

territorium

territorium

territorium

territorium

REVISTA DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E
GESTÃO DE RISCOS NATURAIS

MINERVA
COIMBRA 01

Inundações e deslizamentos em São Paulo. Riscos da relação inadequada sociedade-natureza

Jurandyr Luciano Sanches Ross *

Resumo:

Neste artigo começa-se por apresentar os aspectos físicos da Área Metropolitana de São Paulo (Brasil), mas também do seu crescimento demográfico explosivo e a grande impermeabilização do solo. Inundações e deslizamentos são numerosos e por vezes induzidos pelo homem. Questiona-se sobre a maneira de reduzir os seus efeitos catastróficos.

Palavras chave:

Riscos naturais, inundações, deslizamentos, São Paulo.

Résumé:

Dans cet article on commence par la présentation des aspects physiques de l'Aire Métropolitaine de São Paulo (Brésil), mais aussi de son accroissement démographique explosif et la grande imperméabilisation du sol. Inondations et glissements de terrain sont nombreux et parfois créés par l'homme. On se demande sur la façon de réduire ses effets catastrophiques.

Mots clés:

Risques naturels, inondations, glissements, São Paulo.

Abstract:

The aim of this paper is to show the importance of floods and slope movements in the Metropolitan Area of São Paulo (Brazil). It begins with an introduction on physical and demographic characteristics of the Area, emphasizes the impermeabilization of the ground and finishes with some propositions in order to mitigate catastrophic situations.

Key words:

Natural hazards and risks, floods, slope movements, São Paulo.

Introdução

Os problemas vividos por parte da população paulistana, quanto a inundações e deslizamentos, se devem basicamente a dois grandes fatores: um natural e outro social. O natural está relacionado com as chuvas fortes de verão e as potencialidades de ocorrências sazonais de inundações em extensas planícies fluviais que margeiam os rios e córregos (riachos) que cortam as cidades da região metropolitana de São Paulo, e os deslizamentos de terras nas áreas de morros onde parte da cidade vem sendo edificada. O social, diz respeito a apropriação inadequada do relevo para a ocupação urbana, face ao crescimento rápido e descontrolado da cidade, sobretudo a partir

da década de sessenta/setenta do século XX, principalmente pela população de baixa renda migrante da zona rural, de pequenas e médias cidades do interior e de regiões como o nordeste brasileiro.

A alta taxa de impermeabilização do solo pela cidade, e a ocupação de planícies fluviais como dos rios Pinheiros, Tietê, Tamanduatei e dos córregos Pirajuçara, Aricanduva, Águas Espraiadas, Cabuçu de Cima, Cabuçu de Baixo e inúmeros outros menores, possibilitam a ocorrência várias vezes ao ano no período de verão, de inundações que afetam milhares de pessoas em suas casas alagadas e nos transportes interrompidos. São crescentes os pontos ou áreas de inundações/alagamentos, cadastrando-se em 1979 – 125, em 1982 – 246, e 1992 mais de 400, apesar dos mais de 100 milhões de dólares ano, que são gastos com desassoreamento dos rios e alargamento

* Professor de Geografia. Universidade de São Paulo (USP).

e canalização dos córregos. Chega-se a retirar ao ano 4.500.000 m³/ano de detritos (areia, lama e lixos) somente dos rios Tietê e Pinheiros na cidade de São Paulo.

A ocupação, nos últimos 30-40 anos, dos morros com vertentes muito inclinadas e solos espessos, favorece os escorregamentos, com numerosas ocorrências anuais. De setembro de 1994 a março de 1995, a Defesa Civil registrou 473 chamadas/ocorrências, sendo 45% relacionadas com deslizamentos de terra e 10% com deslizamentos de terra e inundação simultâneas. Embora os relevos esculpidos em rochas tipo mica xistos e filitos sejam os mais propícios aos deslizamentos, estes ocorrem com maior frequência nos cortes manuais e sem critérios técnicos, efetuados nas vertentes íngremes para compor plataformas (cortes e aterros conjugados), para as edificações de auto-construção.

São também comuns deslizamentos em aterros construídos, tecnicamente inadequados, com material heterogêneo, sobretudo, lixos, entulho, madeiras misturados aos detritos dos solos remanejados. Os deslizamentos ocorrem mais frequentemente nas favelas e bairros de auto-construção em morros, sendo muito disseminados descontinuamente pelas periferias das áreas urbanizadas da região metropolitana de São Paulo. Solução? Muitas tentativas, muitos sucessos parciais, mas cada vez mais coisas a serem feitas. São mais de 17 milhões de pessoas em 1.500 Km² de espaço urbanizado contínuo, com muitas carências.

Área Metropolitana de São Paulo: alguns aspectos naturais

A Região Metropolitana de São Paulo, localizada a leste do Estado de São Paulo, compreende uma extensão de 8500 Km², o que perfaz o equivalente a 1% do território nacional abrangendo 39 municípios, incluindo a Capital, que tem extensão de 1500 Km². Essa região apresenta uma população de 17 milhões de habitantes, o que equivale a aproximadamente 10% da população brasileira, e em torno de 25% do PIB nacional, ocupando 1% do território nacional.

