

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS À PRECIPITAÇÃO EM MUNICÍPIOS DO LITORAL PAULISTA

Andrea KOGA-VICENTE¹

Lucí Hidalgo NUNES²

Resumo

Os impactos deflagrados pelos fenômenos hidrometeorológicos são responsáveis por milhares de vítimas todos os anos em escala mundial. Também no Brasil, esses eventos são o tipo de desastre natural que mais causam transtornos e perdas. A investigação da distribuição espacial e temporal dessas calamidades provê informações para medidas de planejamento com intuito de prevenir e minimizar essas ocorrências. Neste trabalho foi realizado o levantamento e análise de impactos deflagrados por chuvas em municípios do litoral paulista para o período de 1994 a 2004. Os resultados permitiram observar que embora Santos e Guarujá tenham apresentado maior quantidade de ocorrências; o elevado número de vítimas foi registrado em Ubatuba, indicando que embora a vulnerabilidade seja o cerne do impacto, a suscetibilidade determinou a magnitude das pessoas afetadas.

Palavras-chave: Impactos. Chuvas intensas. Litoral paulista.

Abstract

Enviromental and social impacts associated with precipitation in coastal cities of São Paulo State

Impacts triggered by hydrometeorological events cause thousands of victims every year around the world. Also in Brazil, these events are the natural disaster what cause a huge number of disorders and loses. Investigation of spatial and temporal distributions of these disasters provide information for planning actions in order to preventing and minimizing this impacts. The present study analyses impacts triggered by heavy rains in cities of costal area of São Paulo for the period 1994 to 2004. The results showed that Santos and Guarujá had most impacts. However, most victims were recorded in the city of Ubatuba showing that, although vulnerability is the core of the impact the susceptibility determined the magnitude of people affected.

Key words: Impacts. Heavy rains. Coast of São Paulo.

¹ UNICAMP - Doutoranda em Geografia - R. Pandiá Calógeras, 51 - Campinas-SP - E-mail: andreak@ige.unicamp.br

² UNICAMP - Docente do Departamento de Geografia - R. Pandiá Calógeras, 51 - Campinas-SP - E-mail: luci@ige.unicamp.br

INTRODUÇÃO

No contexto de um mundo em que as mudanças ambientais estão ocorrendo de forma acelerada, as catástrofes decorrentes de fenômenos naturais vêm crescendo, sendo que os eventos hidrometeorológicos têm grande contribuição para este padrão (SCHEUREN et al., 2008). Todos os anos são registrados milhares de desastres relacionados a eventos de chuvas intensas ao redor do globo: escorregamentos de terra, inundações e alagamentos são alguns exemplos de problemas associados à precipitações e que deixam milhares de vítimas entre desalojados, desabrigados e mortos (PILKE e DOWNTOWN, 2000; RODRIGUES et al., 2009; VOS et al., 2010).

Embora os impactos sejam deflagrados por um evento natural, a ocorrência só se torna calamidade quando atinge uma determinada sociedade (WHITE, 1974; MONTEIRO, 1991). Nos países pobres localizados nos trópicos, o panorama exposto é ainda mais alarmante (PARK, 1991), pois devido a combinação crítica entre a precariedade de infraestrutura, baixa resiliência de vasta parcela da população e grande suprimento de energia para a formação de eventos atmosféricos, mesmo montantes pluviais não tão expressivos vitimam um contingente significativo de pessoas.

Similar à tendência mundial, no Brasil os eventos hidrometeorológicos responderam pelo maior número de vítimas causadas por desastres naturais no período entre 1900 a 2010 (EM-DAT, 2010): de 11.222 afetados, cerca 76% foram resultado de impactos relacionados à tempestades, ciclones, inundações, alagamentos e movimento de massa úmidos.

A adoção de políticas públicas sérias para prevenção frente aos desastres deflagrados pelas chuvas intensas, concretizadas por medidas de planejamento, constituem um dos principais instrumentos para prevenir e minimizar os impactos. Neste contexto, os estudos científicos sobre o fenômeno são de fundamental importância por proverem informações para embasar ações de gestão (PATÉ-CORNNEL, 1996).

