

Vulnerabilidades das Megacidades
Brasileiras às Mudanças Climáticas:

REGIÃO METROPOLITANA DE

SÃO PAULO

SUMÁRIO EXECUTIVO

Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Núcleo de Estudos de População da Universidade de Campinas (UNICAMP)

Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP)

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT)

Universidade Estadual Paulista (UNESP - Rio Claro)

JUNHO DE 2010

AUTORES

Carlos A. Nobre Centro de Ciência do Sistema Terrestre, INPE

Andrea F. Young Núcleo de Estudos de População, UNICAMP

Paulo Saldiva Faculdade de Medicina, USP

José A. Marengo Centro de Ciência do Sistema Terrestre, INPE

Antonio D. Nobre Centro de Ciência do Sistema Terrestre, INPE

Sinéio Alves Jr. Centro de Ciência do Sistema Terrestre, INPE

Gustavo Costa Moreira da Silva Centro de Ciência do
Sistema Terrestre, INPE

Magda Lombardo UNESP – Rio Claro



ÍNDICE

Apresentação **Pág. 4**

Contexto **Pág. 5**

Como foi feito o estudo **Pág. 6**

PARTE 1 Mudanças climáticas e as megacidades
brasileiras **Pág. 8**

PARTE 2 Onde e como a RMSP é vulnerável **Pág. 12**

PARTE 3 Projeções para 2030 **Pág. 18**

PARTE 4 Mudanças climáticas e implicações na saúde **Pág. 26**

PARTE 5 Medidas de adaptação na RMSP **Pág. 29**



APRESENTAÇÃO

Projeções indicam que, caso siga o padrão histórico de expansão, a mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo será o dobro da atual em 2030, aumentando os riscos de enchentes, inundações e deslizamentos na região, atingindo cada vez mais a população como um todo e, sobretudo, os mais pobres. Isso acontece porque essa expansão deverá se dar principalmente na periferia, em loteamentos e construções irregulares, e em áreas frágeis, como várzeas e terrenos instáveis, com grande pressão sobre os recursos naturais.

Os riscos serão potencializados pelo aumento do número de dias com fortes chuvas por conta das mudanças climáticas. Estudos preliminares sugerem que, entre 2070 e 2100, uma elevação média na temperatura da região de 2° C a 3° C poderá dobrar o número de dias com chuvas intensas (acima de 10 milímetros) na capital paulista.

Esses cenários são apresentados no relatório “Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo” e se referem a projeções climáticas até 2100 para a região, além de dados e análises que mostram os impactos e vulnerabilidades atuais e projeções para 2030, através da aplicação de um modelo de projeção de mancha urbana associado ao modelo “Hand”. Esse estudo de paisagem permitiu identificar as possíveis áreas que seriam ocupadas no futuro e o risco potencial, caso o padrão de uso e ocupação do solo atual se perpetue sem nenhuma alteração e controle.

Segundo o relatório, coordenado pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CST/INPE) e pelo Núcleo de População da Universidade Estadual de Campinas (NEPO/UNICAMP), se esse processo se concretizar, mais de 20% da área total de expansão urbana em 2030 será suscetível e poderá eventualmente ser afetada por acidentes naturais provocados pelas chuvas. Aproximadamente 11,17% dessas novas ocupações poderão ser áreas de risco de deslizamento.

Além disso, as tendências de mudanças de temperatura na região indicam que haverá um aumento no número de dias quentes, diminuição no número de dias frios, aumento no número de noites quentes e diminuição no número de noites frias. Esses dados projetam impactos significativos na saúde da população. Entre eles, está a intensificação das ilhas de calor, que prejudicam a dispersão de poluentes. Com isso, espera-se que alguns poluentes tenham a sua concentração ambiental aumentada, notadamente os gases e partículas gerados a partir de processos fotoquímicos atmosféricos, aumentando a mortalidade por conta de doenças respiratórias, entre outras.

Episódios extremos de temperatura provocam, ainda, alterações de mecanismos de regulação endócrina, de arquitetura do sono, de pressão arterial e do nível de estresse, atingindo principalmente pessoas acima de 65 anos e abaixo dos 5 anos de idade. É esperado, ainda, um aumento no número de vítimas de desabamentos, afogamentos e acidentes de trânsito, além de doenças como a leptospirose, por conta das precipitações intensas. Estudo feito para a cidade de São Paulo mostra que, entre o 14° e o 18° dia após a ocorrência de um temporal, aumentam os casos de leptospirose, principalmente em áreas mais pobres e vulneráveis, onde o contato com a água contaminada é quase inevitável.

O estudo, porém, também sugere medidas de adaptação, que envolvem um conjunto

de ações que as cidades da Região Metropolitana e suas instituições públicas e privadas terão que enfrentar em busca de soluções para os impactos e perigos que sofrerão. Entre elas, estão maior controle sobre construções em áreas de risco, investimentos em transportes coletivos, sobretudo o ferroviário, proteção aos recursos naturais e criação de áreas de proteção ambiental nas áreas de várzeas de rios (como os parques lineares propostos pela prefeitura de São Paulo e governo do Estado) e investimentos em pesquisas voltadas para a modelagem do clima, quantificação de benefícios decorrentes de medidas de adaptação às mudanças climáticas, entre outras. ■■



CONTEXTO

Em 2008, atingimos uma marca historicamente importante com mais de 50% da população mundial vivendo em cidades. Isso quer dizer que aproximadamente 3,4 bilhões de pessoas se concentram em áreas urbanas e esse percentual pode chegar a 60% em 2030. A maior parte desse crescimento ocorrerá em países em desenvolvimento.

No Brasil, mais de 80% dos brasileiros vivem em áreas urbanas e o acelerado crescimento urbano tem criado espaços fragmentados com ampla segregação espacial, agravando a desigualdade social e a degradação ambiental.

Do ponto de vista das mudanças climáticas, independentemente do crescimento populacional, a transição urbana em si mesma já é um fator que contribuirá para o aumento das emissões de gases do efeito estufa. Isso porque os modos de vida associados à urbanização consomem inerentemente mais energia.

As interações entre o processo de urbanização e as alterações climáticas geram impactos que podem ser agrupados em duas categorias: aqueles originários em áreas urbanas e que têm efeitos negativos sobre as mudanças climáticas; e as mudanças climáticas que têm efeitos negativos sobre as áreas urbanas.

Em 2004, o número de **megacidades**¹ havia aumentado para vinte e uma – das quais duas estão no Brasil, nas regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. Juntas, essas cidades detêm atualmente

9% da população urbana mundial. Densas, vastas e complexas, as megacidades trazem desafios em uma escala sem precedentes para urbanistas, prefeitos, administradores e todos os responsáveis por fornecer os serviços básicos e infraestrutura.

Em geral, significativas transformações no clima local são geradas pelo modo como essas áreas urbanas se desenvolvem, através de intervenções desconexas com intensa verticalização, compactação e impermeabilização do solo, supressão de vegetação e cursos d'água.

Considerando o acelerado processo de expansão urbana e o atraso na implantação de infraestrutura adequada ao ritmo de crescimento das cidades, estas não se encontram preparadas para os efeitos das mudanças climáticas. Esse é o caso da Região Metropolitana de São Paulo. ■

¹ A DEFINIÇÃO DE MEGACIDADE PELA ONU SE REFERE A CENTROS URBANOS COM POPULAÇÕES ACIMA DE 10 MILHÕES.

COMO FOI FEITO O ESTUDO

As mudanças climáticas provocam impactos cada vez mais acentuados em megacidades como São Paulo e Rio de Janeiro. E a maioria desses impactos está associada às variações do clima causadas pela forma de apropriação dos recursos naturais e pela degradação ambiental. A comunidade científica tem um importante papel de gerar novos conhecimentos e criar a base de informações científicas que auxiliará a identificação, o desenvolvimento e a implementação de respostas efetivas para aprimorar a capacidade de adaptação e redução dessa vulnerabilidade.

Nesse sentido, em 2009, foram organizados, pelo Centro de Ciências do Sistema Terrestre, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Núcleo de Estudos de Populações da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), dois painéis sobre o tema, o primeiro no Rio de Janeiro (13 a 16 de julho) e o segundo em São Paulo (20 a 23 de julho).

Os painéis foram realizados com a contribuição de especialistas nacionais e internacionais preocupados com a evidência de problemas climáticos contemporâneos no meio urbano, incluindo pesquisadores dedicados à temática, gestores e tomadores de decisão de órgãos municipais e estaduais, que têm como área de atuação a gestão urbana e ambiental.

Um dos resultados dos painéis foi o relatório "Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo", cuja metodologia produziu um conjunto de informa-

ções e discussões. No segundo semestre deste ano, um segundo relatório abordará a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Os cenários apresentados no estudo se referem a projeções climáticas até 2100 para a Região Metropolitana de São Paulo, realizadas a partir de modelos regionais climáticos processados pelo Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do INPE e a Universidade de São Paulo (USP), como parte do projeto Cenários Regionalizados de Clima Futuro da América do Sul.

Além disso, traz dados e análises que exemplificam os impactos atuais e projeções para 2030, através da aplicação de um modelo de expansão urbana associado a um modelo de paisagem denominado "Hand", que permitiu identificar as possíveis áreas que seriam ocupadas no futuro e seu potencial de risco, caso o padrão de uso e ocupação do solo atual se mantenha sem nenhuma alteração.

O estudo, porém, ultrapassa os limites de um simples diagnóstico e

aponta para soluções, que devem ser embasadas em políticas públicas consistentes. A partir do trabalho dos painéis, foram sugeridas medidas de adaptação, que envolvem o conjunto de ações que as cidades e as instituições terão que enfrentar em busca de soluções para os impactos e perigos que sofrerão. Conhecer os perigos e seus impactos é fundamental para propor medidas de adaptação que tornem as cidades mais resilientes a problemas que já estão enfrentando.

Os painéis e o relatório contaram com apoio do Strategic Programme Fund do Reino Unido, da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas (Rede CLIMA/MCT), do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para as Mudanças Climáticas (CNPq) e do Programa FAPESP de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais. ■



BASE DE DADOS MULTIDISCIPLINAR

Os painéis de especialistas foram estruturados a partir de quatro grupos de especialistas principais:

- 1 EQUIPE TÉCNICA:** composta por pesquisadores e técnicos do INPE e do NEPO/UNICAMP.
- 2 ESPECIALISTAS NACIONAIS:** pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento que já possuem pesquisa na área climática ou que são especialistas em áreas afins importantes para contextualizar e discutir os impactos das mudanças.
- 3 GESTORES E TOMADORES DE DECISÃO:** representantes das secretarias de Estado, órgãos e autarquias municipais e metropolitanas, legisladores municipais, agências reguladoras ligadas à gestão e planejamento ambiental.
- 4 ESPECIALISTAS INTERNACIONAIS:** pesquisadores dedicados aos temas vulnerabilidade e mudanças climáticas, com experiência de pesquisa em megacidades.

A tarefa da equipe técnica foi construir uma base de dados durante os meses que antecederam os painéis, reunindo informações públicas de diferentes órgãos de planejamento e pesquisa. A disponibilização desses dados pelos órgãos e instituições de pesquisa permitiu a montagem de

uma base de dados ampla, georreferenciada, que incluiu informações sobre uso do solo, expansão urbana, áreas de preservação, rede hidrográfica, entre outros temas, que serviram de base para as discussões e foram trabalhadas no Modelo de Expansão Urbana e no Modelo Hand. Os resultados foram, depois, organizados no relatório. Estes resultados foram submetidos à crítica em dois workshops de validação realizados em novembro de 2009, respectivamente no Rio de Janeiro e em São Paulo.

Além do INPE e da UNICAMP, as instituições participantes foram: Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação (COPPE/UFRJ), Universidade de São Paulo (USP), Fundação Getúlio Vargas (FGV), Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Centro de Estudos de Metrópole (CEM), Instituto Florestal (IF), Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), Geo-Rio (Prefeitura do Rio de Janeiro), Instituto Pereira Passos (IPP), Empresa Paulista de Desenvolvimento Metropolitano (EMPLASA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ).

PARTE 1

MUDANÇAS
CLIMÁTICAS E AS
MEGACIDADES
BRASILEIRAS

Uma das principais preocupações da sociedade contemporânea em relação às projeções futuras do clima diz respeito às possíveis mudanças na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos de curta duração. Ondas de calor, precipitação intensa, enchentes, secas, entre outros extremos climáticos, têm sido motivo de grande interesse dos pesquisadores por causa de seu enorme impacto na população, ocasionando altos custos monetários e, em muitos casos, perdas humanas.

Dentro desse contexto, as desigualdades sociais e regionais impõem uma série de desafios. Megacidades como São Paulo e Rio de Janeiro apresentam inúmeros problemas socioambientais associados aos padrões de desenvolvimento e transformação do espaço, que têm sido agravados pelo aumento de temperatura e intensificação de eventos climáticos extremos.