Dois problemas graves relacionados aos riscos naturais se manifestam em todo período de verão com as chuvas intensas e concentradas, quais sejam: as inundações e os deslizamentos. Esses eventos causam grandes prejuízos econômicos, muitos estorvos e sofrimentos à sociedade como um todo, mas sobretudo às populações de baixa renda que residem nas já muito bem conhecidas "áreas de riscos". Esses problemas, entretanto, não podem ser atribuídos somente aos responsáveis pela administração pública, ou ao clima ou ainda à sociedade que acaba por habitar nessas áreas. Na realidade é uma questão

complexa, que envolve tanto aspectos da natureza como aspectos da sociedade em diferentes níveis.

Sem pretender esgotar o assunto, mas procurando focalizá-lo dentro de um contexto de totalidade geográfica, nos aspectos naturais sem dúvida destaca-se o fator climático com a tropicalidade e a sazonalidade pluvial de um lado e de outro os aspectos geomorfológicos e geológicos, que prevalecem na área onde a capital paulista e as demais cidades da Região Metropolitana foram edificadas. Já, no âmbito sócio-econômico, é preciso entender porque houve tão grande e acelerado processo de urbanização dessa área, sobretudo nos últimos 50 anos, e que urbanização é essa, que se prolifera indistintamente pelos mais diferentes ambientes naturais, independente dos riscos previsíveis que os seres humanos poderão correr pela inobservância de critérios técnicos para instalarem as moradias e o poder público implantar obras do sistema viário.

A Capital e as cidades da Região Metropolitana, vêm sendo construídas incessantemente sobre terrenos da Bacia Sedimentar Cenozoica de São Paulo, bem como nos relevos esculpidos em rochas do embasamento cristalino, conforme AB'SABER (1954), nos sedimentos argilosos, argilo-arenosos e conglomeráticos do Terciário Superior desenvolveram-se relevos em patamares amplos, terraços e espigões divisores d'água com topos aplanados ou convexos, com setores em patamares pouco inclinados, encontrando-se vertentes fortemente inclinadas preferencialmente nas cabeceiras de drenagem dos córregos tributários dos rios principais, hoje totalmente impermeabilizadas pelas ruas, avenidas e pelos edifícios.

Ao longo das margens dos rios principais como Tietê, Pinheiros, Tamanduatei, e de seus afluentes mais significativos, como os Córregos Aricanduva, Pirajuçara, Águas Espriadas, Cabuçu de Cima, Cabuçu de Baixo, Vermelho e um grande número de outros pouco menores, se desenvolveram planícies fluviais do Holoceno, que, pelas suas gêneses, são anualmente submetidas às inundações sazonais, associadas portanto às chuvas intensas de verão. Esses terrenos, que representam uma parcela muito pequena (menos de 5%) da superfície que delimita a Região Metropolitana, foram poupadas em grande parte pela urbanização até a década de 60/70 do século XX. Nessas terras, anualmente alagáveis, extraía-se areia, cascalho e argila para as construções da cidade. O crescimento urbano estendia-se preferencialmente nos terraços, patamares e colinas dos espigões principais e secundários esculpidos nos terrenos sedimentares da Formação São Paulo.

O crescimento acelerado com o vigoroso processo de industrialização, que o país passou a ter a partir da década de 50 e 60, com a entrada maciça de capital e tecnologia estrangeiros, a urbanização intensificou-

-se e o país progressivamente e muito rapidamente deslocou seu eixo de atenção da agricultura e pecuária para as indústrias e as cidades. A transferência intensa de populações rurais e interregionais para as cidades grandes e médias, à procura de melhores condições de vida, fez as cidades crescerem desordenadamente, e São Paulo é um bom exemplo desse processo nacional. Com isso, as planícies fluviais pequenas e grandes, e os morros esculpidos nas rochas do embasamento cristalino, que rodeiam a cidade, passaram a ser progressiva e intensamente urbanizados, através de loteamentos novos regularizados, mas também clandestinos e no bojo dessa dinâmica, a ocupação das áreas de riscos eminentes como os fundos de vales estreitos, as planícies e as vertentes muito inclinadas dos morros, inclusive cabeceiras de drenagem.

