impondo a esta várzea ocupada episódios de inundação que é marcado por uma lâmina d'água de cerca de 40 cm que muitas vezes perdura durante uma semana, o que levou a região a ser conhecida como Pantanal, em alusão à planície inundável de Mato Grosso do Sul.

4.1.2. Sistema Tecnogênico do Canal do Pinheiros

O Rio Pinheiros, principal afluente da margem esquerda do Rio Tietê na bacia do Alto Tietê, desde o final do século XIX sofreu uma série de interferências que vão desde a

construção dos Reservatórios de Guarapiranga e Billings e sua retificação no trecho entre a Barragem Móvel do Cebolão e a Barragem do Reservatório Billings, ao ponto que optou-se por denomina-lo de Canal do Pinheiros.

A exemplo do que ocorreu no Canal do Tietê, a retificação do Rio Pinheiros gerou uma série de ambientes tecnogênicos que, dentro da evolução e dinamismo, impõe ao município seus reflexos (figura 4.6).

A apropriação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pinheiros foi muito diversificada ao longo do tempo. Em determinados momentos a priorização dos usos destes recursos deu-se em função das demandas e necessidades impostas pelo processo da ocupação e crescimento do município e, nas últimas décadas, da Região Metropolitana de São Paulo.

Num primeiro momento a prioridade foi a geração de energia através da construção das Usinas de Edgard de Souza e Henry Boarden. A Usina Hidrelétrica Edgard Souza foi a primeira da América do Sul, construída de 1901 no município de Santana de Parnaíba, através do represamento do próprio rio Tietê em um trecho que o mesmo estava confinado dentro do embasamento cristalino (figura 4.6). Apesar desta usina estar localizada fora do Município de São Paulo, a sua implantação impôs consequências ao sistema fluvial da bacia do rio Tietê e sub-bacia do rio Pinheiros, pois demandou a construção do reservatório Guarapiranga em 1905 e cujo uso inicial era reservar um volume de água à montante, para suprir a usina nos períodos de estiagem do rio Tietê.

A Usina de Henry Boarden, construída no final do século XIX, na base da escarpa da Serra do Mar, no município de Cubatão, teve inicialmente sua vazão regulada pelo reservatório rio das Pedras, localizado no Planalto Paulistano a cerca de 700 m de altitude. Com a necessidade de ampliação da geração de energia, foi construído o Reservatório

Figura 4.6 - A – Rio Tietê e Pinheiros antes da retificação
B - Canal do Tietê e Pinheiros após a retificação

Billings, em 1927, que era interligado ao Reservatório Rio da Pedras através do canal Smith Control. Para a efetivação da ampliação destas vazões, na mesma época foi implantado o processo de reversão do rio Pinheiros através da retificação do canal e a construção das usinas elevatórias, por bombeamento, da Traição, Pedreira e da Estrutura do Retiro, já na foz do rio Pinheiros.

A partir de 1992 o bombeamento das águas dos canais do Tietê/Pinheiros deixou de ser um processo rotineiro. Na Constituição Estadual de 1989, através das disposições transitórias, foi definido prazo de três anos para que o bombeamento das águas poluídas para o Reservatório Billings fosse interrompido. O retorno do bombeamento, de acordo com a Deliberação do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA, só poderá ocorrer em duas situações emergências, ou seja, enchentes na Bacia do Alto Tietê ou necessidade de geração de energia na Usina de Henry Borden, em Cubatão, em decorrência da necessidade de incremento energético nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Baixada Santista.

A partir da década de 1930, com o aumento da demanda de água para abastecimento, foi implantado o Sistema Guarapiranga. Este sistema foi destinado ao abastecimento da porção sul da cidade e utilizou prioritariamente o reservatório homônimo até a década de 1980, quando teve sua vazão ampliada com a reversão de 1 m³/s do rio Capivari-Monos, pertencente à Bacia Hidrográfica da Baixada Santista. Em decorrência do aumento da demanda, este sistema teve em 2000 uma ampliação de sua vazão em 4 m³/s através transposição de águas do Braço Taquacetuva do Reservatório Billings.

Como consequência destas intervenções, todo o sistema meandrante natural do Rio Pinheiros foi comprometido em decorrência da retificação e do processo de reversão, impondo ao canal uma compartimentação em três trechos: Trecho 1 – entre a foz e a Estrutura do Retiro; Trecho 2 – entre a Estrutura do Retiro e a Usina Elevatória da Traição;

Trecho 3 - entre a Usina Elevatória da Tração e a Barragem de Pedreira - Reservatório Billings. Esta compartimentação, além de impor ao canal um gradiente praticamente nulo e inverter o fluxo das águas, modificou o nível de base e interferiu consideravelmente na dinâmica de transporte e deposição existente no ambiente geológico original. O quadro mais crítico ocorre no trecho 2, que recebe a descarga de dois afluentes importantes da sua margem direita: os córregos Jaguaré, de competência municipal, e o Pirajussara, de competência estadual e que possui suas nascentes no Município de Embu.

Em termos de impactos destas intervenções, somadas todas as ações tecnogênicas, o rio Pinheiros hoje apresenta nova dinâmica fluvial que é marcada por um crescente processo de deposição de sedimentos, principalmente no trecho da foz do Córrego Pirajussara. Em decorrência dos sucessivos eventos de enchentes/inundação que vem ocorrendo nos últimos anos, esta bacia foi objeto de vários diagnósticos (Canil *et al.* 2004, IPT 2004) que apontaram como sendo a combinação da erosão e assoreamento o grande responsável pelos eventos de enchentes e inundação.

O assoreamento constituiu um dos grandes aspectos que vem contribuindo para o comprometimento da vazão do canal e da capacidade de reservatório dos três piscinões existentes na bacia. A partir da utilização da equação de interação antrópica proposta por Carvalho & Prandini (1998), o ambiente tecnogênico dominante no trecho 2 do canal e na bacia do Pirajussara pode ser expresso da seguinte forma:

ambiente geológico + retificação do canal + processo de reversão = ambiente tecnogênico A, com modificações na dinâmica fluvial e ocupação da várzea/reabilitação de algumas feições tecnogênicas;

ambiente tecnogênico A + ocupação da bacia do Pirajussara = ambiente tecnogênico B, onde os processos erosivos geram intensa produção de sedimentos;

ambientes tecnogênicos (A+B) + deposição de sedimentos = ambiente tecnogênico C com a formação de depósitos tecnogênicos induzidos (assoreamento).

4.1.3. Sistema Tecnogênico dos Reservatórios Gurarapiranga-Billings

Atualmente os reservatórios de Guarapiranga e Billings são os principais reservatórios de abastecimento situados nos limites do Município de São Paulo, além dos sistemas de abastecimento Cantareira, Alto Tietê e Cotia, localizados fora do município.

Em função da importância desses dois reservatórios, frente aos demais, e a situação crítica em que se encontram, em função dos acelerados processos de assoreamento, apenas esses dois reservatórios são tratados na presente análise tecnogênica.

O Sistema Tecnogênico dos Reservatórios Gurarapiranga-Billings atualmente encontra-se integrado mas, no seu histórico, são reservatórios que tiveram evolução e tipos de uso distintos.

Esse sistema tecnogênico teve início com a construção da barragem de Gurarapiranga em 1906, com o objetivo de alimentar o reservatório de Edgar de Souza no processo de geração de energia elétrica. Atualmente o Reservatório de Guarapiranga tem uso exclusivo para abastecimento. Em 1927, foi construído o reservatório Billings, também inicialmente apenas com objetivo de geração de energia elétrica e isolado do sistema do Reservatório de Guarapiranga.

Durante extremo período de seca, nos anos de 1963 e 1964, registrou-se uma redução de cerca de 95% da área inundada do reservatório Billings o que possibilitou a exposição dos sedimentos que recobriam o fundo. Neste episódio, também foi exposto o antigo sistema fluvial dos Rios Grande e Pequeno, que foram afogados com a implantação do reservatório (Petri & Fúlfaro, 1965). O trabalho de Petri & Fúlfaro (1965) constitui um marco

nos estudos tecnogênicos de reservatórios, pois toda metodologia adotada nas análises sedimentológicas, limnológicas, das estruturas e dos processos deposicionais é a mesma utilizada para análise de depósitos sedimentares naturais, além da comparação de alguns resultados com outros lagos naturais do mundo.. Nesse trabalho, foi calculada a taxa de sedimentação para o Reservatório Billings de 1 cm por ano, considerada elevada em virtude da granulometria essencialmente fina do sedimento (silte-argila).

Atualmente, os dois reservatórios encontram-se interligados artificialmente, através de bombeamento de água do Reservatório Billings para o de Guarapiranga. Em função dessa ligação e de todo o processo de reversão dos canais do Tietê e Pinheiros, esse sistema como um todo, o qual se interliga até a baixada santista, constitui significativo sistema tecnogênico e uma das questões ambientais mais importantes do Município de São Paulo.

Esse sistema, em área, poderia ser restrito à porção sul do município, mas face às intervenções antrópicas, sua área foi ampliada consideravelmente. As águas da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba são desviadas, através de túneis, para os reservatórios do Sistema de Abastecimento Cantareira, as quais, após abastecimento das indústrias e residências, atingem o canal do Tietê, na forma de esgoto e efluentes, e são bombeados para o Canal do Pinheiros e desse para a Represa Billings, de onde desaguam para a Baixada Santista, atingindo o mar.

Tomando como referência que o uso prioritário atual dos reservatórios Guarapiranga e Billings é o abastecimento público, deve ser considerado que o assoreamento constitui um sério problema no que diz respeito à qualidade da água para consumo humano e a biota aquática. Os sedimentos depositados no fundo dos reservatórios, além de serem um dos maiores poluidores da água, atuam como catalisadores, carreadores e como agente fixadores

para outros agentes poluidores, como constatado em estudos da Barragem Passaúnas, em Curitiba, PR. (Sauniti *et al.* 2004).

A construção dos reservatórios Guarapiranga e Billings criou novo nível de base para os trechos das sub-bacias a montante das barragens dos respectivos reservatórios, com diminuição dos processos erosivos nas cabeceiras das drenagens. Por outro lado, o processo de ocupação desordenada, iniciado entre os anos de 1970 e 1980, vem causando erosão e contaminação das águas pelo esgoto e lixo, principalmente nas drenagens da margem direita do Reservatório Guarapiranga.

A partir de estudo sistemático, realizado por Silva (2005) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jaceguay, localizada na margem direita do Reservatório de Guarapiranga, pode-se avaliar a evolução do processo de colmatagem, que pode ser considerado como depósito tecnogênico induzido. Neste estudo o autor correlacionou o impacto da expansão urbana, enquanto produção de sedimentos, e a evolução do processo de sedimentação na foz desse ribeirão. Como resultado o autor propôs transição do processo de colmatagem que vai desde ambiente fluvial, próximo á foz, e com colmatagem completa, passando por ambiente flúvio-lacustre, com nível menor de colmatagem até a fase final, próxima a lâmina d'água, caracterizado por ambiente lacustre com deposição das frações mais finas.

Na figura 4.7 temos a foz do rio Embu-Mirim, afluente da margem direita do reservatório, cuja bacia também engloba os Municípios de Itapecerica da Serra e Embu-das-Artes. O processo de ocupação propiciou a produção de grande quantidade de sedimentos que foram depositados na foz do rio Embu-mirim. A continuidade deste processo deposicional, além de constituir expressivo depósito tecnogênico induzido, transferiu a foz do rio cerca de 500 metros a jusante do local original e condicionou a implantação de um sistema meândrico neste novo trecho do rio.

Figura 4.7 Em azul temos o traçado do rio Embú-Mirim .A linha vermelho marca o limite original do reservatório Guarapiranga. Destaque para o sistema meândrico desenvolvido pelo rio Embu-Mirim.

