

NEREUS

Núcleo de Economia Regional e Urbana
da Universidade de São Paulo
The University of São Paulo
Regional and Urban Economics Lab

**MAPEAMENTO DAS PERDAS ECONÔMICAS POTENCIAIS
DOS PONTOS DE ALAGAMENTO DO MUNICÍPIO DE SÃO
PAULO, 2008-2012**

Eliane Teixeira
Eduardo A. Haddad

TD Nereus 14-2013
São Paulo
2013

Mapeamento das Perdas Econômicas Potenciais dos Pontos de Alagamento do Município de São Paulo, 2008-2012

Eliane Teixeira e Eduardo A. Haddad

Resumo. Este artigo apresenta uma extensão do trabalho de Haddad e Teixeira (2013) em que se avaliaram os impactos econômicos dos alagamentos em São Paulo considerando-se um conceito mais amplo de prejuízo, que inclui não só as perdas diretas tradicionais relacionadas à interrupção da produção, mas também os custos indiretos avaliados por meio das ligações das cadeias produtivas em que a cidade se insere. Os resultados globais foram decompostos possibilitando a identificação das perdas potenciais por ponto de alagamento, ampliando o escopo de análise. Com esse novo conjunto de informações, foram identificados os *hotspots* econômicos, ou seja, os pontos que causaram as maiores perdas econômicas potenciais à cidade de São Paulo e ao Brasil. Ademais, a técnica de decomposição utilizada proporciona uma ferramenta auxiliar para análise de custo-benefício de projetos locais para redução de alagamentos.

1. Introdução

Os alagamentos na cidade de São Paulo já fazem parte do cotidiano de seus habitantes. Todos os anos, principalmente durante o verão, famílias, empregados e empresários têm suas rotinas alteradas em função dos transtornos e inconvenientes provocados pelas chuvas excessivas. Apesar das incertezas que permeiam as projeções climáticas de longo prazo, evidências recentes já apontam o aumento na frequência e na intensidade das chuvas na capital paulista. Os efeitos das mudanças do clima, associados às mudanças no uso do solo promovidas pelo intenso processo de urbanização da cidade, que não foi articulado a um planejamento urbano adequado, torna a sociedade exposta e vulnerável, aumentando o risco a desastres naturais.

Este artigo apresenta uma extensão do trabalho de Haddad e Teixeira (2013) onde se avaliaram os impactos econômicos dos alagamentos em São Paulo considerando-se um conceito mais amplo de prejuízo, que inclui não só as perdas diretas tradicionais relacionadas à interrupção da produção, mas também os custos indiretos avaliados por meio das ligações das cadeias produtivas em que a cidade se insere. Esse trabalho representou uma primeira tentativa de se analisar a questão mediante uma abordagem de modelagem integrada.

As perdas diretas foram estimadas pela interrupção das atividades econômicas nos locais afetados pelos alagamentos. Com a sobreposição de camadas de informação dos alagamentos e dos perfis de trabalho das firmas em sistema de informação geográfica, foram identificadas as empresas potencialmente afetadas em um raio de impacto pré-determinado. Os prejuízos indiretos foram avaliados por um modelo Espacial de Equilíbrio Geral Computável (EEGC), fundamentado em otimizações simultâneas do comportamento dos consumidores e das firmas em uma estrutura multi-regional que capta a distribuição espacial, ou seja, geográfica, dos impactos. A solução do modelo identificou qual teria sido o crescimento do produto se os alagamentos não tivessem ocorrido. Os resultados indicaram que os alagamentos na cidade de São Paulo teriam reduzido o Produto Interno Bruto (PIB), o bem-estar dos consumidores e as receitas fiscais da cidade, da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), do resto do Estado de São Paulo e do País, evidenciando que o problema aparentemente local ultrapassa as fronteiras da cidade. Além disso, estimou-se perda de competitividade da cidade, tanto no mercado doméstico como no mercado internacional.

Além desses impactos macroeconômicos, a estratégia de modelagem integrada desenvolvida em Haddad e Teixeira (2013) permite a identificação dos *hotspots* econômicos da cidade, ou seja, dos pontos de alagamento que geram, potencialmente, as maiores perdas econômicas para a cidade de São Paulo e para o Brasil. As estimativas de prejuízos diretos e indiretos por ponto de alagamento, objeto deste artigo, fornecem uma ferramenta útil para uma avaliação de custo-benefício de obras estruturais para redução de alagamentos, de forma a auxiliar a tomada de decisão do planejador urbano.

2. Urbanização e Desastres Naturais

O problema dos alagamentos na cidade de São Paulo tem forte relação com as mudanças climáticas, a urbanização e os desastres naturais. A relação entre urbanização de grandes aglomerações e alagamentos tem recebido mais atenção recentemente em virtude das projeções de mudança na frequência e intensidade dos eventos extremos relacionados às mudanças climáticas (Nobre *et al.*, 2011; Linnekamp *et al.*, 2011; GU *et al.*, 2011); e do potencial de ocorrência de desastres naturais, dada a suscetibilidade das áreas urbanas (Suarez *et al.*, 2005).

Uma das principais preocupações da sociedade contemporânea em relação às projeções do clima diz respeito às possíveis mudanças na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos de curta duração. Entre os eventos extremos mais alarmantes para a cidade de São Paulo estão aqueles relacionados à precipitação intensa. As projeções dos especialistas indicam aumento no número de dias com fortes chuvas até o final do século (IPCC, 2012; Shepherd *et al.*, 2002; Marengo *et al.*, 2009; Nobre *et al.*, 2011; Silva Dias *et al.*, 2012). 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 na capital paulista (Nobre *et al.*, 2011).

Eventos de precipitação intensa têm importantes efeitos sobre a sociedade, visto que alagamentos associados a chuvas excessivas, e frequentemente curtas, podem ser os mais destrutivos dos eventos extremos para os grandes centros urbanos. As projeções feitas pelo IPCC¹ (2007, p. 53) para o final do século XXI sobre as alterações dos eventos extremos devido às mudanças climáticas também evidenciam aumento na frequência dos eventos de precipitação intensa sobre a maioria das regiões do planeta, considerando todos os cenários de emissão.²

Apesar da limitada capacidade dos modelos climáticos globais em simular com acurácia as variações do clima em escala local, especialmente de uma variável chave como a de precipitações, estudos regionais também constataam o aumento na frequência de chuvas intensas sobre diversas regiões da América do Sul até o final do século XXI, através da utilização de sistemas de modelagem regional do clima (Marengo *et al.*, 2009). E o sudeste da América do Sul é uma das regiões cujas projeções apontam aumento na quantidade e na amplitude dos eventos de precipitações intensas, indicando o potencial de crescimento das

¹ Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

² O IPCC considera quatro grupos de cenários de emissão (A1, A2, B1 e B2), que exploram diferentes trajetórias de desenvolvimento, abrangendo uma ampla gama de forças demográficas, econômicas e tecnológicas, e suas emissões de gases de efeito estufa resultantes. O cenário A1 assume um mundo em rápido crescimento econômico, uma população global que chega ao pico na metade do século e a introdução de tecnologias mais eficientes. B1 descreve um mundo em convergência, com a mesma população global que A1, mas com alterações na estrutura econômica em direção a uma economia de serviços e informações. B2 representa um mundo de crescimento econômico e população intermediários, enfatizando soluções locais de sustentabilidade econômica, social e ambiental. Por fim, o cenário A2 descreve um mundo bastante heterogêneo, com grande crescimento populacional, baixo desenvolvimento econômico e mudança tecnológica lenta.

perdas econômicas para as grandes cidades localizadas nessa região, entre elas a megacidade de São Paulo.³

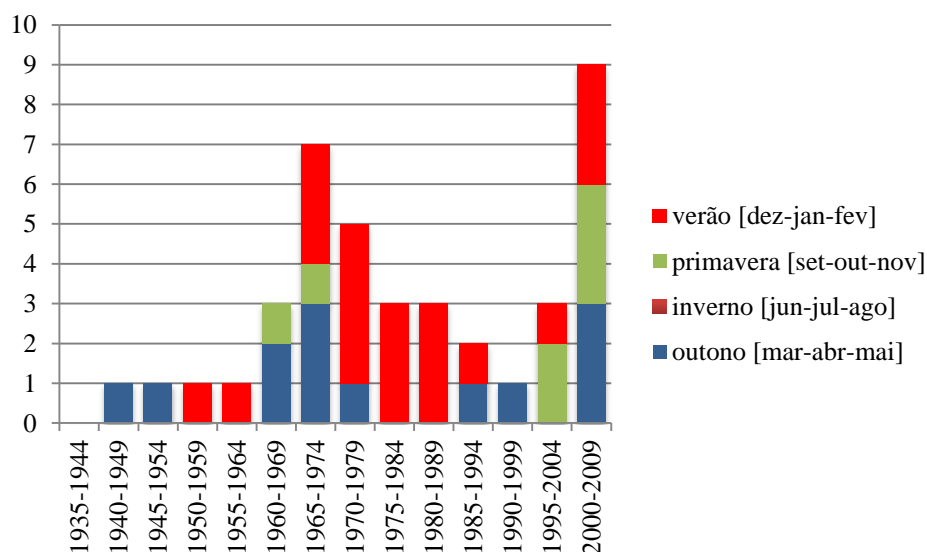
Mesmo com as incertezas que permeiam as projeções do clima, evidências recentes já apontam para o aumento na intensidade e na frequência de chuvas na cidade de São Paulo. Durante a maior parte do século XX, o número de dias com precipitações que excediam 80 milímetros por dia⁴ em São Paulo era muito pequeno – a média era de um evento por década, a partir da década de 1930. Após o início da década de 1970, no entanto, o número de eventos desse tipo aumentou, atingindo a marca de nove casos na primeira década deste século (Silva Dias *et al.*, 2012), como pode ser observado na Figura 1.

