

A INTERDEPENDÊNCIA ENTRE VULNERABILIDADE CLIMÁTICA E SOCIOECONÔMICA NA REGIÃO DO ABC PAULISTA¹

MARÍA CLEOFÉ VALVERDE²

1. Introdução

No atual contexto de crise ambiental planetária, a análise dos extremos climáticos, seja para um excesso ou falta de chuva, seja para ondas de calor ou de frio em diferentes regiões do mundo, tem chamado a atenção pelos impactos que esses eventos causam nas populações mais vulneráveis. No Brasil não tem sido diferente; nessas últimas décadas várias regiões do país têm vivenciado secas intensas e inundações. Na Amazônia, as secas de 2005 e 2010 (MARENGO et al., 2011) e as inundações de 2009 e 2010 (SOUZA; ALMEIDA, 2010) geraram impactos ambientais e socioeconômicos, principalmente para os habitantes das margens dos rios, prejudicando tanto a produção agrícola da várzea, quanto a criação de animais.

Outra situação de extremos é a seca prolongada na região Nordeste, iniciada em 2010, e que no ano de 2013 foi considerada a mais severa dos últimos 100 anos em termos de disponibilidade de água para o consumo humano e para as atividades agrícolas e pecuárias (GUTIERREZ et al., 2014).

Recentemente, no verão de 2014, no Estado de São Paulo registrou-se uma das mais severas secas (COELHO et al., 2015), que causou uma crise hídrica com impactos em vários setores socioeconômicos. Reservatórios que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) chegaram a níveis muito baixos, como foi o caso do Sistema Cantareira, que atingiu em janeiro de 2015 o nível de apenas 5% da capacidade de armazenamento.

Essas oscilações climáticas, de excesso ou déficit de chuva, podem ser consideradas extremos climáticos. Em termos climatológicos, eventos extremos são grandes desvios de um estado atmosférico em relação ao seu comportamento médio, que ocorrem em escalas que podem variar desde dias até milênios (MARENGO et al., 2007). Na escala diária, os extremos de chuvas são mais frequentes nos dias de verão

1. A autora agradece o auxílio financeiro da FAPESP por meio do Processo 2013/09269-2, indispensável à realização da pesquisa.

2. Doutora em Meteorologia, Professora do Curso de Engenharia Ambiental e Urbana da Universidade Federal do ABC (UFABC), pertencente ao Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas. E-mail: maria.brambila@ufabc.edu.br.

e podem ser chuvas convectivas, que têm origem no aquecimento da superfície, ou produzidas por sistemas atmosféricos de escala sinótica, tais como a Zona de Convergência do Atlântico Sul, o principal sistema da época de verão responsável pelas chuvas no Sudeste do Brasil.

Por outro lado, os impactos desses eventos extremos podem ser diferenciados e dependem da região onde acontecem. Quando as chuvas extremas ocorrem em áreas urbanas, onde o solo é altamente impermeabilizado e de difícil drenagem das águas pluviais, com poucas áreas verdes e ocupação de moradias sem planejamento adequado, a população assentada torna-se mais vulnerável aos seus impactos.

A vulnerabilidade de uma população, segundo Pelling e Uitto (2001), é produto da exposição física a um perigo natural e da capacidade humana de se preparar para desastres ou mitigar e recuperar-se dos seus impactos negativos.

Na literatura científica, encontram-se diversos conceitos sobre vulnerabilidade aplicados às mais diversas ciências (geografia, demografia, sociologia, psicologia, entre outras), devido à sua conotação multidisciplinar e interdisciplinar e à complexidade dos fatores que explicam as suas causas (CARDONA, 2004; TIMMERMAN, 1981).

No entanto, apesar das diferenças e diversidades conceituais de vulnerabilidade, não há uma definição mais representativa que outra no campo científico (ALVES, 2006), embora seja necessário mergulhar nas diferentes definições de forma a ampliar a visão do pesquisador para uma melhor aplicação e entendimento. Conforme Alves (2006), essa conotação interdisciplinar se torna benéfica, pois potencializa o uso do termo vulnerabilidade como um conceito mediador, capaz de facilitar o diálogo entre profissionais com distintas visões disciplinares e políticas.

No Brasil, o conceito de vulnerabilidade é muito discutido e estudado, principalmente na geografia e na demografia (MARANDOLA; HOGAN, 2005; HOGAN; MARANDOLA, 2005), com interesse especial nas populações em situações de risco. Segundo Marandola e Hogan (2005, p. 30),

ambas as disciplinas (geografia e demografia) passam a ocupar-se de estudos sobre enchentes e deslizamentos, entre outras situações em que o ambiente conjugado a fatores socioeconômicos expõe as populações a riscos, sobretudo nas cidades.

Um conceito abrangente e holístico da vulnerabilidade proposto por Cardona (2004), que inclui os aspectos da vulnerabilidade física e social e possibilita a visualização da sua interdependência, é:

Vulnerabilidade é a predisposição ou suscetibilidade física, econômica, política ou social que tem uma comunidade de ser afetada ou de sofrer danos, caso um fenômeno desestabilizador de origem natural ou antrópico se manifeste (CARDONA, 2004, p. 1).

Cardona (2004) e Adger (2006) propõem três fatores que originam a vulnerabilidade:

- Fragilidade física ou exposição: é a condição de suscetibilidade que tem a comunidade ou o indivíduo de ser afetado por estar em uma área de influência aos fenômenos perigosos e pela sua falta de resistência física ante os mesmos.
- Fragilidade social: refere-se à predisposição que surge como resultado do nível de marginalidade e segregação social de comunidades carentes e suas condições de desvantagem e fragilidade relativa por fatores socioeconômicos.
- Falta de resiliência: expressa a incapacidade de resposta e suas deficiências para absorver o impacto.

Por muito tempo as definições de risco e vulnerabilidade têm sido abordadas na literatura científica com um mesmo significado, porém elas são diferentes e para um melhor entendimento, é necessário esclarecer os conceitos. Marandola e Hogan (2005, p. 30) afirmam que:

entender o termo vulnerabilidade nas diversas abordagens científicas é um empreendimento que não pode ser realizado sem se considerar, simultaneamente, o conceito de risco. Isso se deve ao fato da vulnerabilidade aparecer no contexto dos estudos sobre risco em sua dimensão ambiental, num primeiro momento, e só mais tarde no contexto socioeconômico.

Cardona (2004) explica que vulnerabilidade e risco têm um fator em comum, que é o conceito da ameaça. A ameaça se refere a um perigo latente ou fator desfavorável externo a que um sistema ou indivíduo está exposto. Já a vulnerabilidade pode ser considerada como um fator desfavorável interno, em que o sistema ou indivíduo exposto é afetado pelo fenômeno que caracteriza a ameaça. Nesse contexto, o risco corresponde ao potencial de perdas que possa ocorrer ao indivíduo ou sistema exposto, resultado da confluência da ameaça e da vulnerabilidade (CARDONA, 2004).