4.1.4. Sistemas Tecnogênicos de Reservatórios de Retenção – “piscinões”.

A interação dos aspectos relacionados à dinâmica deste sistema tecnogênico com as características do município decorrentes do processo de urbanização resultam em eventos de enchentes e inundações. A ocorrência destes eventos é consequência de ação combinada de dois aspectos resultantes do processo de urbanização: remoção e ausência de cobertura vegetal, que reduz a capacidade de infiltração e aumenta o escoamento; a alta taxa de impermeabilização que resulta no escoamento rápido da águas das chuvas para os córregos e rios e o intenso processo de deposição de sedimentos e lixo. A combinação destes aspectos, associada a altos índices pluviométricos e as intervenções sobre as drenagens no processo de construção de canais, que não são capazes de escoar as vazões crescentes, resultam na ocorrência dos eventos de enchentes e inundações, principalmente nos períodos das chuvas de verão. Como a reversão destes processos não é possível, a atual solução adotada pelo poder público tem sido a construção de reservatórios de retenção, mais conhecidos como “piscinões”.

O primeiro reservatório de retenção construído foi o do Pacaembu, escavado na área do estacionamento do Estádio do Pacaembu, da Prefeitura Municipal, em 1990, o que resolveu os problemas de inundação do Córrego Pacaembu, de uma bacia hidrográfica totalmente urbanizada e impermeabilizada. Com a construção desse reservatório, os problemas recorrentes de inundação daquela área foram resolvidos, o que demonstrou ser um tipo de intervenção estrutural a ser aplicado em outras áreas do município.

Atualmente existem 16 reservatórios de retenção no município implantados nas bacias mais críticas, como a dos canais do Pirajussara, Aricanduva, Cabuçu de Baixo, Itaquera, além do Pacaembu.

Os Sistemas Tecnogênicos de Reservatórios de Retenção constituem, atualmente, o principal sistema tecnogênico do Município de São Paulo, com possibilidades de estudo das relações de processos e produtos sedimentares tecnogênicos, onde a diminuição dos processos erosivos e conseqüente diminuição dos processos de assoreamento, levariam ao aumento da eficiência desses reservatórios.

A capacidade de retenção de águas desses reservatórios vem sendo seriamente comprometida pelo rápido assoreamento e entulhamento com lixo, implicando na necessidade de constante limpeza, com altos custos e problemas ambientais para disposição final do material retirado.

Destacando-se a importância da visão sistêmica da ação tecnogênica, a análise dos reservatórios de retenção permite demonstrar a interação dos diversos sistemas no município. Os sedimentos retirados dos reservatórios de retenção têm sido depositados no Aterro São João, o qual, por sua vez, insere-se em outro sistema tecnogênico, os Sistemas Tecnogênicos de Resíduos, descritos no item 4.2.2, o que compromete a vida útil desse aterro sanitário, agravando ainda mais a crítica situação de falta de área para disposição adequada dos resíduos sólidos domésticos produzidos.

A implementação de medidas de contenção de erosão, nas bacias que contêm os reservatórios de retenção, implica não apenas na otimização da contenção das inundações como também na diminuição do problema de disposição dos resíduos sólidos.

Atualmente não existe, por parte do poder público municipal, a implementação de ações não-estruturais na gestão destas bacias com vistas ao controle dos processos erosivos. Assim, a avaliação das taxas de sedimentação dentro destes reservatórios pode constituir um indicativo da ação tecnogênica.

A atual medida apenas de implementar a retirada dos sedimentos dos reservatórios, sem nenhuma ação de contenção dos processos erosivos, demonstra o desconhecimento da dinâmica da ação tecnogênica, ao atacar apenas as consequências sem minimizar as causas, o que implica na perpetuação e agravamento dos problemas ambientais.

Os Sistemas Tecnogênicos de Reservatórios de Contenção encontram-se interligados aos Sistemas Tecnogênicos de Canais, até porque o rebaixamento do canal do Rio Tietê teve como função principal a diminuição dos problemas de inundação. Ao ocorrer deposição de sedimentos nos reservatórios de retenção, esses deixam de agravar os assoreamentos dos canais e, conseqüentemente, os problemas de inundação.

No Município de São Paulo, os reservatórios de contenção se distribuem nas sub-bacias do Pirajussara, Cabuçu de Baixo, Itaquera e Pacaembu, cada um consistindo num sistema tecnogênico distinto. Esses sistemas são subdivididos nos reservatórios de cabeceira e de baixada, os quais apresentam tipo de sedimentação distintos, com produção de depósitos tecnogênicos também distintos.

Como exemplo da diferença dos processos e produtos sedimentares nos reservatórios de cabeceira e de baixada utiliza-se os da Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva. O reservatório de cabeceira (Piscinão Aricanduva III) consiste na produção de uma área plana ao longo do canal que desempenha o papel de uma planície de inundação (Figura 4.8). Nos momentos de intensa pluviosidade sobre esta porção da bacia, o volume das águas que escoam para o canal aumenta e a sua vazão extrapola a sua capacidade. Neste momento as águas inundam a planície artificial até que a vazão do canal seja normalizada, em processo semelhante ao que ocorre nas planícies aluvionares. Quando a vazão do canal extrapola seus limites, as águas inundam o reservatório até um determinado volume que é definido pela estrutura construída na saída deste. Todo o ciclo inundação/esvaziamento ocorre pela ação da

gravidade, sem a interferência antrópica sobre o processo deposicional, ao contrário dos piscinões de baixada que necessitam de bombeamento para seu esgotamento. No período máximo de enchimento do reservatório, observa-se diminuição da energia de transporte que vai da borda até o eixo do canal, onde a energia é maior. O processo de esvaziamento é lento e ditado pelas condições de vazão do canal a jusante. Neste momento instala-se um ambiente de águas calmas e que possibilita a deposição de um sedimento mais fino, tipo lama, que praticamente preenche todo o fundo do reservatório e possui granulometria crescente em direção ao canal.

Como exemplo de reservatório de baixada, o Piscinão Aricanduva V, construído na transição do trecho médio-baixo do canal homônimo, em região plana e intensamente urbanizada, apresenta formato retangular e profundidade aproximada de 8 metros abaixo da cota de base do canal. Nos momentos de enchentes a transferência das águas do canal ocorre através de uma abertura localizada na sua latera. Este ponto, e enquanto o reservatório não estiver no seu nível máximo, irá aliviar as vazões para jusante. Ao contrário do piscinão de cabeceira, o processo de esvaziamento dá-se por bombeamento (Figura 4.9).

A partir do momento que o reservatório atinge seu nível máximo, que é a cota da abertura que o interliga ao canal, todo o volume de água ficará acumulado aguardando o início do processo de bombeamento, que é deflagrado quando o Canal do Rio Tietê e a porção a jusante da bacia atingir suas cotas normais, sem a previsão de chuvas nas próximas horas. Neste intervalo de tempo, a carga de sedimentos em suspensão é depositada, posteriormente interrompida pelo início do bombeamento.

Como o bombeamento se dá pelo fundo do reservatório, os sedimentos de fração silte-argila bombeados juntamente com a água retornam ao canal original e continuam sendo transportados até o canal do Tietê. Ao final do processo, com a evaporação das águas, o

Figura 4.8 – Reservatório de retenção de cabeceira – Piscinão Aricanduva III
Bacia do Aricanduva – Zona Leste

Figura 4.9 – Reservatório de retenção de baixada – Piscinão Aricanduva V
Bacia do Aricanduva – Zona Leste

material depositado no fundo do reservatório apresenta sutil estratificação que denota a seqüência dos eventos de enchentes durante o período das chuvas de verão.

Os depósitos tecnogênicos que se formam nos reservatórios de retenção são removidos ao final de cada período de chuvas. A realização freqüente desta remoção é inviável em decorrência dos altos custos com a remoção, o transporte e a disposição final no Aterro Sanitário São João. Esta remoção constitui uma ação rotineira que, como já abordado, é consequência dos processo erosivos instalados na bacia hidrográfica do respectivo reservatório.

A dinâmica e evolução do Sistema Tecnogênico de Canais e Reservatórios dentro do município como São Paulo reflete em impactos muitas vezes perceptíveis pela população e cada vez mais preocupantes para o poder público, a partir do momento que este passa a adotar medidas exclusivamente paliativas para manutenção do próprio sistema.

Tomando-se como referência a Bacia do Alto Tietê, este gerenciamento mostra-se mais irracional, com custos muito mais altos. Assim, as intervenções sobre os sistemas tecnogênicos de reservatórios de retenção e sua interação com o sistema tecnogênico de deposição de resíduos induzidos devem primar pela racionalidade e compreensão da ação tecnogênica como o grande deflagrador destes processos. Dentro da literatura encontraram-se algumas propostas metodológicas que podem ser aplicadas tanto nestes Sistemas Tecnogênicos de Canais e Reservatórios, como em outros sistemas tecnogênicos, sendo apresentadas na seqüência.

A aplicação da equação básica de interação antrópica, proposta por Carvalho & Prandini (1998), pode ser utilizada no diagnóstico dos tecnógenos. Nesse método, parte-se do ambiente geológico como situação inicial, na seqüência acrescenta-se as intervenções

antrópicas realizadas para no final obter o panorama de uma ambiente tecnogênico estruturado, concluindo a equação 1. Na continuidade da aplicação do método, seguem-se tantas equações quantas sejam necessárias para se chegar ao ambiente tecnogênico atual. A partir de uma análise destas equações e tomando como base as soma das intervenções antrópicas que foram registradas em cada equação, tem-se uma resposta para a elaboração de uma lista positiva das ações que deverão ser realizadas pelo poder público.

Mesmo sendo possível identificar tais ações, torna-se necessária a adoção de instrumentos que possibilitem a avaliação contínua e integrada de todos os processos e ambientes deste sistema. Toma-se como exemplo o informe GEO cidades (2004), elaborado pela Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente em conjunto com Instituto de Pesquisas Tecnológicas, para adoção do modelo GEO cidades no Município de São Paulo.

Este modelo, que deriva do Projeto GEO (*Global Environment Outlook*), iniciado em 1995 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - (PNUMA) para cidades da América Latina e Caribe, tem por objetivo a implantação de um processo de avaliação contínua do meio ambiente, através da aplicação de uma estrutura de análise ambiental, que considera a causa dos problemas relacionados às atividades humanas e sua dinâmica. Como parte destas atividades desenvolve-se nos ambientes geológicos, os tecnógenos podem ser entendidos como um fenômeno urbano-ambiental dentro da abordagem sistêmica. Assim, a avaliação contínua dos processos e a adoção de procedimentos específicos têm como ponto de partida a definição de indicadores. O indicador representa um certo conjunto de dados, informações e conhecimentos acerca de determinado fenômeno urbano-ambiental que balizará as ações do poder público municipal no processo de gestão (GEO cidades, 2004).

Coltrinari & McCall (1996) relatam a realização do Workshop Internacional sobre Indicadores Geológicos de Mudanças Ambientais Rápidas, realizado no Canadá em julho de

1994 e reuniu cerca de 40 especialistas das Ciências da Terra de 13 países. Um dos aspectos que nortearam a realização do referido evento foi a necessidade do estabelecimento de um processo de avaliação das mudanças ambientais rápidas, naturais e antrópicas.

A integração dos resultados do referido evento com os preceitos do modelo GEO Cidades, articulados dentro de uma abordagem sistêmica, reforça a necessidade do estabelecimento de geoindicadores quantitativos e qualitativos para avaliar as mudanças antropogênicas em relação às naturais ocorridas em um período de até 50-100 anos (Coltrinari & McCall, 1996). A partir deste cruzamento e enfocando os resultados da ação tecnogênica no município a adoção dos geoindicadores baliza e fundamenta tecnicamente as ações que venham a ser realizadas pelo poder público e cria instrumentos, nunca usuais, para uma padronização de análise da eficiência das intervenções.