As condições climáticas, típicas de climas tropicais úmidos, com índices pluviométricos anuais que oscilam em torno de 1500 mm, com distribuição anual predominantemente concentrada nos meses quentes de verão, completam o estado geral dos riscos naturais acentuados pelas inserções dos seres humanos, que são as principais vítimas delas mesmo. CABRAL (1997), ao pesquisar as alterações climáticas na cidade de São Paulo, demonstrou, com as análises exaustivas sobre o comportamento das chuvas nos últimos 100 anos, que estas, vêm progressivamente aumentando seu total anual. Enquanto os totais anuais em geral atingiam um valor mediano de 1300 mm/a no primeiro quartel do século XX, com picos de no máximo 1500 mm/a, na segunda metade desse mesmo século os valores médios anuais estão ao redor de 1500 mm/a, com picos que alcançam mais de 2000 mm/a. Essa mesma pesquisa, coloca em evidência, que, mesmo no período de estiagem (meses mais secos), que se estendem de abril a setembro, se observa uma pequena tendência de aumento de volume de chuvas, variando de 300 mm (abril a setembro), no início do século, chegando a valores próximos de 400 mm mais no final do século. Fato semelhante, observa-se para os meses chuvosos, que se estendem de outubro a março, onde os valores oscilavam para totais abaixo de 1000 mm e que mais recentemente atingem totais entre 1000-1100 mm (outubro-março).

Há, ainda uma outra pesquisa, desenvolvida por ALVES FILHO (1996), a respeito dos Episódios Pluviais Intensos na Região Metropolitana de São Paulo, que, ao pesquisar o período de 1982 a 1991, revela informações importantíssimas para entender o porque da impetuosidade das inundações. Ao espacializar dados de episódios de chuvas ou de dias chuvosos máximos na Região Metropolitana, mostra, que ocorrem células pluviométricas, que atingem de 60 a 220 mm/dia, sendo que em um único episódio podem ocorrer chuvas de 30 a 50 mm. Para ilustrar,

toma-se como exemplo dia 02 de fevereiro de 1983, em que o volume de chuvas na região oscilou entre 120 e 220 mm/dia, apresentando concentrações maiores no centro da cidade de São Paulo e nas bordas mais altas do relevo que rodeia a cidade, onde estão as nascentes de grande parte dos córregos tributários dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí. Exemplos semelhantes a este são inúmeros ao longo do período pesquisado, e se repetem várias vezes no período de verão de cada ano. A cada episódio dessas chuvas, o caos se instala na cidade em função dos mais de 400 pontos de inundações cadastrados, sem contar que grande parte das vias expressas foram construídas nas margens dos rios e córregos e, estes ao sofrerem transbordamento interrompem o fluxo dos veículos e o transporte praticamente por algumas horas. Em algumas áreas, onde o refluxo das inundações é mais lento, nos episódios mais intensos chega-se a uma dezena de horas de interrupção de tráfego e freqüentemente isolamento ou como se costuma dizer “pessoas e veículos ilhados no trânsito”.

Crescimento populacional urbano intenso: mais problemas para a cidade

A “mancha urbana” que as imagens de satélite revelam para a Região Metropolitana é surpreendente, pois estende-se por mais de 70 Km no sentido leste-oeste e em torno de 40 Km de norte a sul. Considerando as irregularidades espaciais do território urbanizado, dos 8500 Km² que compreende os 39 municípios da região, 1500 Km², correspondem a áreas urbanizadas contínuas. Assim sendo, 20 dos 39 municípios têm suas áreas urbanas conurbadas, ou sejam constituem um continuum urbano quase que totalmente impermeabilizado na alta bacia do rio Tietê e de seus maiores afluentes de alto curso, os rios Pinheiros e Tamanduateí. Somente a capital, cujo município tem extensão de 1500 Km², apresenta 1000 Km² de área urbana. Dados estatísticos do IBGE e da Prefeitura Municipal de São Paulo, revelam que a capital paulista passou de 100.000 habitantes em 1900 para 10 milhões de habitantes no ano de 2000, com um crescimento acentuado a partir da década de setenta, quando tinha em 1973 um total populacional de 6,6 milhões. Nos últimos dez anos do século XX, a cidade diminuiu seu ritmo de crescimento, em compensação a Região Metropolitana, passou de 15,2 milhões de habitantes em 1991, para 17,8 milhões em 2000. A redução da taxa de crescimento populacional da cidade de São Paulo, têm várias explicações, mas uma delas é certamente o fato de que nas cidades periféricas à capital o custo das moradias, tanto para aquisição como para aluguel são mais acessíveis, o que atrai a população de renda mais baixa.

Há duas alternativas principais para as famílias/ pessoas de baixa renda residirem na Região Metropolitana, ou optam por morarem muito afastadas do Centro da cidade (entenda-se a cidade como sendo a Capital), e nas periferias constroem suas pequenas casas de alvenaria, que levam anos para concluírem (são as moradias de auto-construção), ou se instalam mais próximo do centro e de bairros de maior poder aquisitivo em barracos de madeira, metal, plásticos (conhecidos como favelas), construídos sob viadutos, pontes, margens de rios entre as vias expressas e o leito fluvial, ou ainda em terrenos extremamente inclinados, que foram impedidos de serem legalmente ocupados por oferecerem altos riscos aos deslizamentos de terra. Há ainda uma terceira alternativa, que são as habitações coletivas, que ocorrem nos casarios velhos, que por serem grandes, transformam-se nos cortiços, onde vivem várias famílias amontoadas e compartilhando de forma insatisfatória os cômodos das residências centenárias da época de ouro do café.