Entre os eventos extremos mais alarmantes estão os relacionados à precipitação intensa. As regiões metropolitanas de São Paulo (RMSP) e do Rio de Janeiro (RMRJ), que nas últimas estimativas concentram mais de 30 milhões de habitantes (cerca de 16% da população do país), sofrem constantemente os efeitos dos extremos de precipitação, que causam enchentes, deslizamentos de terra e perdas de vida. Entre 1950 e 2003, a frequência e intensidade das chuvas têm aumentado nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, incluindo as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.

Para ter noção do futuro climático nas duas regi-

ões, os especialistas analisaram, além dos índices de eventos extremos, as projeções de mudanças na precipitação anual e temperatura média anual até 2100.

A temperatura média anual, projetada no cenário de altas emissões globais de gases de efeito estufa para o final deste século, indicam um aumento de 2° C a 4° C em todo o domínio analisado. No que concerne às mudanças de temperatura, os modelos con-

cordam em todas as tendências projetadas, sendo elas: **aumento no número de dias quentes, diminuição no número de dias frios, aumento no número de**

noites quentes e diminuição no número de noites frias.

Enquanto os índices extremos relacionados diretamente com a variável temperatura apresentam uma alta confiabilidade, a confiabilidade dos modelos em simular os índices extremos relacionados à precipitação se demonstra bastante baixa. Isso porque os modelos ainda têm problemas em representar processos de formação de chuva em escalas espaciais reduzidas (pequenas), e porque não consideram na física do modelo o crescimento de áreas urbanas ou mudanças no uso da terra observadas.

Uma síntese das projeções climáticas derivadas do modelo regional Eta-CPTEC 40 km para a RMSP é apresentado no Quadro 1. Através das setas podemos observar as variações nos períodos analisados.

A REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO E O CLIMA

A Região Metropolitana de São Paulo possui uma população de quase 20 milhões de habitantes, entretanto a distribuição no território de 8.051 km² é bastante desigual. De fato, a maior concentração está no município de São Paulo, que abriga quase 11 milhões (61% do total), numa área de 1.051 km².

Além disso, os municípios de Guarulhos, Osasco, Santo André e São Bernardo do Campo têm cada um mais de 500 mil habitantes. A região conta com a presença de aproximadamente 40 mil indústrias e 5,7 milhões de veículos particulares (21% do total nacional).

Na RMSP, são realizadas mais de 30,5 milhões viagens por dia, constituídas por 12 milhões de transportes coletivos e 8,1 milhões de transportes individuais. Nas ruas, praças e avenidas da capital, circulam em torno de 3 milhões de veículos por dia.

As indústrias e os veículos são responsáveis pelo lançamento diário de 6.575 toneladas de poluentes atmosféricos. Isso equivale a 2.400.000 t/ano. Atualmente, os veículos automotores são responsáveis por 40% das emissões de particulados e 31% do dióxido de enxofre (SO₂), enquanto as indústrias são responsáveis pelos outros 10% de material particulado e 67% das emissões de SO₂.

A densa urbanização constitui importante fonte de calor. As partes mais densas da Região Metropolitana costumam ser as mais quentes; a temperatura diminui à medida que a densidade urbana decresce. Os poluentes também afetam o balanço radiativo, em especial porque o particulado é composto por carbono e há presença significativa de ozônio (O₃), dióxido de carbono (CO₂) etc.

O consumo de energia resulta da combustão, que é o esteio dos sistemas de transporte e atividades industriais, mas também da geração de eletricidade. Dentro dessa perspectiva, o consumo de energia elétrica na Região Metro-



	Presente Observ.	Presente Simulado	2030-40	Conf.	2050-60	Conf.	2080-90	Conf.
TEMP	➔	➔	➔	Alta	➔	Alta	➔	Alta
NOITES QUENTES	➔	➔	➔	Alta	➔	Alta	➔	Alta
NOITES FRIAS	➔	➔	➔	Alta	➔	Alta	➔	Alta
DIAS QUENTES	➔	➔	➔	Alta	➔	Alta	➔	Alta
DIAS FRIOS	➔	➔	➔	Média	➔	Alta	➔	Alta
ONDAS DE CALOR	Não observado	➔	➔	Média	➔	Média	➔	Alta
CHUVA TOTAL	➔	➔	➔	Alta	➔	Alta	➔	Alta
PRECIP. INTENSA	➔	➔	➔	Média	➔	Média	➔	Alta
PRECIP. > 95th	➔	➔	➔	Média	➔	Média	➔	Alta
DIAS PRECIP. > 10 MM	➔	➔	➔	Média	➔	Média	➔	Alta
DIAS PRECIP. > 20 MM	➔	➔	➔	Média	➔	Média	➔	Média
DIAS SECOS CONSECUTIVOS	➔	➔	➔	Média	➔	Média	➔	Alta

QUADRO 1: Sumário das projeções climáticas derivadas do modelo regional Eta-CPTec 40 km para a RMSP.

FONTE: CEPTEC/INPE, 2010.

politana é outro fator de significativa importância, correspondendo a 35,3 milhões de megawatts/hora (17% do total nacional).

A RMSP é uma das realidades climáticas urbanas mais críticas e insuficientemente estudadas no Brasil. A área central da cidade de São Paulo, por exemplo, com seus edifícios altos e próximos uns dos outros, ruas estreitas e pátios confinados, forma tipicamente o centro de uma ilha urbana de calor.

Nessa região central, a capacidade térmica das áreas cobertas por edifícios e **pavimentação**² é maior e a circulação de ar é menor. Sob nebulosidade, menos radiação solar atinge o solo, tornando o fenômeno da ilha de calor menos pronunciado. No entanto, sob condições de inversão térmica, a ilha de calor é intensificada.

Por outro lado, a urbanização dos vales dos rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros ocorreu em tempos diferenciados, mas esses vales, hoje, se assemelham climatologicamente a grandes bacias aquecidas, produtoras de toneladas de poluentes originárias das indústrias e da circulação de veículos. Os volumes de tráfego pesado fluem diariamente, deixando grandes concentrações de poluentes.

A expansão urbana para além do Tamanduateí produziu bairros (Moo-

ca, Tatuapé, Água Rasa, Carrão, Vila Formosa, Penha, Vila Matilde) com altíssima densidade de pessoas e uma porcentagem muito pequena de áreas verdes. A aridez reflete temperaturas mais elevadas nas superfícies edificadas (30° C a 33° C).

Os maiores corredores de tráfego da Região Metropolitana se situam ao redor do núcleo central (município de São Paulo). A somatória do fluxo diário do entorno, ou seja, das marginais Tietê e Pinheiros, com o fluxo da Avenida dos Bandeirantes e da Avenida do Estado (Vale do Tamanduateí) contribuem diariamente para a passagem de mais de 1.200.000 veículos. E o volume e a velocidade do tráfego de veículos determinam o grau de concentração e contaminação do ar no nível da **rua**³.

A travessia do Rio Pinheiros a caminho da Zona

² SABE-SE QUE A PAVIMENTAÇÃO IRRADIA 50% A MAIS DE CALOR DO QUE SUPERFÍCIES COBERTAS POR VEGETAÇÃO (SPIRN, 1995).

³ AS PARTÍCULAS DE CHUMBO EM SUSPENSÃO PODEM DECRESCER 50% NUM INTERVALO ENTRE O LIMITE DO LEITO CARROÇÁVEL E 50 M ALÉM. A CALÇADA E AS ENTRADAS DOS EDIFÍCIOS NUMA RUA DESFILADEIRO ESTÃO LOCALIZADAS DENTRO DA ZONA DE MAIOR CONCENTRAÇÃO (SMITH, 1976).

Oeste (Raposos Tavares e BR 116), entre altitudes que vão de 720 metros (Raia Olímpica da USP) a aproximadamente 800 metros, por outro lado, está dentro de uma unidade climática privilegiada pelo verde. Lá estão, principalmente, bairros de alta renda como Cidade Jardim e Morumbi, onde as áreas com arborização propiciam microclimas mais amenos. As árvores presentes nessa região removem parte do monóxido de carbono e dos particulados emitidos pelo tráfego de veículos. O recuo de casas, áreas comerciais e institucionais em relação às grandes artérias produz o benefício adicional do aumento da ventilação e prevenção da formação de bolsões de ar parado.

A Zona Norte ou além Tietê, alinhada estruturalmente pelo Vale do Tietê, recebe permanentemente influências dos maciços serranos da Cantareira e do Jaraguá. Esse extenso divisor de águas das bacias do Tietê - Juqueri (900 a 1.000 metros) e seu bloco de terras elevadas melhoram a dispersão dos poluentes e alteram os fluxos atmosféricos nos transportes verticais e horizontais na proximidade do solo.

De modo geral, **a Região Metropolitana é composta por um mosaico de temperaturas de superfície diferenciadas como o município de São Paulo. Os mesmos fenômenos que caracterizam os mesoclimas urbanos existem em menor escala espalhados por toda a região - ilhas de calor, inversões térmicas localizadas, bolsões de poluição e diferenças locais nos comportamentos dos ventos.**

O QUE VAI MUDAR

A Região Metropolitana de São Paulo, que já sofre todo verão com enchentes, pode sofrer um aumento do número de dias com fortes chuvas até o final do século. Estudos preliminares sugerem que, entre 2070 e 2100, uma elevação média na temperatura da região de 2° C a 3° C poderá dobrar o número de dias com chuvas intensas (acima de 10 milímetros) na capital paulista.

Totais de chuvas acima de 30 mm em um dia, porém, têm potencial para causar enchentes e inundações graves. Totais de chuvas acima de 50 mm/dia, praticamente inexistentes antes da década de 50 do século passado, **ocorrem comumente de duas a cinco vezes por ano na cidade de São Paulo.** A crescente urbanização das periferias atuando em sinergia com o aquecimento global projeta que **eventos com grandes volumes de precipitações pluviométricas irão ocorrer com mais frequência no futuro, abarcando cada vez uma maior área geográfica da RMS.** ■■

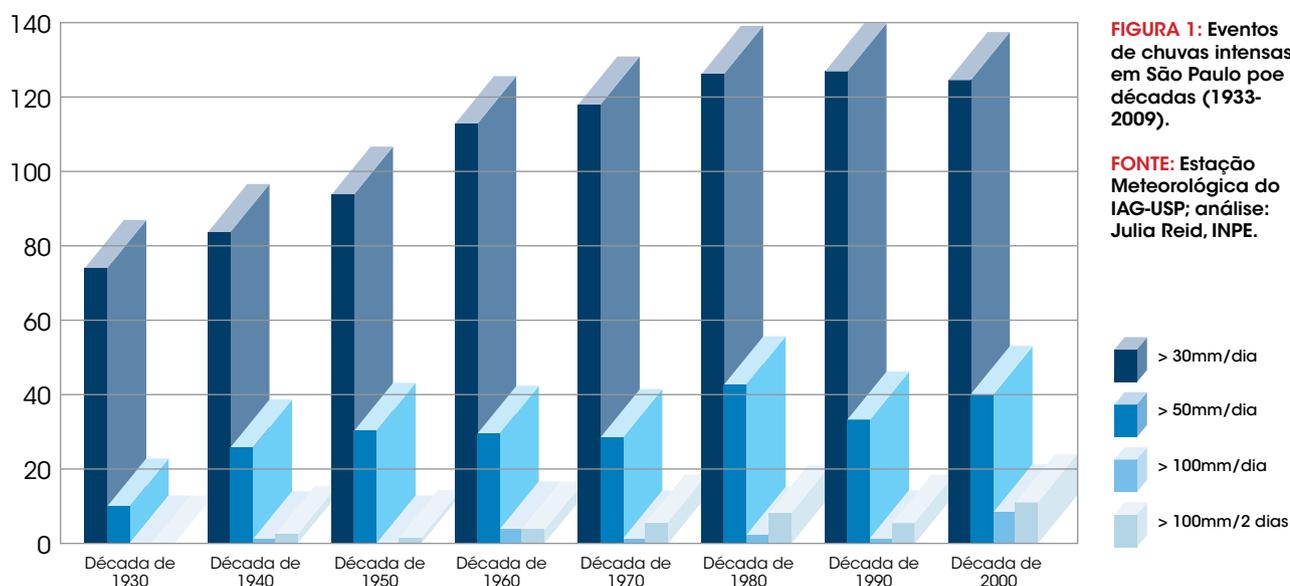


FIGURA 1: Eventos de chuvas intensas em São Paulo por décadas (1933-2009).

FONTE: Estação Meteorológica do IAG-USP; análise: Julia Reid, INPE.

PARTE 2

ONDE E COMO A RMSP É VULNERÁVEL

A vulnerabilidade tem origem na exposição de populações, lugares e instituições - e, portanto, à maior ou menor fragilidade dos assentamentos humanos - a determinado fenômeno perigoso com dada severidade, devido a sua localização, área de influência ou resiliência intrinsecamente ligada a diferentes condições ambientais, sociais, econômicas e políticas.