Tomando como referência os Sistemas Fluviais Meândricos dos rios Tietê e Pinheiros, Carvalho (2004) propõe a adoção de geoindicadores para a realização de avaliações de mudanças ambientais provocadas pela urbanização. Nessa metodologia proposta, busca-se a organização dos geoindicadores relevantes no entendimento das modificações na dinâmica fluvial e também como levantar as fontes de informações para compreensão geomorfológica dos sistemas fluviais em situação pré-antropogênica e pós-antropogênica (Carvalho, 2004).

Ainda na linha dos geoindicadores, Canil (2004) trabalha a seleção, estabelecimento e utilização de geoindicadores referentes ao meio físico e antrópico para a caracterização da existência de áreas produtoras de sedimentos com vistas a propostas de ações de prevenção e controle de processos erosivos e inundações em bacia hidrográficas.

Um dos avanços na quantificação e espacialização do nível de assoreamento de reservatórios de abastecimentos foi o processo de investigação indireta realizada através da

utilização do GPR – *Ground Penetrating Radar* ou Georadar. Este método de investigação consiste na aplicação de ondas de rádio no mapeamento de estruturas geológicas de subsuperfície e determinação do volume e taxa de sedimentação abaixo de lâmina d'água, já tendo sido empregado na caracterização de depósitos de fundo do Reservatório da Guarapiranga (Frazão, 2007).

4.2. Sistemas Tecnogênicos de Ocupação Urbana

A necessidade do Homem se apropriar dos espaços no processo de urbanização, marcada por um ordenamento não-planejado, resultou em ação tipicamente tecnogênica, pois ele recriou paisagens e modificou completamente a dinâmica superficial, seja degradando ou agradando o relevo. Este processo, que se iniciou com a fundação da cidade de São Paulo e arrasta-se até os dias atuais, ganha forte expressão nas regiões periféricas do município, seja pelo relevo acidentado, seja pela ocupação das áreas de várzeas ou outros locais inadequados ao assentamento urbano. Assim, a ação tecnogênica está sempre presente em todas etapas do processo de urbanização, seja pelas intervenções iniciais sobre o meio-físico, pelos materiais remobilizados e utilizados, até as intervenções de infra-estrutura que suportam a urbanização e manutenção do município.

Diante da necessidade de caracterização e gerenciamento das ações tecnogênicas, diretamente relacionadas à dinâmica e metabolismo da cidade, faz-se necessária a subdivisão dos Sistemas Tecnogênicos de Urbanização.

Os Sistemas Tecnogênicos de Urbanização foram subdivididos em sistemas tecnogênicos de infra-estrutura, de resíduos, de movimentos de massa e de áreas contaminadas.

4.2.1. Sistemas Tecnogênicos de infra-estrutura

O processo de estruturação da cidade de São Paulo foi marcado pela necessidade permanente da execução de obras e outras intervenções sobre o ambiente, seja na construção de moradias e outras edificações, seja na implantação e manutenção da infra-estrutura viária, o que acarretou grande demanda de matérias-primas para construção civil. Esta demanda acarretou em pleno desenvolvimento de um outro importante sistema tecnogênico relacionado à mineração, face às características geológicas favoráveis do município de disponibilidade de agregados.

Ressalta-se que este processo, apesar de toda tecnologia envolvida, é responsável pela remobilização de grande volume de materiais (solo e sedimento), seja através dos recursos minerais empregados na construção civil, seja através da modificação e adequação da superfície nas ações de remoção e deposição de materiais, resultante das ações de terraplenagem.

No Sistema Tecnogênico de Infra-estrutura, são englobadas as obras viárias em fundos de vale, principalmente as vias marginais dos canais do Tietê e Pinheiros, implantadas após a retificação desses canais. Essa tendência de canalização de córregos e ocupação de suas várzeas é uma tendência urbanística implementada na maioria das cidades brasileiras, o que acarreta em sérios problemas ambientais, principalmente enchentes.

Opção ideal para urbanização das áreas de córregos seria manutenção das várzeas na forma de parques lineares, como o que foi efetuado, em 1990, no córrego Tiquatira, afluente da margem esquerda do Rio Tietê

Nas ações de remoção dos materiais, no Sistema Tecnogênico de Infra-estrutura, ocorrem os processos de nivelamento da superfície (terraplenagem), as escavações de áreas

de empréstimo de solo e principalmente nas obras subterrâneas. As obras subterrâneas incluem a execução de pavimentos subterrâneos em prédios; retificação e ampliação da calha de drenagens; obras de saneamento (adutoras e coletores/emissários de esgoto); drenagem de águas pluviais; galerias de concessionárias de energia e telecomunicação; e sistemas de transportes, onde destacamos os túneis (sob o Rio Pinheiros, Complexo Maria Maluf e Parque Ibirapuera), passagens de nível (Anhangabaú, Tom Jobim), os trechos subterrâneos das linhas do metrô e os dutos subterrâneos (Transpetro e Congás).

Quanto às ações de deposição, destacam-se os volumes de solo/rocha utilizados na execução de aterros para nivelamento ou melhoria da capacidade de suporte de obras civis, principalmente nas áreas de várzeas dos rios Tietê e Pinheiros, e também na construção de barragens, como nos reservatórios Billings e Guarapiranga.

Assim, fica evidente que a ação tecnogênica direta e indireta na modificação da geologia resulta comumente em inúmeros acidentes que ocorrem tanto na fase de execução como no ciclo de vida da obra ou das intervenções, quando a intervenção não é feita com critérios.

Azevedo (2001) discutiu os aspectos relativos a acidentes e/ou incidentes em obras de engenharia tomando como estudo um túnel da Linha Amarela do Metrô, próximo à região das marginais do canal do Pinheiros. Segundo este autor, estes eventos têm sua origem no ambiente geológico e são comumente designados de *surpresas* ou *imprevistos geológicos*, denotando completo desconhecimento relativo aos aspectos geológicos naturais e também a importância das ações tecnogênicas.

Com o aumento da ocupação urbana, consequência das obras de infra-estrutura, outro sistema tecnogênico que passa a ser significativo no Município de São Paulo é o de resíduos,

tanto os domésticos quanto os relacionados às próprias obras, responsáveis pela geração de resíduos inertes (entulhos).

Uma recente obra de infra-estrutura de grande porte dentro do município de São Paulo foi o rebaixamento da calha do Tietê. Esta obra, que foi concluída no final de 2006, teve como objetivo principal a diminuição dos impactos das enchentes sobre a população, através do aumento da vazão em decorrência do rebaixamento e alargamento da calha . num trecho de 24,5 km entre a Barragem da Penha e a Barragem do Cebolão. Segundo DAEE (2006) a obra como um todo remobilizou cerca de 6,8 milhões de m^3 , sendo que desse total cerca de 800 mil m^3 foram de rocha do cristalino, sendo que todo este material foi depositado na Lagoa de Carapicuíba, localizada no município homônimo. e que foi formado a partir do enchimento de antigas cavas de extração de areia na planície aluvionar do rio Tietê.

Figura 4.10 – Evolução da seção transversal do canal do Tietê a montante da foz do Tamanduateí 1894 e 1998/2004 Extraído de Carvalho[^](2004)

Na figura 4.10 pode-se avaliar a intensidade da ação tecnogênica desde 1894 até 2004, através da grande quantidade de material remolizado a partir das duas grandes intervenções sobre o canal, a retificação e o rebaixamento da calha. Este quadro reforça a interação entre os Sistema Tecnogênico do Canal do Tietê, através da retificação do canal e

todas as conseqüências, e os Sistemas Tecnogênicos de infra-estrutura, através da obra do rebaixamento da calha e a continuidade do processo de desassoreamento.

Um dos produtos desta obra, foi a implantação de via de serviços ao longo do canal que, segundo DAEE (2006), terá como função dar suporte as ações de desassoreamento. Assim, entende-se que os gestores públicos continuam não compreendendo a dinâmica do processo de produção de sedimentos, pois continuam a atacar a conseqüência do problema., e a conservar o dinamismo entre os sistemas tecnogênicos.

4.2.2. Sistemas Tecnogênicos de Resíduos

A disposição final de resíduos sólidos, sejam domésticos, inertes ou industriais, pelo grande volume gerado ou pelas formas inadequadas de tratamento e disposição final, justificam a subdivisão do Sistema Tecnogênico de Disposição de Resíduos Sólidos (figura 4.11). O gerenciamento deste sistema é de suma importância em decorrência dos riscos associados diretamente ao ambiente, à segurança e à saúde pública, tanto que a responsabilidade pelo tratamento e disposição final dos resíduos sólidos domésticos e inertes pertence ao poder público municipal.

Esse sistema evoluiu benéficamente a partir da adequação das antigas disposições inadequadas dos resíduos (“lixões”), transformados em aterros sanitários.

Todo o processo de disposição final destes resíduos constitui ação tecnogênica desde a implantação, funcionamento, manutenção e, quando possível, a reabilitação do ambiente tecnogênico produzido.

Com o acelerado processo de urbanização e o conseqüente aumento demográfico, os volumes de resíduos sólidos domésticos e inertes gerados vêm apresentando progressivo e preocupante aumento. Este quadro demanda cada vez mais a implantação de áreas para a

Figura 4.11 - Sistemas Tecnogênicos de Resíduos – localização das áreas de disposição de resíduos sólidos

sua disposição final, sejam regulares ou clandestinas, que pela diversidade dos tipos de resíduos geraram e vêm gerando vários tipos de ambientes e feições tecnogênicas.

Na tabela 4.1. é relacionado tipo de fonte geradora do resíduo e os respectivos depósitos e matérias depositados.

Tabela 4.1. Classificação dos depósitos de resíduos e respectivos materiais tecnogênicos.

<i>TIPO DE RESÍDUO</i>	<i>DEPÓSITO TECNOGÊNICO¹</i>	<i>MATERIAL DEPOSITADO²</i>
doméstico	construído	gárbico
inerte	construído	urbico
rejeito industrial	construído	não classificado
rejeito de mineração	construído	não classificado
terraplenagem	construído	espólico
dessassoreamento	construído	dragado
assoreamento	induzido	espólico
1.Chemekov (1982) 2. Fanning & Fanning (1989)		

Os materiais que constituem estes depósitos são gerados a partir da disposição final de resíduos sólidos domésticos e inertes, oriundo da construção civil, podendo ser classificados de acordo com as características do substrato utilizado para a sua constituição. A grande maioria dos ambientes produzidos é marcada por processos de deposição dos resíduos sólidos em locais que já foram objeto de um processo tecnogênico anterior. Em decorrência de aspectos geomorfológicos ou mesmo de localização, antigas cavas oriundas da atividade extrativa de areia ou brita, constituem feições tecnogênicas que abrigam uma grande quantidade de depósitos tecnogênicos construídos (Figura 4.12).

Inicialmente, no Município de São Paulo, os depósitos de resíduos eram marcados pela disposição inadequada dos resíduos domésticos, denominados “lixões”, principalmente em cavas de antigas extrações de areia localizadas nas planícies aluviais pré-retificação dos rios Tietê e Pinheiros. Como exemplo tem-se, respectivamente, os “lixões” implantados na região

Com o processo de urbanização e devido ao melhor gerenciamento por parte do poder público municipal, os antigos lixões deram lugar aos aterros sanitários, configurando ambientes tecnogênicos que passaram a utilizar antigas cavas de extração de brita, onde se destaca a existência de seis aterros sanitários em manutenção, sendo que cinco destes foram implantados em antigas áreas de mineração, além de duas áreas de disposição de resíduos inertes e dois aterros sanitários em funcionamento (figura 4.13).

A falta de planejamento do poder público na implantação de novos sistemas tecnogênicos adequados para a disposição final dos resíduos sólidos domésticos e inertes é preocupante, pois os aterros em funcionamento estão quase no limite de suas capacidades. Diariamente são gerados cerca de 15.000 toneladas diárias de resíduos sólidos domésticos e inertes, para apenas dois aterros sanitários em funcionamento, o Bandeirantes na Subprefeitura de Perus, zona noroeste do município, e o Aterro Sítio São João, na Subprefeitura de São Mateus, extremo leste do município.