A cidade de São Paulo tem aproximadamente 30% de sua população, ou seja mais de 2,7 milhões de pessoas vivendo em favelas, cortiços e habitações de periferia que oferecem altos riscos à vida e a saúde em geral, e ocupam quase que generalizadamente áreas ilegais. Calcula-se em aproximadamente 1,6 milhões de pessoas que residem nas favelas, e esse número tem crescido assustadoramente:

Crescimento populacional da cidade de São Paulo

Ano	Número de Habitantes
1900	100.000
1973	6.600.000
1990	9.500.000
2000	11.000.000

Crescimento populacional da região metropolitana

Ano	Número de Habitantes
1991	15.199.423
1996	16.583.234
2000	17.800.000

Taxas de crescimento populacional da cidade de São Paulo

Anos	Na Cidade	Nas Favelas
1973/75	4,44%	22,75%
1975/79	3,15%	22,79%
1979/85	3,14%	12,42%
1985/87	2,55%	13,64%

Sítios de localização das favelas

Localização	Número Absoluto	% do Total
Margens de rios e córregos	783	49,3%
Altas declividades (acima de 30%)	466	29,3%
Sobre lixões e aterros sanitários	30	0,9%
Áreas verdes institucionais	—	0,9%
Não Identificados		20,06%

Fonte: São Paulo, Prefeitura Municipal (1993) - A Questão Ambiental Urbana: Cidade de São Paulo, e IBGE - Censo 2000.

Diante dos dados expostos, é portanto de se esperar que as inundações e os escorregamentos/ deslizamentos de terra, atinjam generalizadamente toda a população metropolitana, mas afetem com maior intensidade e com maior gravidade as pessoas/ famílias que vivem nos ambientes de maior risco, com destaque para a população favelada, onde, conforme indica a tabela abaixo, pelo menos 1/3 é anualmente atingida várias vezes pelos episódios de chuvas intensas e as conseqüentes inundações.

Favelas e inundações

Favelas que sofrem inundações mais frequentes	512 ou 32,2% do total
Favelas que sofrem com deslizamentos	385 ou 24,2% do total

Fonte: São Paulo, Prefeitura Municipal (1993) - A Questão Ambiental Urbana: Cidade de São Paulo.

Chama também a atenção a carência por moradias decentes, decorrentes da valorização das terras urbanas frente ao acentuado processo de transferência induzida de populações rurais e sobretudo das regiões menos desenvolvidas do país, para os grandes e médios centros urbano-industriais. Neste processo, crescem as favelas que se instalam preferencialmente nas terras públicas urbanas e secundariamente nas terras privadas que apresentam problemas de legalização de documentação, sobretudo por herança, e nos loteamentos novos, que ao obdecerem as normas legais deixam áreas verdes institucionais, que acabam por se transformar em terrenos baldios e progressivamente vão sendo ocupados por barracos, conforme ilustra a tabela que se segue:

Favelas e propriedades das terras urbanas

Terras públicas (federais, estaduais, municipais)	65%
Terras particulares	18%
Áreas verdes institucionais - loteamentos	9%
Não Identificados	8%

Fonte: São Paulo, Prefeitura Municipal (1993) - A Questão Ambiental Urbana: Cidade de São Paulo.

Outra variável importante: a alta impermeabilização do solo

A “mancha urbana” de 1500 Km² com 17,8 milhões de pessoas apresenta uma alta densidade demográfica média, que ultrapassa 11.800 hab/Km², e que consequentemente deixa muito pouco espaço para áreas verdes não impermeabilizadas e ainda disputa espaço com aproximadamente 5 milhões de veículos. Esta elevada densidade demográfica, obviamente se reflete em todos os segmentos e equipamentos urbanos de interesse coletivo/público, que estão permanentemente saturados e incapacitados de oferecer bom atendimento à população. Para completar o caos social, em que vive parcela significativa da população metropolitana, o adensamento urbano e a alta taxa de impermeabilização dos solos agravam os problemas já pré-existent com o escoamento das águas pluviais. Se, em condições naturais, as planícies e fundos de vales estreitos, já apresentavam problemas de escoamento superficial das águas das chuvas, a medida que a urbanização/impermeabilização foi se ampliando, as dificuldades de escoamento foram-se acentuando, apesar de todas as medidas de engenharia civil adotadas. A expansão das áreas de inundações têm crescido fortemente, registrando-se em 1979, 125 locais com inundações temporárias de ocorrências frequentes no período chuvoso, chegando-se a mais de 400 locais identificados em 1992, apesar das retificações dos canais dos rios Tietê, ou seja Pinheiros, e canalização do rio Tamanduateí e dos córregos Pirajuçara, Aricanduva, Águas Espraiadas, Cabuçu de Cima, Cabuçu de Baixo entre inúmeros outros menores. Outro fato que desperta a atenção é com relação a vazão fluvial no ponto mais ocidental da bacia do alto Tietê na Região Metropolitana de São Paulo, na localidade da barragem Edgard de Souza no município de Santana de Parnaíba. Nos picos de chuvas, que também coincidem com os picos de inundações nas cidades, a vazão do rio Tietê aumentou de 175 m³/s registrado em 1899, para 1209 m³/s ocorrido em 1988. A tabela abaixo ilustra bem o crescimento da vazão ao longo destes quase 100 anos, demonstrando que apesar de todo o esforço de melhorar a capacidade de vazão, o processo de impermeabilização tem ganhado a corrida. Enquanto a ONU – Organização das Nações Unidas – recomenda uma taxa de área verde por habitante da ordem de 12 m²/hab, a área urbanizada da cidade de São Paulo apresenta um índice da ordem de 3,59 m²/hab de áreas verdes públicas, e de 5,52 m²/hab tomando-se tanto as áreas verdes públicas quanto as particulares (incluindo os gramados e a arborização de quintais e calçadas). As tabelas que se seguem ilustram esses fatos:

Pontos de inundações/alagamentos na cidade de São Paulo

1979	125 locais
1982	246 locais
1992	400 locais

Fonte: São Paulo, Prefeitura Municipal (1993) - *A Questão Ambiental Urbana: Cidade de São Paulo.*

Vazões do Tietê em episódios de enchentes
– Santana de Parnaíba
Barragem - Edgard de Souza

1899	175 m ³ /s	1982	755 m ³ /s
1900	462 m ³ /s	1983	832 m ³ /s
1923	358 m ³ /s	1988	1.209 m ³ /s
1929	521 m ³ /s		

Fonte: DAEE – Departamento de Águas e Esgotos do Estado de São Paulo (1988).

Índices de áreas verdes cidade de São Paulo

Praças, Jardins, Canteiros	10.617.309 m ²	0,99 m ² /hab.
Parques Municipais	14.873.383 m ²	1,30 m ² /hab
Parques Estaduais	14.756.556 m ²	1,30 m ² /hab
Total das áreas verdes públicas	40.847.278 m ²	3,59 m ² /hab.

Fonte: PMS – SEMPLA – Secretaria Municipal de Planejamento (1990).

Dados do mapeamento por satélite – áreas públicas e privadas cidade de São Paulo

População	11.380.300 hab
Área urbana	91.024.000 m ²
Área arborizada-cidade	6.279.392 m ²
Índice de arborização	5,52 m ² /hab.

Índice de área verde por habitante/m² (ONU) – 12 m²/hab.

Inundações: problema urbano de baixa frequência e grandes efeitos

Conforme apresentação dos dados acima pode-se afirmar que as inundações tem causas naturais e antropogênicas, que aqui sintetizamos:

Naturais:

- relevos de planícies marginais aos rios e córregos e vales estreitos em relevos de morros ao redor das cidades;
- índices pluviométricos elevados com episódios de chuvas concentradas no verão – índices anuais em torno de 1500 mm/a, 70% concentrados entre 5 a 6 meses (outubro a abril), podendo ocorrer mais de 120 mm/dia ou 8% do total anual, mais de 30 mm em um único episódio de chuva (de 30 a 60 minutos), mais de 110 mm por 4 horas seguidas de chuva.

Antrópicos:

- ocupação urbana das planícies e fundos de vales planos e estreitos;
- remoção total da cobertura vegetal natural e baixa taxa de áreas verdes;
- impermeabilização excessiva da superfície das terras ocupadas /urbanizadas;
- estrangulamento do leito menor e maior dos rios e córregos por aterros para construção de plataformas de ruas e avenidas;
- estrangulamento do leito menor com construção de pontes de vão subdimensionado ou ainda com instalação de tubulações de diâmetro inadequado;
- diminuição do espaço de vazão do leito menor por intenso processo de assoreamento;
- estrangulamento do fluxo de vazão pelo acúmulo de lixo sobretudo, doméstico atirados aos rios e córregos ou não recolhidos adequadamente pelo serviço público municipal de coleta de lixo;
- galerias de águas pluviais entupidadas por acúmulo de lixo;
- construções impróprias de ruas, avenidas e passagens sob pontes nos fundos de vales e avenidas marginais;
- sistema de utilização das águas do alto Tietê, desde 1901 com aprimoramento em 1927, com construção de barragens, estações elevatórias, reversão do fluxo do rio Pinheiros e geração de energia elétrica na baixada Santista.