No caso da RMSP, o sistema de drenagem representa um papel importante, pois seu impacto negativo é sentido de forma mais contundente e é de difícil solução técnica. A partir do Plano de Avenidas de Prestes Maia, em 1930, o aproveitamento dos fundos de vale para a construção de sistema viário passou a figurar como uma solução rotineira, visando ampliar a infraestrutura viária. Assim, paulatinamente o sistema hídrico da cidade de São Paulo foi transformado em seu sistema viário.

A situação foi se agravando à medida que mais córregos foram canalizados e, apesar de todas as intervenções realizadas, as enchentes aumentaram ao longo dos anos, em frequência e intensidade.

Embora enchentes e inundações na RMSP atinjam mais diretamente os grupos sociais mais vulneráveis economicamente, afetam a população como um todo. Qualquer cidadão pode ser surpreendido pelos efeitos de uma inundação nas marginais, ala-

gamento no Vale do Anhangabaú ou arrastado por uma enxurrada ou enchente violenta ao longo de um curso d'água ocupado por favelas. De forma indireta, pode ficar preso em grandes congestionamentos causados pela paralisação do sistema viário.

Basicamente, o agravamento dos problemas de drenagem sempre esteve atrelado à ocupação dos fundos de vale e à má qualidade ambiental dos espaços urbanos, agonizados pela eliminação de áreas verdes, impermeabilização do solo, favelização de terrenos de baixada descartados pela especulação imobiliária, formação de áreas de risco ao longo de cursos d'água etc.

Os principais cenários de risco são:

1 ENCHENTES E INUNDAÇÕES

Além dos prejuízos e transtornos sofridos pelas pessoas diretamente atingidas, as enchentes na Bacia do Alto Tietê acabam produzindo efeitos mais amplos que ultrapassam os limites da região, repercutindo em setores da economia do Estado e do País. Medidas relativas ao planejamento e controle do uso do solo não foram executadas em paralelo com as obras de engenharia, permitindo que ocorresse, principalmente nas últimas décadas, o aparecimento de novos cenários de risco.

Esse cenário de risco caracteriza-se pelo transbordamento e refluxo das águas dos rios para as planícies adjacentes, quando ocorrem enchente e inundação das várzeas ocupadas ao longo dos principais cursos d'água da Bacia do Alto Tietê. Apesar dos investimentos que têm sido realizados ao longo dos últimos anos para aumentar a capacidade de vazão dos principais cursos d'água, a inundação das planícies fluviais urbanizadas continuarão a ocorrer em razão do crescimento urbano da RMSP e da dinâmica natural das cheias e das grandes intervenções nos cursos d'água (canalização dos córregos) realizadas no passado.

Os impactos atingem habitações, atividades industriais, comerciais e de serviços público e privado e o sistema de transporte urbano e rodoviário. A tendência de aumento da frota de veículos em circulação na RMSP e a expansão das vias em áreas de várzea para atender esse crescimento da demanda de tráfego tendem a aumentar o grau de veículos e pessoas expostas aos riscos de inundações.

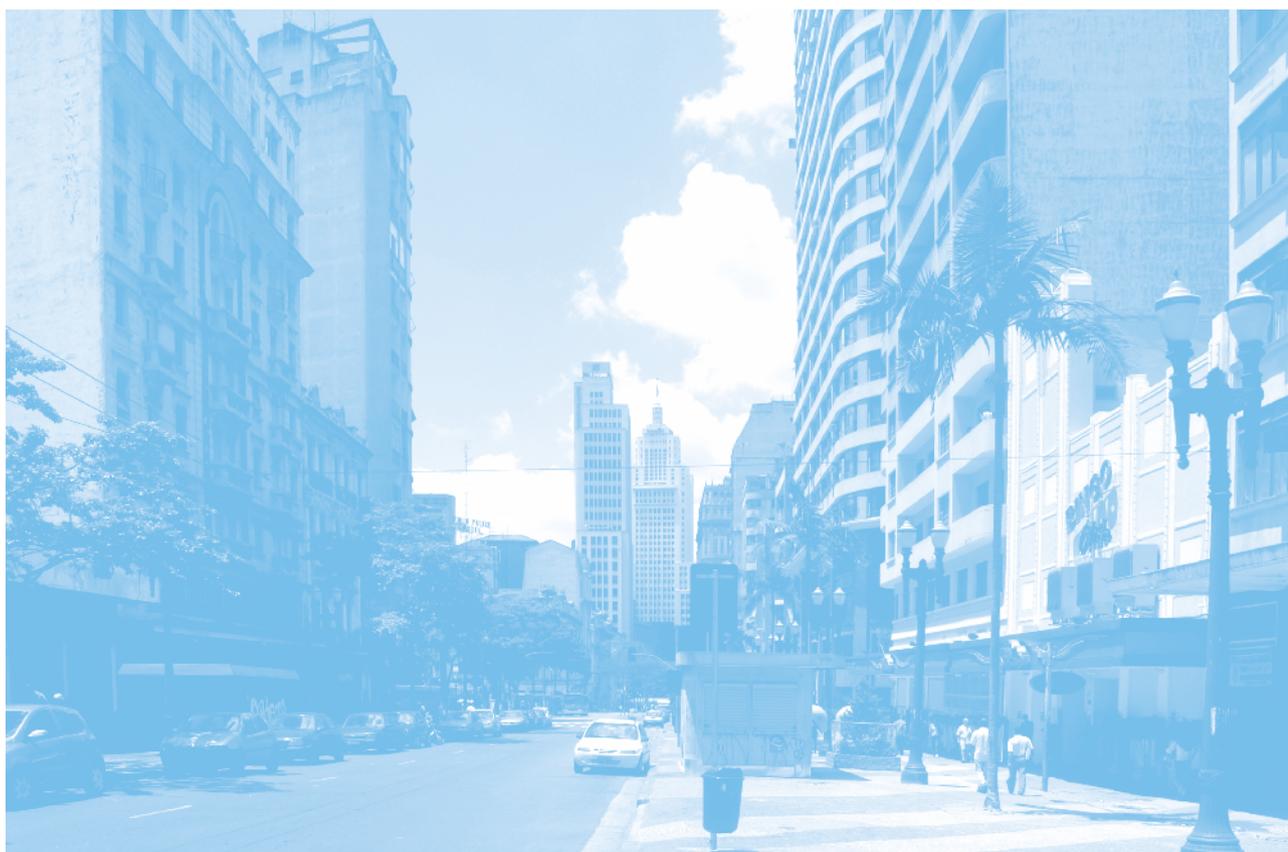
2 ENCHENTES E INUNDAÇÕES COM ALTA ENERGIA DE ESCOAMENTO

As condições geomorfológicas e climáticas presentes em locais de relevo mais acidentado, principalmente nos compartimentos geomorfológicos de morros e morrotes nas regiões periféricas da RMSP, permitem a ocorrência de enchentes de alta energia de escoamento, ou seja, grande volume e velocidade das águas, em razão das altas declividades dos terrenos marginais das porções de cabeceira de drenagem em vales encaixados, deflagrados por elevados índices de pluviosidade instantânea em eventos localizados de chuva.

Enchentes desse tipo podem causar a destruição de edificações, de obras de infraestrutura urbana, danos materiais diversos e colocar em risco a integridade física das pessoas residentes em áreas ribeirinhas. Ocupações humanas diversas ao longo de cursos d'água sujeitos a enchentes desse tipo podem ser gravemente atingidas por eventos dessa natureza. A energia erosiva desses processos de enchentes tende a causar o assoreamento dos trechos de jusante nos cursos d'água, aumentando a condição de ocorrência de inundações.

3 ENXURRADAS COM ALTO POTENCIAL DE ARRASTE

Na RMSP, mais notadamente na cidade de São Paulo, políticas públicas de canalização de córregos e construção de vias públicas em fundos de vale deram origem a cenários de risco de processos de enxurradas ao longo de vias públicas, em sub-bacias urbanizadas, onde ocorre a concentração das águas superficiais. Os processos de enxurradas ocorrem tanto



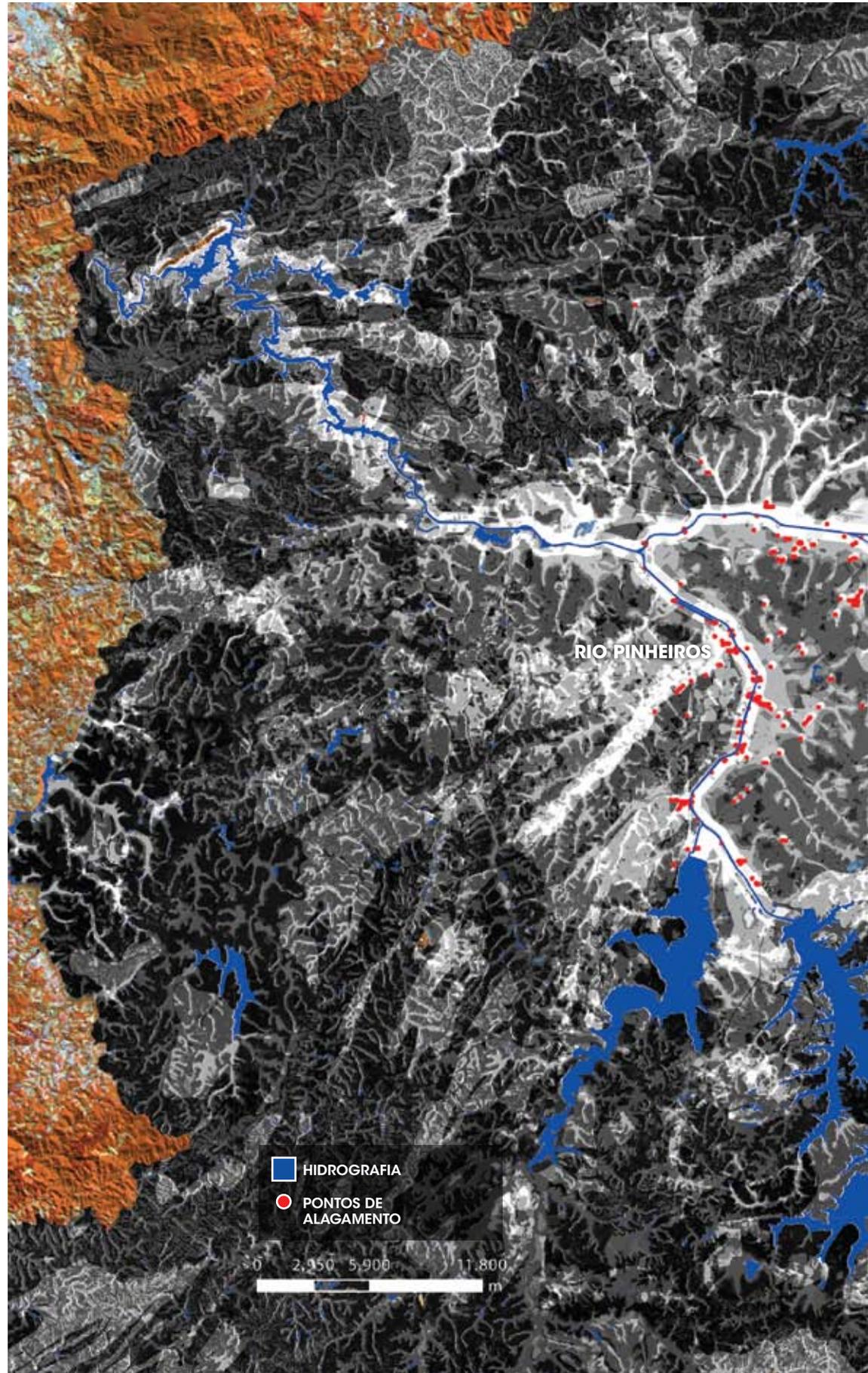
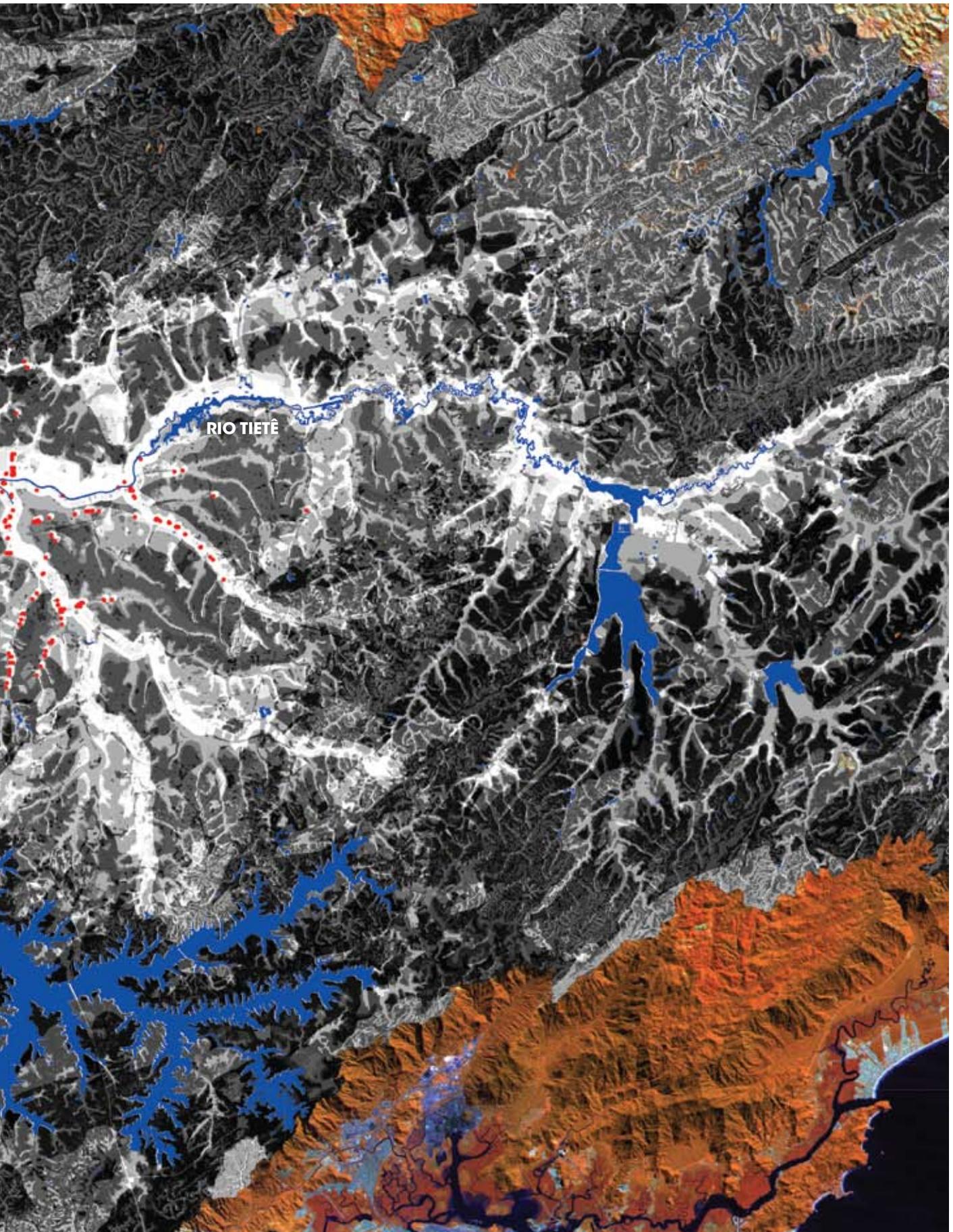