Quando nos detemos na análise da ameaça, pode surgir a pergunta: o que torna vulnerável um sistema ou indivíduo? Podem ser muitos fatores que fragilizam uma população ou sistema exposto à ação potencial que representa dita ameaça. Sendo assim, olhar para os perigos ou ameaças do lugar é uma estratégia que permite, em microescala, apreender os elementos que interferem na produção, aceitação e mitigação desses perigos e também compreender os mecanismos e processos que os produzem, tornando as pessoas ou sistemas vulneráveis (MARANDOLA; HOGAN, 2009).

Ainda, em muitos casos, não é possível intervir na ameaça para reduzir o risco e a alternativa é modificar as condições de vulnerabilidade dos elementos expostos.

Na abordagem da vulnerabilidade climática, é importante deixar claro o interesse de explorar como o clima ou a variabilidade climática, especificamente os extremos climáticos, podem se tornar uma ameaça. Se considerarmos os extremos climáticos como fenômenos desestabilizadores, por exemplo, a ocorrência de uma chuva intensa que atinge uma cidade ou bairro pode constituir uma ameaça potencial pelos danos que pode causar em áreas expostas e mais suscetíveis à ocorrência desses eventos.

O impacto que uma chuva extrema pode originar em uma determinada região é uma função da exposição ao perigo ou ameaça e da vulnerabilidade social. Conforme Vincent (2004), os impactos negativos de um evento extremo do clima serão mais intensos se a população que habita a região atingida possuir baixa condição socioeconômica, com falta de preparo para agir ante a ocorrência de um evento extremo, e se houver poucas instituições públicas que auxiliem e facilitem o enfrentamento do desastre.

Porém, ante a ocorrência de eventos extremos de grande magnitude, como fortes temporais, tornados ou furacões, os impactos negativos destes afetarão tanto a população com baixas condições econômicas e sociais, quanto a população que possua condições favoráveis.

É importante ressaltar que um evento extremo de chuva, por si só, não constitui uma ameaça. Eventos extremos fazem parte da variabilidade climática natural, embora também possa se constatar que estes tenham aumentado em frequência e intensidade no contexto das mudanças climáticas, segundo as pesquisas analisadas no quarto e quinto relatório do IPCC (2014).

O último relatório “Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade”, elaborado pelo Grupo de Trabalho II do IPCC, afirma que os efeitos das mudanças climáticas estão sendo observados e sentidos em todo o planeta e já afetaram a agricultura, a saúde humana, os ecossistemas terrestres e marítimos, o abastecimento de água e a vida de muitas comunidades. Porém, muitos países ainda não estão preparados para os riscos das mudanças climáticas. Comunidades e ecossistemas são os mais vulneráveis devido aos níveis elevados de aquecimento, que potencializam e aumentam a probabilidade de impactos graves e generalizados, que podem ser surpreendentes ou até irreversíveis. A adaptação pode desempenhar um papel chave na redução desses riscos, segundo o relatório (IPCC, 2014).

Assim, um evento de chuva extrema pode constituir uma ameaça, conforme o contexto “onde” e “quando” acontece. O “onde” pode-se relacionar com as áreas urbanas mais suscetíveis e expostas, de acordo com a sua localização; geralmente áreas de encosta consideradas de risco geotectônico ou geológico e/ou áreas de várzeas que foram ocupadas, mesmo sendo não apropriadas para habitat ou construção de moradias. O “quando” se relaciona com as épocas mais favoráveis às chuvas intensas e com a ocorrência de sistemas atmosféricos mais severos.

Com o intuito de quantificar as vulnerabilidades, a comunidade científica utiliza índices sintéticos para mensurar graus de vulnerabilidades e para isso são utilizados indicadores, os quais podem ser demográficos, sociais, econômicos, de saúde, climáticos, entre outros (CUTTER et al., 2003; RYGEL et al., 2006). Indicadores de vulnerabilidade são ferramentas potencialmente úteis para identificar e monitorar vulnerabilidade no tempo e no espaço e para desenvolver e priorizar estratégias de redução de vulnerabilidades (RYGEL et al., 2006).

No Brasil, existem diversos estudos que mensuram a vulnerabilidade por meio de indicadores nas suas mais diversas abordagens. Anazawa et al. (2013) estudaram a vulnerabilidade socioecológica no litoral norte de São Paulo (Caraguatatuba e São Sebastião), envolvendo dados da paisagem físico-natural e dados socioeconômicos desagregados territorialmente. Os resultados possibilitaram identificar e medir diferenciais intraurbanos das condições de vulnerabilidade nas distintas regiões dos dois municípios.

Estudos pioneiros que incluíram indicadores climáticos, além dos sociais, ambientais, econômicos e sanitários, com foco na análise da vulnerabilidade climática, foram realizados por Confalonieri et al. (2009). Os autores realizaram um mapeamento da vulnerabilidade aos possíveis impactos do clima na saúde para o território brasileiro. Eles desenvolveram um Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG), composto por três indicadores: socioeconômico, climático e epidemiológico. Encontrou-se que os valores mais altos do IVG, correspondentes às regiões Norte e Nordeste, resultaram de uma combinação de baixos indicadores socioeconômicos, alta prevalência de endemias (seis doenças infecciosas endêmicas sensíveis ao clima) e alta incidência de eventos climáticos extremos (por exemplo, secas periódicas no semiárido).

Tendo em vista a grande dimensão econômica, populacional, ambiental e geográfica da RMSP e o processo de seu alargamento e segmentação, **para fins de estudo, ela foi** dividida em sete sub-regiões, denominadas São Paulo, ABC Paulista, Mogi das Cruzes, Guarulhos, Franco da Rocha, Osasco e Taboão da Serra. Conforme Diniz e Campolina (2007), essa divisão permitiu captar as tendências de crescimento e reestruturação, especialmente no município de São Paulo e na região do ABC.

Com base na divisão da RMSP em sub-regiões, Valverde et al. (2011) avaliaram as vulnerabilidades aos extremos do clima em cada sub-região e destacaram o ABC Paulista (Mogi das Cruzes) como aquela de menor (maior) vulnerabilidade socioeconômica. A região do ABC Paulista, localizada no sudeste da RMSP, teve um crescimento industrial muito acelerado, o que possibilitou um alto crescimento econômico. Por outro lado, a mais alta vulnerabilidade à ocorrência de eventos de chuva extrema foi encontrada na sub-região de Taboão da Serra, devido aos altos indicadores de chuva máxima diária e de risco de deslizamentos.

Com o intuito de aprofundar o estudo da vulnerabilidade na escala espacial de municípios na RMSP, este trabalho tem como principal objetivo analisar as vulnerabilidades socioeconômicas, demográficas, sanitárias e de extremos de chuva na região do ABC Paulista. A análise por município permite ter uma primeira visão de como os impactos das fortes chuvas que afetam uma região podem ser potencializados devido aos problemas sociais, econômicos, demográficos e sanitários de um município. Esta pesquisa pode fornecer informações diferenciadas que podem ser utilizadas em planos de elaboração de políticas públicas que ajudem a controlar e/ou reduzir as vulnerabilidades, com medidas de prevenção, mitigação e adaptação.