Escorregamentos: um problema de ocorrência pontual e disseminados pela periferia da cidade

Os escorregamentos ou deslizamentos (movimentos de massa) são muito freqüentes nas áreas tropicais úmidas que apresentam relevos montanhosos ou em formas de morros com vertentes muito inclinadas, que tenham sofrido algum tipo de intervenção humana, muito embora possam ocorrer movimentos de massa em ambientes, que não foram significativamente alterados pelos humanos. De qualquer modo, listam-se as situações naturais em que os escorregamentos mais freqüentemente ocorrem:

- a desestabilização das vertentes com escorregamentos é precedida de vários dias chuvosos (4 a 7 dias seguidos) acompanhados de episódios de chuvas de alta intensidade e volume (acumulado de mais de 100 mm/dia e culminando com episódios de 20, 30 ou 40 mm/hora);
- relevos com vertentes muito inclinadas – no intervalo de 15° até 35/40° (acima de 40° há menos cobertura pedológica e menor freqüência de escorregamentos, muito embora possa ocorrer deslocamento de blocos rochosos);

- nos setores muito inclinados de vertentes onde aflora o lençol freático;
- nas vertentes com produtos de alteração localizadas em áreas com rochas com forte cisalhamento estrutural (falhas/fraturas/milonitização);
- nas vertentes com produtos de alteração desenvolvidos sobre rochas fortemente bandadas, como micaxistos, filitos, migmatitos bandados e gnaisses bandados;
- nas vertentes muito inclinadas em que há certa coincidência (“paralelismo”) entre a morfologia do terreno e o plano de mergulho das lito-estruturas;
- nas vertentes muito inclinadas com solos rasos assentados diretamente sobre superfície rochosa maciça (granitos, gnaisses pouco alterados com tênue cobertura parcial de solos rasos) – a água gera superfície de lubrificação e facilita o escorregamento;
- nas vertentes muito inclinadas onde os produtos de alteração (sobretudo horizonte C) apresentam significativa participação de silte (15 a 20%);
- nas vertentes muito inclinadas onde a cobertura florestal pereceu (mata atlântica em Cubatão-SP) e as raízes apodrecidas funcionam como dutos que favorecem a infiltração das águas de chuvas-saturando o solo; isto também ocorre nas áreas de cultivo de bananas na Serra do Mar.

Escorregamentos induzidos pela ação humana

Os escorregamentos ou deslizamentos induzidos são freqüentes:

- nas vertentes muito inclinadas com cortes geralmente superiores a 1,50 m que ultrapassam o horizonte B (mais argiloso e ferruginizado) e atingem o horizonte C (mais siltoso e arenoso com materiais de baixa coesão e muito friável);
- nos cortes em baixas vertentes com solos saturados pelas águas do freático, cujo fluxo subterrâneo é interrompido, por exemplo, por muros de arrimo, gabiões ou paredes de concreto atirantado. Exemplo de construção de edifício no bairro Jardim da Saúde, cabeceira de drenagem de afluente do Córrego Ipiranga-São Paulo, que a liquefação do material argiloso promoveu amplo escorregamento de terra em vertente de declividade inferior a 10°;
- nos cortes em vertentes com solos profundos (latossolos) argilosos de alta porosidade com fluxo subterrâneo interrompido, dificultado por camadas impermeabilizadas, muros, paredes, mantas de concreto – exemplo de construção de edifício no bairro de Vila Clementino-São Paulo;

- nas seqüências de cortes e aterros conjugados em vertentes muito inclinadas para construção de plataformas para edificação das residências tipo auto-construção nas periferias em terrenos do embasamento cristalino com relevos em forma de morros;
- cortes e aterros artesanais e de arranjo espacial caótico em vertentes de altas declividades (morros, cabeceiras de drenagens), geralmente ocupadas por alta densidade de barracos construídos de materiais diversos, compondo os bairros favelas, onde não há nenhuma prevenção com as águas servidas que potencializam o problema dos escorregamentos;
- em áreas ocupadas caoticamente por barracos construídos em aterros lançados e constituídos por materiais heterogêneos (lixos orgânicos, plásticos, entulhos, madeiras, restos de vegetais – árvores, galhos, folhas).

Os escorregamentos ou deslizamentos que ocorrem na Região Metropolitana de São Paulo podem ser classificados em dois ambientes distintos: os que ocorrem nas favelas e os que acontecem nos bairros periféricos, onde prevalecem as auto-construções.

Nas favelas, os escorregamentos estão associados, sobretudo, ao fato de que as precárias habitações estão em áreas de uso transgressivo às legislações urbanas e ambientais, geralmente estando instaladas:

- em terrenos de altas declividades, geralmente áreas públicas ou áreas verdes institucionais que não foram devidamente utilizadas;
- em cabeceiras de drenagem em terrenos muito inclinados e úmidos;
- sobre aterros lançados constituídos de material heterogêneo (lixo, entulho, madeira usada, resíduos vegetais) mal compactados e mal drenados.