FIGURA 1: Distribuição dos pontos de alagamento sobre as áreas mais suscetíveis ao risco de inundação nas margens dos rios Tietê, Pinheiros, Tamanduatê e Aricanduva.

FONTE: Processado com base nos dados do Centro de Gerenciamento de Emergência - CGE/PMSP, 2010.



RIO TIETÊ



nas áreas consolidadas quanto nas áreas de periferia da urbanização metropolitana, e se caracterizam pelo grande poder de acumulação das águas superficiais e alto poder destrutivo e de arraste.

Cenários de risco hidrológico dessa natureza expõem as pessoas e seus bens a condições de alto risco. As maiores vulnerabilidades associadas a perdas humanas localizam-se nos bairros periféricos, enquanto as maiores vulnerabilidades associadas a perdas econômicas e materiais se dão nos bairros consolidados. Escoamentos pluviais concentrados ao longo dos cursos d'água ou em vias públicas são responsáveis pela maior parte das mortes em eventos hidrológicos na RMSP, quando pessoas são levadas pela energia das águas.

4 ALAGAMENTOS

Processos de alagamentos localizados ocorrem de forma generalizada em diversos pontos da RMSP, quando chove, principalmente por deficiências do sistema de drenagem urbano. Os alagamentos são geralmente acumulações rasas de lâminas d'água que raramente penetram no interior das edificações e afetam geralmente as vias públicas, causando transtornos momentâneos para a circulação de pedestres e veículos.

5 LIXO LANÇADO NOS CURSOS D'ÁGUA

Cerca de 6.000 domicílios lançam o lixo diretamente nos cursos d'água na Região Metropolitana, contribuindo para sua

obstrução e assoreamento. Além disso, detritos sólidos são carreados pelas enxurradas, captados pela rede hidrográfica e carreados para os trechos de menores declividades do leito onde são depositados. Esses locais situam-se, em geral, no Rio Tietê, com declividades acentuadamente mais baixas. Com o aumento de eventos com precipitações cada vez mais intensas, os reservatórios de detenção sofrerão sérios danos se não forem projetados com dispositivos que dificultem a entrada dos sedimentos de fundo e do lixo.

6 ESCORREGAMENTOS DE MASSA EM ENCOSTAS

As áreas de risco de escorregamentos por ocupação desordenada das encostas concentram-se principalmente nas áreas de expansão urbana recente, verificada principalmente nas últimas três décadas e associada à ocupação de terrenos geotecnicamente mais suscetíveis a deslizamentos, nas regiões periféricas da Grande São Paulo. As áreas de risco de escorregamentos localizam-se principalmente em terrenos situados na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo, em compartimentos geomorfológicos de rochas cristali-

ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO

A cidade São Paulo tem aproximadamente 30% de sua população, ou seja, 2,7 milhões de pessoas vivendo em favelas, cortiços e habitações precárias, que ocupam quase generalizadamente áreas ilegais. Apenas em favelas, estima-se que sejam 1,6 milhão de pessoas. Concentrações significativas de áreas de risco de escorregamentos ocorrem principalmente nesses locais. Na Zona Sul, eles estão nas subprefeituras de Jabaquara, Cidade Ademar, Pedreira, Cidade Dutra, Jardim Ângela, Capão Redondo e Campo Limpo. Nessa região, estão concentradas mais de 50% das fave-

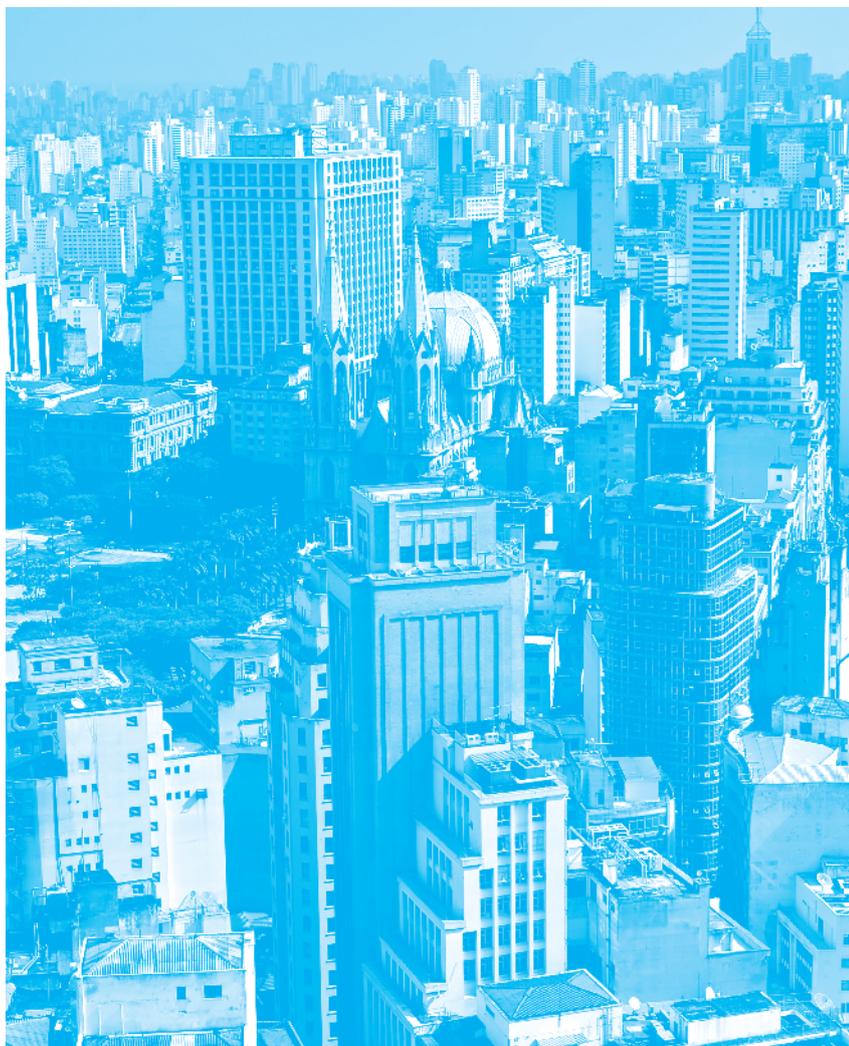
las em São Paulo,

Nas outras regiões, as áreas de risco apresentam-se distribuídas na Zona Oeste, nas subprefeituras do Butantã e de Jaguaré; na Zona Norte, nas subprefeituras de Perus, Pirituba, Jaraguá, Brasilândia, Freguesia do Ó e Tremembé; e na Zona Leste, nos bairros de Sapopemba, São Mateus, Aricanduva, Vila Formosa, Vila Prudente e Itaquera.

Para se ter uma ideia, na Zona Norte, estão concentradas 327 favelas, situadas em maior número em terrenos de alta declividade, antes ocupados por vegetação típica da Serra da Cantareira. Na Zona Leste, há também

uma significativa concentração de favelas, em torno de 344 unidades. Muitas delas estão localizadas em áreas de risco de escorregamentos e em várzeas sujeitas a enchentes e inundações, como a favela Santa Rita de Cássia, na Penha. O Jardim Pantanal, área situada na várzea do Rio Tietê, é considerado uma das áreas mais críticas da região.

Essas ocupações desconsideram as normas de parcelamento e uso do solo que regem a ocupação do espaço no município. A partir do final da década de 60, enquanto se esgotavam as terras mais próprias para a



nas da Morraria do Embu, que circundam a Bacia Sedimentar de São Paulo, a oeste, ao sul e a leste; e ao norte, no compartimento geomorfológico da Serrania de São Roque, de relevo mais montanhoso e cuja dinâmica de processos superficiais é bastante enérgica

7 EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS MAIS SEVEROS

Há uma clara correlação entre maior incidência histórica de eventos chuvosos, superiores a 100 mm, com os terrenos de topografia mais acidentada, o que pode ser explicado pela influência de elevações topográficas na geração das chuvas.

A análise das projeções climáticas para a RMSP mostra que a incidência de eventos severos, superiores a 100 mm, deverá ser maior em algumas regiões com concentração de áreas de risco de escorregamentos e enchentes e inundações, o que incrementará a condição de vulnerabilidade. ■

ocupação urbana (bacia sedimentar terciária), os arruamentos penetraram áreas de solos frágeis, de alta declividade e com condições impróprias para urbanização.

Do ponto de vista da abrangência territorial, em 1981 havia 3.567 loteamentos, ocupando 311,35 km² (31.147 hectares), envolvendo um milhão e duzentos mil lotes. Em 2000, os loteamentos irregulares ocupam área de cerca de 339 mil km², correspondendo a 22% da área total do município de São Paulo.

Os demais municípios da RMSP que apresentam vulnerabilidade para

acidentes de escorregamentos na Bacia do Alto Tietê são:

- Região Norte: Guarulhos, Mairiporã, Caieiras, Francisco Morato e Franco da Rocha;
- Região Leste: Ferraz de Vasconcelos e Guararema;
- Região Sul: Mauá, São Bernardo do Campo, Santo André, Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Embu Guaçu e Juquitiba;
- Região Oeste: Santana do Parnaíba, Osasco, Carapicuíba, Barueri, Itapevi, Jandira, Taboão da Serra, Embu, Itapeverica da Serra e Cotia.

Dentre os acidentes naturais que

ocorrem em território brasileiro, os associados aos escorregamentos são os que causam o maior número de mortes. Dados de levantamento sistemático realizado pelo Núcleo de Monitoramento de Riscos Geológicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), no período de 1988 a 2009, mostram um total de 1.457 mortes por escorregamentos no Brasil. Desse total, 220 mortes ocorreram no Estado de São Paulo, segundo estado com maior número de vítimas desse tipo de acidentes, atrás apenas do Rio de Janeiro, com 509 vítimas fatais no período.

PARTE 3

PROJEÇÕES
PARA 2030

A análise de modelos da expansão territorial estimada para a RMSP em 2030 mostra que os cenários de risco e respectivas vulnerabilidades para processos da dinâmica superficial deflagrados por eventos meteorológicos intensos, como enchentes, inundações e escorregamentos de terra em encostas, deverão ficar piores. Tais estimativas são baseadas na expectativa de que um número cada vez maior da população ocupará assentamentos de padrão construtivo precário em terrenos de várzea em grotões de drenagem e de encostas íngremes de morros nas periferias das cidades.