Ademais, a grande densidade urbana é uma fonte significativa de calor. As partes mais densas da região metropolitana tendem a ser mais quentes; em contrapartida, a temperatura diminui à medida que a densidade urbana declina (Shepherd *et al.*, 2002), reforçando as projeções de aumento na frequência e intensidade dos extremos diários de precipitação na cidade de São Paulo (Silva Dias *et al.*, 2012).

³ Megacidade é o termo normalmente empregado para se definir uma cidade que sedia uma aglomeração urbana com mais de 10 milhões de habitantes.

⁴ A Sociedade Americana de Meteorologia classifica a intensidade das chuvas conforme segue: (i) chuva leve – taxa de precipitação menor que 2,5 mm/hora; (ii) chuva moderada – taxa de precipitação entre 2,5 e 7,6 mm/hora; (iii) chuva pesada – taxa de precipitação superior a 7,6 mm/hora; e (iv) chuva violenta – taxa de precipitação superior a 50 mm/hora. As chuvas que provocam os maiores alagamentos na cidade de São Paulo são, em geral, violentas, pois ultrapassam 50 mm em curtos períodos.

Figura 1. Número de Dias com Chuva acima de 80mm por Década na Cidade de São Paulo



Fonte: Silva Dias *et al.*, 2012

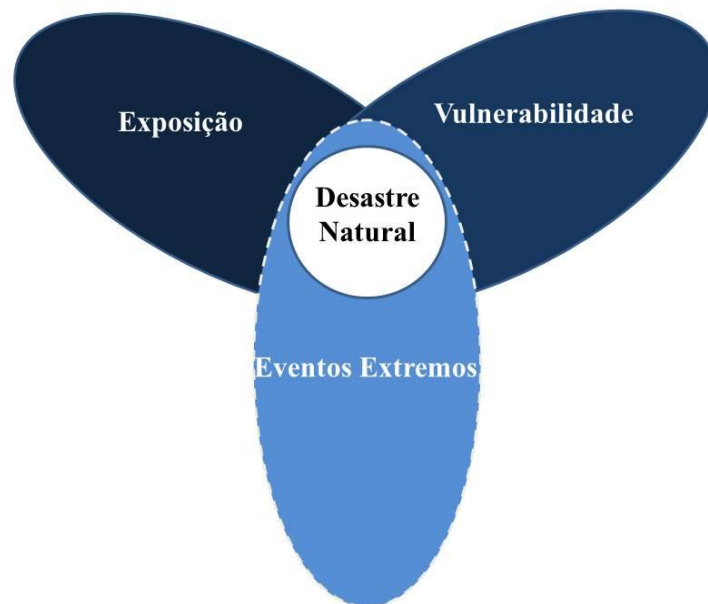
Existe uma correlação significativa entre ocupação humana e sistemas de drenagem urbana.⁵ O desenvolvimento urbano promove mudanças no uso da terra que aumentam o risco de alagamentos, tais como (i) alterações no fluxo dos canais, que podem limitar o escoamento durante as chuvas fortes (Konrad e Booth, 2002), (ii) excessiva impermeabilização do solo, que interfere na dinâmica hidrológica da cidade, e (iii) ocupação do solo sobre rios e córregos canalizados, intensificando processos de assoreamento, o que provoca alterações no fluxo de vazão dos rios. Megacidades como São Paulo possuem numerosos problemas sociais e ambientais associados aos padrões de desenvolvimento e transformação do espaço, que têm se agravado pelo aumento na frequência e intensidade das chuvas.

Eventos climáticos extremos são frequentemente, mas nem sempre, associados aos desastres naturais. Desastres implicam impactos sociais, econômicos ou ambientais que perturbam gravemente o funcionamento normal das comunidades afetadas. Condições meteorológicas e eventos climáticos extremos implicarão em desastres naturais se e somente se: (1) as comunidades estiverem expostas a esses eventos, e (2) a exposição ao evento for acompanhada por um alto nível de vulnerabilidade (IPCC, 2012). Dessa forma, desastres naturais também podem ser desencadeados por eventos que não são extremos no sentido

⁵ O agravamento dos problemas de drenagem em São Paulo está relacionado à ocupação da bacia do Alto Tietê (Ostrowsky, 1991; Nobre *et al.*, 2011).

estatístico. Elevados níveis de exposição e vulnerabilidade transformarão até o menor dos eventos em desastres para algumas sociedades.

Figura 2. Fatores que Definem um Desastre Natural



Fonte: IPCC, 2012

A cidade de São Paulo reúne todos os fatores que a tornam suscetível ao risco a desastres naturais, definido como a ocorrência potencial de um evento físico natural ou induzido que possa causar efeitos adversos sobre elementos expostos e vulneráveis, tais como perdas de vidas, danos físicos, prejuízos a propriedades e infraestrutura (United Nations, 2010). O acelerado processo de expansão urbana não foi acompanhado pela implementação de infraestrutura adequada, provocando importantes problemas urbanos, tais como a ocupação ilegal de áreas ambientais protegidas (no entorno de cursos d'água e encostas) e o rápido crescimento do percentual de áreas impermeabilizadas na bacia do Alto Tietê, por onde corre o principal rio da cidade. Como consequência, a frequência de alagamentos nessa bacia (o desastre natural que abate a cidade todos os anos) também aumentou (Barros *et al.*, 2005). Esse conjunto de alterações que afetam o ambiente torna os assentamentos humanos cada vez mais vulneráveis e expostos às mudanças climáticas, indicando a necessidade de se adaptar às alterações registradas ao longo do tempo.

Entre os principais problemas atualmente enfrentados pela cidade estão aqueles relacionados às mudanças climáticas. As chuvas intensas de verão provocam alagamentos em diversos pontos da cidade. Além das perdas e transtornos sofridos pelas pessoas e empresas diretamente atingidas, esses alagamentos produzem efeitos mais amplos que ultrapassam os limites da cidade, refletindo em setores econômicos do estado e do país. Os impactos dos alagamentos afetam as famílias, as atividades industriais e comerciais, serviços públicos e privados, e o sistema de transporte urbano. Dada a crescente concentração de pessoas e atividades econômicas na região nas últimas décadas, impactos e perdas econômicas devido a desastres naturais têm aumentado substancialmente.

As consequências econômicas dos alagamentos em áreas urbanas são de grande relevância, pois variam de impactos sobre a saúde humana (Huntingford *et al.*, 2007) a efeitos sobre os valores dos imóveis (Harrison *et al.*, 2001), infraestrutura de transporte urbano (Suarez *et al.*, 2005), e outros efeitos prejudiciais tais como perda de um tempo que poderia ser despendido em trabalho e estudo, danos à propriedade e estresse psicológico (Linnekamp *et al.*, 2011). Além disso, os custos financeiros também apresentam importância, através de efeitos potenciais no setor de seguros e esquemas de compensação públicos (Botzen e Van Den Bergh, 2008).

3. Hotspots Econômicos

A vulnerabilidade econômica dos alagamentos deve ser tratada como função da (i) dependência – grau em que uma atividade se relaciona a outras atividades econômicas no resto do país, (ii) resiliência – a habilidade de uma atividade (ou sistema) de superar a dependência e responder a rupturas, usando substitutos ou até realocações, e (iii) suscetibilidade – a probabilidade e extensão do alagamento (Van Der Veen e Logtmeijer, 2005). O entendimento desse tripé é essencial para identificar o risco relacionado aos *hotspots*⁶ econômicos.

A operacionalização desse conceito no trabalho é realizada por meio de uma abordagem metodológica alternativa. O foco inicial é direcionado para uma dimensão específica dos impactos econômicos dos alagamentos em um sistema interregional integrado (Haddad e

⁶ *Hotspots* são medidas de intensidade de um fenômeno.

Teixeira, 2013). Inicialmente, são consideradas todas as ocorrências de alagamento na cidade de São Paulo em 2008 (mesmo ano para o qual as bases de dados econômicas estão disponíveis). Uma vez que todos os eventos de alagamento ocorridos naquele ano são analisados, o tratamento da suscetibilidade torna-se menos importante. Do ponto de vista econômico, uma vez que o alagamento já ocorreu em um ponto da cidade, basta verificar a existência de firmas afetadas dentro da extensão territorial da área de influência desses pontos. Os outros dois elementos são também explicitamente considerados. A dependência é completamente capturada por meio das ligações espaciais associadas aos fluxos de renda e das cadeias de valor incorporadas no sistema de insumo-produto metropolitano, utilizado para calibrar o modelo EEGC; além de ser considerada em hipóteses de mobilidade interregional de fatores. E a resiliência é contemplada na força dos efeitos substituição induzidos pelos efeitos preço e pelas restrições de oferta do modelo.

De uma perspectiva econômica, três forças principais entram em ação: primeiro, as empresas na área de influência dos pontos de alagamento podem ter que interromper temporariamente a sua produção, impedindo o crescimento potencial do PIB através da interrupção em sua cadeia de valor; segundo, danos em infraestrutura econômica podem gerar tanto uma redução no estoque de capital disponível para a produção, como interrupções temporárias na infraestrutura de serviços (por exemplo, interrupção de energia elétrica e bloqueio de rodovias), ocorrências comuns durante os alagamentos; e, terceiro, esforços de reconstrução e medidas adicionais de manutenção operam na direção oposta, estimulando atividades orientadas ao investimento (por exemplo, o setor de construção civil), que se tornam mais vigorosas após os períodos de alagamento.

Esse trabalho avalia os efeitos da primeira dessas três forças em ação – a paralisação temporária da produção, e a sua consequente interrupção da cadeia de valor. Complementando o trabalho de Haddad e Teixeira (2013), em que se estimou qual teria sido o impacto sobre a economia se todos os pontos de alagamentos não tivessem ocorrido naquele ano, identificamos aqui a contribuição de cada ponto para o impacto total.

Neste contexto, os *hotspots* econômicos são aqui referidos como os pontos de alagamento que acometeram em maiores perdas econômicas potenciais para a cidade de São Paulo, fornecendo uma medida de intensidade dos prejuízos no espaço geográfico.