Os escorregamentos nos bairros de periferia, que estão geralmente sobre relevo de morros com vertentes muito inclinadas e com edificações de tipo auto-construção, têm-se:

- o fato da cidade ter crescido descontroladamente para além das áreas da bacia sedimentar de São Paulo (relevo de colinas e patamares planos) para áreas de morros com vertentes muito inclinadas esculpidos em rochas cristalinas de diferentes formações, onde as características naturais são de apresentar rochas cristalinas e cristalofílicas (migmatitos, gnaisses, micaxistos, filitos e granitos em áreas restritas) e de constituir solos espessos até 20 metros profundidade com as seguintes características gerais:
- horizonte B (espessura de 0,50 a 2,00 m) – material argilo-arenoso com alta coesão das partículas fornecida pelos precipitados do óxido de ferro que cimentam os grãos de argila e areia fina,

- horizonte C (espessura de 2,0 a 20 metros) – constitui-se nos alteritos da rocha matriz, tende a conservar a mesma estrutura da rocha matriz, apresenta minerais primários em processo de transformação para minerais secundários (feldspatos, micas, quartzo, entre outros, transformando-se nas areias, siltes e argilas (argila mineral – caulinita), depende da rocha matriz e do estado de alteração, apresenta maior ou menor presença de silte, areias (fragmentos minerais primários) e argilas (geralmente apresentam muito silte e areias e menos argilas); características mecânicas dos materiais – baixa coesão entre as partículas e alta fragilidade a ação mecânica das águas, quando exposto a céu aberto; materiais muito permeáveis e porosos face a desmineralização – perda dos minerais solúveis e ainda baixa agregação do ferro residual (perda por dissolução do cálcio, magnésio, potássio, fósforo, entre outros).

Nessas condições naturais, os fatores indutores dos escorregamentos são:

- modificações geométricas das vertentes por cortes e aterros conjugados;
- sobrecargas de depósitos detríticos lançados sobre as vertentes criando superfícies de descontinuidade entre o aterro e a superfície anterior do terreno;
- lançamento inadequado das águas servidas;
- infiltrações laterais a partir de fossas sanitárias;
- saturação dos solos com infiltrações a partir de vários dias de chuvas intensas e constantes ao longo do dia;
- saturação dos solos por infiltrações a partir de vazamentos da rede de água e esgoto; exemplo: escorregamento Favela Jardim Eliane – abril/1992 (chuva de 39 mm/d com acumulado de 68 mm/3 dias).

Para ilustrar o problema dos escorregamentos ou deslizamentos na cidade de São Paulo, tem-se para o período de setembro de 1994 a março de 1995 o registro de 473 ocorrências, sendo que somente na Regional do Campo Limpo (um dos bairros grandes e novos da cidade), correspondeu a 31% do total. Desse total de 473 ocorrências, 45% são associados a acidentes com escorregamentos de terra.

Como diminuir esses efeitos catastróficos

É evidente que os problemas ambientais urbanos da Região Metropolitana de São Paulo, no que se refere especificamente às inundações e escorregamentos ou deslizamentos de terra, são no aspecto humano e econômico, catastróficos, pois além de causarem grandes prejuízos econômicos tanto ao poder público,

quanto à sociedade como um todo, ainda todos os anos perdem-se muitas vidas humanas, vítimas dos soterramentos e afogamentos por águas e lamas, além de muitas famílias ficarem sem suas precárias habitações. Para tentar resolver esses problemas, que são gigantescos, o governo estadual, em parceria com a prefeitura de São Paulo, desenvolve, também com muitas dificuldades, o Projeto Alto Tietê, cuja premissa básica é a recuperação ambiental da região, onde se destacam as obras contra as inundações e a implantação da rede de esgotos e estações de tratamento, estando previsto um investimento da ordem de 4 bilhões de dólares. Entre as demais ações que lentamente vão sendo desenvolvidas estão:

Ações Estruturais:

- 1 - Primeira Fase – aprofundamento do leito e alargamento do rio Tietê da foz do rio Pinheiros até barragem Edgard de Souza- aumentando a capacidade de vazão de 700 para 1400 m³/seg;
- 2 - Segunda Fase – alargamento e aprofundamento do leito rio Tietê, da foz do rio Pinheiros para montante até bairro da Penha, aumento da capacidade de vazão para 1200 m³/seg; canalização e construção de galerias de águas pluviais em 51 Km de córregos (investimentos de U\$-535 milhões de dólares); nas 22 sub-bacias do alto Tietê (330 km de córregos que precisam receber obras de canalização estrutural), custos aproximados somente com remoção de ocupações urbanas legais e ilegais –U\$500 milhões de dólares;
- 3 - Investimentos com despesas anuais com limpeza/ desassoreamento dos leitos dos rios Tietê e Pinheiros –U\$46 milhões de dólares/ano; volume de resíduos retirados – 4.500.000 m³/ano; tipos de resíduos – 95% materiais detriticos (lamas e areias), 3% resíduos de material de construção, 2% plásticos, pneus, metais e madeiras;
- 4 - Despesas anuais gerais dos rios e córregos do Município de São Paulo (sem os rios Tietê e Pinheiros) – U\$60 milhões de dólares/ano;
- 5 - Custos totais/ano para limpeza/desassoreamento do alto Tietê – U\$106 milhões de dólares/ano;
- 6 - Obras e Serviços Complementares – limpeza e redimensionamento das galerias pluviais, limpeza e desassoreamento das galerias e córregos, obras para retardamento dos fluxos de águas pluviais nas vertentes e cabeceiras.