Neste estudo, foi aplicado um modelo de paisagem que possibilitou identificar as áreas suscetíveis ao risco de enchentes, inundações e deslizamentos. O modelo denominado "Hand" foi processado por Antônio D. Nobre e equipe a partir de um Modelo Digital do Terreno (MDT) e apresenta com grande precisão os contrastes do terreno em termos fisiográficos, ressaltando as localidades potencialmente mais suscetíveis a esses riscos.

As áreas mais suscetíveis a inundação se referem basicamente a planície fluvial e praticamente não ultrapassam as cotas acima de 5 metros. O modelo revela ainda que existem áreas mais planas situadas nos morros da Região Metropolitana, demonstrando que mesmo em localidades de elevada altitude podem ocorrer situações onde a declividade do terreno é mais suave e, portanto, suscetível a inundações.

Para o risco de deslizamento, foram consideradas categorias acima de 30 graus de declividade. A desestabilização das encostas por processos de

escorregamento está relacionada a episódios de chuvas de alta intensidade e volume, geralmente deflagrados por eventos pluviométricos acima de 100 mm.

O modelo "Hand" (Figura 2) foi fundamental para a identificação das áreas de vulnerabilidade tanto nas planícies como nas regiões mais íngremes, através da integração com dados de uso do solo e expansão urbana.

A expansão da RMSP e a propagação das áreas de risco

Na figura 3 (pág. 20), verifica-se a extensão da mancha urbana na Região Metropolitana de São Paulo consolidada em 2001 (área em roxo). Através de técnicas de sensoriamento remoto foram

mapeados e comparados os anos de 2001 e 2008, utilizando-se imagens de satélite Landsat ETM+ (órbita ponto 219-076). As áreas em vermelho se referem à expansão da mancha urbana em 2008.

A mancha urbana da RMSP se estende por mais de 80 km no sentido leste-oeste e em torno de 40 km de norte a sul, sendo que 20 dos 39 municípios que a compõem têm suas áreas urbanas conurbadas, ou seja, constituem um contínuo urbano quase totalmente impermeabilizado na Bacia do Rio Tietê e de seus maiores afluentes de alto curso, os rios Pinheiros e Tamanduateí.

A região onde essas alterações se fazem sentir mais intensamente, com índice de ocupação urbana superior a 80%, corresponde ao trecho da bacia nos rios Tietê e Pinheiros. O processo de urbanização, entretanto, já está desfigurando também o restante da bacia, avançando pelos tributários e ocupando também suas vertentes e cabeceiras.

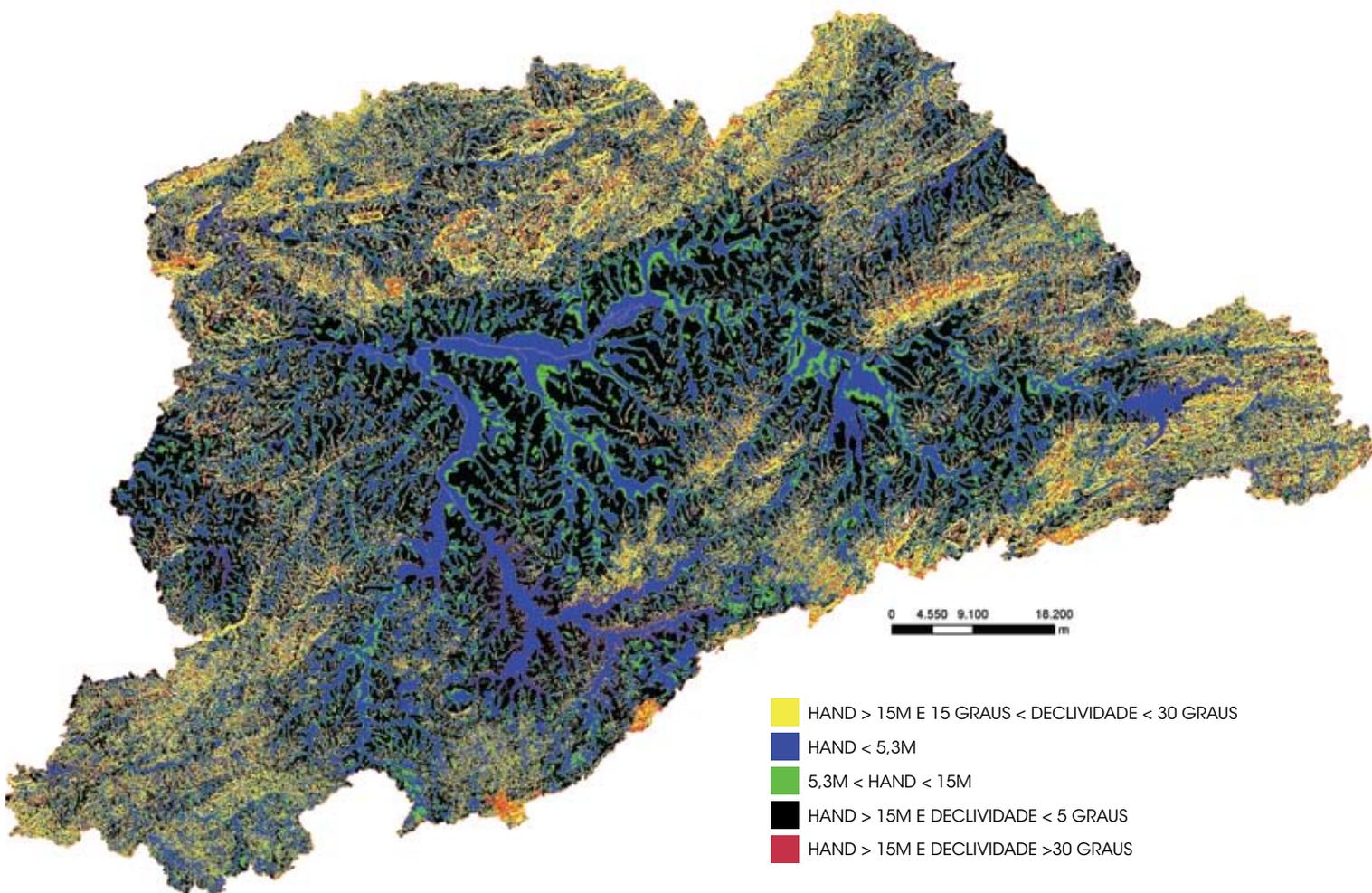
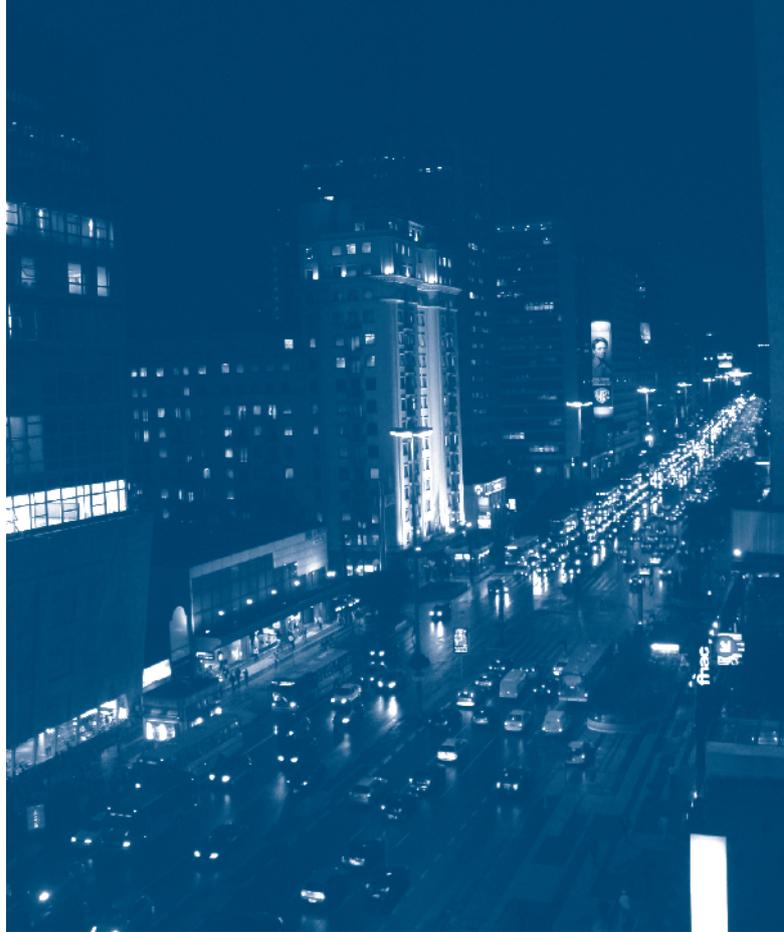
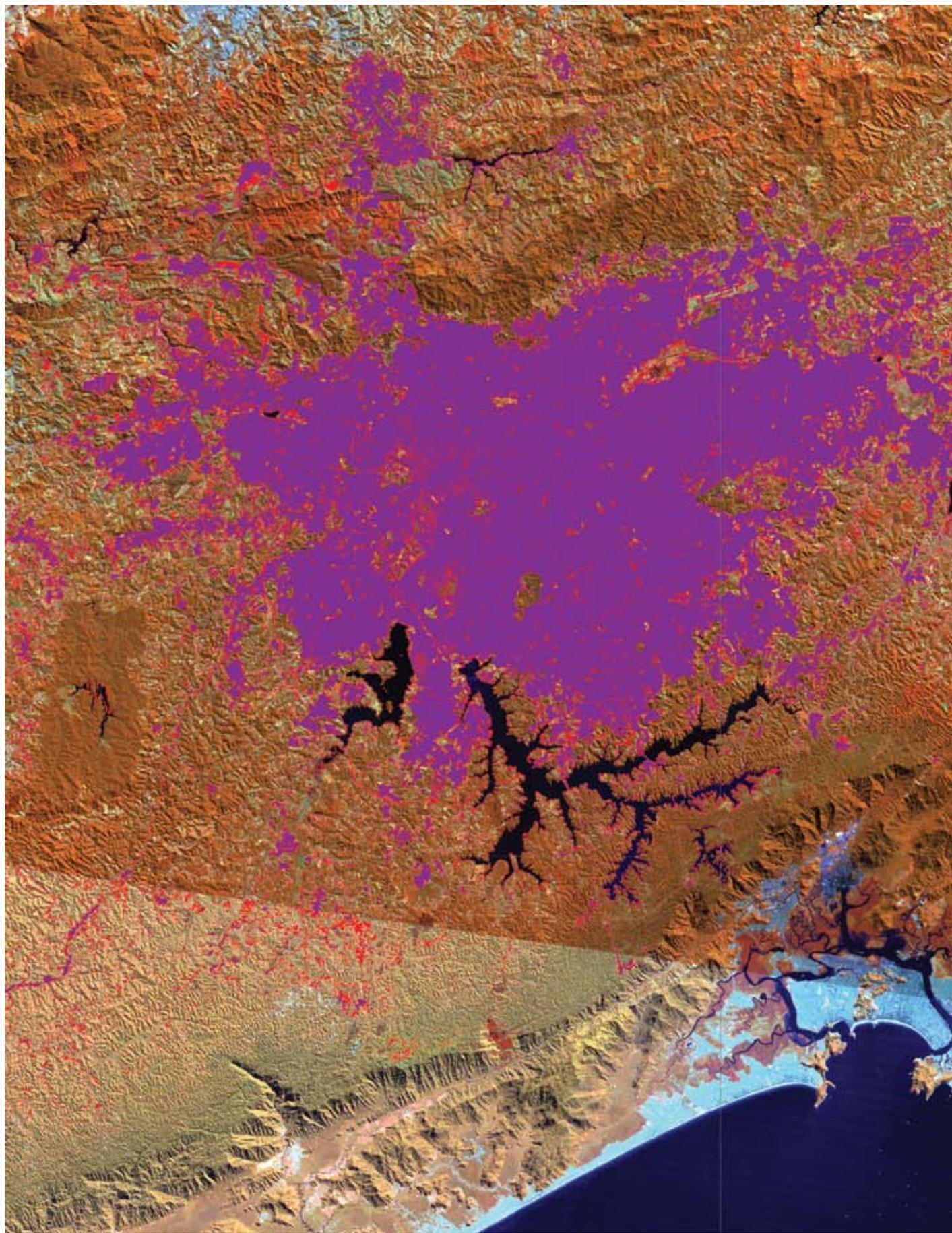


FIGURA 2: Modelo "HAND" utilizado para identificação das áreas suscetíveis a inundações e deslizamento na RMSP.

FONTE: Processado com base no Modelo Digital do Terreno (MDT) da EMLASA fornecido pelo Centro de Estudos da Metrópole (CEM).