Pelo histórico na cidade, a maioria dos locais utilizados na implantação destes Sistemas Tecnogênicos de Disposição de Resíduos deu-se em tecnógenos relacionados ao Sistema Tecnogênico de Mineração, reforçando o dinamismo e interação entre os sistemas. Nesta linha, torna-se fundamental a existência de um mapeamento destes tecnógenos no município que possam subsidiar as ações de planejamento, como bloquear áreas à ocupação para futuras instalações de aterros sanitários.

Figura 4.12 – Disposição de resíduos sólidos inertes em uma antiga área de extração de areia na Zona Sul.. Em destaque a superfície da antiga lagoa de decantação.

Figura 4.13 – Disposição de resíduos sólidos domésticos – Aterro Sanitário São João em atividade – Zona Leste

No gerenciamento deste sistema, um dos aspectos que ganha importância diz respeito à segurança, principalmente quando os aterros sanitários estão localizados em áreas urbanas. Nesta linha, algumas técnicas usuais nos ambientes geológicos podem ser também utilizadas em tecnógenos deste tipo. Em 1991, em uma das frentes do Aterro Sanitário Bandeirantes, registrou-se movimentação da massa de resíduos (escorregamento) que culminou com a morte de dois operários. A partir deste evento, o poder público municipal passou realizar uma avaliação preventiva do risco de escorregamento em todas áreas de disposição de resíduos domésticos em atividade e já paralisados.

Ao final desta avaliação, o Aterro Sanitário de Vila Albertina, localizado em uma antiga pedreira na zona norte, mostrou-se com grande possibilidade de ocorrência de instabilização e movimentação da massa de resíduos. Este estudo encontra-se sumarizado em Rodrigues & Figueira (1992), os quais avaliaram as condições da estabilidade do depósito tecnogênico através da combinação de índices pluviométricos históricos da região com as informações referentes aos deslocamentos medidos em marcos geográficos localizados na células do aterro. Para o tratamento dos vetores de deslocamento monitorados utilizou-se projeção esférica (rede de Schmidt) e também o diagrama de rosetas, para determinação de uma direção provável de movimentação da massa de resíduos.

A partir deste estudo, ressalta-se que a adoção de métodos empregados para estudos geológicos estruturais e de sedimentologia podem ser aplicados também no estudo de tecnógenos. No caso deste aterro, esta prática balizou uma série de ações preventivas e um gerenciamento de risco que mesmo hoje, quase quinze anos após sua desativação, vem sendo utilizado nas ações de manutenção da área com vistas a outros usos de solo.

4.2.3. Sistemas Tecnogênicos de Movimentos de Massa

O processo de urbanização da cidade de São Paulo vem sendo marcado pela falta de planejamento, onde as ocupações (moradias) precárias ou “sub-normais”, denominadas favelas, instalaram-se em regiões onde muitas vezes a aptidão física não reúne as mínimas condições para este assentamento. Carvalho & Prandini (1998) ressaltam a superposição de intervenções antrópicas que muitas vezes pode sair de um ambiente geológico e evoluir para ambientes tecnogênicos, colocando em risco progressivo os munícipes que habitam estas áreas.

Sem entrar no mérito das várias causas que levaram à expansão urbana desordenada e não planejada da cidade de São Paulo, o que existe hoje é uma realidade marcada por inúmeras áreas do município em que todo processo de apropriação pode ser caracterizado como uma ação tecnogênica, desde o desmatamento, acerto do terreno com topografia acidentada, até a construção e ocupação das moradias.

Assim, cada porção desta cidade que hoje constitui áreas de risco geológico sujeitas a escorregamentos caracterizam-se por apresentar uma série de depósitos e feições tecnogênicas como erosão, cortes, aterros e disposição de resíduos, os quais estão inseridos dentro do Sistema Tecnogênico de Movimento de Massa.

Alguns autores, por exemplo Marques *et. al.*(2003), classificam as “favelas” como sendo um tipo de aglomeração urbana onde além dos aspectos sócio-econômicos associados, normalmente estão sujeitas a riscos ambientais em decorrência da sua localização topográfica, como a possibilidade de ocorrências de escorregamentos nas encostas e inundações nas baixadas.

O Município de São Paulo, a partir do início da década de 1970, vem registrando aumento considerável do número de favelas. Segundo Figueiredo (1994) o aparecimento das primeiras favelas no município deu-se no início dos anos 1940, sendo que na década de 1970 (1973) a população favelada correspondia a cerca de 1% da população e em 1987 este número saltou para 8%. Enquanto neste mesmo período o número de habitantes no município registrou um aumento de 61%, a população das favelas cresceu 1.031%.

Neste contexto, dentro dos modelos de gerenciamento das “áreas de risco”, toda a postura e comportamento adotados pelos moradores de favelas, constituindo a ação antrópica sobre o meio, serão importantes para evitarmos eventos adversos. Deve-se entender esta dinâmica sob outro aspecto, pois a “favela” ou ocupação subnormal se apropriou de uma área de encosta e assim este espaço tornou-se, de acordo com o “censo comum”, uma área de risco. Assim, a consolidação destas áreas como “de risco” vai depender do grau e intensidade da ação/intervenção tecnogênica sobre o ambiente geológico.

A exemplo da equação de interação antrópica proposta por Carvalho & Prandini (1998), a partir de um ambiente geológico (encosta) que sofreu uma intervenção por parte dos moradores, ocorre como resultado um novo ambiente geológico que pode ou não se tornar uma áreas de risco.

Em termos de gerenciamento das áreas de risco geológicos, todas ações preventivas que envolvem e são colocadas em prática pela comunidade apontam para a linha de uma intervenção positiva que irá aumentar o grau de gerenciamento e diminuir a vulnerabilidade do ambiente geológico frente aos processos de movimentos de massa que venham a ser instalados. Por outro lado, se esta intervenção for negativa, irá contribuir para a deflagração do processo de movimento de massa e tornar o local uma área de risco geológico (figuras 4.14 e 4.15).

Figura 4.14 – Degrau de abatimento de depósito tecnogênico consequência de um Rastejo em áreas de risco – Subprefeitura da Freguesia do Ó

Figura 4.15 – Ocupação em encosta, detalhe para os cortes e aterros e remoção da cobertura vegetal potencializando o quadro de risco geológico – Jardim Paraná Subprefeitura da Freguesia do Ó – Zona Norte

Um aspecto fundamental no processo de gerenciamento destas áreas, diz respeito ao conhecimento, cartografia e quantificação do grau de risco geológico (baixo, médio, alto e muito alto). No período de 2003/2004, a Prefeitura do Município de São Paulo, através da Secretaria da Implantação das Subprefeituras –SMSP, contratou o consórcio UNESP/IPT, para realizar mapeamento de 562 setores de risco do município. Destes locais, 247 são considerados de risco baixo a médio e 315 de risco alto e muito alto (tabela 4.2 e figura 4.16).

Tabela 4.2 - Setores de risco geológico por subprefeitura. Fonte: PMSP/SMSP2006

SUBPREFEITURA	TOTAL SETORES DE RISCO	RISCO ALTO E MUITO ALTO	RISCO MÉDIO E BAIXO
Capela do Socorro	92	39	53
M´Boi Mirim	74	38	36
Campo Limpo	54	25	29
Freguesia do Ó	51	23	28
Cidade Ademar	43	21	22
Butantã	33	8	25
Casa Verde	30	17	13
Perus	28	21	7
Pirituba-Jaragua	27	21	6
Vila Prudente	19	15	4
Guaianases	18	13	5
Cidade Tiradentes	17	14	3
Parelheiros	16	8	4
Jaçanã - Tremembé	13	12	1
Itaquera	12	11	1
Penha	12	8	4
Lapa	9	8	1
São Mateus	8	7	1
Aricanduva - Formosa	3	3	0
Ermelino Matarazzo	3	3	0
TOTAL	562	315	247

Neste sentido, no que diz respeito ao processo de gerenciamento de riscos geológicos, é de fundamental importância a continuidade e atualização do mapeamento das áreas de risco, visto que na verdade são tecnógenos ativos. Além da continuidade do mapeamento destas

Figura 4.16 Subprefeituras que apresentam setores de risco geológico alto e muito alto

Extraído GEO CIDADES (2004)

àreas é fundamental o envolvimento da comunidade local, que deve ser capacitada para conviver positivamente nestas áreas e buscar estabilizar e evitar a evolução do grau do risco já identificado. A partir daí todas as ações necessárias devem ser tomadas, desde remoção de moradores até o desenvolvimento de um trabalho educativo/informativo. Este trabalho educativo/informativo tem como objetivo principal propiciar aos moradores das áreas de risco um entendimento da dinâmica dos processos e compreensão de como pode se dar uma intervenção positiva, de forma a evitar e/ou minimizar a magnitude dos movimentos de massa.

Com relação ao mapeamento das áreas de risco, ressalta-se que pelo dinamismo dos processos, faz-se necessária a adoção de uma metodologia que incorpore nos levantamentos tradicionais os aspectos relacionados à implantação e evolução dos sistemas tecnológicos.

Nesta linha, destaca-se o trabalho de Mirandola (2005), o qual associa o mapeamento de depósitos e feições tecnogênicas ao zoneamento de riscos geológicos, tomando como referência as áreas de riscos geológicos localizadas na Favela Real Parque, inserida na área da Subprefeitura do Butantã. Este autor acrescenta o mapa do tecnógeno aos instrumentos consolidados na cartografia de risco, como a carta geotécnica, carta de declividades e a própria setorização das áreas que apresentam riscos geológicos, como uma possibilidade de se incorporar o dinamismo da ação antrópicas e assim, tornar mais eficiente as informações que irão balizar as ações preventivas e de recuperação.

Assim, nesta última década, a visão técnica sobre os problemas das grandes cidades migrou de uma situação de intervenção estrutural e gerenciamento de medida paliativas para uma situação de compreensão e ações pró-ativas, no sentido de buscar a implementação de ações alternativas de gerenciamento e mitigação de muitos processos que hoje estão gerando grandes transtornos à população e desgastes dos governantes.

Os riscos ambientais aos quais o Município de São Paulo apresenta maior vulnerabilidade são aqueles associados aos Sistemas Tecnogênicos de Canais e Reservatórios e de Movimento de Massa, respectivamente as enchentes e inundações e os movimentos de massa. A potencialização da ocorrência destes riscos está relacionada ao reflexo das chuvas que, apesar de ser um evento natural, as próprias características do município como relevo, intensa impermeabilização e baixo índice de cobertura vegetal influenciam no seu regime e intensidade.

A consolidação de políticas públicas que possibilitem a implementação de gerenciamento dos efeitos da ocorrência de eventos relacionados aos riscos ambientais sobre o município, demanda a elaboração e implementação de planos de ação continuada, como os

Plano Diretores de Defesa Civil e, mais especificamente para os períodos de chuva, o Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC.

Para o planejamento e elaboração destes planos, em especial o PPDC que no município de São Paulo relaciona um processo natural sobre os produtos de uma ação tecnogênica, é fundamental e imprescindível o levantamento, caracterização e mapeamento desses riscos relacionados ao Sistema Tecnogênico de Movimento de Massa.

4.2.4. Sistemas Tecnogênicos de Áreas Contaminadas

Dentro do Sistema Tecnogênico de Urbanização, não se pode deixar de abordar os processos de contaminação do solo existentes no município de São Paulo e que estão inseridos e classificados como Sistema Tecnogênico de Áreas Contaminadas.

Segundo Chemekov (1982), as áreas contaminadas são também classificadas como um depósito tecnogênico, só que modificado, e que se caracterizam por depósitos naturais que foram alterados tecnologicamente através da contaminação pela percolação de efluentes, que podem ser consequência da disposição inadequada de resíduos industriais, atividade mineral, agricultura (pesticidas/agrotóxicos), vazamento de combustíveis, chorume e outros poluentes que venham a alterar as características naturais destes depósitos.