Partindo dos pressupostos discutidos, este estudo buscou levantar e investigar impactos relacionados aos eventos hidrometeorológicos registrados em municípios do litoral paulista, e que devido às suas características geológicas e socioeconômicas, é palco de significativos impactos deflagrados pela precipitação, causando transtornos e perdas para a população.

Área de estudo

A região costeira paulista foi setorizada de acordo com características geológicas particulares, sendo que neste estudo serão analisados dois setores: (i) a Baixada Santista, da qual fazem parte os municípios de Peruíbe, Mongaguá, Itanhaém, Praia Grande, Guarujá, São Vicente, Santos, Cubatão e Bertioga, e (ii) o Litoral Norte composto por São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba (Figura 1).

O mapa da área de estudo (Figura 1) tem como fundo a representação do relevo, onde os tons escuros correspondem às altitudes mais elevadas e os claros, às menos elevadas. Nota-se que ela se caracteriza pelo relevo bastante acidentado, com avanço da escarpa da Serra do Mar em direção à planície costeira na área correspondente aos municípios do Litoral Norte (São Sebastião a Ubatuba), contrastando com maior domínio da planície na Baixada Santista. A Serra do Mar é uma das mais importantes feições geológicas do litoral paulista e representa um fator condicionante para aspectos físicos e populacionais da área. Caracteriza-se como um paredão abrupto e contínuo com altitudes que chegam a 2.000m, e de acordo com Ab'Saber (2003, p.17) "cada setor geológico e topográfico deste domínio tem seus próprios problemas de comportamento perante às ações antrópicas".