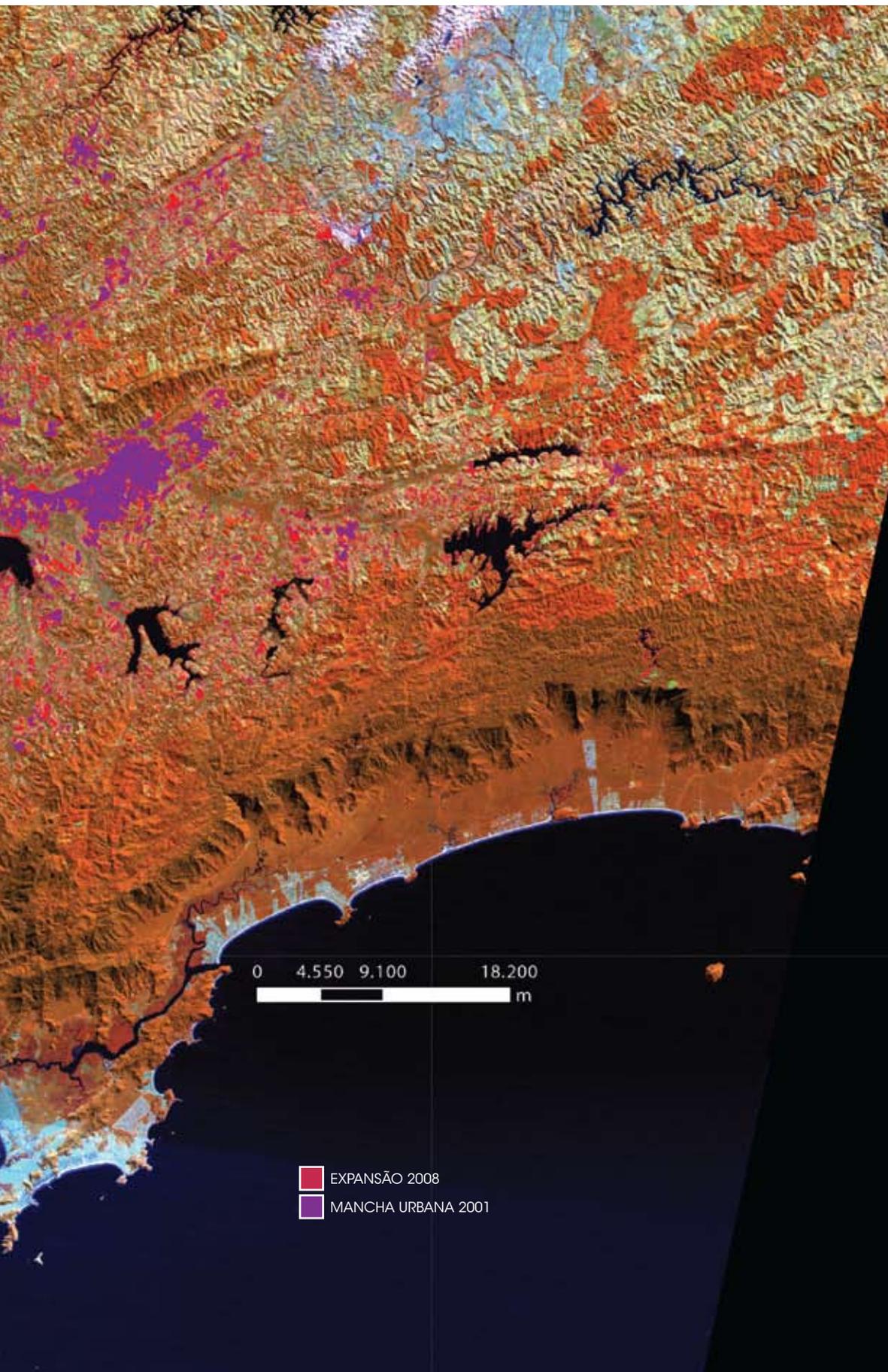


FIGURA 3:
Expansão da
mancha urbana no
período entre 2001
e 2008.

FONTE: Processado
com base nas
análises das
imagens de Satélite
Landsat TM+; órbita
ponto 219/76 e
219/77; período
de 2001 e 2008
(obtidas no INPE).



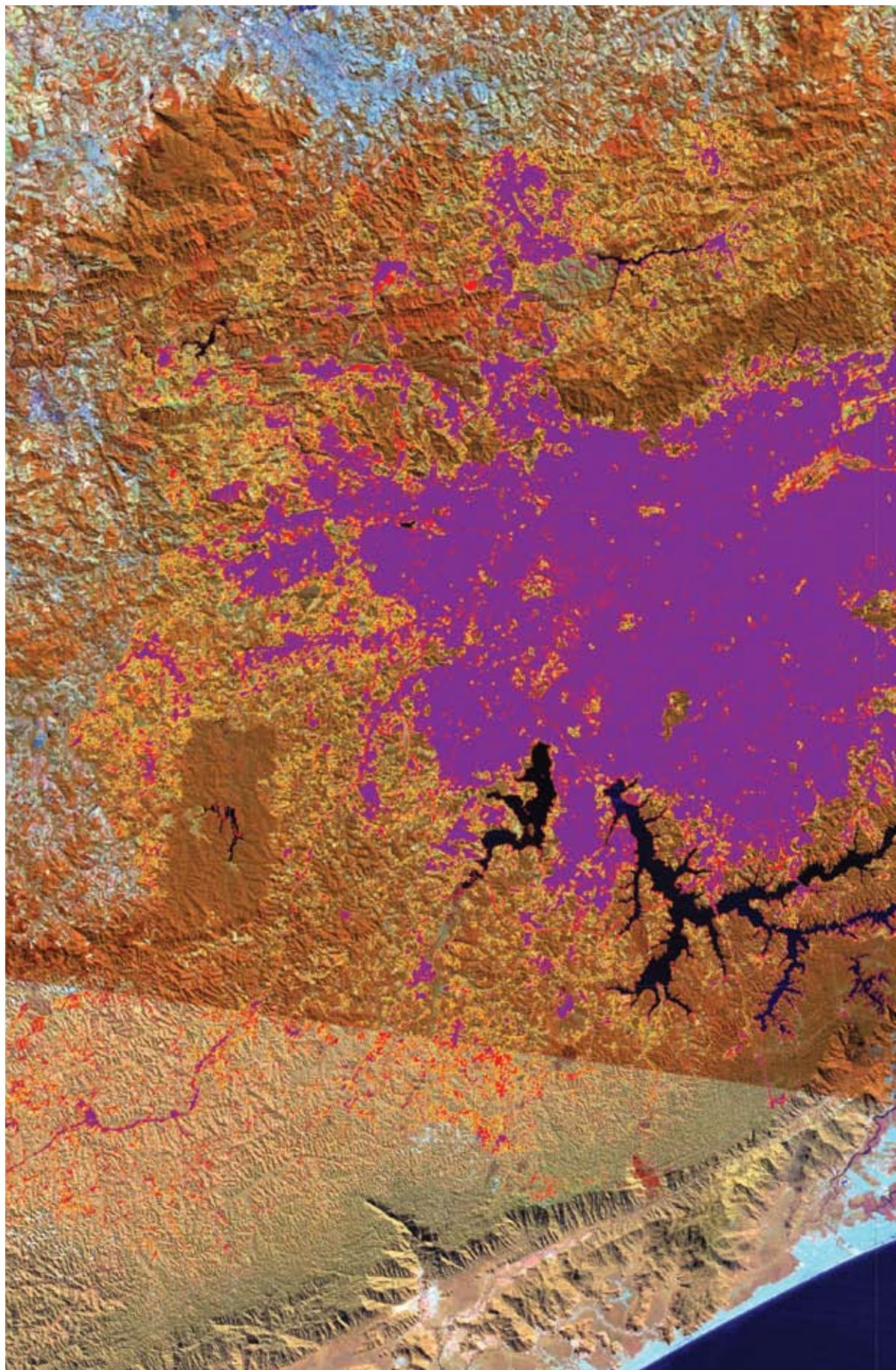
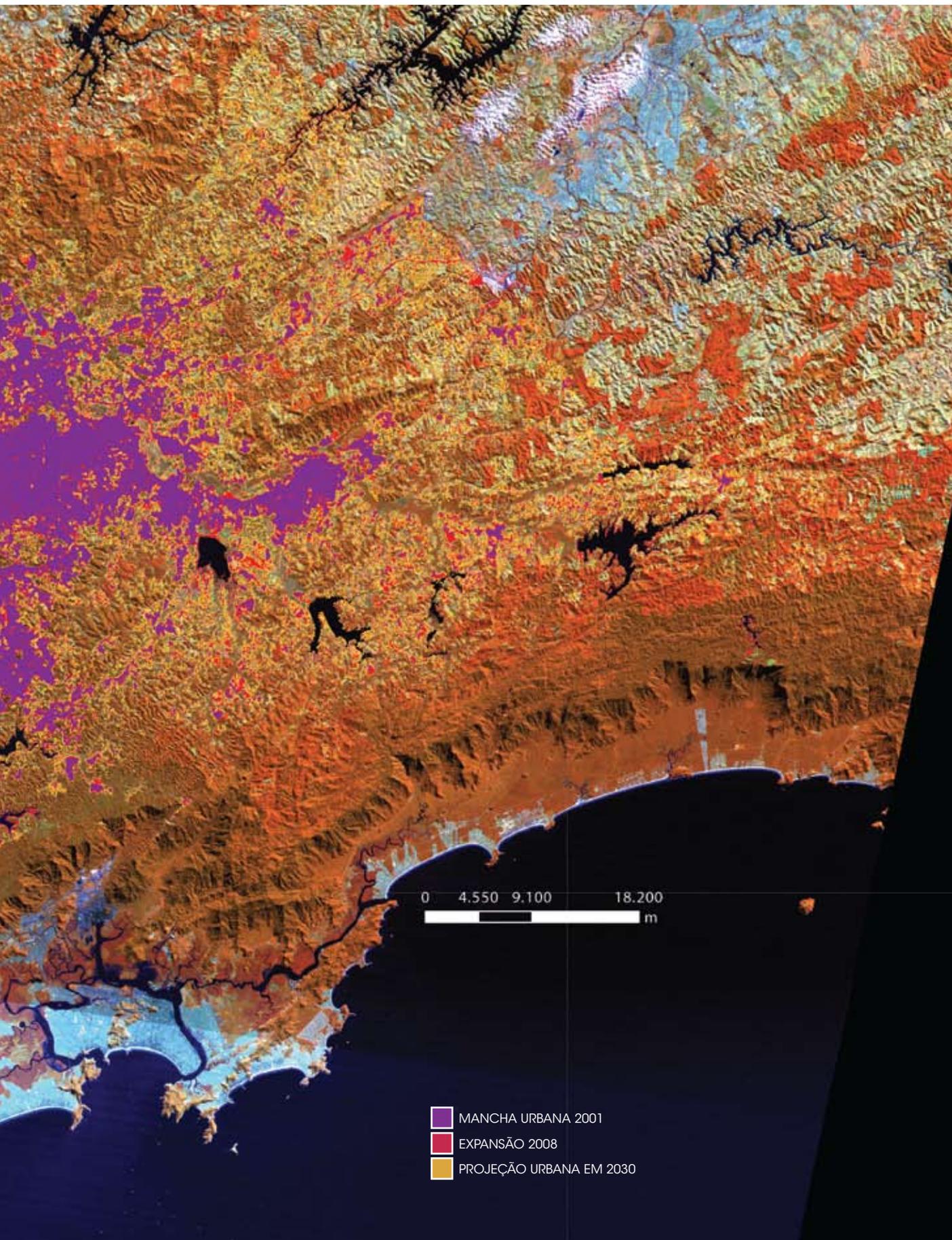


FIGURA 4: Projeção da Expansão da Mancha Urbana da RMSP em 2030.

FONTE: Processado com base na aplicação do Modelo de Projeção da Mancha Urbana para 2030.



- MANCHA URBANA 2001
- EXPANSÃO 2008
- PROJEÇÃO URBANA EM 2030



Inundações e deslizamentos de terra devem atingir de forma generalizada toda a população metropolitana, entretanto deve afetar com maior intensidade e gravidade as pessoas ou famílias que vivem nos ambientes de maior risco, com destaque para a população localizada em favelas, das quais pelo menos um terço é anualmente atingida várias vezes pelos episódios de chuvas intensas.

Na tentativa de visualizar esses desastres ambientais no futuro, foi gerado um modelo de expansão urbana para a RMSP em 2030, que permitiu identificar as possíveis áreas que seriam ocupadas no futuro caso o padrão de uso e ocupação do solo atual se perpetue sem nenhuma alteração e controle. Este modelo de expansão urbana foi integrado posteriormente com as classes de declividade do modelo Hand, visando identificar as áreas de risco no futuro.

Observa-se através dessa simulação, que a ocupação se intensificará na periferia da RMSP exatamente como o padrão atual (e aqueles registrados historicamente). A tendência é que a mancha urbana atual do município de São Paulo sofra poucas alterações, mas, em contrapartida, as áreas do entorno serão ocupadas exercendo forte pressão sobre os recursos naturais existentes.