Para uma correta abordagem deste sistema tecnogênico é necessária a conceituação dos termos poluição, contaminação e área contaminada. As áreas contaminada podem já estar consolidadas, como os cemitérios, postos de gasolinas, sistemas de tratamento e disposição final de resíduos, etc., os quais dentro do gerenciamento ambiental são tratados como passivos ambientais.

Branco(1991) define o termo contaminação como sendo a introdução no meio ambiente de organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou outros elementos, em

concentração que possam afetar a saúde pública. Já o termo poluição, segundo o mesmo autor, diz respeito a qualquer alteração ou transformação das características do meio de forma a afetar a saúde, segurança e bem estar do homem e a vida da fauna e flora. Portanto, a contaminação é um caso particular de poluição.

Gloeden (1999), a partir de uma ampla discussão sobre o termo “áreas contaminadas”, enfocando tanto os aspectos legais como a abordagem de diversos autores, define-as como área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural.

Tanto neste tipo de sistema como nos demais, chama-se muito a atenção para toda uma dinâmica que envolve diversos processos e áreas/depósitos, formas de gerenciamento e monitoramento, mas o que se observa é uma sutil abordagem do conceito tecnogênese, ficando muito claro e evidente que a ação humana é considerada como um detalhe ou um mero acaso. Como contraponto, Gloeten (1999) define área contaminada como sendo um local onde, como resultado das atividades humanas, resíduos estão presentes ou a poluição dos solos e águas subterrâneas ocorrem ou podem ocorrer.

Com relação aos produtos e feições relacionados a este sistema tecnogênico, destaca-se a importância da sua localização, bem como quantificar os riscos que os mesmos oferecem à população. No Município de São Paulo, estes sistemas tecnogênicos são consequência de passivos ambientais relacionados diretamente à atividade industrial, postos de gasolina, cemitérios e antigos depósitos de resíduos sólidos domésticos e industriais.

Dentro dos tecnógenos relacionados a áreas contaminadas, devem ser registrados os locais da cidade com disposição inadequada de resíduos industriais, principalmente nas

regiões mais periféricas. Além disso, muitos antigos “lixões” existentes na cidade receberam clandestinamente durante muito tempo resíduos diversos e com potencial poluidor, constituindo hoje um grande risco para as populações residentes sobre ou nas proximidades destes locais.

Com o encerramento de suas atividades, muitas indústrias deixaram um quadro de contaminação em decorrência da disposição de produtos com grande potencial tóxico enterrados no próprio local. Como exemplos podem-se citar o caso da Shell, na Vila Carioca na zona sudeste, e o da Ocupação da Fazenda da Juta, zona leste, que foi assentada sobre uma grande quantidade de material tóxico. Em outras áreas do município encontram-se situações semelhantes que a qualquer momento poderão surgir caracterizando risco à população residente nas proximidades destes locais..

Nos locais onde a ocorrência deste sistema é conhecida, é mais fácil o próprio monitoramento ambiental, como os aterros sanitários desativados e em funcionamento, os cemitérios-jardim, principalmente os mais antigos como o São Luiz na zona sul, o Cachoeirinha na zona norte e o de Vila Formosa na zona leste. Outros locais com grande potencial de ocorrência deste tipo de sistema são os postos de combustíveis, principalmente os estabelecimentos mais antigos, localizados na região mais central do município, e outros pontos onde esta atividade não apresenta o controle ambiental adequado.

Segundo dados fornecidos pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental-CETESB e apresentados pelo GEO CIDADES (2004), o Município de São Paulo possui 11 áreas com suspeita de contaminação e 410 áreas contaminadas. Dentre estas, cerca de 80% foram contaminadas pela atividade de distribuição de combustível em postos de abastecimento (figura 4.17).

Figura 4.17 – Quantidade de áreas contaminadas por distritos
Extraído de GEO CIDADES (2004)

4.3. Sistemas Tecnogênicos de Mineração

Na discussão e entendimento dos Sistemas Tecnogênicos de Mineração deve-se adotar enfoque regional, uma vez que a localização dos ambientes destes sistemas tecnogênicos é condicionada pelos aspectos geológicos, não respeitando os limites políticos dos municípios envolvidos. Na cidade São Paulo, que está inserida na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, a atividade mineral está relacionada principalmente à produção de agregados para a construção civil como a areia e a brita.

Tomando como referência um horizonte de cerca de quarenta anos atrás, quando se iniciou a estruturação da Região Metropolitana de São Paulo até os dias de hoje, podemos

mensurar melhor o valor aproximado da produção de agregados neste sistema. Segundo CUCHIERATO (2000) o consumo anual de agregados na RMSP é da ordem de 4,2 toneladas/habitante, sendo o dobro da média nacional, mas um valor que não atende a necessidade de consumo anual da RMSP, que é de 12,6 toneladas/habitante. Na figura 4.18 é apresentada evolução do consumo de agregados no Município de São Paulo, no período de 1950 a 2000, tomando-se como referência o consumo de 4,2 ton./hab/ano e os dados de população da Fundação SEADE. Segundo tais estimativas, o valor de consumo total de agregados no ano 2000 girou em torno 43,7 milhões de toneladas.

Figura 4.18 - Evolução do consumo de agregados no município de São Paulo
(Fonte: CUCHIERATO,2000 e FUNDAÇÃO SEADE, 2007)

Analisando alguns aspectos que envolvem a atividade mineral, fica claro que toda a técnica ou sistemática envolvida desde a obtenção do bem mineral, com remobilização de grandes volumes de materiais, bem como os impactos ambientais e riscos associados, abordados em Bitar (1997), podem ser caracterizados como uma expressiva ação humana sobre o meio. Nesse sentido, toda esta “ação humana” enquadra-se na definição já apresentada por Oliveira (1995) que define tecnogênese como conjunto de processos por meio dos quais os seres humanos atuam na produção econômica ou em qualquer outra

atividade que envolva objetos e a apropriação de materiais. Esta vinculação da atividade mineral à tecnogênese foi reforçada no estudo realizado por Nolasco (2002).

Os Sistemas Tecnogênicos de Mineração, face à complexidade dos empreendimentos mineiros, encontram-se interligados a outros sistemas tecnogênicos, tais como os de disposição de resíduos e de áreas contaminadas. Em muitas áreas de extração de areia e de brita foram desenvolvidos projetos de reabilitação e implantação de outros usos do solo. Estes processos de reabilitação podem ser enquadrados dentro dos Sistemas Tecnogênicos de Reabilitação de Áreas de Mineração.

Diante deste quadro é notório que os Sistemas Tecnogênicos de Mineração mostram-se dinâmicos, integrados e desencadeadores de outros sistemas tecnogênicos, ficando claro que a ação do Homem é permanente e determinante, tanto na implantação da mineração, através da remobilização de grandes volumes de material, como reabilitador, quando estrutura e sustenta a implantação de outros usos do solo. Por outro lado, como o Homem, no seu processo de apropriação, estruturação e manutenção da cidade, continua demandando volumes crescentes de agregados, faz-se necessário a importação destes materiais de outros municípios, principalmente areia, a uma distância superior a 200 km. Esta é a situação atual do município de São Paulo, que consome areia provinda do Vale do Paraíba e do Vale do Ribeira..

No cenário geral da mineração na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, a areia e brita ganham grande importância em face da grande oferta destes agregados, decorrência das características geológicas da RMSP, e também pela proximidade dos centros consumidores. No caso do município esta oferta situa-se num raio de até 80 km, o que facilita a distribuição e também o custo do produto, pois o transporte é uma componente de peso na composição do preço final. Além destes aspectos, Cuchierato (2000) destaca os grandes

volumes de produção; um beneficiamento simples, principalmente na extração de areia e um baixo preço unitário como outras características dos agregados utilizados na construção civil.

Segundo GEO-CIDADES (2004), existem 11 empreendimentos mineiros ativos no município de São Paulo para produção de agregados, sendo que 8 deles são minas a céu aberto com uso de explosivo, para lavra de rocha britada, e 3 minas a céu aberto com extração de areia inconsolidada através de dragagem, mais conhecidas como portos de areia (figura 4.19).

Fonte: Cadastro do DNPM (www.dnpm.gov.br).

Figura 4.19 – Distritos no Município de São Paulo com minerações em atividade
Extraído de GEO CIDADES 2004).

Outros empreendimentos minerais existentes na cidade foram desativados, muitos pela exaustão das reservas, por problemas ambientais ou por conflitos com a vizinhança. Ressalta-se que muitos destes empreendimentos, seja por processos espontâneos ou planejados, foram reabilitados.

No município de São Paulo, os Sistemas Tecnogênicos de Mineração são caracterizados por dois sistemas, um de extração de areia, em franco declínio, outro de extração de brita, ainda em grande atividade e ainda um outro, de menor expressão, relacionada à lavra de caulim.

4.3.1. Sistema Tecnogênico de Extração de Brita

A localização das atividades extrativas de brita no Município de São Paulo foi condicionada pela domínios geológicos das rochas do embasamento cristalino (granitóides maciços e, em menor escala, por rochas gnáissicas) e pela ocupação da cidade. Assim dentre as oito minas ativas no município, quatro estão localizadas na região noroeste da cidade, na áreas das Subprefeituras de Perus e Pirituba; duas na Subprefeitura de Jaconã-Tremembé, extremo nordeste do município; uma na região leste - Subprefeitura de Guaianases e uma na região sul dentro dos domínios da Subprefeitura de Cidade Ademar (figura 4.20).

A relação entre o potencial que o Município de São Paulo tem para exploração de brita e o número de empreendimentos em atividade, pode-se observar que esta quantidade é muito pequena em contraponto à demanda necessária. Muitos podem ter sido os fatores que levaram a este quadro atual, com poucos empreendimentos em atividade. Esta situação justifica-se pelo fato de que muitas áreas potenciais para exploração brita ou tiveram suas superfícies tomadas pela ocupação ou estão inseridas em unidades de conservação, como é o caso do Parque Estadual da Cantareira, na região norte da cidade.

Figura 4.20 - Sistemas Tecnogênicos de Mineração – Extração de Brita

Além dos oito empreendimentos que hoje produzem brita, o município já registrou cerca de outros quinze que, após o encerramento de suas atividades, deram espaço para a implantação de outros usos do solo e que estão inseridos no Sistema Tecnogênico de Reabilitação de Áreas de Mineração.

A extração de brita que se desenvolve nas vertentes da face sul do maciço da Cantareira, zona norte do município, caracteriza-se pela intensa modificação do relevo e pela geração de grande quantidade de materiais oriundos do processo de decapeamento do manto de alteração.

No processo de extração, as feições geradas estão relacionadas à conformação dos taludes, que marcam as frentes de lavra, e pelas cavas formadas pela remobilização de material. Os taludes formados apresentam-se sub-verticais e escalonados com o seu avanço em dois sentidos, um principal em direção ao maciço, que está presente em todas as pedreiras, e outro, secundário em profundidade, a partir do nível topográfico original que se desenvolve em situações particulares em decorrência da estruturação do maciço.

Quanto à geometria das cavas, existem basicamente dois tipos, uma mais ampla que se desenvolve acompanhando a superfície da vertente e outra originada a partir do avanço em profundidade da frente de lavra, de formato mais fechado e circular. Em decorrência da geometria destas feições, registra-se uma ampla utilização destas áreas em processos de reabilitação, principalmente para a disposição de resíduos.

Outra feição típica dos ambientes de extração de brita, diz respeito às imensas pilhas do material britado acumulado de forma temporária e que constitui um estoque estratégico para atendimento permanente da demanda destes agregados (Figura 4.21).