2. Área de estudo, dados e metodologia

2.1. Área de estudo

A região do ABC Paulista, com a denominação de sub-região sudeste da RMSP, é composta atualmente pelos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), a região possui uma população de 2.549.135 habitantes e um território de 828,7 km².

Segundo o Consórcio Intermunicipal Grande ABC (2015), a região é considerada muito próspera em todos os aspectos, principalmente na geração de empregos, por meio de seu Polo Industrial e Comercial, um dos grandes propulsores da economia do Estado de São Paulo. No entanto, o elevado grau de urbanização em grande parte de seus municípios (São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, São Bernardo do Campo e Santo André) resultou numa acelerada expansão urbana, em parte, localizada em áreas inadequadas, onde habitam populações de baixa renda.

A hidrografia da região é composta, principalmente, pelo rio Tamanduateí, o qual percorre três municípios: Mauá, Santo André e São Caetano do Sul. Muitos afluentes do Tamanduateí se tornaram córregos ocultos devido à canalização intensa de suas margens e de seu leito muitas vezes tamponado, o que possibilitou a implantação de diversas avenidas, indústrias, áreas de intensa urbanização, resultando em poucos espaços para a infiltração natural da chuva, aumentando o número de enchentes e inundações (RAMALHO, 2007).

O padrão da chuva anual na região em estudo é diferenciado para cada município, sendo Ribeirão Pires (1.562 mm) e Mauá (1.534 mm) os que apresentam as mais altas intensidades das chuvas anuais. Já Santo André (1.428 mm) e São Caetano do Sul (1.459 mm) apresentam as menores intensidades. Esses valores foram calculados para uma série de 31 anos e para o período de 1968-1998 (VALVERDE et al., 2014).

2.2. Dados

No presente estudo foram utilizados os dados diários de chuva de postos pluviométricos localizados em cada um dos municípios da região do ABC Paulista, para o período de 1972 até 2014. A série de dados foi disponibilizada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica.

Também foram utilizados dados censitários disponibilizados por diferentes fontes, detalhadas na Tabela 1, para a construção de indicadores socioeconômicos, demográfico-urbanos e sanitários. Esses dados possibilitaram ter uma informação dos diferentes fatores que influenciam na condição de vulnerabilidade dos municípios do ABC Paulista.

A criação de indicadores compostos, como é o caso do demográfico-urbano, teve o objetivo de agrupar poucos dados censitários que retratassem de forma direta as características demográficas e urbanas da região de estudo. No indicador socioeconômico se incluiu a componente habitação como um indicativo da posse de um conjunto de bens duráveis, o que deve refletir a condição social e econômica de cada município.

Tabela 1 – Descrição dos indicadores sociais, econômicos e sanitários

Indicadores (I)	Componentes (C)	Definições	Fonte
Demográfico e Urbanização	Densidade Demográfica	População por km ² (hab/km ²)	IBGE, 1991, 2000 e 2010
	População urbana	% da população que vive em área urbana	IBGE, 1991, 2000 e 2010
	Taxa de Crescimento Populacional	(% ao ano)	IDB 2010 (Indicadores e Dados Básicos)
	Domicílios particulares permanentes - urbanos	Domicílios com o tipo de saneamento - adequado	IBGE, 1991, 2000 e 2010
Socioeconômico	% Pessoas de 25 anos ou mais de idade, residentes em domicílios particulares.	Sem instrução e fundamental incompleto, pessoa responsável - Total	IBGE, 1991, 2000 e 2010
	Renda per Capita	(em reais - R\$)	IDB 2010
	Rendimento médio mensal	(em reais - R\$)	IDB 2010
	Pessoas com rendimentos de 1/2 a 1 sal. min.(%)	(em reais - R\$)	IDB 2010
	Taxa da população em situação de extrema pobreza	Em %	IBGE, 1991, 2000 e 2010
	Pobreza	Pessoas sem rendimentos (em %)	IBGE 2010
	Habitação	Total de domicílios permanentes (indicativo da posse de um conjunto de bens duráveis importantes para a saúde e o nível da qualidade de vida das pessoas)	IBGE 2010
Escolaridade	% da população de 15 anos ou mais com menos de 4 anos de estudo	IDB 2010	
Saneamento	Serviço sanitário	% de domicílios com serviço sanitário: rede pública ou fossa	IBGE 2010
	Abastecimento de água	Nível atendimento em %	IBGE 2010
	Destino do lixo	% de domicílios onde o lixo é coletado	IBGE 2010

2.3. Metodologia

Para a determinação dos eventos extremos de chuva, foram calculados os **índices climáticos**, com base na metodologia desenvolvida pelo grupo de especialistas da *Commission for Climatology World Climate Research Programme – Climate Variability and Predictability (CCI/CLIVAR/JCOMM)*. Esses índices foram criados para caracterizar objetivamente a variabilidade climática da precipitação e da temperatura (ALEXANDER et al., 2005) e são muito utilizados em pesquisas de variabilidade e mudanças climáticas, para a determinação de indicadores de ocorrência de eventos extremos. No presente trabalho, utilizaram-se seis **índices**: a) o R50mm e o R80mm, que calculam o número de dias, em cada ano, com precipitação maior ou igual a 50 mm e 80 mm, respectivamente; b) os índices RX1day e RX5day, que identificam a máxima precipitação total em 1 dia e em 5 dias consecutivos, respectivamente; c) os índices R95p e PRCP TOT, que identificam o total anual de dias muito chuvosos acima do percentil 95 e o acumulado anual de chuva, respectivamente.

Para a análise de possíveis tendências nas **séries** temporais dos índices foram aplicados o teste não paramétrico de Mann-Kendall (KENDALL, 1975) e o método de Sen (GILBERT, 1987). O teste de Mann-Kendall verifica a presença de uma tendência crescente ou decrescente. Esse teste assume uma hipótese nula (H_0) com ausência de tendência e calcula-se a estatística do teste (Z), onde o sinal de Z indicará se a tendência é positiva ($Z > 0$), negativa ($Z < 0$) e/ou estacionária ($Z = 0$). O método de Sen utiliza um modelo linear para estimar a magnitude e a inclinação da tendência (Q).

2.3.1 Avaliação das Vulnerabilidades

Para a avaliação das vulnerabilidades, utilizou-se a metodologia base de agregação de indicadores para a construção de índices de vulnerabilidade (IV) (VINCENT, 2004). Segundo Vincent (2004), indicadores são construções quantificáveis que fornecem informações “encapsuladas” de uma realidade complexa em uma única construção ou um único valor e permitem uma comparação através do espaço e/ou tempo. A agregação de diversos indicadores tem a vantagem de incorporar uma vasta gama de variáveis, levando a um modelo mais abrangente da realidade.

No presente trabalho foram construídos índices para avaliar as vulnerabilidades socioeconômicas (IV_{se}), demográfico-urbanas (IV_{du}), sanitárias (IV_s) e de extremos climáticos (IV_{ec}) de cada um dos municípios do ABC Paulista. Os índices IV_{se} , IV_{du} e IV_s utilizaram os indicadores respectivos descritos na Tabela 1, e o IV_{ec} utilizou como indicadores os índices de extremos climáticos detalhados na seção 2.3.