A estratégia de modelagem integrada permitiu identificar as empresas afetadas por cada ponto de alagamento em um pré-determinado raio de impacto e, a partir das informações de perdas diretas, *estimar* as perdas totais por meio da utilização do modelo EEGC. Com isso, o impacto total sobre a produção foi avaliado não só a partir das perdas diretas, mas também dos prejuízos indiretos provocados pela interrupção das longas cadeias produtivas que interligam a cidade de São Paulo à região metropolitana, ao estado de São Paulo e ao restante do país.

Utilizando-se técnicas de decomposição é possível obter as estimativas de perda potencial para cada ponto de alagamento, por meio da aplicação de multiplicadores de impacto setoriais. A aplicação desses multiplicadores às perdas diretas individuais fornece estimativas dos prejuízos econômicos totais de cada ponto. Os multiplicadores de impacto são obtidos conforme segue:

$$\text{Multiplicador de Impacto}_{ars} = \frac{\text{Perda Potencial Total}_{ars}}{\text{Vetor de Choque}_{as}} \quad (1)$$

Em que:

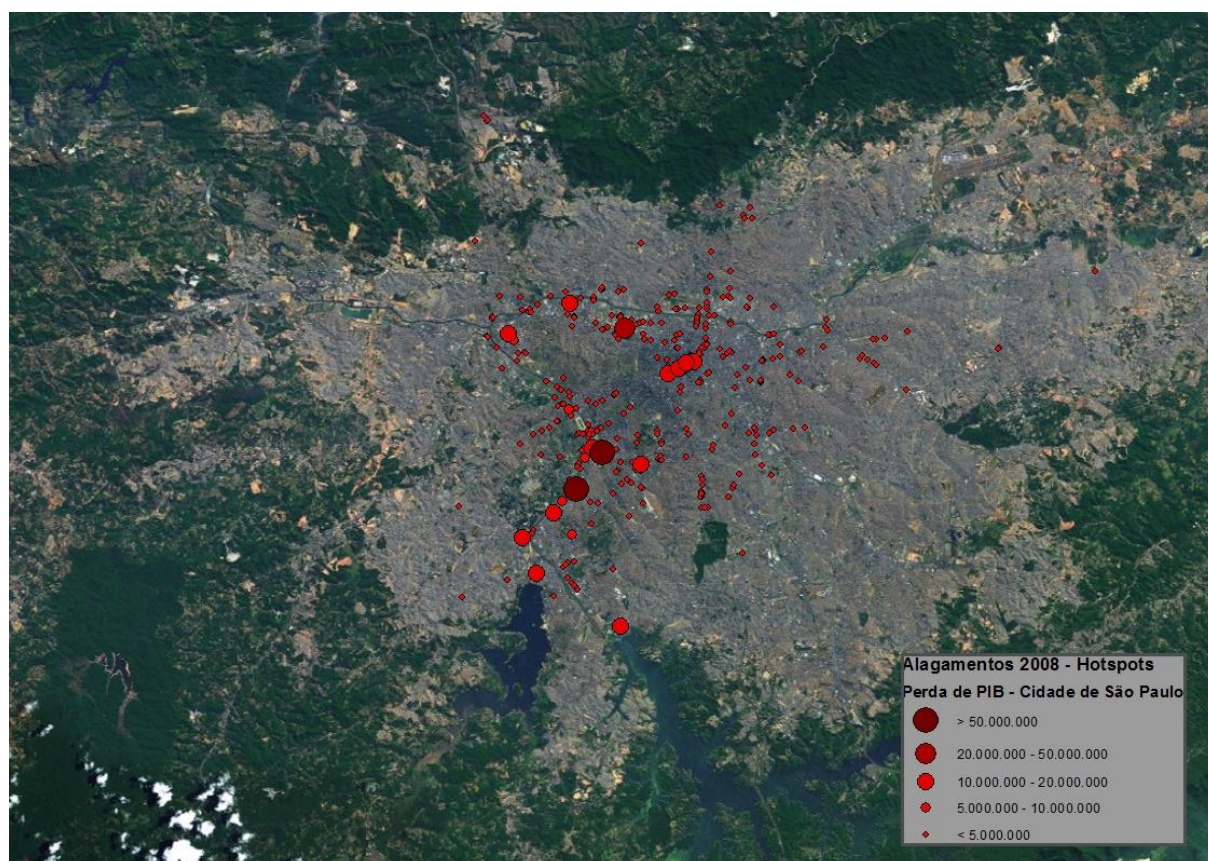
- *Perda Potencial Total*_{ars} é a estimativa de perda potencial total resultante do modelo EEGC para o ano *a*, região *r*, e setor *s*;
- *Vetor de Choque*_{as} é o vetor de choque, que representa as perdas diretas em termos de diminuição de valor adicionado para o ano *a* e setor *s*.

Os setores (*s*) considerados na análise são os oito setores do modelo EEGC⁷, e o período em investigação (*a*) está compreendido entre 2008 e 2012.

Assim, aplicando-se os multiplicadores de impacto setoriais às perdas diretas associadas a cada ponto de alagamento é possível obter os *hotspots* de 2008, representados na Figura 3. A distribuição espacial dos pontos de alagamento de acordo com sua contribuição para as perdas potenciais de PIB concentra-se no entorno dos rios Tietê e Pinheiros, e ao longo do corredor Norte-Sul.

⁷ (1) Primários, (2) Manufaturados, (3) SIUP, (4) Construção, (5) Comércio, (6) Transporte, (7) Serviços e (8) Administração Pública.

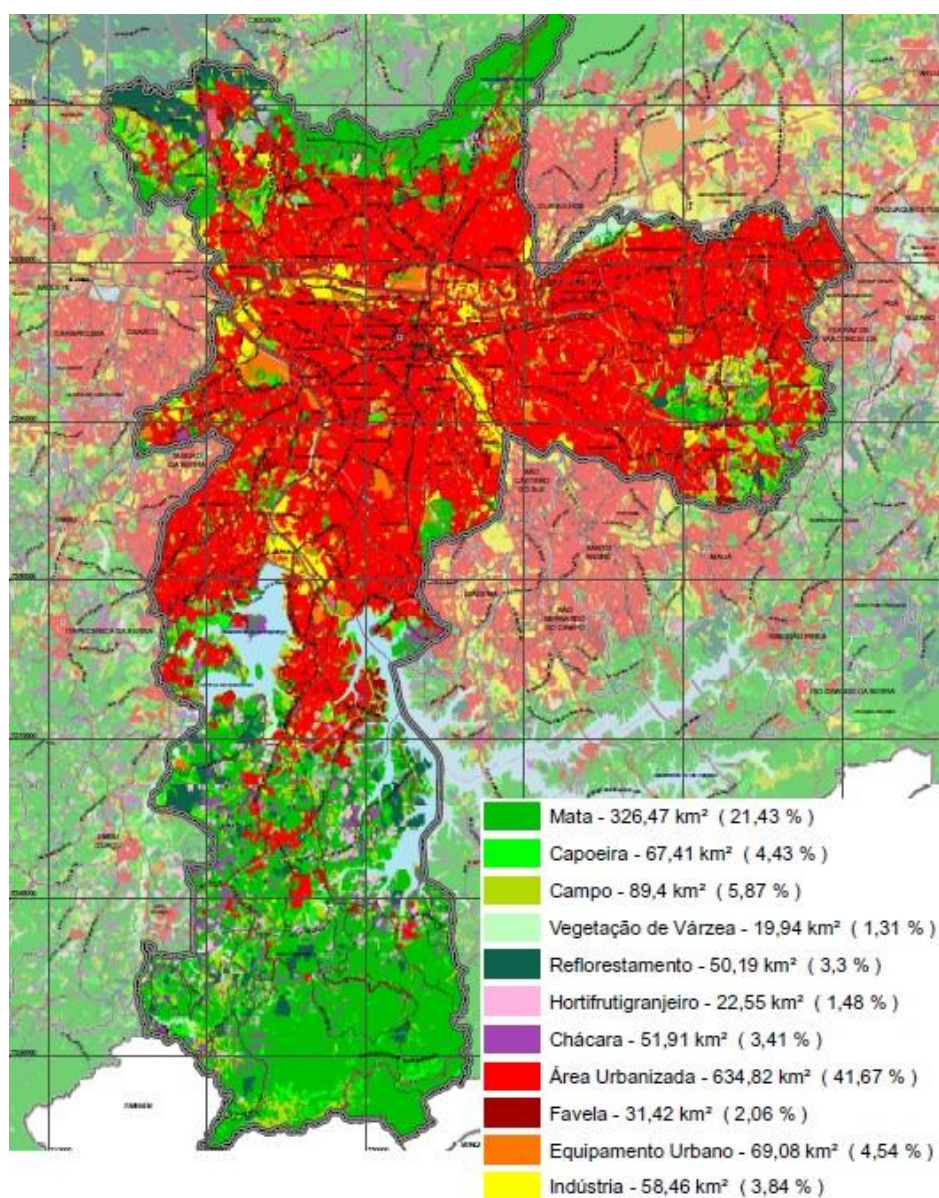
Figura 3. Hotspots de 2008



Esse padrão espacial dos *hotspots* sugere que as áreas que concentram os pontos de alagamento que causam os maiores prejuízos à cidade estão associados aos principais corredores de escoamento de sua indústria de exportação. Na Figura 4, obtida do “Atlas de Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo” produzido pela EMPLASA⁸, o território em vermelho representa as áreas urbanizadas, e a superfície em amarelo representa as indústrias, concentradas principalmente ao redor do sistema viário macro metropolitano, que compreende as vias que configuram a interface das ligações externas da metrópole com a articulação principal do viário metropolitano (que abrange a malha formada pelas ligações intrametropolitanas, estabelecendo relações de acessibilidade entre áreas centrais dos municípios, polos e núcleos de assentamento urbano dentro das regiões metropolitanas). Ou seja, os *hotspots* estão localizados ao longo das principais artérias urbanas da cidade de São Paulo (o entorno dos rios Tietê e Pinheiros, e ao longo do corredor Norte-Sul), ocupada principalmente pela indústria de exportação e o comércio varejista.

⁸ Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA. É um órgão vinculado à Secretaria Estadual de Desenvolvimento Metropolitano.