Figura 4.21 Pedreira Basalto – Subprefeitura de Perus – Zona Norte. Destaque para a frente de lavra ao fundo e a pilha de material estocado

Com menor expressão existem feições relacionadas à instalação de processos erosivos e a formação de botas-fora, constituídos por materiais oriundos do processo de decapeamento do manto de alteração.

4.3.2. Sistema Tecnológico de Extração de Areia

Dentro da extração de agregados no município de São Paulo, a areia constituiu recurso mineral fundamental para o crescimento da cidade, além de gerar volume considerável de materiais remobilizados. Para a sua caracterização, dentro dos Sistemas Tecnológicos da Mineração, é fundamental o estabelecimento de uma cronologia da sua exploração, que foi marcada por um avanço na tecnologia de exploração, no aumento do material remanejado e na mudança dos locais de exploração dentro da cidade.

Na figura 4.22 pode-se observar o registro de onze áreas de extração de areia que se implantaram desde a década de 60 e que possuem suas áreas de exploração consolidadas em meio ao processo de urbanização. Deste total, oito estão em atividades e três encontram-se paralisadas, sendo que uma delas passou a constituir um novo sistema tecnogênico relacionado à disposição de resíduos.

Historicamente, as lavras de areia marcaram um primeiro ciclo deste bem mineral dentro dos Sistemas Tecnogênicos de Mineração. Até por volta de 1950, a extração de areia era desenvolvida predominantemente nas planícies aluvionares associadas aos rios Tietê e Pinheiros e afluentes, nos denominados “portos de areia”. Nesta fase, a extração era feita através da dragagem ou escarificação mecânica e o beneficiamento através de peneiramento e silos de armazenagem.

Em algumas drenagens localizadas nas regiões mais periféricas, a extração de areia era realizada de forma manual, sendo que o beneficiamento se resumia a peneiramento simples para separação da fração mais grossa do material.

Com processo de retificação dos rios Tietê e Pinheiros, estas áreas de extração deram lugar a implantação de outros usos do solo e constituíram outros ambientes tecnogênicos. Nesse sentido, a extração de areia também se caracteriza por um dinamismo e evolução para outros sistemas, abordados nos Sistemas Tecnogênicos de Reabilitação de Áreas de Mineração e no de Disposição de Resíduos.

Aliados a estas transformações, à demanda crescente de areia para a construção civil e à necessidade de produção próxima do centro consumidor, a partir de por volta 1960, a extração de areia passou a se instalar na região sul da cidade de São Paulo, marcando nova fase do processo extrativo. Esta mudança foi motivada tanto pelos aspectos geológicos, em

Figura 4.22 - Sistemas Tecnogênicos de Mineração – Extração de Areia

função da ocorrência de granitos com manto alteração propício à produção de areia por lavagem do material fino, como em função do baixo índice de ocupação desta região, localizada fora do eixo de crescimento leste-oeste da Região Metropolitana de São Paulo nos anos de 1960 e 1970.

Este novo pólo extrativo, que corresponde atualmente às áreas de domínios das Subprefeituras de Capela do Socorro, Parelheiros e Cidade Ademar, a partir de 1975 passou a fazer parte da região definida pela Legislação Estadual (Leis nºs 875/75 e 1.172/76) como área de proteção aos mananciais das bacias hidrográficas dos reservatórios Billings e Guarapiranga.

Outra mudança significativa, mesmo em termos tecnogênicos, se deu no processo de extração e beneficiamento da areia através do desmonte hidráulico do manto de alteração de rochas graníticas. Quanto ao beneficiamento, o material gerado pelo desmonte hidráulico, constituído de lama, é encaminhado para um tanque de lavagem para remoção dos finos. Na sequência, os resíduos finos (silto-argilosa) são decantados em lagoas ou depressões resultantes do processo extrativo e a fração de areia média/grossa encaminhada para o silo de distribuição. Quase toda a produção era consumida na própria região, que apresentava um rápido processo de ocupação. Situação semelhante ocorreu também nos municípios de Itapecerica da Serra e Embu-Guaçu.

A instalação deste sistema tecnogênico em área de proteção aos mananciais sempre gerou muita polêmica, principalmente pelos impactos negativos diretos, decorrentes da própria atividade extrativa, e indiretos, pela indução ao processo de ocupação. Por outro lado, a implantação deste sistema poderia ter sido fomentada pelo poder público, pois poderia ter desempenhado um papel positivo para a área de proteção aos mananciais no que

diz respeito ao controle da ocupação e, no processo de reabilitação, com áreas favoráveis à deposição de resíduos inertes.

Ressalta-se que além do aspecto evolutivo, o gerenciamento racional de determinados sistemas tecnogênicos pode contribuir para a melhoria da cidade, neste caso com relação à proteção dos mananciais e a possibilidade da adequada disposição de resíduos sólidos. Posteriormente estas áreas poderiam ser reabilitadas, com a implantação de novo tipo de uso, compatível com a proteção dos mananciais.

As feições tecnogênicas produzidas no processo de extração de areia, sejam nas planícies aluvionares ou sobre o manto de alteração de rochas graníticas, são mais expressivas e com geometria variada.

Nas planícies aluvionares a principal feição está relacionada às cavas formadas a partir da superfície do terreno. Pela baixa profundidade do nível freático, estas cavas passam inicialmente a ser preenchidas pela água do lençol freático. Na grande maioria das cavas formadas teve-se a instalação de sistemas tecnogênicos de deposição de materiais inertes e de resíduos sólidos doméstico. Esta situação permitiu a recomposição da superfície topográfica original e propiciou a instalação de sistemas tecnogênicos de reabilitação.

Na produção de areia a partir do manto de alteração de rochas graníticas, além dos taludes formados nas frentes de lavra, tem-se a formação de feições caracterizadas como lagoas de decantação de materiais finos oriundo do processo de lavagem. Estas feições possibilitam o estabelecimento de uma analogia entre estas lagoas e os depósitos sedimentares naturais. Essas lagoas são formadas a partir da decantação de finos na fração silte e argila oriunda do processo de lavagem do material extraído, pois evita que estes finos sejam carregados para as drenagens da região ou mesmo aos reservatórios Billings e Guarapiranga,

no caso dos empreendimentos localizado na região sul do município, gerando impactos sobre a biota e capacidade de reservação.

Muitas destas lagoas em área de mineração já desativadas, e constituídas quando o processo de beneficiamento era rudimentar, são objeto de um novo beneficiamento através da relavagem do material já decantado. Na figura 4.23 observa-se uma lagoa de decantação de finos que, pela retirada do material do entorno, expôs boa parte do depósito e exemplifica uma feição presente em todas as extrações de areia em manto de alteração de solo. Neste caso é possível estabelecer-se uma analogia com sistemas deposicionais naturais e caracterizados pelo aporte de sedimentos finos em um ambiente de baixa energia. O processo de constituição desta lagoa permite-nos estabelecer a relação material com o produto, sendo a fonte de sedimentos a etapa de beneficiamento onde se realiza a lavagem do manto de alteração e separação gravimétrica. A fração grossa é direcionada aos silos para distribuição, já a fração fina é direcionada à lagoa de decantação, cuja construção faz-se através da implantação de uma barragem que confina uma porção da antiga frente de lavra e que, geralmente, apresenta uma lâmina d'água que diminui a medida que desenvolve o processo de colmatagem. A fração fina chega à lagoa na forma de uma poupa que em contato com a água sofre uma dispersão e na sequência decanta no fundo da lagoa. Como este processo não é contínuo, pois o beneficiamento apresenta interrupções, ao final do processo observa-se o registro de estratificações.

Na figura 4.24 tem-se uma vista aérea de uma mineração de brita localizada na Subprefeitura de Perus que extrai areia do manto de alteração da rocha granítica., onde observa-se os taludes que foram implantados para a formação da lagoa para a decantação de finos.

Figura 4.23 – Lagoa de decantação de finos em antiga extração de areia em manto de alteração. Destaque para estratificação – Zona Sul

Figura 4.24 – Vista aérea de lagoa de decantação de finos em extração de areia em manto de alteração – Zona Norte

4.3.3. Sistemas Tecnogênicos de Reabilitação de Áreas de Mineração

A partir da análise de vários empreendimentos minerários na RMSP, Bitar (1997) apresenta os impactos ambientais e riscos associados à atividade, onde se destacam: a supressão da vegetação; modificações nas características das superfícies topográficas; aceleração dos processos erosivos; indução de escorregamentos; modificações dos cursos d'água; assoreamento e entulhamento de canais; lançamento de fragmentos à distância e propagação de vibrações no solo. O autor também estudou a reabilitação de áreas degradadas pela mineração na Região Metropolitana de São Paulo.

Em diversos locais da cidade de São Paulo, são encontrados exemplos de vários tecnogênicos que reúnem condições para que as respectivas áreas passem a ser objeto de um processo de reabilitação. Assim, os sistemas tecnogênicos de reabilitação de áreas de mineração são marcados por dinamismo e que podem evoluir para um sistema tecnogênico posterior. Nestes processos de reabilitação é destaca a produção de ambientes tecnogênicos pós-mineração, estudados por Bitar (1997), e que precederam a implantação de novos usos do solo.

Na Figura 4.25, pode-se observar que a grande maioria das áreas de extração de areia das planícies aluvionares dos canais do Tietê e Pinheiros, principalmente pelas características topográficas e inserção em áreas urbanas consolidadas, deram espaço para novos usos do solo relacionados a moradias, serviços e equipamentos de lazer. Quanto às pedreiras, pelas suas dimensões e localização em áreas mais periféricas, estas foram destinadas ao uso para disposição de resíduos sólidos domésticos e inertes.

Figura 4.22 - Sistemas Tecnológicos de Reabilitação de Áreas de Mineração

Dentre estes locais, destacamos antigas áreas mineração de areia e brita que tiveram suas atividades paralisadas. As pedreiras caracterizam o primeiro ambiente tecnogênico a partir do ambiente geológico (Carvalho & Prandini, 1998), seguido da sua utilização como área de disposição de resíduos sólidos, que configuram a segunda etapa no processo tecnogênico. Com o restabelecimento de parte da topografia original, um novo uso pode ser dado a estes espaços.

Dentre os vários exemplos deste processo de evolução de sistemas tecnogênicos, podemos destacar algumas pedreiras que tiveram suas atividades encerradas seja pelos impactos gerados, ultra-lançamentos e sismos induzidos, como pela falta de áreas para expansão da exploração. Nesta fase está instalado um conflito envolvendo de um lado a atividade mineral e do outros os diversos usos do solo. Nestas duas situações, tem-se como exemplo a Pedreira Jaguaré (Construcap), que hoje abriga o Hipermercado Extra (figura 4.26), e a Pedreira Lauzane Paulista, que após a paralisação das atividades propiciou a implantação do Aterro Sanitário homônimo. Segundo Silva (2001), este aterro sanitário esteve em operação durante o ano de 1974, sendo reabilitado em 1997 para a implantação do Supermercado Berganini.

A partir de sistemas tecnogênicos de extração de areia, podemos destacar algumas áreas da antiga várzea do Rio Pinheiros que hoje estão ocupadas pela Companhia City, com loteamentos de alto padrão, além da implantação de um bota-fora de resíduos diversos onde hoje existe o Parque Villa-Lobos (figura 4.27). Nesta mesma região, existe também a raia olímpica da USP que anteriormente forneceu areia para a construção dos prédios da cidade universitária.

Figura 4.26 – Antiga área de extração de brita rehabilitada para a instalação do Hipermercado Extra – Jaguaré –Zona Oeste. Destaque para a antiga frente de lavra

Figura 4.27 – Área do Parque Villa-Lobos. Inicialmente extração de areia na planície aluvionar do rio Pinheiros, em seguida disposição de inertes e atualmente rehabilitada para a implantação do parque

Na várzea do Tietê destaca-se a região de Vila Guilherme, na qual antigas áreas de extração de areia passaram a abrigar diversos “lixões” e atualmente abrigam um complexo de serviços constituídos pelo Center Norte.