Anteriormente à construção dos IVs, cada indicador foi padronizado para valores que variem entre 0 e 1. A padronização é necessária para tornar comparáveis os diferentes indicadores que apresentam diferentes unidades de medidas. Foi necessário, porém, analisar cada indicador para optar por um tipo de padronização, pois o comportamento de cada indicador pode contribuir em diferentes graus para um aumento da vulnerabilidade. Existem dois tipos de padronização segundo Vincent (2004): a)

o maior valor do indicador corresponde a uma menor vulnerabilidade (Tipo I), b) o menor valor do indicador corresponde a uma menor vulnerabilidade (Tipo II). Seguem as formulações utilizadas:

$$I_p(\text{Tipo I}) = \frac{I_{MAX} - I_o}{I_{MAX} - I_{MIN}} \quad I_p(\text{Tipo II}) = \frac{I_o - I_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}} \quad (1)$$

onde I_p é o valor padronizado de cada indicador, I_o é o valor observado do indicador a ser padronizado e I_{MIN} (I_{MAX}) é o **valor mínimo** (máximo) entre todos os indicadores para todos os municípios.

Finalmente, calculou-se um único IV, chamado **índice** agregado de vulnerabilidade (IAV), que incorporou os IVs derivados anteriormente por meio de uma somatória ponderada:

$$IAV = \sum_{i=1}^4 w_i V_i \quad (2)$$

onde IV_i são os índices de vulnerabilidade: $IV_1 = IV_{se}$, $IV_2 = IV_{du}$, $IV_3 = IV_s$, $IV_4 = IV_{ec}$, e os w_i são os pesos da cada IV_i . Neste trabalho foram atribuídos os seguintes pesos para cada um dos IVs estabelecidos por especialistas, segundo Vincent (2004): $w_1 = w_{se} = 0,2$, $w_2 = w_{du} = 0,2$, $w_3 = w_s = 0,4$ e $w_4 = w_{ec} = 0,2$.

3. Resultados

3.1. Índices climáticos de precipitação para os municípios do ABC Paulista

Os índices climáticos estimados neste estudo são indicadores de ocorrência de extremos para o excesso de chuva. A Tabela 2 mostra o parâmetro Z de Mann-Kendall e o percentil 95% para cada índice climático. O valor de Z positivo (negativo) é um indicativo de tendência de aumento (diminuição). O percentil representa o limiar acima do qual esses índices alcançam os máximos valores.

Os índices R50mm e R80mm, que indicam o número de dias por ano em que a precipitação é maior ou igual a 50 mm e 80 mm, respectivamente, são indicadores de frequência de dias com chuvas de moderada a forte intensidade. Chuvas com essas intensidades na região de estudo podem se relacionar com a ocorrência de alagamentos, inundações e até com deslizamentos em áreas mais vulneráveis à exposição dessas precipitações.

A Defesa Civil de São Bernardo do Campoⁱⁱ estabelece que os escorregamentos ocorrem geralmente quando o total de chuva em menos de 3 dias (72h) atinge 80mm. A Defesa Civil de Santo Andréⁱⁱⁱ estabelece indicadores de intensidade de chuva para situações de risco, sendo de 100 mm para uma chuva acumulada em 72 horas (3 dias) – risco de deslizamentos, e de 50 mm de chuva em uma hora – risco de inundação e alagamentos.

O índice R50mm mostrou tendências positivas (de aumento) em todos os municípios. Já para o R80mm, somente São Caetano do Sul (SCS) e Ribeirão Pires (RP) mostraram um valor negativo para Z, indicando tendência de diminuição. Por outro lado, Mauá (MA) apresentou o maior valor do percentil P95% de R50mm e R80mm, evidenciando que nesse município ocorreu o maior número de dias com chuvas dessas intensidades.

O índice R95p, que caracteriza o acumulado anual de dias muito úmidos, também mostrou tendências positivas para quase todos os municípios, sendo Santo André (SA) e Mauá os que mostraram o maior incremento médio anual. Já o limiar máximo (P95%) de R95p foi detectado em Mauá e Diadema (DIA), evidenciando que nesses municípios se registraram os anos com os dias mais úmidos durante o período estudado.

Por outro lado, os índices RX1day e RX5day são fortes indicativos da ocorrência de eventos de inundações, deslizamentos e enchentes. Tendências de aumento de RX1day somente não foram observadas em São Bernardo do Campo (SBC) e São Caetano do Sul (SCS). Já o índice RX5day somente não mostrou tendências de aumento em Santo André e São Caetano do Sul. O município de Mauá não mostrou nenhuma tendência de aumento e diminuição ($Z=0$). Os maiores valores do percentil de P95% de RX1day foram para São Bernardo do Campo e Mauá, e de RX5day foram para Diadema e Mauá.

O índice PRCPTOT, que representa a chuva acumulada anual, mostrou tendências de diminuição em quase todos os municípios (exceto em Santo André). São Bernardo do Campo mostrou a maior diminuição das chuvas, com o valor mais negativo do parâmetro Z. É importante mencionar que o decréscimo do acumulado anual da chuva não necessariamente está relacionado com uma diminuição nos índices R80mm, R50mm, RX1day e RX5day, como mostram as tendências positivas (Z). Eventos intensos de chuva diária ou em dias consecutivos também podem acontecer em anos em que a chuva anual foi inferior à média, isto é, as chuvas podem se concentrar em poucos e curtos períodos de tempo e assim ser tão intensas que podem causar desastres.

Por outro lado, foram poucos os índices que mostraram tendências com significância estatística. Isso, porém, não invalida as variações detectadas ao longo do período analisado, que caracterizam o comportamento da chuva extrema na região de estudo.

3.2. Cálculo e análise dos índices de vulnerabilidade

A análise dos fatores sociais, econômicos, demográficos, urbanos e sanitários de um município pode revelar quão exposta, suscetível e incapaz pode estar uma população ante os impactos da ocorrência de um evento extremo de chuva. Por esse motivo, as diversas vulnerabilidades são analisadas neste trabalho para avaliar a interdependência.

Assim, os IV_{se} , IV_{du} , e IV_s foram calculados utilizando os indicadores obtidos da base de dados do IBGE para três censos – 1991, 2000 e 2010 – com o intuito de observar a evolução das vulnerabilidades.

Os valores dos índices mais próximos a um (1) indicam uma alta vulnerabilidade e os mais próximos a zero (0) uma baixa vulnerabilidade. A Tabela 3 mostra os resultados dos índices para os três censos e para cada município do ABC Paulista.