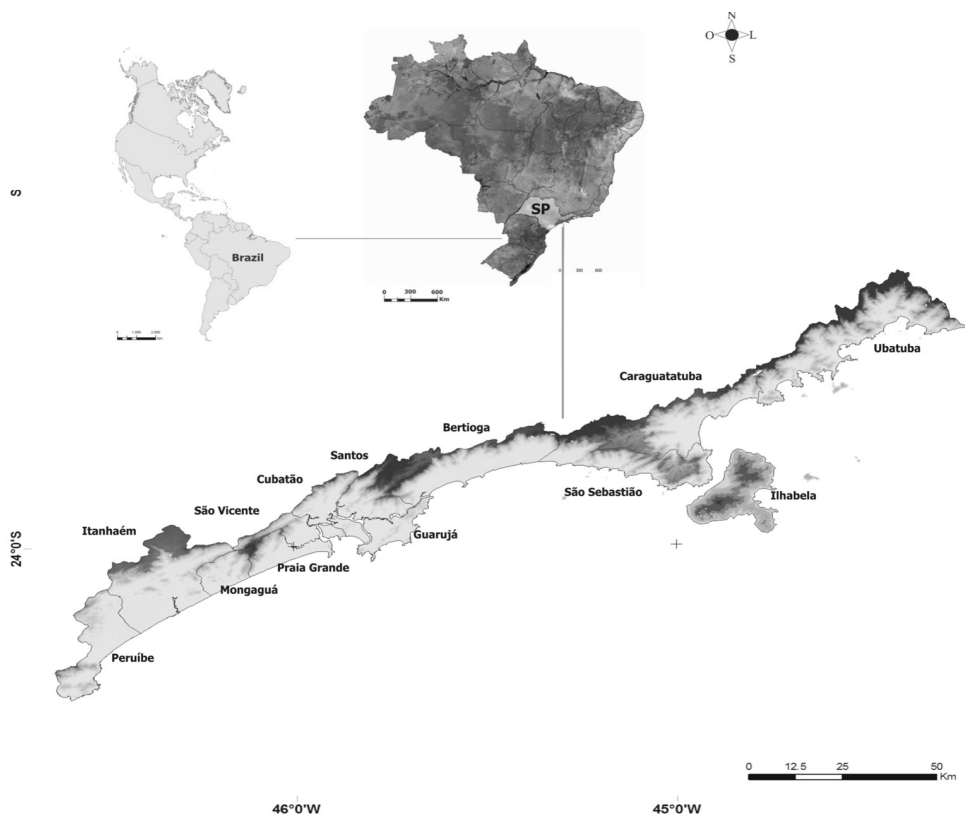


Figura 1 - Localização da área de estudo

A escarpa atua como importante fator de intensificação orográfica (CONTI, 1975; NIMER, 1989; SANT'ANNA NETO, 1990; BLANCO, 1999;) e aliado à posição geográfica de zona de transição entre sistemas atmosféricos tropicais e subtropicais (MONTEIRO, 1973) resulta em uma dinâmica de altos montantes pluviiais, que chegam a 4.000,0mm anuais (NUNES, 1990). Sistemas de escala regional e local também contribuem para a elevada pluviosidade: estudos mostram a influência da penetração de sistemas frontais (CONTI; FURLAN, 2003, CAVALCANTI; KOUSKY, 2009), da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (ROCHA; GANDU, 1996; CARVALHO et al., 2004; SOUSA et al., 2007, ROSEGHINI, 2007), e das condições de ENOS (KAYANO; MOURA, 1986) associadas à eventos pluviiais que deflagraram impactos.

Os aspectos físicos, em especial o relevo, influenciaram a distribuição do significativo contingente populacional de 1.763.116 habitantes (IBGE, 2009), que foi atraído pela importância econômica da Região Metropolitana da Baixada Santista. Os assentamentos se concentram principalmente nas áreas de planície, mas com ocupação de áreas de risco a escorregamentos e alagamentos (SEADE, 2003).

METODOLOGIA

A realização deste trabalho foi composta por duas etapas principais:

- a) elaboração do banco de dados de ocorrências de impactos:** com as ocorrências de impactos deflagrados por precipitações na área de estudo para o período de 1994/95 a 2003/04. Buscou-se a utilização de dados oriundos de fontes confiáveis para a composição de um banco de dados robusto. As fontes consultadas podem ser observadas no quadro 1.

A Defesa Civil de Santos foi a fonte oficial e serviu como parâmetro principal para a validação das informações; no entanto, os registros sistemáticos nesta instituição foram iniciados apenas no ano de 2000. A imprensa foi importante fonte para o período anterior (1994-2000), apresentando como vantagem adicional caracterizar de forma qualitativa os desastres ocorridos, por meio da descrição do evento. Contudo, deve-se atentar para possíveis inconsistências advindas do fato de que o foco principal é chamar a atenção para a notícia, o que muitas vezes pode comprometer os dados informados; um dos problemas recorrentes é a falta de localização precisa das ocorrências. Os bancos de dados do Laboratório de Estudos Climáticos do Instituto de Geociências da UNICAMP (LECLIG) e do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet) foram considerados confiáveis por terem passado pelo crivo dos pesquisadores elaboradores. Essas compilações tiveram por origem diferentes fontes, como imprensa local e defesas civis municipais, além de informações de alguns centros de pesquisa, como IPT e Instituto Geológico-SMA (IG).

Quadro 1 - Fontes utilizadas na elaboração do Banco de Dados de Impactos na área de estudo

Origem	Fontes	Período utilizado/ pesquisado	Observações
Defesa Civil do Estado de São Paulo	Banco de atendimentos realizados pela Defesa Civil	Janeiro de 2000 a setembro de 2004.	
IPT	Banco de atendimentos realizados pelo IPT	Outubro de 1994 a setembro de 2004.	Dados disponibilizados no âmbito do projeto "Estudos da previsibilidade de eventos meteorológicos extremos na Serra do Mar" (FAPESP 2004/09649-0).
Banco de dados do LECLIG	1. Banco de atendimentos do IPT 2. Defesa Civil 3. Imprensa	Outubro de 1994 a setembro de 2004.	Elaborado em atendimento ao projeto "Estudos da previsibilidade de eventos meteorológicos extremos na Serra do Mar" (FAPESP 2004/09649-0).
Banco de dados do IPMet	1. Defesa Civil 2. Imprensa	Janeiro de 2000 a setembro de 2004.	
Imprensa (jornais impressos e digitais)	-Folha de São Paulo - Estado de São Paulo - A Tribuna - Jornal da Baixada Santista - Jornal da Baixada - Diário do Litoral -Jornal de Peruíbe - Correio do Litoral	Outubro de 1994 a setembro de 2004.	