5. CONCLUSÕES

A aplicação do estudo de sistemas para caracterização da evolução dos tecnógenos, utilizada na presente dissertação de mestrado, permitiu uma visão integrada dos diversos estudos realizados sobre o tema no Município de São Paulo.

O atual estágio da evolução do conhecimento sobre tecnógenos já superou a discussão sobre a influência ou não da ação antrópica como agente geológico. Atualmente, a discussão reside na necessidade de abordagem integrada dos sistemas tecnogênicos, como proposto no presente trabalho.

No caso do Município de São Paulo, os estudos realizados até o momento foram feitos de forma compartimentada, ou seja, referem-se a estudos específicos sobre a mineração, sobre áreas de risco geológico, sobre disposição de resíduos, entre outros, porém sem integração entre os mesmos.

Tentativa de integração de estudos foi feita com a elaboração do Atlas Ambiental do Município de São Paulo, não apenas das áreas ligadas ao meio físico. Porém, nesse trabalho, faltou a visão sistêmica e registro da dinâmica entre os sistemas tecnogênicos.

Considera-se o início da evolução dos sistemas tecnogênicos, no Município de São Paulo, a ocupação pelos jesuítas no período colonial. Não se considera como tecnógeno a ocupação pré-histórica, ao menos para a área deste município.

De uma certa forma, considera-se a fundação da cidade de São Paulo marco inicial da implantação não apenas dos Sistemas Tecnogênicos no Município de São Paulo como em todo território brasileiro. Isto se deve ao fato de ser considerada a Missa de 25 de Janeiro de 1554 a primeira a reunir todos elementos que iniciaram a formação territorial, ou seja, os

colonos portugueses, índios, mamelucos e representantes da Coroa Portuguesa, a partir da qual o Pátio do Colégio passou a ser o centro irradiador do processo de ocupação do interior do Brasil.

Outro aspecto fundamental a ser considerado na evolução tecnogênica no Município de São Paulo é o fato de grande parte de sua área geográfica ser caracterizada pelas várzeas dos rios Tietê e Pinheiros, impróprias para agricultura. Essa característica possibilitou a implantação dos canais de retificação desses rios, com objetivo de gerar energia elétrica, o que somente foi possível em função do custo relativamente baixo destas terras. Se, ao contrário, essas áreas fossem favoráveis ao cultivo, provavelmente não teria sido implantando todo o sistema de canais atualmente existente. A metrópole provavelmente não teria crescido sem disponibilidade de energia elétrica, a qual viabilizou a expansão industrial pós-ciclo do café.

Outro fator preponderante para evolução dos Sistemas Tecnogênicos de São Paulo teria sido a disponibilidade de bens minerais para construção civil, principalmente areia e brita, sem os quais, provavelmente o crescimento da metrópole ou teria ritmo mais lento ou seria de custo mais elevado.

Na análise da evolução tecnogênica (figura 5.1.), foi de fundamental importância a implantação inicial dos Sistemas Tecnogênicos de Canais para gerar energia elétrica. A implantação dos canais proporcionou a drenagem das antigas áreas de várzeas, permanentemente inundadas e, por esse motivo, não ocupadas, formando o que Aziz Ab'Sáber denominou “terraços antrópicos”.

Figura 5.1. Esquema evolutivo dos Sistemas Tecnogênicos no Município de São Paulo.

Com a implantação dos Sistemas Tecnogênicos de Canais, concomitante ao crescimento urbano, consequência da disponibilidade de energia elétrica e crescimento industrial de São Paulo, deu-se início à franca expansão dos Sistemas Tecnogênicos de Urbanização, o qual tem como marco a implantação das marginais dos canais do Tietê e Pinheiros.

Concomitante ao crescimento dos Sistemas Tecnogênicos de Urbanização, dá-se o franco desenvolvimento dos Sistemas Tecnogênicos de Mineração. Os problemas ambientais decorrentes da ocupação urbana, principalmente aqueles associados às inundações, passam a

ser resolvidos parcialmente com a implantação de reservatórios de retenção, mais conhecidos como piscinões, os quais atualmente constituem novo e significativo sistema tecnogênico.

O estudo da dinâmica dos reservatórios de retenção na forma de sistema tecnogênico requer análise integrada com os processos erosivos que ocorrem nas cabeceiras, os quais podem ser monitorados através do estudo das taxas de sedimentação nos reservatórios e canais.

A análise dos sistemas tecnogênicos do Município de São Paulo demonstra o dinamismo entre os diversos sistemas, os quais devem ser abordados em conjunto e não de forma isolada. Desta forma, através do mapeamento e caracterização desses sistemas, essa forma de abordagem torna-se importante instrumento de planejamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB' SÁBER, A.N. 1980. Súmula geomorfológica do Planalto Paulistano. In: MESA REDONDA ASPECTOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, 1980, São Paulo, SP, Atas, ABGE, SBG – Núcleo São Paulo, p. 33-36.
- AB'SÁBER, A.N. 2004. "A revanche das águas" in São Paulo: Ensaio Entreveros / Aziz Nacib Ab'Sáber – São Paulo: Edusp, 2004.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. 2004b. "O sítio urbano da aglomeração inicial", in São Paulo: Ensaio Entreveros / Aziz Nacib Ab'Sáber – São Paulo: Edusp, 2004b.
- ALMEIDA F.F.M.DE 1964. *Fundamentos geológicos do relevo paulista*. São Paulo, Inst. Geogr. Geol., Boletim 41, p. 167-263.
- ALMEIDA F.F.M.de 1976. The System of Continental Rifts Bordering the Santos Basin, Brazil. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **48**(Supl.):15-26.
- ALMEIDA, F.F. M. de 1958. O Planalto Paulistano. In: A Cidade de São Paulo. São Paulo, Associação dos Geógrafos Brasileiros, p. 113-167.
- ANGELO, C. 2005. O homem tatu. In: Folha de São Paulo, Caderno Mais. 27.03.2005.
- BARTALINI, V. 2006. A trama capilar das águas na visão cotidiana da paisagem. *Revista USP*, 70:88-97.
- BITAR, O.Y. 1997. Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo. , 1997. 1 v. Tede (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- BOYD, D.R. & DYER, B.F. 1964. Frio Barrier System of South Texas. Trans. Gulf Coast Assoc. Docs, 14:309-322.
- BRANCO, S.M. 1996. O meio ambiente em debate. São Paulo:Editora Moderna, 1996.88p
- CALDEIRA, J. 1995. Mauá – Empresário do Império. Companhia da Letras, 5ª Impressão, São Paulo, SP.,1995. 557p.
- CAMPAGNOLI, F. 2002. A aplicação do assreamento na definição de geoindicadores ambientais em áreas urbanas – Exemplo na Bacia do Alto Tietê, SP. São Paulo, Tese (doutoramento), Escola Politécnica USP, 2002.
- CANIL, K. 2004. Indicadores geoambientais para áreas de produção de sedimentos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pirajussara, São Paulo (SP). In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA –USP, II, 2004, p.246-259.
- CARNEIRO, C.D.R.; CUNHA, C.A.L.; CAMPANHA, G.A.C. 1995. A escala do tempo geológico, o tecnógeno e a "qualificação" da atividade humana. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.25, n.3, p.207-208, 1995.
- CARNEIRO, C. D. R. ; CUNHA, C. A. L. ; CAMPANHA, G. A. C.. 1993. A teoria e a prática em geologia e seu eterno retorno. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 23, n. 4, p. 340-346, 1993.
- CARVALHO, C.M.O. & MORAES, R.V. 2004. Estudo da paisagem aplicado junto à Represa da SABESP de Presidente Prudente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

- GEOLOGIA, 42., 2004, Araxá. Anais eletrônicos.. Araxá: SBG, 2004. Disponível em: <<http://www.igeo.uerj.br/IVCBG-2004>>. Acesso em: 11 jul 2005.
- CARVALHO, E.T.; PRANDINI, F.L. 1998. Áreas urbanas. In: *Geologia de Engenharia*. OLIVEIRA, A.M.S & NERTAN, S., editores, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Oficina de Textos, São Paulo, SP, 1998. P. 487-497.
- CASTRO, P. T. A. 2005. O Tecnógeno e as idéias de Vernadsky. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA, 2005, Guarapari. Anais do X Congresso da ABEQUA, 2005.
- CERRI, L. E. da S. & AMARAL, C.P. do 1998. Riscos Geológicos. In: *Geologia de Engenharia*. OLIVEIRA, A.M.S & NERTAN, S., editores, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Oficina de Textos, São Paulo, SP, 1998. P. 301-310.
- CHEMEKOV, Y. 1982 Technogenic deposits. Moscou INQUA CONGRESS, 11. v.3, p.62.
- CHRISTOFOLETTI, A. 2002. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo,. 236p.
- COIMBRA A.M., RICCOMINI C., MELO M.S. de 1983. A Formação Itaquaquetuba: evidências de tectonismo no quaternário paulista. In: SBG, Simp. Reg. Geol., 4, São Paulo, 1983. Atas..., São Paulo, p. 253-266.
- COLTRINARI, L. McCALL, G.J.H. 1996 Workshop internacional sobre indicadores de mudanças ambientais. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, nº 74, p.83-88, 1996
- COUTINHO, J.M.V. 1980. Mapa geológico da Grande São Paulo 1: 100 00. São Paulo, SP, EMPLASA. a
- COUTINHO, J.M.V. 1980. Relações litológicas e estruturais da Bacia de São Paulo com o Pré-Cambriano circunvizinho. In: MESA REDONDA ASPECTOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, 1980, São Paulo, SP, Atas, ABGE, SBG – Núcleo São Paulo, p. 15-23.
- COZZOLINO, V.M.N. 1973. Tipos de sedimentos que constituem a Bacia de São Paulo. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, USP, São Paulo.
- CUCHIERATO, G. 2000 *Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da Região Metropolitana de São Paulo*. região 2000, Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CRÓSTA, A.P.; KAZZUO-VIEIRA, C.; CHOUDHURI, A.; SCHRANK, A. 2005 Astroblema Domo de Vargeão, SC - Registro de impacto meteorítico sobre rochas vulcânicas da bacia do Paraná. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio114/sitio114.pdf>
- DAEE: 2006 Base de dados Disponível em <http://www.daee.sp.gov.br>- acesso em 27 out 2006.
- DAEE 2007 Base de dados Disponível em <http://www.daee.sp.gov.br>- acesso em 12 fev 2007
- DELATTRE, P. 1981. Teoria dos Sistemas e Epistemologia. Lisboa, A regra do Jogo, (Cadernos de Filosofia, 2).
- DONATO, H. 1971. Peabiru. Comentário, (Revista do Instituto Histórico-Geográfico de São Paulo, 48:3-16.