O IV_{du} mostrou que São Bernardo do Campo e Diadema foram os municípios com o

Tabela 2 – Tendências pelo Teste de Mann-Kendall (Z) dos índices climáticos extremos de precipitação para a região do ABC Paulista

Índices		SA	SBC	SCS	MA	DIA	RP
R50mm (dias)	Z	1,48	1,59	0,06	0,73	1,35	0,95
	P95%	8,3	6	7,9	9,9	7,5	6,05
R80mm (dias)	Z	1,29	0,98	-0,11	1,3	2,30 *	-0,05
	P95%	2,3	2	1	4,3	2,25	3
R95p (mm)	Z	1,14	0,42	-0,1	0,54	0,18	0,27
	P95%	529,9	541,6	553,93	884,26	669,73	605
RX1day (mm) Verão	Z	0,6	-0,21	-1,27	1,5	1,36	0,6
	P95%	110,78	147,79	111,83	120,44	104,2	112,25
RX5day (mm) Verão	Z	-0,71	0,33	-0,34	0	0,99	0,84
	P95%	201,5	197,82	185,6	208,12	228,7	205,4
PRCPTOT (mm)	Z	0,77	-2,59 **	-0,36	-0,85	-0,35	-0,73
	P95%	1859,67	2004,26	1896,44	2026,21	1934,5	1878,94

Fonte: Elaborado pelo autor.

* significância a 0,01%

** significância a 0,05%

mais baixo e o mais alto índice, respectivamente, nos três censos (Tabela 3). No entanto, em ambos os municípios o IV_{du} somente diminuiu no censo de 2010, sobretudo em São Bernardo do Campo, devido a uma diminuição da taxa de crescimento populacional, em mais de 60% entre 2000-2010.

O alto valor do índice em Diadema esteve relacionado principalmente com a alta densidade demográfica, que aumentou significativamente nos últimos 30 anos, como mostra a Figura 1a. Segundo o Sumário de Dados Básico de Diadema^{iv}, este município é a segunda menor cidade da região do ABC Paulista, com 30,84 km² de área, treze vezes menor que São Bernardo do Campo. Entretanto, possui uma densidade populacional 6,7 vezes maior que a deste município. Segundo Pinheiro (2007), o processo de ocupação em Diadema teve como vertentes principais a implantação de indústrias e a desordenada ocupação do território, o que originou um processo acelerado de urbanização nas décadas de 1970 e 1980, que gerou uma grande disputa por espaços urbanos, atingindo índices de crescimento de 20% ao ano. Na década de 2000, a malha urbana de Diadema estava bastante consolidada com poucas áreas vazias para expansão e ocupação, porém ainda sem a infraestrutura necessária nos bairros mais afastados de periferia (PINHEIRO, 2007).

O processo de ocupação no ABC Paulista foi mais acelerado nos municípios de Diadema, São Caetano do Sul e Mauá, como resultado do fluxo migratório que aconteceu com maior intensidade nas décadas de 1970 até 2000 no estado de São Paulo. No decorrer do fluxo migratório houve duas relações importantes “migração/industrialização”

e “migração/emprego”, sendo esta última a que predominou na década de 2000 (BAENINGER, 2005).

A avaliação dos indicadores socioeconômicos mostrou que Rio Grande da Serra apresentou o maior valor do IV_{se} para os três censos. Este município apresentou a mais baixa renda média mensal familiar per capita (Figura 1b), a mais alta taxa de população em situação de extrema pobreza (Figura 1c) e uma alta taxa de analfabetismo. Embora no último censo de 2010 a taxa de população pobre tenha diminuído em quase a metade em relação ao censo de 2000, ainda é a mais alta quando comparada com os outros municípios (Figura 1c). Já o município menos vulnerável com o menor IV_{se} nos três censos foi São Caetano do Sul (Tabela 3).

Rio Grande da Serra é um dos mais jovens municípios do ABC Paulista, seu território é classificado como uma área urbana, apesar de ter uma vasta área de vegetação. Atualmente o município é o que possui, entre as sete cidades, os indicadores sociais menos favoráveis, que sugerem uma população em situação de alta vulnerabilidade social, embora esteja localizado em uma região industrial. Apesar dos investimentos do poder público nos últimos 15 anos, Rio Grande da Serra sofre, ainda, as consequências do baixo orçamento municipal e com a impossibilidade de formar seu próprio parque industrial, devido à legislação de proteção aos mananciais, a que está submetido desde a década de 1970 (NORONHA, 2015).

Nesse contexto de situação de desvantagem social e econômica, Rio Grande da Serra também mostrou o IV_s mais alto, identificando-se como o mais vulnerável, seguido por Ribeirão Pires. Os maiores problemas se relacionam com o baixo nível de atendimento de serviço sanitário (Figura 1d) e do destino do lixo. Embora o serviço sanitário tenha melhorado bastante entre os censos de 1991 e 2000, houve pouca mudança entre os censos de 2000 e 2010 (Figura 1d) e ainda permaneceu alto em relação aos demais municípios.

Atualmente, Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires lideram o ranking negativo de coleta de esgoto com 60% e 79%, respectivamente, de sua população sem atendimento. Muitas das justificativas atribuídas a essa situação é que as áreas urbanas têm características rurais ou com impeditivo legal de coleta oficial devido à Lei de proteção dos mananciais^v.

Em contrapartida, São Caetano do Sul mostrou um IV_s com valor igual a 0 nos dois últimos censos. Já Santo André mostrou um incremento no IV_s ao longo dos três censos analisados, devido à porcentagem no nível de atendimento de abastecimento de água ter diminuído consideravelmente.

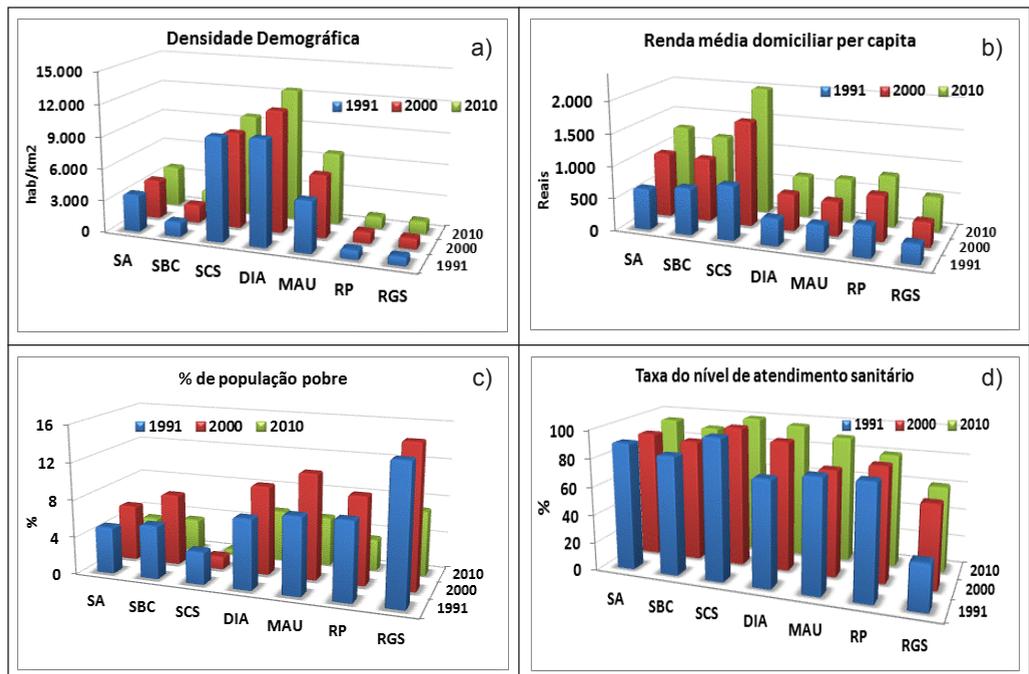
A universalização do atendimento de água envolve os parâmetros de rede de distribuição e de tratamento da água para cada domicílio do município que dispõe de rede de abastecimento de água^{vi}, e Santo André ainda enfrenta a problemática em sua rede de abastecimento, para garantir água potável em quantidade suficiente à regularidade de sua distribuição, frente ao aumento da população.