Figura 4. Uso e Ocupação do Solo no Município de São Paulo



Fonte: EMPLASA, 2006

Considerando-se a estrutura produtiva da economia de São Paulo de 2008⁹, é possível extrapolar os resultados e estimar a perda potencial de produto por ponto de alagamento para os anos de 2009 a 2012. Essas estimativas permitirão não apenas observar possíveis mudanças no padrão geográfico da distribuição dos alagamentos, como também ampliar o escopo para uma análise de custo-benefício das obras “antienchente” que começaram a ser implementadas pela nova gestão da Prefeitura de São Paulo.¹⁰

⁹ A informação de estrutura econômica e produtiva no nível de desagregação utilizado está disponível até o ano de 2008. Mas a informação de salário está disponível até o ano-base vigente.

¹⁰ Em 1 de janeiro de 2013 Fernando Haddad foi empossado prefeito da cidade de São Paulo.

Dessa forma, utilizando a estrutura produtiva da economia de São Paulo de 2008 e alterando a estrutura de salários¹¹, foram estimadas as perdas potenciais de produto por ponto de alagamento também para o período de 2009 a 2012. Os *hotspots* referentes a esse período são exibidos no Anexo 1, e apresentam um padrão espacial similar ao observado para o ano de 2008.

A relação de *hotspots* que podem ter provocado prejuízos acima de R\$ 20 milhões ao ano, nos últimos cinco anos, pode ser observada na Tabela 1. Vale destacar que as informações de alagamentos disponibilizadas pelo CGE da Prefeitura de São Paulo são fornecidas pelos agentes da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), que monitoram com maior expressividade o centro expandido e os principais corredores de tráfego da capital. Assim, a concentração de pontos nessa região não significa que somente essa área possui problemas com alagamentos, mas sim que não existem informações para as demais regiões pela falta de monitoramento.

Tabela 1. *Hotspots* com Maiores Perdas Potenciais nos Últimos Cinco Anos (2008–2012)

Subprefeitura		
LA	Viaduto Antártica	X Rua Júlio Gonzalez
LA	Rua Hugo D'antola	X Rua Ricardo Cavatton
PI	Marginal Pinheiros	X Ponte do Morumbi
PI	Rua Gomes de Carvalho	X Rua Lourenço Marques
PI	Av Paulista	X Rua Haddock Lobo
PI	Alameda Santos	X Rua Augusta
PI	Av Faria Lima	X Rua Leopoldo Couto de Magalhães Jr.
PI	Av Brasil	X Rua Panamá
PI	Alameda Santos	X Rua Padre João Manuel
PI	Marginal Pinheiros	X Shopping Villa Lobos
SE	Rua Augusta	X Rua Caio Prado
SE	Av Nove de Julho	X Viaduto Plínio de Queiroz
VM	Alameda Santos	X Rua Padre Manoel da Nóbrega

¹¹ Foram utilizados dados atualizados do produto e do salário mínimo vigente em cada ano considerado.

4. Benefício Marginal das Obras “Antienchente”

Associada às adversidades dos alagamentos e às medidas para redução de perdas, está uma circunstância que tende a dificultar o problema de lidar de forma eficaz com as perdas provocadas por esses eventos. Medidas estruturais para redução de prejuízos causados por alagamentos, como piscinões e obras de micro ou macrodrenagem, tendem a ter uma escala mínima viável, devido às economias de escala na sua construção. E se tais medidas são executadas, elas automaticamente fornecem redução de alagamentos para todos os ocupantes da planície de inundação, independentemente de objetivar a diminuição de perdas para um indivíduo, ou para um grupo de habitantes. Na linguagem da teoria das finanças públicas, as melhorias concedidas não estão sujeitas ao princípio da exclusão, segundo o qual os indivíduos que não querem, ou que não podem pagar o preço de um produto ou serviço, podem ser excluídos do consumo dos mesmos.

O princípio da exclusão é uma condição necessária para o mercado convencional funcionar de forma eficiente, e em condições nas quais esse princípio não é válido, o bem ou serviço assume a característica de um bem público. O fornecimento de bens públicos pelo setor privado é de difícil implementação, uma vez que a análise de custo-benefício é complexa e a dificuldade em restringir a sua utilização (o que os tornaria exclusivos) torna seu financiamento quase impossível. Dessa forma, devido à ausência de condições de exclusão, o problema dos prejuízos causados pelos alagamentos requer uma intervenção pública (Krutilla, 1966).

Quanto à divisão da responsabilidade pela redução de perdas provocadas por alagamentos entre as autoridades locais e federal, a mesma parece estar baseada em uma lógica errônea, dada a natureza do problema dos alagamentos. Enquanto os governos locais são responsáveis pela prevenção de alagamentos de volume moderado e de ocorrência relativamente regular, o governo federal assume a responsabilidade de desastres associados a fluxos de grandes magnitudes, e com ocorrência pouco frequente.

Apesar de um fenômeno aparentemente local, a análise de Haddad e Teixeira (2013) evidencia que o impacto dos alagamentos na cidade de São Paulo (fenômenos de volume moderado e de ocorrência regular) se expande para além das fronteiras da cidade. Mas a necessidade do reconhecimento de que os efeitos econômicos dos alagamentos não são apenas

locais impõe um problema de governança no contexto do federalismo brasileiro. Uma vez que as decisões (e o controle orçamentário) são feitos nos níveis municipal, estadual e federal, problemas de coordenação deverão ser enfrentados. Como Biesbroek *et al.* (2009) apontaram, não há solução inequívoca para os desafios das mudanças climáticas, pois estas exigirão uma combinação de esforços no longo prazo e de tomada de decisões no curto prazo, em todos os níveis governamentais. No contexto do problema dos alagamentos em São Paulo, um desafio adicional surge. Além da estrutura administrativa tradicional com a qual os urbanistas estão habituados – que favorece o tratamento de questões socioeconômicas – camadas espaciais adicionais entram em cena (como a de bacias hidrográficas e clima) trazendo outras dimensões que devem ser integradas na busca por soluções.

Mas qual é o benefício marginal das obras “antienchente”¹² executadas no município de São Paulo? O benefício gerado por uma unidade monetária investida em obras de prevenção aos alagamentos supera os seus custos marginais? As externalidades dessas obras para as economias da cidade e do país são positivas ou negativas?

A perda potencial de produto acarretada pelos alagamentos seria de aproximadamente R\$ 108 milhões ao ano para a própria cidade, e de R\$ 226 milhões para a economia do país.¹³ Os resultados obtidos para os últimos cinco anos são apresentados na Tabela 2.

¹² Termo utilizado pela imprensa para se referir às obras de micro e macrodrenagem realizadas pela prefeitura do município de São Paulo.

¹³ Perda potencial média dos últimos cinco anos, mantendo a estrutura produtiva de 2008 e alterando a estrutura de salários.

**Tabela 2. Perda Potencial de PIB (em R\$ milhões) –
Cenário de 100 m de Raio de Impacto**

	2008	2009	2010	2011	2012	média
<u>Perda direta</u>						
Cidade de São Paulo	35.5	69.2	52.1	40.7	63.7	52.3
<u>Perda total</u>						
Cidade de São Paulo	75.3	130.3	86.5	97.5	149.0	107.7
Resto da RMSP	6.9	6.1	3.4	3.8	2.2	4.5
Resto do estado de São Paulo	15.2	19.3	13.7	13.4	22.5	16.8
Resto do Brasil	73.3	110.8	82.0	81.3	137.5	97.0
Brasil	170.6	266.5	185.5	196.0	311.2	226.0
Taxa de perda intra-cidade	2.1	1.9	1.7	2.4	2.3	2.1
Taxa de perda total	4.8	3.8	3.6	4.8	4.9	4.3

A nova gestão da Prefeitura da cidade de São Paulo delegou à Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB) a responsabilidade pelas obras “antienchente” de microdrenagem. O orçamento aprovado para a execução das obras, que estão espalhadas por toda a cidade, é de R\$ 150 milhões. Tais obras visam contribuir para o escoamento mais rápido de águas em setenta e nove pontos críticos da cidade, evitando a formação de pontos de alagamentos intransitáveis, e o prazo para execução é de seis meses. Comparando a perda potencial média para o Brasil em um único ano (de aproximadamente R\$ 226 milhões) com o custo do investimento a ser realizado nessas obras “antienchente”, já seria possível afirmar que os seus benefícios superam os custos, tanto em termos estritamente econômicos quanto em termos sociais, dado o ganho de bem estar proveniente da diminuição dos alagamentos. Todavia, esses valores de perdas potenciais são relativos a todos os pontos de alagamento ocorridos na cidade de São Paulo nos últimos cinco anos. Para uma análise de custo-benefício mais criteriosa, é necessário levar a investigação a um nível local.

A título de exemplo, um exercício de análise local pode ser feito com as obras que serão empreendidas no contexto da Operação Água Branca.¹⁴ Trata-se de uma obra estrutural, de

¹⁴ A Operação Água Branca (Lei 11.774 de 18 de maio de 1995) abrange parte dos bairros da Água Branca, Perdizes e Barra Funda. Sua maior parte está inserida na várzea natural do rio Tietê, englobando inclusive antigos meandros. É uma área suscetível a inundações naturais, mas devido a fatores como desmatamento, impermeabilização do solo, canalização dos córregos contribuintes em galerias fechadas, e ocupação inadequada

macrodrenagem, que abrange regiões de ocupação da várzea natural do Rio Tietê. O investimento será de R\$ 143 milhões, em um prazo de 33 meses, custeado por verba arrecadada dos empreendimentos construídos na região entre 1995 e 2013. O objetivo dessas obras é resolver o problema de um local que tradicionalmente acarreta perdas de produto em uma região sob jurisdição da subprefeitura da Lapa.