Se esse processo de fato se concretizar, novas áreas de risco surgirão e a vulnerabilidade se intensificará tanto em relação a inundações como deslizamentos. Supondo que a área projetada para 2030 seja praticamente o dobro da área atual, os riscos de enchente e inundação aumentarão proporcionalmente. Nesse caso, **mais de 20% da área total de expansão seria suscetível e poderia eventualmente ser afetada.**

Do mesmo modo, porém considerando as faixas de declividade mais acentuada (maiores que 15° e 30°) obtidas no modelo "Hand", foram identificadas as áreas vulneráveis a deslizamentos em 2030. **Aproximadamente 11,17% das áreas de expansão em 2030 poderão se constituir em novas áreas de risco de deslizamentos.** ■■



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPLICAÇÕES NA SAÚDE

Além dos reflexos dos eventos extremos, as mudanças climáticas poderão afetar a saúde humana de diversas outras maneiras. Alguns impactos poderão ser observados nos próximos anos, por exemplo, aqueles relacionados à alérgenos. A elevação do CO₂ aumenta a sincronização e a liberação de alérgenos biogênicos, tais como o pólen de plantas, que promove o crescimento e esporulação de alguns fungos de solo. Invernos mais quentes podem resultar em um início mais precoce da estação de pólen de grama ou de outras plantas, aumentando suas concentrações na atmosfera. Partículas provenientes do diesel são agravantes, pois transportam esses alérgenos para os pulmões. Mudanças climáticas podem, assim, aumentar a incidência de rinite alérgica e asma e a intensidade e duração dos sintomas.





Além de provocar as mudanças climáticas globais, as emissões de automóveis são responsáveis por alterações ambientais em menor escala, como calor no centro dos grandes conglomerados urbanos. Apesar da pequena escala desses gradientes em temperatura e clima, a alta densidade de população em áreas metropolitanas coloca em risco um grande número de indivíduos. Por esse motivo, a maior parte do impacto das mudanças climáticas à saúde deverá ser experimentada no cenário urbano e a RMPS é bastante vulnerável.

Os impactos à saúde podem ser divididos em imediatos, de médio e longo prazo. Os imediatos incluem afogamentos e ferimentos das vítimas ao serem atiradas contra objetos quando levadas pela correnteza.

Os de médio prazo são as doenças que podem ocorrer devido à ingestão de água contaminada (doenças intestinais e hepatite A), ou contato com água contaminada (leptospirose). A chuva excessiva facilita o acesso de esgotos a céu aberto aos reservatórios de água potável, aumentando a probabilidade de doenças transmitidas pela água. Além disso, manifestações alérgicas e doenças respiratórias podem se espalhar mais facilmente em abrigos lotados.

Os efeitos de longo prazo incluem aumento de suicídios, alcoolismo e desordens psicológicas, especialmente em crianças.

na produção de alimentos. A fome e suas consequências para a saúde são o resultado mais óbvio dessa situação. A fome epidêmica leva à baixa resistência do sistema imunológico, à migração e a problemas socioeconômicos. Juntos, esses fatores aumentam o risco de infecções. Más condições sanitárias, causadas entre outras razões pela falta de água, aumentam a incidência de doenças diarreicas. Secas prolongadas podem também enfraquecer as defesas das árvores contra pragas e levar a incêndios florestais, que podem causar queimaduras, doenças respiratórias e mortes, além de espalhar vetores, como o mosquito transmissor da malária, para centros urbanos.

A falta de água potável será um dos fatores cruciais para o aumento das doenças entre as populações, piorando um quadro que hoje já é crítico. O aquecimento das águas superficiais pode ainda aumentar a concentração de toxinas em peixes e frutos do mar, elevando o número de envenenamentos por sua ingestão.

O eventual aumento deste fenômeno terá impactos negativos

⁴ PODE SER CHAMADO DE PATÓGENO UM AGENTE COM POTENCIAL AGRESSIVO AO HOMEM, POR EXEMPLO, UMA BACTÉRIA OU UM VÍRUS.

mudanças climáticas podem, nas grandes cidades, afetar a saúde da população por diferentes mecanismos. Os principais fatores podem ser resumidos da seguinte forma:

Alterações na temperatura e na umidade do ar podem contribuir com a proliferação de agentes infecciosos. Para os mosquitos, o aquecimento impulsiona o número de refeições de sangue e prolonga sua estação de reprodução. Inundações podem tirar os roedores de suas tocas, criar locais adequados para a reprodução de mosquitos, propiciar o crescimento de fungos nas casas e despejar **patógenos**⁴, nutrientes e substâncias químicas nos cursos d'água. Bactérias, fungos e vírus também são especialmente sensíveis e podem crescer rapidamente em condições mais quentes.

De forma geral, a mudança no clima pode provocar a migração de doenças de clima quente para zonas mais temperadas e um recrudescimento dos vetores de doenças mais comuns, causando pandemias. Os sistemas de saúde precisarão se readaptar para dar conta dessa demanda.

Especificamente na RMSP, as condições de moradia afetam a dose recebida e a suscetibilidade aos poluentes, bem como interferem com o conforto térmico. Na megacidade de São Paulo, as ilhas de calor prejudicam a dispersão dos poluentes. Áreas vizinhas aos grandes corredores de tráfego, os baixios dos viadutos, regiões sujeitas a constantes congestionamentos, são pontos que condicionam maior risco aos seus habitantes. O tipo de construção também afeta o grau de penetração dos poluentes e o gradiente térmico no interior das residências.

Soma-se a essa lista a redução da produtividade laboral da população afetada e o aumento dos gastos com medicamentos e cuidados à saúde. No grosso modo, as alterações ambientais consequentes às

■ **EPISÓDIOS EXTREMOS DE TEMPERATURA:** Estudos indicam que os extremos da pirâmide etária (acima de 65 anos e abaixo dos 5 anos de idade) são os que têm a saúde mais comprometida quando a temperatura ambiente fica fora da chamada "zona de conforto térmico". Alterações de mecanismos de regulação endócrina, de arquitetura do sono, de pressão arterial e do nível de estresse podem ser relacionadas como fatores mais frequentes e de igual importância. **O aumento na frequência de extremos de temperatura, evidenciada pelas projeções climáticas para a RMSP, irá aumentar seus efeitos adversos nos segmentos mais frágeis e vulneráveis da população, notadamente crianças, idosos e os mais pobres.** Não muito longe da RMSP, em Santos, um evento meteorológico extremo matou 32 pessoas idosas por causa do forte calor ocorrido na primeira semana de fevereiro de 2010. No dia das mortes, os termômetros mediram 39 graus e a noite a umidade chegou a 21% (calor seco), condição meteorológica atípica e bastante desconfortável. Fenômenos extremos como estes estão se tornando cada vez mais frequentes por causa das mudanças climáticas.

■ **EPISÓDIOS EXTREMOS DE PLUVIOSIDADE:** Além dos riscos à vida humana já descritos em situações de enchentes e mobilização de terras em áreas de alta declividade, há um maior número de externalidades no trânsito. Atropelamentos, quedas de motocicletas, colisões entre veículos são mais frequentes em dias de chuvas intensas.

■ **AUMENTO DA INCIDÊNCIA DE DOENÇAS INFECCIOSAS:** Um dos efeitos tardios após as enchentes é a maior probabilidade de contrair doenças infecciosas de veiculação hídrica, notadamente as parasitoses intestinais, as hepatites virais, a leptospirose e as **enterovirose**s⁵. As chuvas intensas criam as condições para a formação de mosqui-

tos transmissores de doenças como a dengue, a febre amarela e a malária. Esses criadores podem ser acelerados pelo aumento da temperatura, que favorece a eclosão das larvas dos mosquitos vetores. Estudo feito para cidade e São Paulo



⁵ DOENÇAS CAUSADAS POR VÍRUS AS ENTEROVIROSES ACONTECEM MAIS NOS MESES QUENTES E ACOMETEM PRINCIPALMENTE AS CRIANÇAS (6 MESES A 7 ANOS).

mostra que a partir 14º dia, se estendendo até 18º após a ocorrência de um temporal (episódios que têm se tornado mais frequentes na RMSP), doenças como a leptospirose são mais um agravante, principalmente para áreas mais pobres e vulneráveis onde o contato com água contaminada é quase inevitável.

■ AUMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DE POLUENTES

ATMOSFÉRICOS: Em face do aquecimento global, espera-se que alguns poluentes tenham a sua concentração ambiental aumentada, notadamente os gases e partículas gerados a partir de processos fotoquímicos atmosféricos. Desse modo, poderá ocorrer um aumento da mortalidade geral em função da presença de aerossol secundário (nitratos e sulfatos) e gases oxidantes (**ozônio**)⁶.

Além de atingir diretamente a saúde humana, a poluição também interfere no microclima da cidade, alterando a física da atmosfera por meio da quantidade de aerossóis injetados no ar e, dessa forma, modificando a quantidade de nuvens e alterando o balanço térmico e radiativo da atmosfera. Nos grandes centros urbanos poluídos como São Paulo, a influência meteorológica é ainda mais marcante e as condições atmosféricas interferem na dispersão dos poluentes, podendo provocar aprisionamento dos poluentes nas camadas mais baixas da atmosfera.

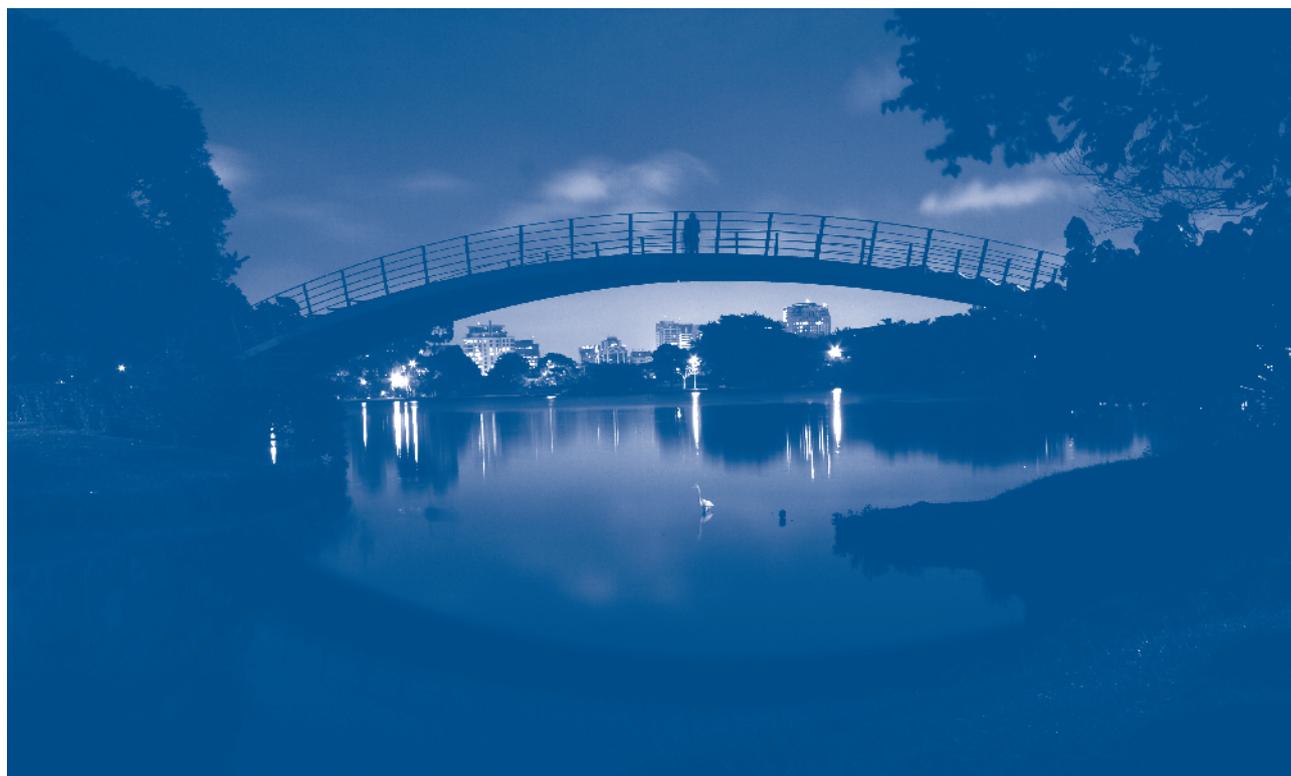
Em estudo preliminar, analisou-se os poluentes e as variáveis meteorológicas para identificar como esse “efeito conjunto” influencia nas doenças

respiratórias. Através de técnicas estatísticas, verificou-se que quando soma-se o efeito dos poluentes com o frio, os habitantes poderão ficar vulneráveis durante quase uma semana, ou seja, uma determinada semana em São Paulo poderá ser letal. Mostrou-se também que os poluentes e as variáveis meteorológicas explicam em média 70% da variância captada das internações por doenças respiratórias. As doenças do trato respiratório superior revelaram uma associação quando se consolida uma condição de frio e alta umidade (frio úmido) com os poluentes **SO₂** e **CO⁷**. Nas internações por doenças do trato inferior (asma, bronquite etc.), o frio úmido associado com o **PM₁₀**⁸ e **O₃**⁹ mostrou-se responsável pelas internações.