- FANNING, D.J. ; FANNINF, M.C.B. 1989 Soil: morphology, gênese and classification. New York: John Wiley & Sons.
- FARIAS, A.A. DA C. 2000. A Light e a utilização dos recursos hídricos da Bacia do Alto Tietê para geração de energia elétrica. *Notas Ambientais*, 24.
- FIGUEIREDO, R.B 1994, Engenharia social: soluções para áreas de risco. São Paulo: Makron Books, 251 p.
- FISHER, W.L. & McGOWEN, J.H. 1967. Depositional systems in Wilcox Group (Eocene) of Texas and their relation to occurrence of oil and gas. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, 53(1):30-54.
- FRAZÃO, R.H. 2007. O emprego do GPR na caracterização da superfície d depósitos de fundo da represa Guarapiranga, São Paulo. 2007. 132 p. + anexos. Dissertação (Mestrado) – Instituto Astronômico e Geofísico, São Paulo, São Paulo, 1992.
- FUJIMOTO, N.S.V.M. 2002. Implicações ambientais na área metropolitana de Porto Alegre – RS: Um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana. *Revista GEOUSP – Espaço e Tempo*, São Paulo, nº 12, 2002. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/geousp12>. Acesso em: 11jul2005.
- GALLOWAY, W.E. 1979. Introduction: the concept of natural systems. In: GALLOWAY, W.E.; KREITLER, C.W.; Mc GOWEN, J.H. eds. *Depositional and Ground Water Flow Systems in the Explorations for Uranium*. Austin, Bureau of Econ. Geol. The University of Texas, 423 p.
- GEO cidade de São Paulo: panorama do meio ambiente urbano/SVMA/IPT – São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente; Brasília:PNUMA, 2004.
- GLOETEN, E. 1999 Gerenciamento de áreas contaminadas na Bacia Hidrográfica do reservatório Guarapiranta. São Paulo, IGcUSP. Tese(Doutorado) 1999, 225p..
- GUIANNINI, P.C.F. 1993 Sistemas Depositionais no quaternário costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, SC. São Paulo, IGc-USP, Tese Dout., 278p.
- GREGORY, K.J. 2007. The human role in changing river channels. *Geomorphology* (in press).
- HAYES, M.O. & SCOTT, A.J. 1964. Environmental complexes, South Texas coast. *Tans. Gulf Coast Assoc Geol. Soc.* 14:237-240.
- HOOKE, R. Le B. 2000. On the history of humans as geomorphic agents. *Geology*, 28(9):843-846.
- INSTITUTO BRASILEIROS DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Dados do censo democrático 2000. São Paulo: IBGE 2001. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 21 de junho de 2006.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS-IPT. Bases técnicas para prevenção e controle da erosão na Bacia do Ribeirão Pirajussara, municípios de São Paulo, Taboão da Serra e Embu – Projeto Erosão Zero. São Paulo, 2004. (Relatório Técnico, 68.387)
- JULIANI C. 1993. Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque na região das serras do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da Cidade de São Paulo, SP. São Paulo, IGc-USP, Tese Dout., 803 p.

- KELLER, E.A.1982. Environmental geology. 3ª ed. Columbus: Charles E. Merrill Pub. Company, 1982. 526p.
- LUIS, W. 1980 Na Capitania de São Vicente. Coleção Reconquista do Brasil. EDUSP, São Paulo, 357 p.
- LISBOA, T.H.C. 2004. Os depósitos tecnogênicos e a alteração da linha de costa do Distrito Sede de Florianópolis. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 85 p.
- MARQUES, E.; TORRES, H.; SARAIRA, C.2003. Favelas no município de São Paulo – estimativa de população para os anos de 1991, 1996 e 2000. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL- ANPUR, 10, Belo Horizonte, 2003.
- MEZZALIRA S. 1989. *Os fósseis do Estado de São Paulo*. São Paulo, IGG, Série Pesquisa, 155 p.
- MIRANDOLA, F.A.;MACEDO,E.S.;GRAMANI,M.F.2005. Mapeamento de depósitos e feições tecnogênicas associado ao zoneamento de risco geológico na área da favela Real Parque, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL-ABGE, 11, Florianópolis,2005.C
- OLIVEIRA, A .M.S. A 1995. Abordagem geotecnogênica: a Geologia de Engenharia no quinquênio. In: BITTAR, O.Y. (coord.) Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo: IPT/ABGE, 1995. p. 231-241.
- OLIVEIRA, A M S ; BRANNSTROM, C ; NOLASCO, M ; PELOGGIA, A U G ; PEIXOTO, M N ; COLTRINARI, L 2005.. Tecnógeno: registros da ação geológica do homem. In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E.. (Org.). QUATERNÁRIO DO BRASIL. SÃO PAULO - RIBEIRÃO PRETO: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO - HOLOS ED., 2005, v. , p. 363-376.
- OLIVEIRA, A. M. S. ; QUEIROZ NETO,J.P. 1994 . Depósitos tecnogênicos induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista.. Boletim Paulista de Geografia, n. 73, 1994.
- OLIVEIRA, A.M.S. 1990. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In:Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, 1990, Salvador, Atas... ABGE, v. 1, p. 411-415.
- OLIVEIRA, A.M.S. 1994. Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios. Exemplo do reservatório de Capivara, Rio *Paranapanema*, SP/RJ. São Paulo, v. 1, 211 p. (Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo).
- OLIVEIRA, A.M.S. 1995. A abordagem geotecnogênica: a Geologia de Engenharia no Quinquênio. In: Bitar, O.Y. (coord.) *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente*, São Paulo, IPT/ABGE, p.231-241.
- OLIVEIRA, A.M.S. 1990. Depósitos tecnogênicos associados a erosão atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., 1990.Salvador. Atas.... Salvador: ABGE, 1990, v.1, p.411-415.
- OLIVEIRA, A.M.S. 1994. Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios. Exemplo do reservatório de Capivara, Rio Paranapanema,SP/PR .1994. 1v. Tese (Doutorado) -

- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- OLIVEIRA, A.M.S.; BITAR, O.Y.; FORNASARI, N.F. 1995. Geologia de Engenharia e Meio Ambiente. *In*: Bitar, O.Y. (coord.) *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente*. São Paulo, IPT/ABGE, p.7-15.
- OLIVEIRA, A.M.S.; QUEIROZ, J.P.,NETO; CARLSTRON, C.FILHO; SALOMÃO, F.X.T.; KERTZMAN, F.F. 1992. Depósitos tecnogênicos no Planalto Ocidental Paulista: exemplos de Andradina e Bauru. *In*: Congresso da ABEQUA, 3,1992, Belo Horizonte, *Anais...* ABEQUA, p. 88-95.
- OLIVEIRA, M.C. & FIGUEIRÔA, S.F.M. 1984. Enchentes em São Paulo, um problema do século passado (Comentário do relatório de 1887 do Eng^o. Bianchi Betoldi). *Revista IG*, 5:55-58.
- PELOGGIA, A.U.G. 1995. Discussão do artigo “A Teoria e a Prática em Geologia e o Eterno Retorno” de Carneiro et al. (1993) em alguns aspectos relacionados. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(3):206-208.
- PELOGGIA, A. U.G. Goossens . O HOMEM E O AMBIENTE GEOLÓGICO: GEOLOGIA, SOCIEDADE E OCUPAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. 1. ed. SÃO PAULO: XAMÃ, 1998. 271 p.
- PELOGGIA, A. U.G. 1997 . A AÇÃO DO HOMEM ENQUANTO PONTO FUNDAMENTAL DA GEOLOGIA DO TECNÓGENO: PROPOSIÇÃO TEÓRICA BÁSICA E DISCUSSÃO ACERCA DO CASO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. *Revista Brasileira de Geociências*, SÃO PAULO, v. 27, n. 3, p. 257-268, 1997.
- PELOGGIA, A.U.G. 1995. AS COBERTURAS REMOBILIZADAS: DEPÓSITOS TECNÓGENOS DE ENCOSTAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. *Solos e Rochas - Revista Brasileira de Geotecnia*, v. 17, n. 2, p. 125-129, 1994.
- .
- PETRI, S. & FULVARO, V.J. 1965. Aspectos da sedimentação e estruturas sedimentares dos depósitos da represa Billings,. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*. São Paulo, 14(1-2):5-28.
- RICCOMINI C. 1989. *O Rift continental do Sudeste do Brasil*. São Paulo, IGc-USP, Tese Dout., 256 p.
- RICCOMINI C., COIMBRA A.M. 1992. Geologia da bacia sedimentar. *In*: A. Negro Jr., A.A. Ferreira, U.R. Alonso, P.A. Luz (eds). *Solos da Cidade de São Paulo*. ABMS/ABEF, São Paulo, p. 37-94.
- RICCOMINI C., MODENESI-GAUTTIERI M., FERRARI A.L., HIRUMA S.T., SANT'ANNA L.G. 2000. Origin and evolution of the continental rift of Southeastern Brazil. *In*: IUGS, International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro, 2000. *Post-Congress Field Trip Guides...*, Rio de Janeiro, 37 p. (AFT 10).
- RICCOMINI C., VELÁZQUEZ V.F., GOMES C.B. 2004. Tectonic controls of the Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism in central-southeastern Brazilian Platform. *In*: P. Comin-Chiaramonti, C.B. Gomes (eds). *Mesozoic to Cenozoic Alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. EDUSP-FAPESP, São Paulo, 2004. p. 1-26.

- RICCOMINI C., SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A. L. 2004. Evolução geológica do rift do sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto, (org.) *Geologia do continente sul-americano*. São Paulo: Beca, 2004. 647p.
- RICCOMINI, C.; TURCQ, B.J.; LEDRU, M.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, J.A. 2005. Cratera de Colônia, SP - Provável astroblema com registros do paleoclima quaternário na Grande São Paulo. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 26/5/2005 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio116/sitio116.pdf>
- RODRIGUES, C. 2005. Morfologia original e morfologia antropogênica da definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v.17, p.101-111, 2005
- RODRIGUES, S. K. & FIGUEIRA, R.M. 1992. O uso da projeção esférica na análise de estabilidade do Aterro Sanitário de Vila Albertina, São Paulo, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1992, São Paulo, SP, Atas Resumo, São Paulo: SBG, 1992, p.48-49.
- ROSA, F.S. 1980. O Planejamento urbano na região metropolitana da Grande São Paulo. In: MESA REDONDA ASPECTOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, 1980, São Paulo, SP, Atas, São Paulo: SABGE, SBG – Núcleo São Paulo, 1980. p. 155-168.
- RUBIN, J.C.R. 2002. Sedimentação quaternária, contexto paleoambiental e interação antrópica nos depósitos aluviais do Alto Rio Meia Ponte – Goiás – GO. 2003. 2 v. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 2002.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1998. História Ecológica da Terra, São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1998. 307p.
- SANT'ANNA L.G. 1999. Geologia, mineralogia e gênese das esmectitas dos depósitos paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil. São Paulo, IGc-USP, Tese Dout., 291 p.
- SILVA A. 1999. Evolução geológica da Bacia de São Paulo: contribuição da aquisição geofísica. São Paulo, IAG-USP, Tese Dout., 102 p.
- SILVA, F.A.N.. 2001 Avaliação ambiental preliminar de antigas áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos no município de São Paulo. 2001. Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. 104p.
- SOBREIRA, F. G. ; LIMA, H. M. de ; DOMINGUES, A. L. ; VICENTIM, F. V. 2005 . Alterações paisagísticas pela extração do ouro do século XVIII no distrito de Passagem de Mariana (município de Mariana, MG).. In: I Simpósio brasileiro sobre o Tecnógeno, 2005, Guarapari. Anais do X Congresso da Associação brasileira de estudos do Quaternário. São Paulo : ABEQUA, 2005. v. CD-ROM.
- SUERTEGARAY, D.M.A (Org.). 2003 Terra: Feições Ilustradas. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, 2003. 263p.
- SUGUIO K., BARBOUR A.P. 1969. Morfologia e gênese das estruturas limoníticas dos sedimentos da Bacia de São Paulo. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **41**:161-180.
- SUGUIO, K. 1980. Síntese dos conhecimentos sobre a sedimentação da Bacia de São Paulo. In: MESA REDONDA ASPECTOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS DA BACIA

SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, 1980, São Paulo, SP, Atas, ABGE, SBG – Núcleo São Paulo, p. 25-32.

SUGUIO, K. 2001. Geologia do quaternário e Mudanças ambientais: (passado+presente=futuro). São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 2001.366p.

SVMA Base de dados. Disponível em <http://www.prefeitura.sp.gov.br/svma/atlasambiental>
Acesso em 23 ago 2007 , 24 mar 2007

TAKIYA H. 1991. Aplicação de métodos estatísticos espaciais a dados geológicos da Bacia de São Paulo. São Paulo, IGc-USP, Dissert. Mestr., 109 p.

WILKINSON, B.H. & MCELROY, B. J. 2007. The impact of humans on continental erosion and sedimentation. GSA Bulletin, 119(1/2):140-156.