A subprefeitura da Lapa está entre aquelas onde os pontos de alagamentos recorrentes geram as maiores perdas potenciais de produto. No período de 2008 a 2012, as perdas potenciais médias dessa subprefeitura podem ter atingido R\$ 89 milhões por ano. O mapa de perdas por subprefeitura para o ano de 2008 é apresentado na Figura 5, e os mapas de perdas por subprefeitura para os demais anos são apresentados no Anexo 2. No contexto da análise de custo-benefício das obras “antiinche” da Operação Água Branca, primeiro traçou-se o perímetro da operação, com o uso de ferramentas de informação geográfica. Depois foram identificados todos os pontos de alagamento ocorridos nessa área nos últimos anos, e identificaram-se para cada ponto os seus prejuízos econômicos. A perda potencial de produto pode ter atingido, em média, R\$ 38 milhões por ano na região de abrangência desta operação.

Figura 5. Perda Potencial de PIB nas Subprefeituras de São Paulo, 2008

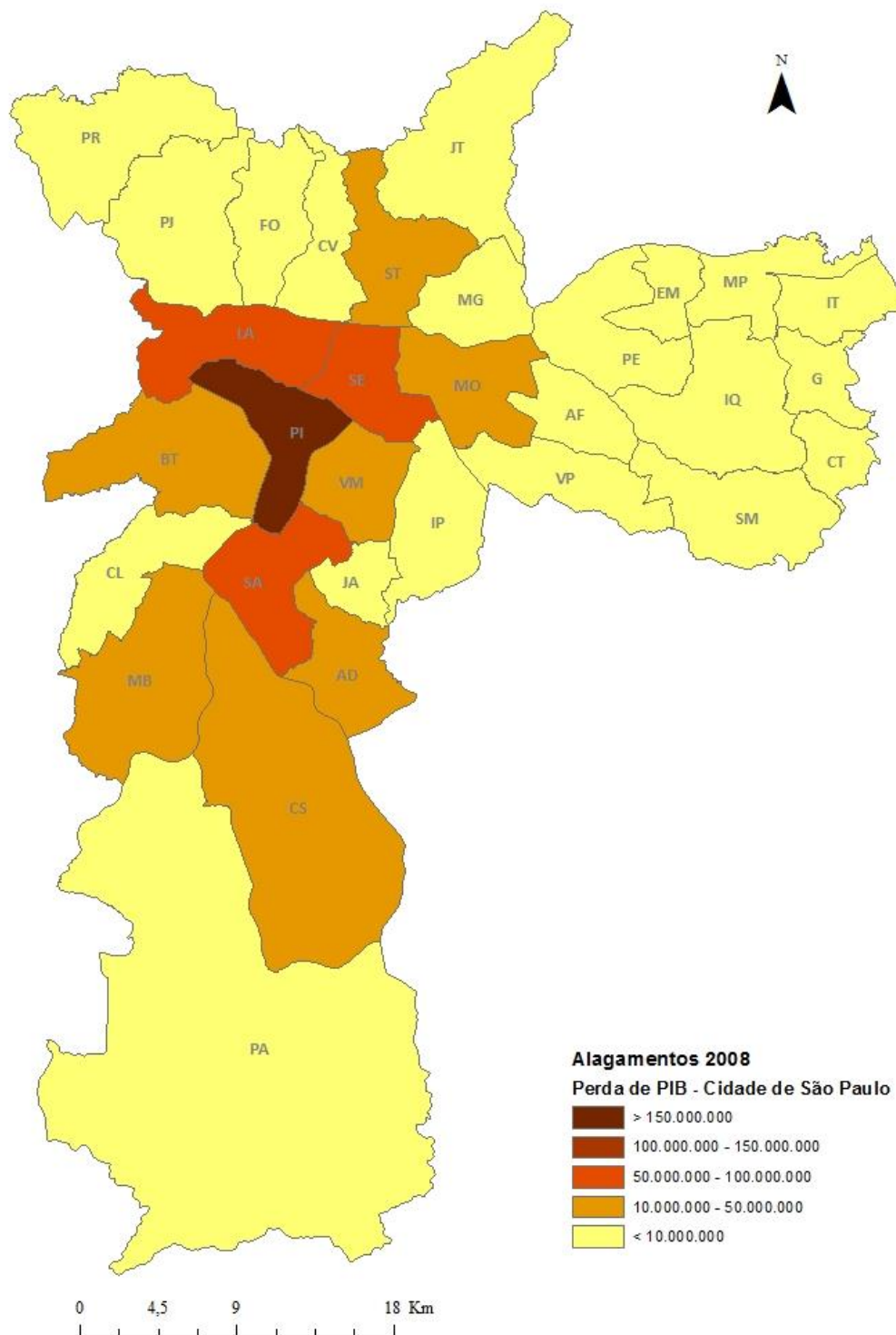
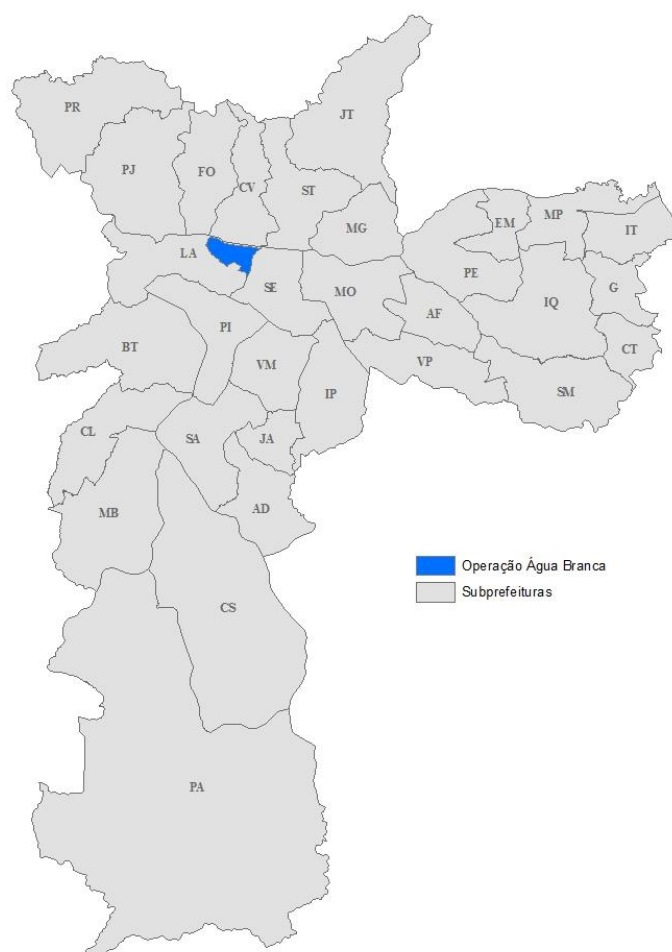


Figura 6. Perímetro da Operação Água Branca



Supondo que os alagamentos na região da Operação Água Branca sejam reduzidos em 90%, haveria uma economia de custos de R\$ 35 milhões por ano após a execução das obras. Calculando a perpetuidade¹⁵ dessa redução de perdas econômicas provocadas pelos alagamentos, o prejuízo evitado seria de R\$ 560 milhões, computados apenas os custos incorridos pela própria cidade de São Paulo (desconsiderando o espraiamento dos efeitos pelas longas cadeias de produção e renda). Ponderando ainda o benefício social promovido pelo investimento, esse se justificaria tanto social quanto economicamente.

¹⁵ Perpetuidade (P) é uma série com infinitos pagamentos ou depósitos. No caso em questão, considera-se como pagamento (R) o benefício marginal das obras “antiincheute”, ou seja, a perda potencial que a cidade de São Paulo deixará de incorrer anualmente. Calcula-se a perpetuidade como $P = R/i$, onde i é a taxa de juros real, calculada com base na taxa de juros de longo prazo (TJLP) em setembro de 2013 (11%) e na meta de inflação da autoridade monetária (4,5%).

5. Considerações Finais

A partir do início da década de 1970 o número de dias em que as precipitações excederam 80 mm/dia na cidade de São Paulo aumentou. E de acordo com as perspectivas, o número de eventos de chuvas intensas nessa região deve continuar crescendo. A combinação da localização dos pontos de alagamento e das firmas em sistema de informação geográfica permitiu projetar os impactos econômicos dos alagamentos ocorridos na cidade em 2008 (Haddad e Teixeira, 2013). Estima-se que os alagamentos contribuíram para reduzir o crescimento econômico da cidade e o bem-estar de seus residentes, bem como prejudicar a competitividade nos mercados doméstico e internacional. Não só a economia da cidade foi afetada, mas também outras economias regionais do Brasil.

Este trabalho complementa o estudo de Haddad e Teixeira (2013), permitindo decompor os resultados globais e identificar as perdas potenciais por ponto de alagamento, ampliando o escopo de análise. Com esse novo conjunto de informações foram identificados os *hotspots* econômicos, ou seja, os pontos que causaram as maiores perdas econômicas potenciais à cidade de São Paulo e ao Brasil. Ademais, a técnica de decomposição proporcionou uma ferramenta para avaliar economicamente os benefícios de projetos locais para redução de alagamentos. O exercício de análise da Operação Água Branca demonstrou que os benefícios com medidas corretivas ou preventivas podem superar os custos dos investimentos. A otimização dos gastos na área de infraestrutura, com o devido foco espacial, permitiria que os recursos excedentes pudessem ser direcionados para outras áreas de interesse da sociedade, tais como saúde, educação, mobilidade urbana e segurança.

A principal mensagem do trabalho é a necessidade de considerar as interações internas e externas ao sistema urbano para avaliar as consequências de um fenômeno aparentemente local. Medidas relacionadas ao planejamento e controle do uso da terra deveriam ser executadas em paralelo com projetos de engenharia que aperfeiçoem o sistema de drenagem urbano e previnam a emergência de novas áreas de risco, apesar do problema de governança existente no contexto do federalismo brasileiro. Além da estrutura administrativa tradicional, novas camadas de informação entram em cena, trazendo outras dimensões que devem ser integradas na busca por soluções.

Referências

BARROS, M. T. L. *et al.*. *The impact of urban sprawl on flood risk areas*. In: MOGLEN, Glenn E.. ***Managing watersheds for human and natural impacts: engineering, ecological, and economic challenges***. Williamsburg, VA: American Society of Civil engineers, 2005.