Tabela 2 – Índices demográfico-urbano (IV_{du}), socioeconômico (IV_{se}) e sanitários (IV_s) para os municípios do ABC Paulista. Em vermelho (verde) os índices mais altos (baixos)

Índices	Censo	SA	SBC	SCS	DIA	MA	RP	RGS
IV_{du}	1991	0,56	0,27	0,66	0,92	0,78	0,67	0,66
	2000	0,55	0,36	0,59	0,93	0,81	0,66	0,67
	2010	0,41	0,13	0,65	0,77	0,74	0,43	0,67
IV_{se}	1991	0,22	0,18	0,16	0,51	0,49	0,56	0,83
	2000	0,35	0,34	0,23	0,61	0,66	0,61	0,88
	2010	0,37	0,37	0,23	0,69	0,63	0,64	0,78
IV_s	1991	0,08	0,31	0,25	0,28	0,34	0,38	0,89
	2000	0,24	0,21	0	0,19	0,26	0,64	0,85
	2010	0,42	0,25	0	0,19	0,18	0,6	0,8

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1 – Evolução das taxas de densidade demográfica (a), renda média domiciliar per capita (b), porcentagem de população pobre (c), nível de atendimento sanitário (d) dos municípios do ABC Paulista para os censos de 1991, 2000 e 2010



Fonte: Elaborado pelo autor, com os dados dos censos do IBGE.

3.3. Índice de vulnerabilidade aos extremos climáticos (IV_{ec})

Para a construção do IV_{ec} utilizaram-se os índices climáticos descritos na seção 3.1 e consideraram-se como indicadores o parâmetro Z do teste de Mann-Kendall, o parâmetro S do método de Sen, o percentil 95 (P95%) e a frequência de anos em que os índices foram maiores ou iguais que o percentil 95%. O IV_{ec} não foi calculado para Rio Grande da Serra, devido a este município não possuir dados históricos de chuvas.

Verifica-se que o valor mais alto do IV_{ec} corresponde ao município de Mauá (0,48) e o menor a São Caetano do Sul (0,31) (Figura 3). O segundo mais alto IV_{ec} foi atribuído ao município de Diadema (0,46). Os altos valores nesses municípios relacionaram-se com a tendência positiva mais acentuada dos índices R80mm (Diadema e Mauá), RX1day (Mauá e Diadema), RX5day (Diadema), e com o mais alto percentil 95% nos índices R50mm (Mauá), R80mm (Mauá e Diadema), R95p (Mauá e Diadema) e PRCPTOT (Mauá).

Por outro lado, o município com menor IV_{ec} foi São Caetano do Sul, em razão das tendências negativas mais acentuadas dos índices R80mm, RX1day e R95p, durante o período de estudo. Além disso, apresentou o percentil 95% mais baixo dos índices R80mm e RX5day em relação aos outros municípios.

2.4. Índice agregado de vulnerabilidade (IAV) aos extremos climáticos

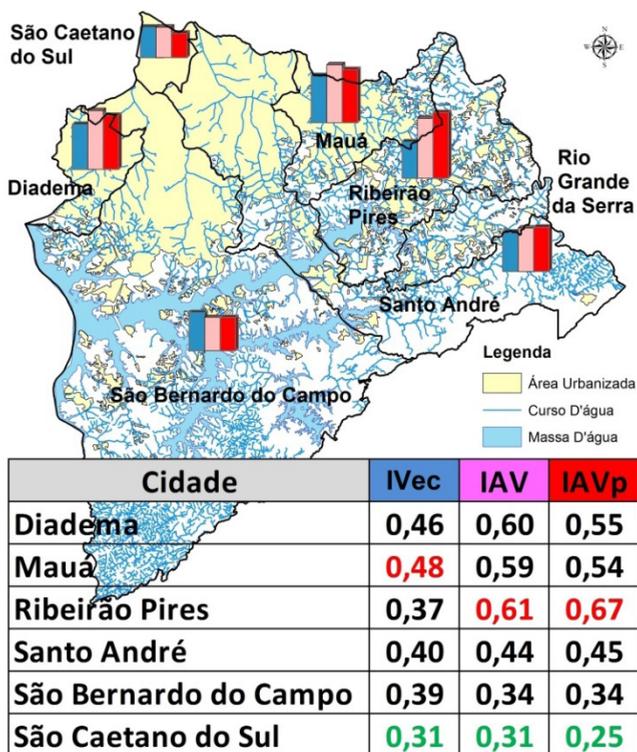
A construção do IAV buscou agrupar os índices IV_{se} , IV_{du} , IV_s e IV_{ec} num único valor que retratasse a interdependência das vulnerabilidades socioeconômicas, demográfico-urbanas e sanitárias com a vulnerabilidade aos extremos climáticos em cada município do ABC Paulista.

Para o cálculo do IAV utilizaram-se apenas os índices que correspondem ao censo de 2010, e o município de Rio Grande da Serra não foi incluído por não possuir informação de histórico de chuvas. Os resultados do índice agregado (Figura 2) foram calculados considerando tanto os pesos estabelecidos (IAV_p) na metodologia, como os pesos igual a 1 (IAV). Ambos índices indicaram que o município de Ribeirão Pires é o mais vulnerável, seguido por Diadema e Mauá.

Ribeirão Pires obteve o maior valor do IAV como consequência direta do mais alto valor de IV_s (associado com a mais baixa taxa de atendimento dos serviços sanitários). Por outro lado, Diadema se destacou em segundo lugar com os mais altos IV_{se} e IV_{du} , devido às mais baixas renda per capita do município e renda média domiciliar per capita, além da alta densidade demográfica. Já o IAV em Mauá teve como maiores contribuições os mais altos valores do IV_{ec} (acentuadas tendências de aumento de R80mm, RX1day e RX5day) e do IV_{du} (uma das maiores taxas de crescimento populacional e densidade demográfica).

Em contrapartida, São Caetano do Sul apresentou o menor índice do IAV, como consequência dos menores valores do IV_{ec} , IV_{se} e IV_s . No entanto é necessário prestar atenção no IV_{du} , que mostrou o terceiro valor mais alto nesse município, principalmente em virtude da alta densidade demográfica.

Figura 2 – Mapa da região do ABC Paulista com o Índice de Vulnerabilidade de Extremos Climáticos (IVec) e Índices Agregados de Vulnerabilidade (IAV)



Fonte: Elaborado pelo autor.