Finalmente:

- A) Contenção dos fluxos das águas pluviais na origem
 - indução a infiltração/percolação-revegetação,
 - contenção temporária com micro-reservatórios reguladores;

B) Reservatórios de Grande Capacidade de Retenção Temporária

- primeiro – Reservatório do Pacaembu (custo, 15 milhões de dólares),
- segundo – Reservatório do Águas Espriadas,
- terceiro – Complexo da Bacia do Aricanduva (projeto a ser iniciado)

Reservatórios de Contenção Temporária na bacia do Aricanduva

Localização	Capacidade
Aricanduva I	298.545 m ³
Aricanduva II	20.000 m ³
Aricanduva III	341.480 m ³
Limoeiro	426.430 m ³
Caguaçu	489.155 m ³
Total para a bacia	1.762.210 m ³
Vazão máxima estimada com toda bacia urbanizada-1.870.000 m ³ /seg.	

C) Construção de diques marginais ao longo do rio Tietê nos pontos críticos

(exemplos: ponte das Bandeiras e ponte da Anhanguera, já executados);

D) Construção conjugada de diques com pontos de fuga e reservatórios laterais

(exemplo: ponte da Casa Verde, já executado).

Como se pode ver, pelos números e pelas intenções dos programas e projetos, há necessidade e interesse em se resolver grande parte dos problemas, que afetam os residentes da região metropolitana, mas o tempo, os custos e as descontinuidades político-administrativas que se refletem nos projetos são os grandes inimigos dos cidadãos metropolitanos.

Bibliografia consultada:

- AB'SABER, A. N. (1954) – *Geomorfologia do Sítio Urbano da Cidade de São Paulo*. Tese de Doutorado apresentada no Depto. de Geografia da FFCH-USP, São Paulo-SP.
- ALVES FILHO, A. P. (1996) – *Episódios Pluviais Intensos na Região Metropolitana de São Paulo: Uma Avaliação no Decênio 1982-1991*. Dissertação de Mestrado apresentada no Depto. de Geografia da FFLCH-USP, São Paulo-SP.
- BLANES, L. (2000) – *Os Problemas de Inundações no Vale do Córrego Águas Espriadas* (título provisório). Monografia-TGI-Geografia-FFLCH-USP, São Paulo-SP. (inédito).

- CABRAL, E. (1997) – *Alterações Climáticas da Cidade de São Paulo*. Dissertação de Mestrado apresentada no Depto. de Geografia da FFLCH-USP, São Paulo-SP.
- CETESB – Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1991) – *Carta Morfodinâmica da Serra do Mar na Região de Cubatão-SP*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, Relatório Interno, São Paulo-SP, 37 p.
- CRUZ, O. (1974) – *A Serra do Mar e o Litoral na Área de Caraguatatuba-SP*. IGEO-USP, São Paulo-SP, 181 p.
- EMPLASA – Empresa Metropolitana de Planejamento de São Paulo (1980) – *Mapa Geológico da Região Metropolitana, escala 1:100.000*. Secretaria de Estado dos Negócios Metropolitanos, São Paulo-SP.
- GUIDICINI, G. e NIEBLE, C.M. (1976) – *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo-SP, 167 p.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1981) – *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*, Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, São Paulo-SP.
- PELOGGIA, A (1998) – *O Homem e o Ambiente Geológico: Geologia, Sociedade e Ocupação Urbana no Município de São Paulo*. Editora Xamã, São Paulo-SP, 271 p.
- ROSS, J.L.S. (1981) – *Análise da Qualidade da Água Subterrânea na Região da Grande São Paulo*. Dissertação de Mestrado apresentada no Depto. de Geografia da FFLCH-USP, São Paulo-SP.
- SÃO PAULO - Prefeitura Municipal (1993) – *A Questão Ambiental Urbana – Cidade de São Paulo*. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo-SP, 766 p.
- SÃO PAULO - Prefeitura Municipal (1998) – *Atlas Ambiental da Cidade de São Paulo*. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo-SP.
- SÃO PAULO – Câmara Municipal de São Paulo (1995) – *Comissão Especial de Estudos sobre Enchentes na Cidade de São Paulo, Relatório Final*. São Paulo-SP, 71 p.
- VILLELA, F.N.J. (2000) – *Estudo Empírico da Fragilidade de um Ambiente Natural Antropizado: O Bairro Parque Novo Santo Amaro e seu entorno próximo*. Monografia-TGI-Geografia/ FFLCH-USP, São Paulo-SP.