BIESBROEK, G. Robert *et al.*. *The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning*. ***Habitat International***. [S.l.]: Elsevier, v. 33, p. 230-237, 2009.

BOTZEN, W. J. W.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.. *Insurance Against Climate Change and Flooding in the Netherlands: Present, Future, and Comparison with Other Countries*. ***Risk Analysis***. [S.l.:s.n], v. 28, p. 413–426, 2008.

GU, Chaolin *et al.*. *Climate change and urbanization in the Yangtze River Delta*. ***Habitat International***. [S.l.]: Elsevier, v. 35, p. 544-552, 2011.

HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E.. *Economic Impacts of Natural Disasters in Megacities: The Case of Floods in São Paulo, Brazil*. ***TD NEREUS 04-2013***, University of São Paulo, 2013.

HARRISON, David M. *et al.*. *Environmental determinants of housing prices: the impact of flood zone status*. ***The Journal of Real Estate Research***. [S.l.: s.n.], v. 21, n. 1/2, p. 3-20, 2001.

HUNTINGFORD, C. *et al.*. *Impact of climate change on health: what is required of climate modellers?*. ***Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene***. [S.l.]: Elsevier, v. 101, p. 97-103, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). ***Climate change 2007: Synthesis Report***. Valencia. 12-17 Nov. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). ***Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: a special report of working groups I and II***. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

KONRAD, C. P.; BOOTH, D. B.. *Hydrologic trends associated with urban development for selected streams in the Puget Sound Basin, Western Washington*. ***U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 02-4040***. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/wri/wri024040/>>. Acesso em: 20/08/2013.

KRUTILLA, John V., *An Economic Approach to Coping with Flood Damage*. ***Water Resources Research***. Washington, D.C.: Resources for the Future, v.2, n.2, p. 183-190, 1966.

LINNEKAMP, F. *et al.*. *Household vulnerability to climate change: Examining perceptions of households of flood risks in Georgetown and Paramaribo*. **Habitat International**. [S.l.]: Elsevier, v. 35, p. 447-456, 2011.

MARENGO, J. A. *et al.*. *Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system*. **International Journal of Climatology**. [S.l.]: Royal Meteorological Society, v. 29, p. 2241 – 2255, 2009.

MCDONALD, John F.; MACMILLEN, Daniel P.. *Urban Economics and Real Estate: Theory and Policy*. [S.l.]: Blackwell Publishing., 2007.

NOBRE, C. *et al.*. *Vulnerability of Brazilian megacities to climate change: The São Paulo Metropolitan Region (RMSP)*. In: MOTTA, Ronaldo S. *et al.*. **Climate change in Brazil: economic, social and regulatory aspects**. Brasília: IPEA, 2011.

OKUYAMA, Yasuhide. *Economic modeling for disaster impact analysis: past, present, and future*. **Economic Systems Research**. [S.l.]: Routledge, v. 19, n. 2, p. 115-124, 2007.

OSTROWSKY, Maria de S. B.. *Urbanização e controle de enchentes: o caso de São Paulo*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991.

ROSE, Adam. *Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation*. In: OKUYAMA, Yasuhide; CHANG, Stephanie E.. **Modeling spatial and economic impacts of disasters**. New York: Springer, 2004.

ROSE, Adam; LIAO, Shu-Yi. *Modeling regional economic resilience to disasters: a computable general equilibrium analysis of water service disruptions*. **Journal of Regional Science**. Malden: Blackwell, v.45, n. 1, p. 75-112, 2005.

SHEPHERD, J. Marshall *et al.*. *Rainfall modification by major urban areas: observations from spaceborne rain radar on the TRMM satellite*. **Journal of Applied Meteorology**. [S.l.]: American Meteorological Society, v. 41, p. 689-701, 2002.

SILVA DIAS, Maria A. F. *et al.*. *Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil*. **Climatic Change**. [S.l.]: Springer, v. 116, p. 705-722, 2012.

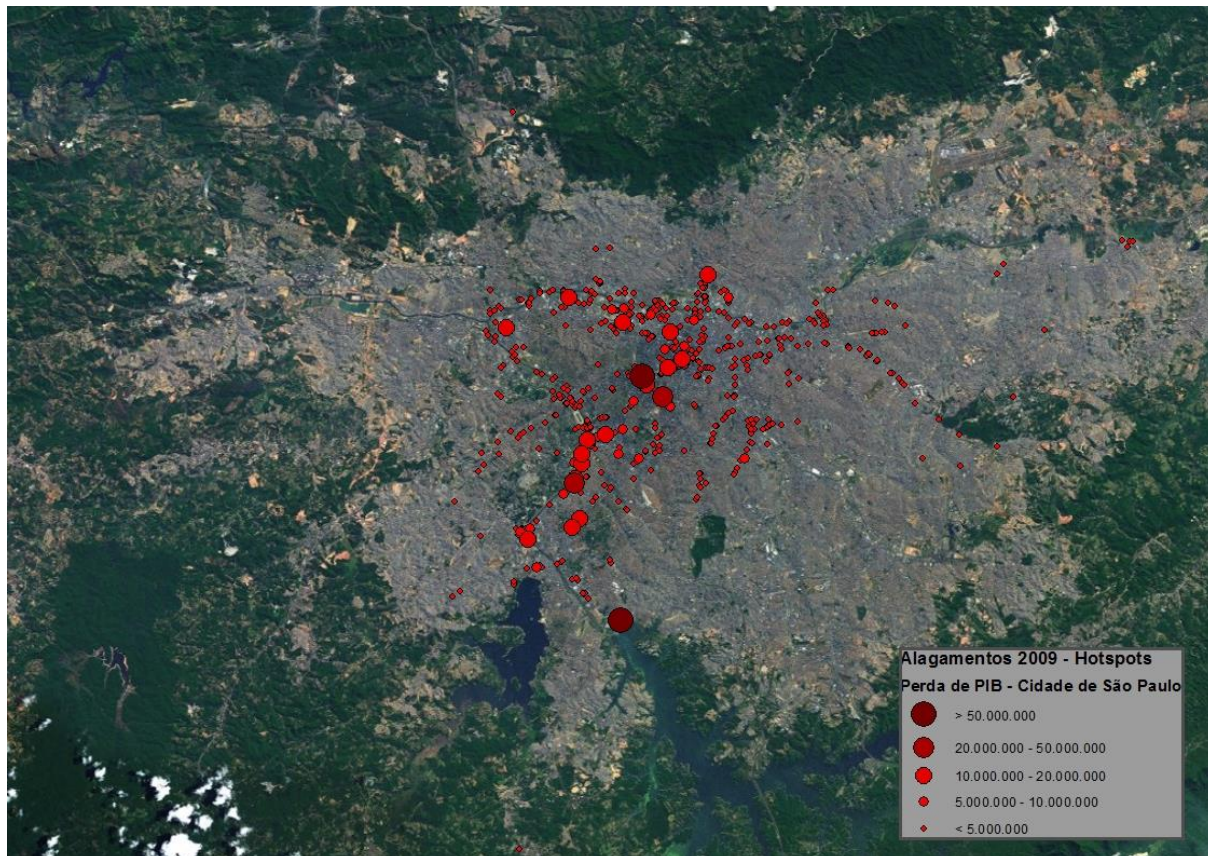
SUAREZ, Pablo. *et al.*. *Impacts of flooding and climate change on urban transportation: A systemwide performance assessment of the Boston Metro Area*. **Transportation Research**. [S.l.]: Elsevier, v. Part D 10, p. 231-244, 2005.

UNITED NATIONS, The; WORL BANK, The. **Natural hazards, unNatural disasters: the economics of effective prevention**. Washington DC: [s.n.], 2010.

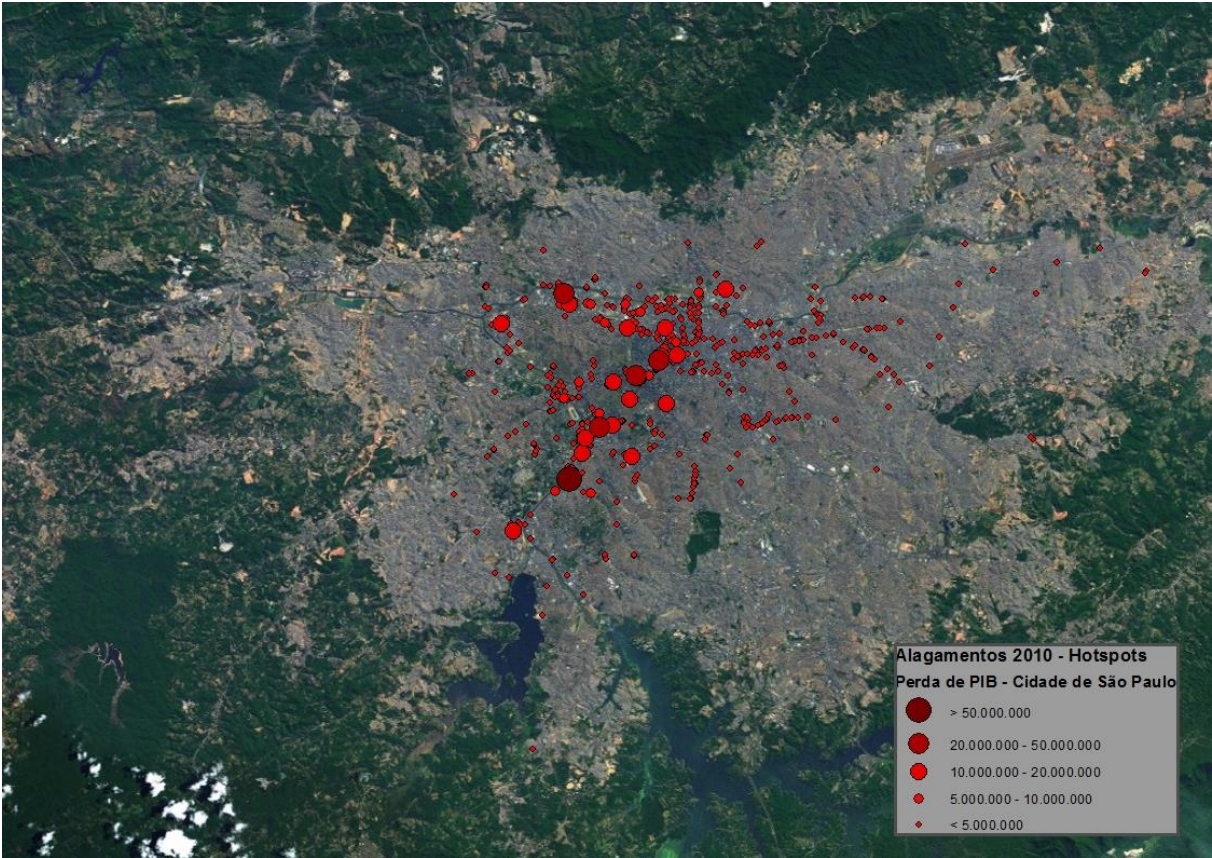
VAN DER VEEN, Anne; LOGTMEIJER, Christiaan. *Economic Hotspots: Visualizing Vulnerability to Flooding*. *Natural Hazards*. [S.l.]: Springer, v. 36, p. 65-80, 2004.