3. Considerações Finais

O trabalho teve como foco analisar as vulnerabilidades socioeconômicas, urbano-demográficas, sanitárias e aos extremos climáticos, de forma a integrá-las, para investigar as suas interdependências e entender os fatores que influenciam na vulnerabilidade de cada um dos municípios.

Os resultados foram claros ao mostrar que a vulnerabilidade tem um caráter social e que não somente se refere ao dano físico potencial de uma ameaça (chuva intensa). Os impactos da ameaça estão condicionados às determinantes demográficas, econômicas e sanitárias de uma comunidade. Essas determinantes influenciam na capacidade de responder, lidar com, recuperar e/ou adaptar-se aos perigos da chuva intensa. Por esse motivo, são fundamentais na formulação de políticas públicas ações que contribuam para a percepção de risco de desastres e redução da vulnerabilidade.

O cálculo e análise dos índices climáticos a partir da chuva diária mostrou que quase todos os municípios apresentaram tendências de aumento no número de dias com chuva de intensidade moderada (R50mm) e no acumulado anual dos dias mais úmidos

(chuva diária acima do percentil 95% – R95p). Os municípios de Mauá e Diadema apresentaram as tendências de aumento mais acentuadas das chuvas diárias de intensidade moderada (50 mm) e forte (80 mm). Porém, Mauá se destacou por apresentar os máximos valores em quase todos os índices climáticos (acima do percentil 95%).

A análise das vulnerabilidades socioeconômica, demográfico-urbano e sanitárias por meio dos cálculos de IV_{sc} , IV_{du} , e IV_s evidenciou problemáticas diferentes nos municípios do ABC Paulista. O município de Diadema apresentou os maiores problemas demográfico-urbano, enquanto Rio Grande da Serra se destacou como o mais vulnerável do ponto de vista socioeconômico e sanitário.

A evolução das vulnerabilidades, ao longo dos três períodos analisados, evidenciou o aumento da IV_{sc} em Santo André, São Bernardo do Campo, Diadema e Ribeirão Pires. Por outro lado, um aumento do IV_s em até quase duas vezes entre o período de 2000 e 2010 foi observado no município de Santo André. São Caetano do Sul também evidenciou um aumento considerável do IV_{du} no mesmo período.

Em contrapartida, a diminuição da IV_{du} foi detectada no município de Ribeirão Pires, e da IV_s nos municípios de São Caetano do Sul, Diadema, Mauá e Rio Grande da Serra. Embora Rio Grande da Serra tenha experimentado uma diminuição da vulnerabilidade nos três períodos estudados, ela continua sendo alta em relação aos demais municípios.

Finalmente, os Índices Agregados de Vulnerabilidade (IAV e IAV_p) mostraram três municípios com os valores mais altos, e com pouca diferença entre eles, que foram Ribeirão Pires, Diadema e Mauá. Para o IAV_p , a diferença foi um pouco maior entre os municípios de Ribeirão Pires e Diadema em virtude da maior contribuição do IV_s , que teve um peso mais alto. Porém, dentre os três municípios, Diadema e Mauá podem ser considerados os mais vulneráveis às chuvas intensas, pois possuem os IV_{ec} mais altos, além de terem a maior contribuição do IV_{du} e do IV_{sc} , o que pode potencializar os impactos das chuvas se não houver uma política de diminuição dessas vulnerabilidades nesses municípios.

Ribeirão Pires não apresentou um IV_{ec} alto, mas apresentou altas vulnerabilidades sanitárias e socioeconômicas. Esses fatores podem contribuir para o aumento da vulnerabilidade caso os extremos de chuva se tornem mais intensos nesse município. Aumentar os níveis de atendimento de abastecimento de água, de serviço sanitário e do destino do lixo deve ser medidas prioritárias pelos gestores, pois os impactos podem ir além da ocorrência de uma inundação ou deslizamentos, agravando a situação de saúde da população, sendo as pessoas mais carentes, sob o ponto de vista social e econômico, as que devem sofrer as maiores consequências.

É importante ressaltar que o valor obtido para cada índice de vulnerabilidade e para o IAV , em cada município, é o reflexo dos indicadores utilizados e da sua capacidade de representar fielmente o processo desejado. Situações de vulnerabilidade não são permanentes, elas são dinâmicas e podem mudar.

Para efeitos de políticas públicas, a identificação dos municípios onde a alta vulnerabilidade aos excessos de chuva e as altas vulnerabilidades socioeconômicas, demográfico-urbanas e sanitárias coincidem, ajuda a decidir para onde devem ser orientados os maiores esforços, no sentido da diminuição das vulnerabilidades e da tomada de medidas de adaptação e mitigação dos impactos das chuvas extremas. Ainda, em um contexto

atual de intensificação dos extremos climáticos e ampliação da trajetória de urbanização brasileira, identificar, medir e caracterizar a vulnerabilidade de grupos populacionais e de seus territórios é essencial para informar o desenho das políticas públicas urbanas dentro dos novos cenários que começam a se estabelecer (ALVES, 2006).

Notas

- i Convolução é um termo matemático que se refere à concomitância e mútuo condicionamento, neste caso entre a ameaça e a vulnerabilidade.
- ii Disponível em: <<http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/11/chuva-x-escorregamentos.html>>.
- iii Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br/protecao-e-defesa-civil/operacao-chuvas-de-verao/indicadores-de-chuva/>>.
- iv Disponível em: <http://www.diadema.sp.gov.br/dmp/comunicacao/Comunicacao/Site2/sumario_miolo_20x26.pdf>.
- v Disponível em: <http://www.riograndedaserra.sp.gov.br/legis_pdf/2011%5CLEi%201.909.doc%20-%20Anexo%20I%20-%20Plano%20de%20Saneamento.pdf>.
- vi Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil>>.

4. Referências Bibliográficas

- ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006.
- ALEXANDER, L. V. et al. Global observed changes in daily climatic extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**, v. 111, p. 1-22, 2005.
- ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, jan./jun. 2006.
- ANAZAWA, T. M.; FEITOSA, F. F.; MONTEIRO, A. M. V. Vulnerabilidade socioecológica nas áreas ocupadas nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião, litoral norte de São Paulo: medidas e representações. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 1, p. 138-151, 2014.
- BAENINGER, R. São Paulo e suas migrações no final do século 20. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 84-96, set. 2005.
- CARDONA, O. D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. **Mapping Vulnerability, Disasters, Development and People**. London: Earthscan, 2004. p. 37-51.
- COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-16, July 2015.
- CONFALONIERI, U. E.; MARINHO, D. P.; RODRIGUEZ, R. E. Public Health Vulnerability to Climate Change in Brazil. **Climate Research**, v. 40, p. 175-186, 2009.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC. Consórcio Intermunicipal Grande ABC: 20 anos planejando e executando ações regionais. **Revista Planejamento Estratégico**. Disponível em: <<http://www.consortioabc.sp.gov.br/imagens/pagina/Revista%20Planejamento%20Estrategico%20-%20Consortio%20Intermunicipal%20Grande%20ABC.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 2, p. 242–261, jun. 2003.