Após a obtenção das informações, foi levantado o montante de precipitação que ocasionou os impactos, utilizando dados de 14 postos pluviométricos do Departamento de

Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE), consistidos pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura (CEPAGRI), que podem ser observados na figura 2.

O montante foi computado considerando os dias anteriores com chuva ininterrupta até a data do impacto: se a chuva se iniciou no dia 16 e continuou nos dias 17 e 18, com impactos registrados dia 18, o montante pluvial corresponderá à soma dos 3 dias com chuva. Devido a essa característica, foram agregadas também as informações sobre (i) a duração que foi determinada considerando os dias anteriores com precipitação ininterrupta até a data de registro do impacto e (ii) o pico considerado como o máximo valor da precipitação em 24h nos dias que compuseram o evento.

Foram também agregadas informações sobre as condições de El Niño Oscilação Sul (El Niño, La Niña ou neutralidade), atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul e avanço de sistemas frontais, levantadas no Boletim Climanálise e nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil.

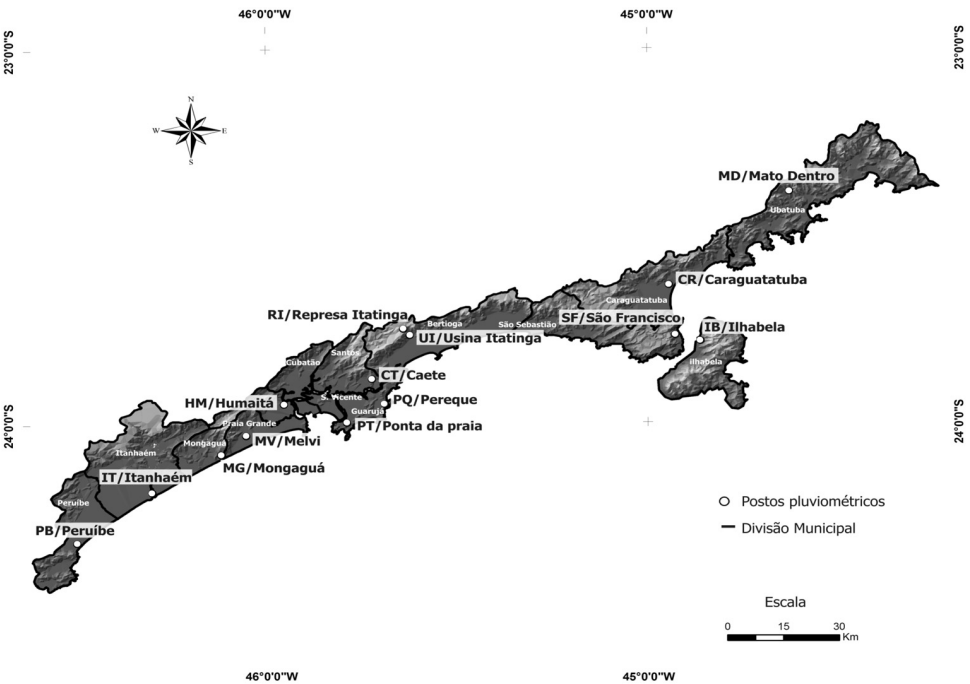


Figura 2 - Localização dos postos pluviométricos

Assim, o banco de dados elaborado permitiu o levantamento da frequência de eventos pluviais que culminaram em impactos, que serão denominados **episódios pluviais impactantes**, composto pelas variáveis observadas no quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis componentes do banco de dados de impactos