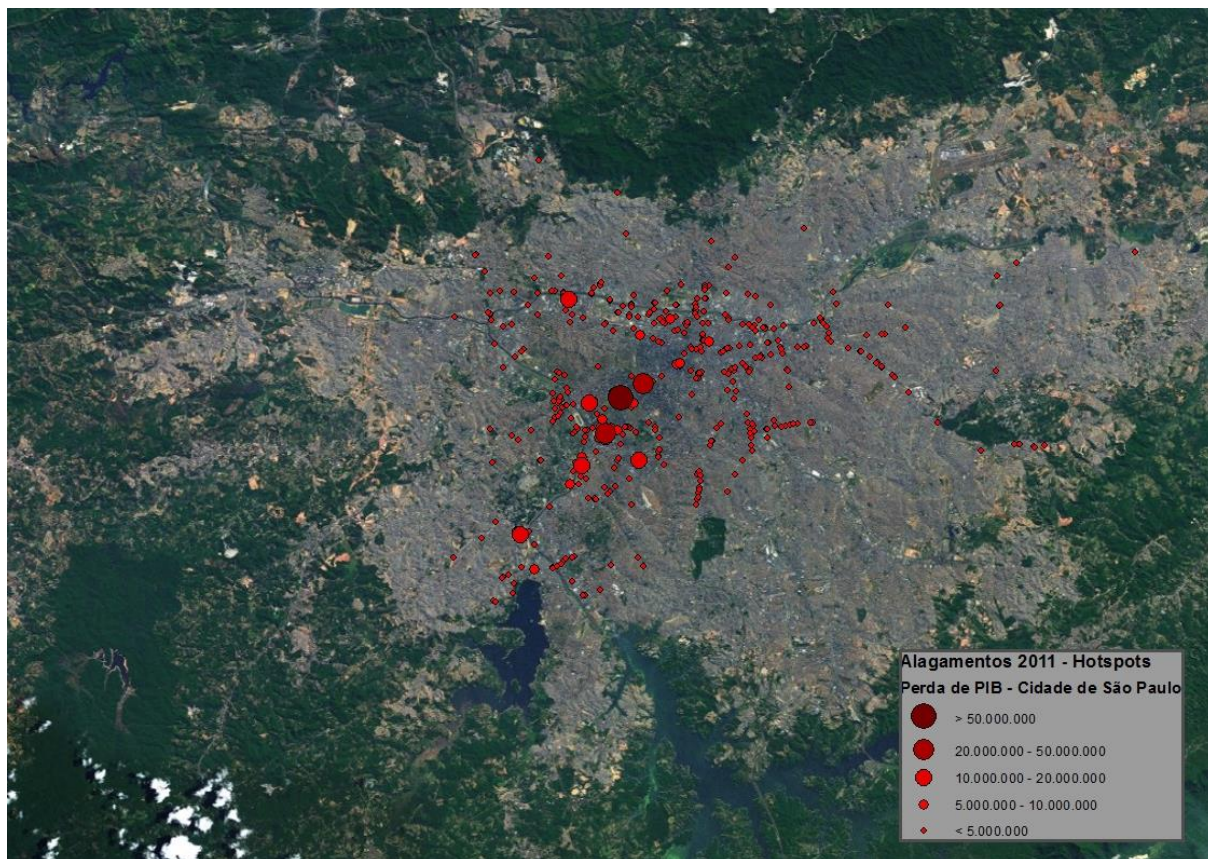
Anexo 1. *Hotspots* Econômicos

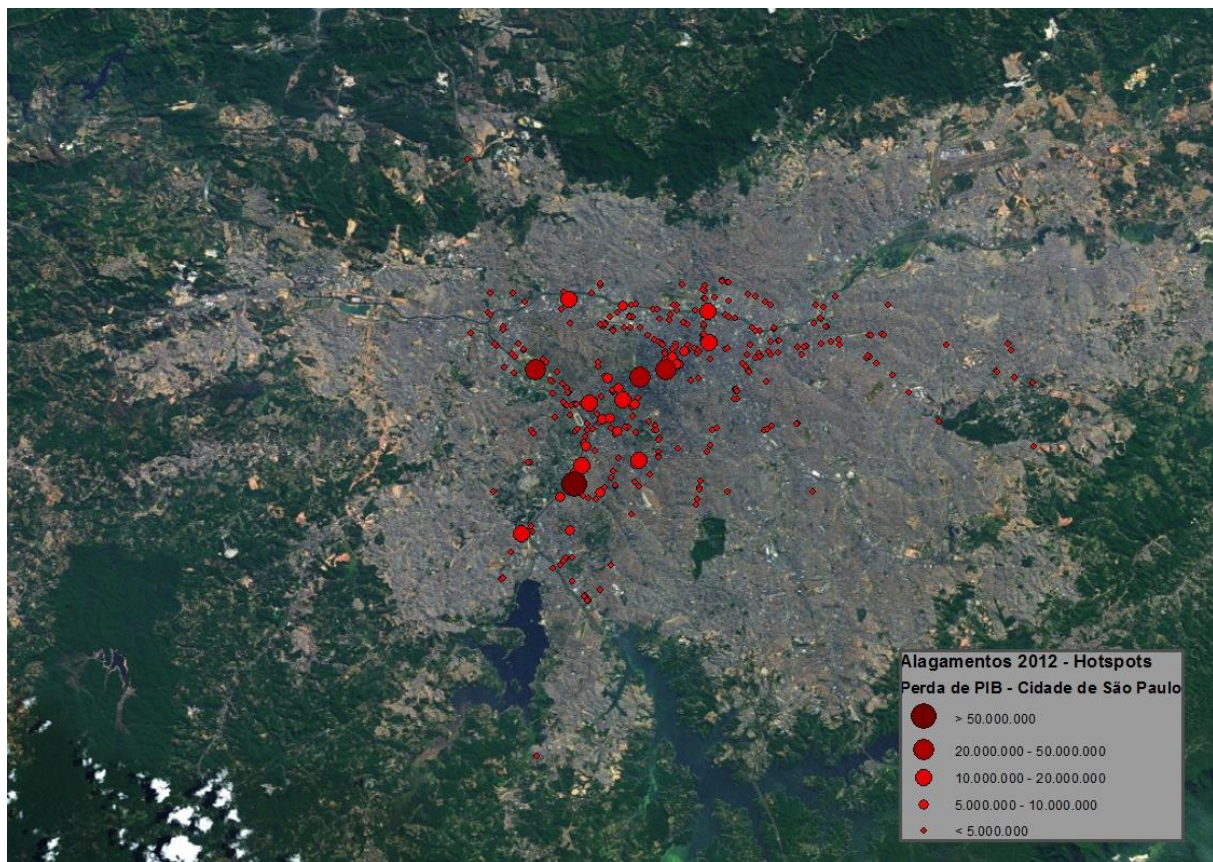
Hotspots 2009



Hotspots 2010

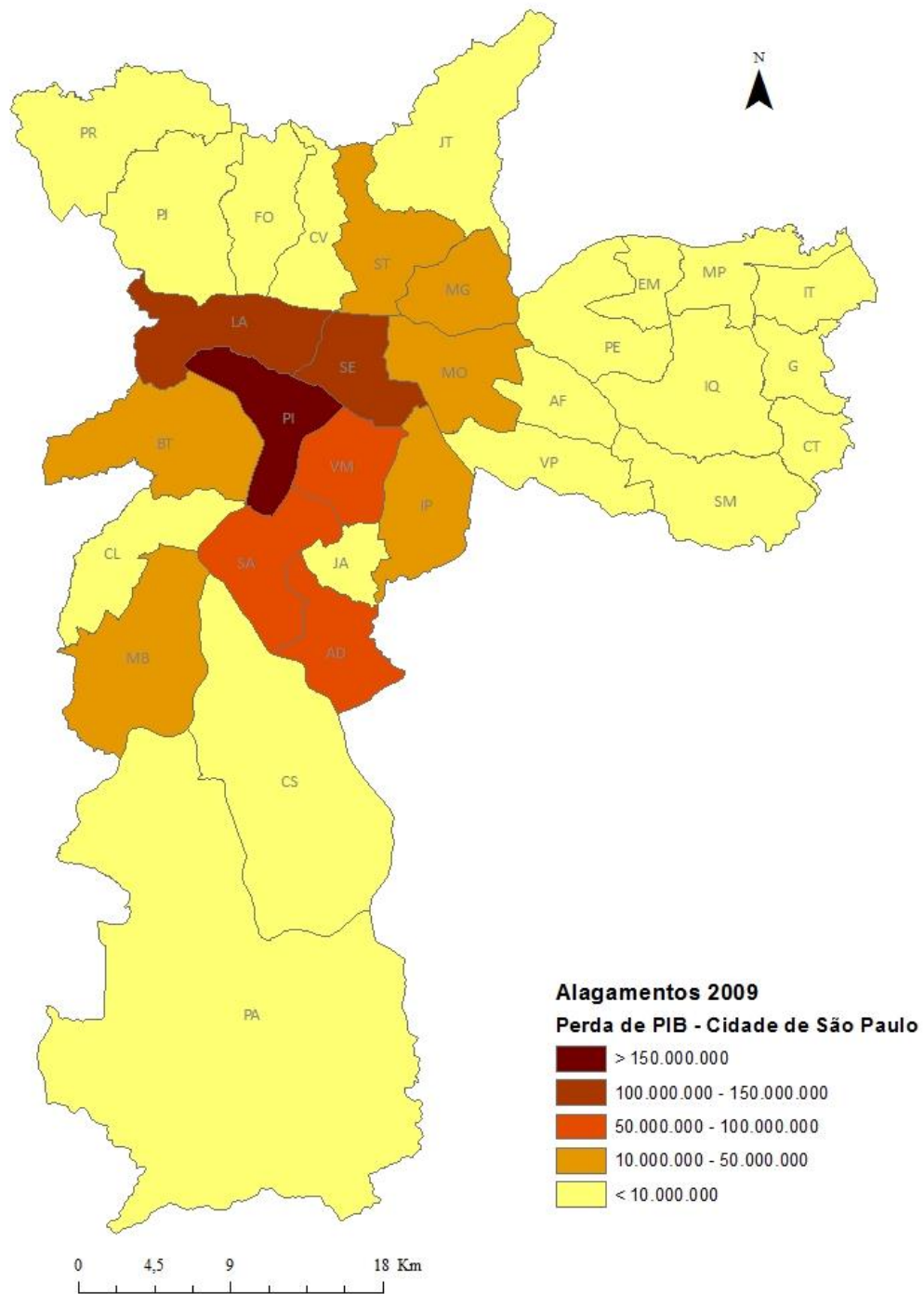


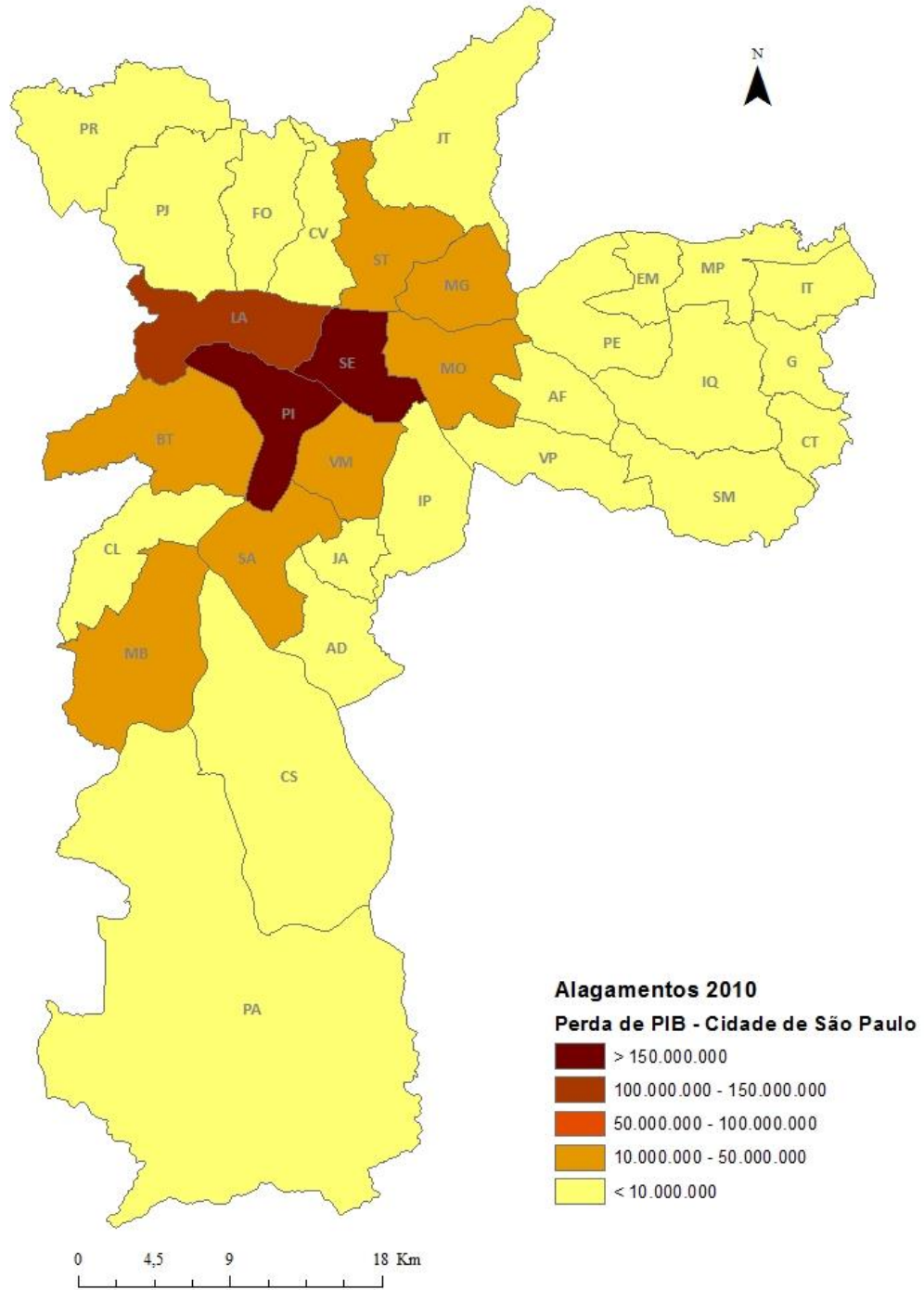
Hotspots 2011

Hotspots 2012