■ ESCASSEZ E MIGRAÇÕES:

A escassez de água e de alimentos poderá promover a migração de segmentos populacionais, que terão como um dos destinos as grandes cidades. No caso da RMSP, se esse processo de fato ocorrer, tenderá a aumentar o cinturão de pobreza (no entorno de São Paulo), com consequências ao setor de saúde (entre outros) devido ao aumento da desigualdade e a intensificação de fatores de exclusão social. ■

⁶ EM TERMOS GERAIS, A CADA INCREMENTO DE 10 MG.M-3 DE NITRATOS E SULFATOS (DA ORDEM DE MP2,5) E DE OZÔNIO, É ESPERADO UM AUMENTO DE 6% E 0,3% DA MORTALIDADE GERAL NA RMSP, RESPECTIVAMENTE. ⁷ MONÓXIDO DE CARBONO. ⁸ TIPO DE PARTÍCULAS INALÁVEIS, DE DIÂMETRO INFERIOR A 10 MICRÔMETROS. ELEMENTO DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, QUE PODE PENETRAR NO APARELHO RESPIRATÓRIO. ⁹ OZÔNIO



MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO NA RMSP

A avaliação local e regional da vulnerabilidade às mudanças e variações do clima indica que cada vez mais cedo medidas de adaptação em escalas apropriadas serão essenciais. No painel “Megacidades e Vulnerabilidades às Mudanças Climáticas”, foram discutidas algumas medidas de adaptação para o caso da Região Metropolitana de São Paulo.

Uma das medidas importantes é que os planos urbanísticos deixem de ser regidos exclusivamente por decisões do setor imobiliário. Certamente, os ganhos desse setor podem ser aumentados com aumento do conforto urbano. Os condomínios e edifícios próximos de áreas verdes não seriam os mais procurados e valorizados se o conforto ambiental não fosse reconhecido.

Dentro dessa perspectiva, deve-se considerar também a adaptação dos sistemas de transporte. As ferrovias são uma alternativa de significativa importância para redução do número de veículos do sistema viário (incluindo o transporte de cargas que atravessa São Paulo), reduzindo a queima de combustíveis e a emissão de poluentes. Nesse sentido, investimentos na ampliação das linhas de metrô e trens interurbanos deveriam ser mantidos, uma vez que transportam grandes quantidades de passageiros e reduzem o número de veículos nas ruas e avenidas.

Percebe-se, porém, um avanço bastante pequeno no sentido do aumento da participação das ferrovias na matriz de transportes brasileira. Um dos principais entraves a uma maior eficiência das operações ferro-

viárias são as pequenas distâncias médias percorridas, elevando os custos operacionais. Uma solução para conciliar as pequenas distâncias percorridas pelos trens brasileiros com a necessidade de redução de caminhões que circulam em São Paulo seria a implantação de sistemas de transporte intermodais, com a criação de entrepostos localizados em pontos estratégicos fora da Região Metropolitana. Os entrepostos situados nas rodovias estariam interligados às ferrovias, que por sua vez estariam conectadas aos principais portos e aeroportos.

Ainda com relação às medidas de adaptação, outro aspecto importante se refere ao balanço de água no solo ou balanço hídrico. A chuva e o orvalho dependem do clima da região (interação com a atmosfera), enquanto as demais entradas no sistema hídrico dependem do tipo de solo, relevo e da presença de vegetação. As intervenções urbanas resultantes da impermeabilização da superfície alteram as condições de circulação da água no interior do solo, provocando soerguimento ou rebaixamento do lençol freático.

A intensificação dos processos 

de solubilização e lixiviação que provocam a destruição das estruturas do solo, decorrentes da mudança do regime hídrico, podem resultar em abatimentos da superfície. Esse fenômeno de larga ocorrência no município de São Paulo tem onerado a manutenção da rede viária. As marginais do Tietê, Pinheiros, Avenida Nove de Julho e dos Bandeirantes são alguns exemplos.

Na Região Metropolitana, os efeitos dessa neutralização (causada pela impermeabilização do solo) ocorrem em diversos pontos, repercutindo no desconforto causado pelas condições climáticas extremas, com umidade relativa do ar chegando a 15% e variações diárias de temperatura que superam 12°C (registradas no ano de 2003).

Uma solução apresentada pela prefeitura foi a implantação de parques lineares. Esses parques, além de representarem expansão da área

verde na cidade de São Paulo, contribuirão para melhorar a permeabilidade do solo, minimizando as enchentes, além de proteger os cursos d'água ainda não canalizados. A Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) tem recursos do Fundo de Desenvolvimento Urbano (FUNDURB), da ordem de R\$ 38 milhões, para a implantação de cinco parques. Os recursos para a construção de outros seis parques também previstos pela

DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA RMSP

É necessário iniciar um processo permanente de avaliação ambiental estratégica e constante monitoramento, que indique vias (ou meios) de desenvolvimento limpo/sustentável para a Região Metropolitana do São Paulo no século XXI. Nesse sentido, algumas diretrizes foram sugeridas:

SETOR PÚBLICO

O poder público deverá estabelecer a obrigatoriedade de avaliação da dimensão climática nos processos decisórios referentes às políticas públicas, de forma a estabelecer:

- Ampliação da capacidade de observação sistemática e modelagem climática, geração de cenários climáticos futuros devidos ao aquecimento global e à continuada urbanização e divulgação de informações para o processo de tomada de decisões;
- Implantação de uma rede de monitoramento climático cobrindo a Região Metropolitana de São Paulo;
- Avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde humana, promovendo medidas para redução ou prevenção dos impactos;

- Formatação de um banco de dados climático, incorporando informações históricas (séries históricas) bem como os registros a serem gerados pela rede de monitoramento da região;
- Desenvolvimento de estudos sobre "ilhas de calor urbano", com auxílio de universidades e instituições envolvidas, para fins de planejamento urbano e regional, considerando a eficiência climática da região em diferentes períodos do ano;
- Estabelecimento de práticas visando promover a eficiência energética em todos os setores e regiões, incluindo a definição de padrões mínimos de eficiência energética para produtos e processos;
- Investimento em capacitação e aparelhamento para fiscalização e punição de atividades emissoras de gases de efeito estufa (GEE);
- Atração de investimentos para a implantação de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e de outros mecanismos internacionais do mercado de carbono;
- Análise, promoção e implementação de incentivos econômicos para setores produtivos que assumam

- compromissos de redução de emissões de GEE ou sua absorção por sumidouros (com a ampliação dos sumidouros florestais nas áreas públicas e implementação de medidas efetivas para manutenção dos estoques de carbono);
- Implementação do Plano de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, envolvendo todos os municípios da Região Metropolitana e a sociedade (com revisão e apresentação de custos comparativos judicialmente auditados entre grandes obras de engenharia e a implantação de alternativas como, por exemplo, de parques lineares);
- Aplicação de recursos vinculados destinados à pesquisa científica no estudo das causas e consequências do aumento de temperatura e mudanças dos regimes hidrológicos, especialmente os extremos, na região, bem como em pesquisa tecnológica visando a busca de alternativas para a redução da poluição atmosférica, poluição dos corpos d'água e do solo, elaboração de modelos hidrológicos, ou seja, estudos voltados à adaptação da sociedade às mudanças do clima.

secretaria devem ser obtidos através de compensações ambientais.

Na região do Alto Tietê, o governo do Estado prevê a implantação de um extenso parque linear constituído de grandes piscinas que deverão funcionar como várzeas “naturais” recobertas por vegetação, aumentando a capacidade de retenção das águas no período de cheias. O projeto do parque inclui a recuperação de 3,8 milhões de metros quadrados de matas ciliares do Tietê.

A preservação efetiva da Área de Preservação Ambiental (APA) do Parque do Car- ➔



INSTRUMENTOS DE INFORMAÇÃO E GESTÃO

O Poder Executivo local deverá publicar um Plano de Ação Integrado para implementação de objetivos comuns (órgãos e setores da sociedade) visando minimizar os impactos das mudanças climáticas, a ser elaborado pelas instituições técnicas responsáveis com a participação da sociedade civil através de discussões em fóruns e plenárias.

O Poder Executivo local deverá publicar também um documento de comunicação contendo informações sobre as medidas executadas para reduzir e permitir adaptação às mudanças climáticas, utilizando metodologias nacionais ou internacionalmente aceitas, devidamente adaptadas à realidade brasileira, quando couber.

Os estudos necessários para a publicação do documento de comunicação deverão ser financiados com o apoio do Fundo Nacional de Mudanças Climáticas (FNMC), entre outros fundos públicos e privados criados a partir das discussões com a sociedade e especialistas da área. O Poder Executivo local deverá disponibilizar o inventário ao público geral.

INSTRUMENTOS DE COMANDO E CONTROLE

Através de uma ação conjunta, DAEE, Defesa Civil e Prefeituras Municipais da região deverão criar instrumentos de restrição à impermeabilização das áreas urbanas, tais como:

- Coibir a construção de edifícios (novas construções) em áreas com declividade acentuada e de preservação permanente através do controle de alvarás e licenças; embargos de obras; bem como incentivos fiscais para quem respeitar as regras ao longo dos anos de ocupação (redução progressiva do IPTU);
- Introduzir nos regulamentos de outorga já existentes, que caberia ao DAEE a outorga para obras civis que possam resultar em impactos sobre o regime de deflúvios superficiais na bacia;
- Implantar um de Sistema de Alerta a Enchentes, Inundações e Deslizamentos na Bacia do Alto Tietê, envolvendo a população, a defesa civil e órgãos competentes.

INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

As Secretarias da Fazenda e Planejamento deverão proceder à quantifi-

cação dos benefícios decorrentes das medidas de adaptação às mudanças climáticas, uma vez que esta constitui uma alternativa extremamente necessária para a viabilização de ações.

As questões relativas aos custos e benefícios decorrentes, por exemplo, da redução nos índices de doenças e mortalidade (causadas por inundações, deslizamentos e períodos de seca), impactos positivos na paisagem (em função das melhorias visando equilíbrio das condições climáticas) devem ser identificadas, quantificadas e amplamente divulgadas no orçamento participativo de cada município. A avaliação dos custos e benefícios deverá ser auditada, por órgão ou empresa especializada, que se responsabilizará judicialmente pelos resultados da auditoria.

Uma das abordagens que deverão ser adotadas refere-se à quantificação dos danos evitados quanto aos aspectos de bens, propriedades, equipamentos, produção, paralisação do processo produtivo, atrasos nos deslocamentos, sobrecargas dos serviços públicos de saúde e salvamento (hospitais, emergências etc.).

mo é outra medida de adaptação extremamente importante. Trata-se de um conjunto de fragmentos de vegetação abrangendo praticamente toda a cabeceira do Rio Aricanduva e de alguns de seus tributários.

A quantificação dos benefícios decorrentes das medidas de adaptação às mudanças climáticas parece ser uma alternativa extremamente necessária para a viabilização de ações. Recentemente, uma experiência deste tipo foi realizada pelo DAEE. Em áreas de grande circulação de veículos foram considerados os custos de interrupção ou atraso no tráfego causado pelas inundações. Devido à redução na velocidade média, em geral, triplicam-se os custos normais de operação dos veículos. Para veículos particulares, os valores variam de R\$ 0,26/km a R\$ 0,78/km. No caso de caminhões, de R\$ 1,50/km para R\$ 3,00/km.

O tempo médio perdido pelos passageiros e **motoristas**¹⁰ durante interrupções de tráfego causadas pelas inundações corresponde a três horas e estima-se que corresponda a: R\$ 6,00/h/passageiro (veículos particulares) e R\$ 2,00/h/passageiro (ônibus e caminhões).

O processo para adaptação às mudanças climáticas se inicia com a tomada de consciência do risco ambiental, tecnológico e social que se projeta no futuro. Somente com uma população consciente desses riscos será possível o debate transparente e participativo sobre as alternativas para mitigá-los.

É fundamental construir o espaço de negociação capaz de envolver os setores públicos e privados, como também o terceiro setor, na construção de uma política metropolitana de enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas, que se manifeste em programas de curto, médio e longo prazo e que se concretize em projetos alternativos de uso e ocupação do território. ■

¹⁰ CONSIDEROU-SE A MÉDIA DE 1,5 PASSAGEIRO POR VEÍCULO PARTICULAR E 50 PASSAGEIROS POR ÔNIBUS.

APOIO

EMBAIXADA DO REINO UNIDO

REDE CLIMA

PROGRAMA FAPESP DE PESQUISA EM MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