DINIZ, C. C.; CAMPOLINA, B. A região metropolitana de São Paulo: reestruturação, reespecialização e novas funções. **EURE**, Santiago de Chile, v. 33, n. 98, p. 27-43, Abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.cl/pdf/eure/v33n98/art02.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2015.

GILBERT, R. O. **Statistical methods for environmental pollution monitoring**. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1987. 320 p.

HOGAN, D. J.; MARANDOLA, E. Towards an interdisciplinary conceptualization of vulnerability. **Population, Space and Place**, n. 11, p. 455-471, 2005.

GUTIERREZ, A. P.; ENGLE, N. L.; De NYS, E.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95-106, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades**. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=35&search=sao-paulo>>. Acesso em: 14 out. 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; DOKKEN, D. J.; MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P. R.; WHITE, L. L. (Eds.). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p. 1-32.

KENDALL, M. G. **Rank correlation measures**. London, UK: Charles Griffin, 1975. p. 220.

MARANDOLA, E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 22, n. 1, p. 29-53, 2005.

MARANDOLA, E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade socio-demográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 26, n. 2, p. 161-181, 2009.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C.; ROCHA, R. P.; LABORBE, R. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5. In:

Ministério do Meio Ambiente. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI**. Brasília, 2007. Disponível em <http://www.grec.iag.usp.br/link_grec_old/outros/ambrizzi/relatorio5.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2013.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L.; SOARES, W. R.; RODRÍGUEZ, D. A. The Drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, 2011.

NORONHA, C. P. Os Pentecostais na “Periferia” da Periferia: O caso de Rio Grande da Serra, Município do Grande ABC Paulista. In: V CONGRESSO DA ANPTECRE: “Religião, Direitos Humanos e Laicidade”, 2015, Curitiba. **Anais...** Curitiba, v. 05, p. ST0508.

PELLING, M.; UITTO J. I. Small Island Developing States: natural disasters vulnerability and global change. **Global Environmental Change**, Part B Environmental Hazard, v. 3, n. 2, p. 49-62, 2001.

PINHEIROS, S. S. **Metrópole e políticas públicas: a centralidade difusa do município de Diadema**. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, Diadema - SP.

RAMALHO, D. Rio Tamanduaeté – Nascente à Foz: percepções da paisagem e processos participativos. **Paisagem Ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 24, p. 99-114, 2007.

RYGEL, L.; O’SULLIVAN, D.; YARNAL, B. A method for constructing a social vulnerability index: an application to hurricane storm surges in a developed country. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 11, p. 741-764, 2006.

SOUSA, J. R.; ALMEIDA, R. A. Vazante e enchente na Amazônia brasileira: impactos ambientais, sociais e econômicos. In: VI SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2010, Coimbra, Portugal. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema4/jose_camilo>. Acesso em: 15 jan. 2016.

TIMMERMAN, P. **Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society**. Environment Monograph N°1, Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 1981. Disponível em: <<http://www.ilankelman.org/miscellany/Timmerman1981.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

VALVERDE, M. C.; YOUNG, A. F.; MARENGO, J. Índice de vulnerabilidade na região metropolitana de São Paulo (RMSP) relacionado aos extremos do clima e a fatores socioeconômicos e demográficos. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2011, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** 2011. Disponível em: <<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.17.12.47.55/doc/Valverde,%20Young,%20Marengo%20-%20%cdndice%20de%20Vulnerabilidade.PDF?metadatarepository=&mirror=sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/08.21.17.02.53>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

VALVERDE, M. C.; BECHELLI, C. F.; CARDOSO, A. O. Índices de extremos climáticos: impactos na região do ABC Paulista. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE

METEOROLOGIA, 2014, Recife. **Anais eletrônicos...** 2014.

VINCENT, K. **Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa.** Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 56, Ago. 2004.

Submetido em: 18/04/2016

Aceito em: 25/07/2017

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC66R2V2032017>

A INTERDEPENDÊNCIA ENTRE VULNERABILIDADE CLIMÁTICA E SOCIOECONÔMICA NA REGIÃO DO ABC PAULISTA

MARÍA CLEOFÉ VALVERDE

Resumo: Este trabalho teve como objetivo identificar as vulnerabilidades socioeconômicas, demográficas, sanitárias e de extremos de chuva na região do ABC Paulista, que compreende os municípios de Santo André, São Caetano do Sul, São Bernardo do Campo, Mauá, Diadema, Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires. As vulnerabilidades foram analisadas por meio da construção de índices baseados na agregação de indicadores coletados nos censos do IBGE e índices climáticos de chuva extrema. Como resultado, identificaram-se os municípios de Diadema e Mauá como os mais vulneráveis às chuvas intensas e aos seus impactos, uma vez que houve a constatação de tendências de aumento na frequência de dias com chuvas moderada e intensa (50mm e 80mm). Tais localidades também apresentaram altas vulnerabilidades socioeconômica e demográfico-urbana, traduzidas em processos assimétricos de desenvolvimento econômico e social, saneamento ambiental deficiente e urbanização acelerada e não planejada, que contribuíram para potencializar os impactos das fortes chuvas.

Palavras-chave: Vulnerabilidade socioeconômica. ABC Paulista. Extremos de chuva.

Abstract: This work aimed to analyze the socio-economic, demographic, health and climatic vulnerabilities in the ABC Paulista region that comprises the municipalities of Santo André, São Caetano do Sul, São Bernardo do Campo, Mauá, Diadema, Rio Grande da Serra and Ribeirão Pires. The vulnerabilities were analyzed through the construction of indices based on the aggregation of indicators collected in the Census of IBGE and climate indices of extreme rainfall. The municipalities of Diadema and Mauá were identified as the most vulnerable areas to heavy rains, by presenting an increasing trend of days with moderate and intense rainfall (50 mm and 80 mm). In addition, these municipalities presented higher socio-economic and urban-demographic vulnerabilities, as a consequence of asymmetric social and economic development, poor environmental management and accelerated unplanned urbanization. Therefore, all these issues contributed to enhance the impact of heavy rains.

Keywords: Socio-economic vulnerability. ABC Paulista region. Extreme rainfall.

Resumen: El objetivo de este trabajo es identificar las vulnerabilidades socioeconómicas, demográficas, sanitarias y de extremos climáticos en la región del ABC Paulista. Esta región está conformada por los municipios de Santo André, São Caetano, São Bernardo do Campo, Mauá, Diadema, Rio Grande da Serra y Ribeirão Pires. La vulnerabilidad de estos municipios fue analizada con base a diferentes indicadores obtenidos usando datos de los censos de IBGE e índices climáticos de lluvia. Los resultados apuntan que Diadema y Mauá son los más vulnerables ante las lluvias extremas por presentar tendencias positivas en la frecuencia de días con lluvia moderada e intensa (50mm a 80mm). Asimismo, se encontró que dichos municipios muestran vulnerabilidad socioeconómica y demográfico-urbana, que se refleja en procesos asimétricos de desarrollo económico y social, falta de saneamiento ambiental, urbanización rápida y no planificada, los cuales contribuyen a maximizar el impacto de las fuertes lluvias.

Palabras clave: Vulnerabilidad socioeconómica. ABC Paulista. Lluvias extremas.