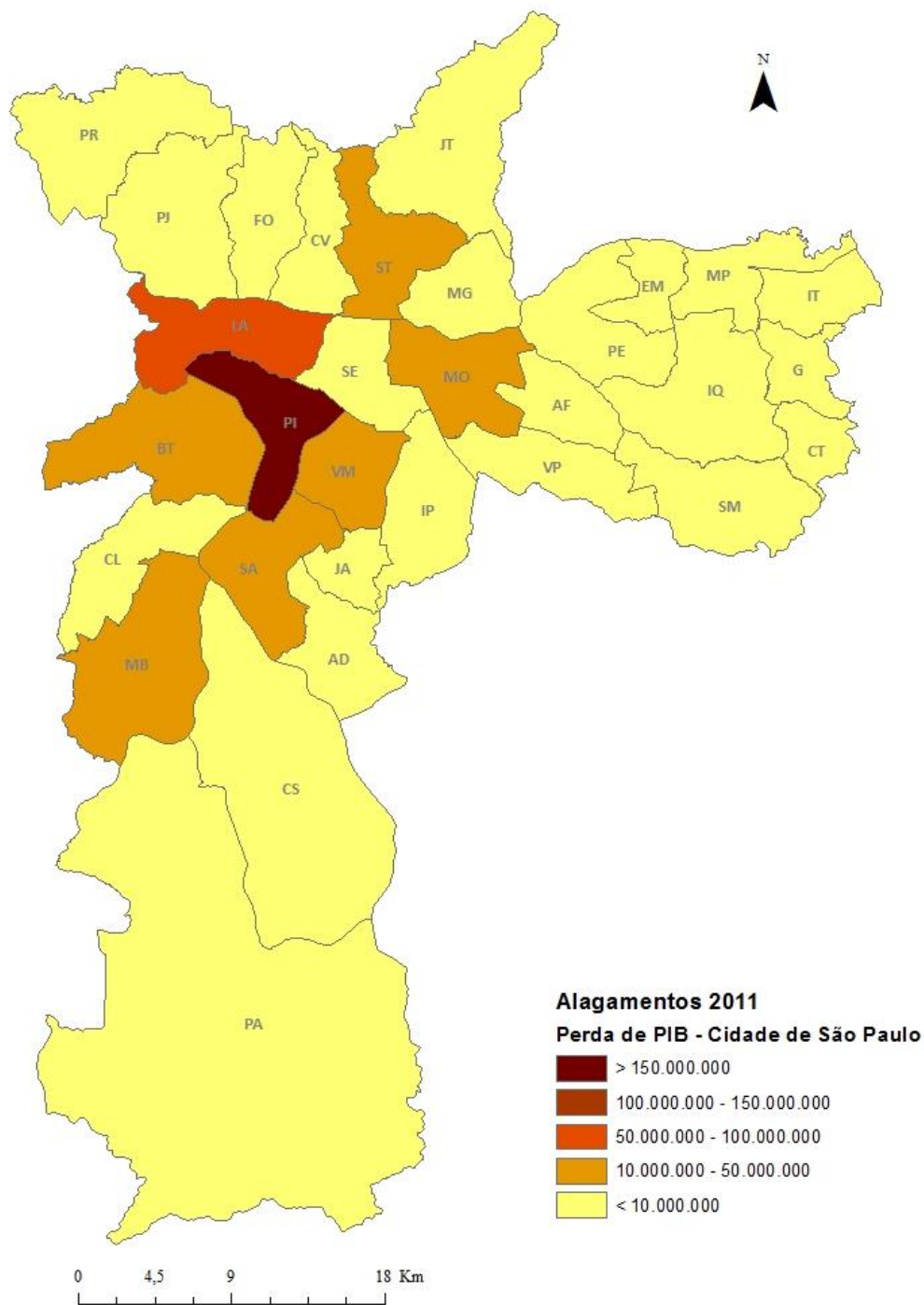
Anexo 2. Perdas Potenciais de PIB por Subprefeitura

Perdas Potenciais de PIB por Subprefeitura, 2009



Perdas Potenciais de PIB por Subprefeitura, 2010

Perdas Potenciais de PIB por Subprefeitura, 2011



Perdas Potenciais de PIB por Subprefeitura, 2012