Município	Data	Total de Vítimas	Total da Precipitação (mm/episódio)	Duração (dias)	Pico (mm/24h)	ZCAS (sim/não)	Frente Fria (sim/não)	El Niño (sim/não)	La Niña (sim/não)
-----------	------	------------------	-------------------------------------	----------------	---------------	----------------	-----------------------	-------------------	-------------------

b) análise dos impactos: a partir dos bancos de dados obtidos procedeu-se à análise dos padrões de distribuição temporal e espacial dos impactos e da precipitação associada. Foram utilizadas técnicas estatísticas de tendência central (média, moda e mediana), de percentis e de correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da distribuição temporal e espacial dos eventos de precipitação impactante

Foram levantados 129 episódios de precipitação intensa que deflagraram impactos hidrometeorológicos nos municípios da área de estudo, perfazendo uma média de 13 ocorrências ao ano. Esses eventos tiveram duração variada de 1 a 15 dias (Figura 3). A moda para a duração desses eventos foi de 3 dias, sendo que as frequências entre 2 e 6 dias foram as mais observadas. Desta forma, conforme já constatado em investigações anteriores considerando escorregamentos (TATIZANA et al., 1987 a e b), é possível concluir que a ruptura da estabilidade dos sistemas físicos e da sociedade na área de estudo foi provocada, no período estudado, principalmente por eventos pluviais contínuos de duração entre 2 e 6 dias.

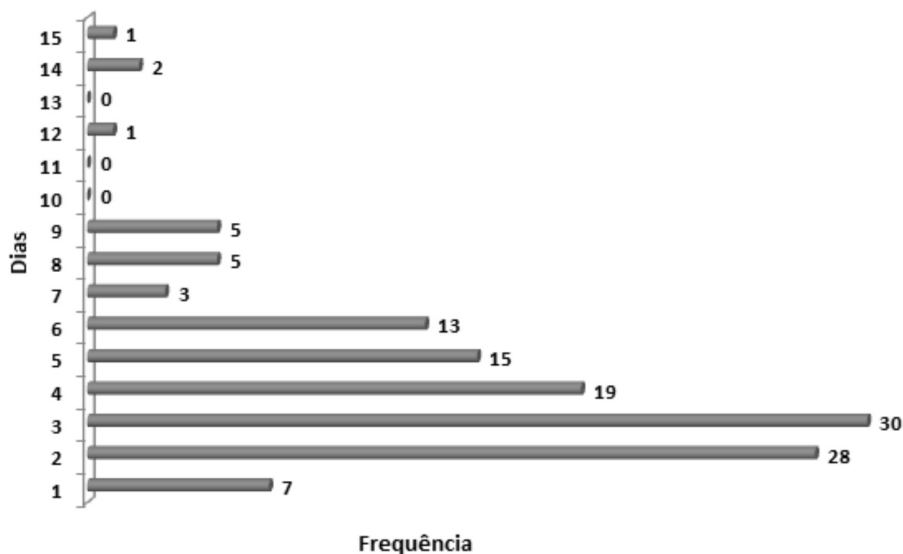


Figura 3 - Duração dos eventos pluviais intensos nos municípios da Baixada Santista e Litoral Norte

Considerando a distribuição espacial e temporal dos episódios pluviais impactantes ao longo do período analisado (Figura 4) destacaram-se 1999/00 com 20 registros e 1995/96 com 19.

O ano de 1999/00 se sobressaiu pelo número de ocorrências e pela abrangência espacial, quando foram registrados impactos desde o extremo sul da área de estudo (Peruíbe) até o norte da região (Caraguatatuba). Outro ponto que chama atenção é que, neste ano,

houve impactos mesmo em municípios com baixa frequência de registros: Peruíbe, Itanhaém e Bertioga. O maior número de ocorrências foi observado em Santos e Guarujá. Não houve ligação entre as escalas dos eventos pluviais impactantes e a anual, pois a maioria dos postos apresentou chuvas abaixo da média neste ano (KOGA-VICENTE, 2010), incluindo os postos do Guarujá; Santos apresentou totais próximos à média; entretanto, neste ano houve mais eventos pluviais intensos em 24h.

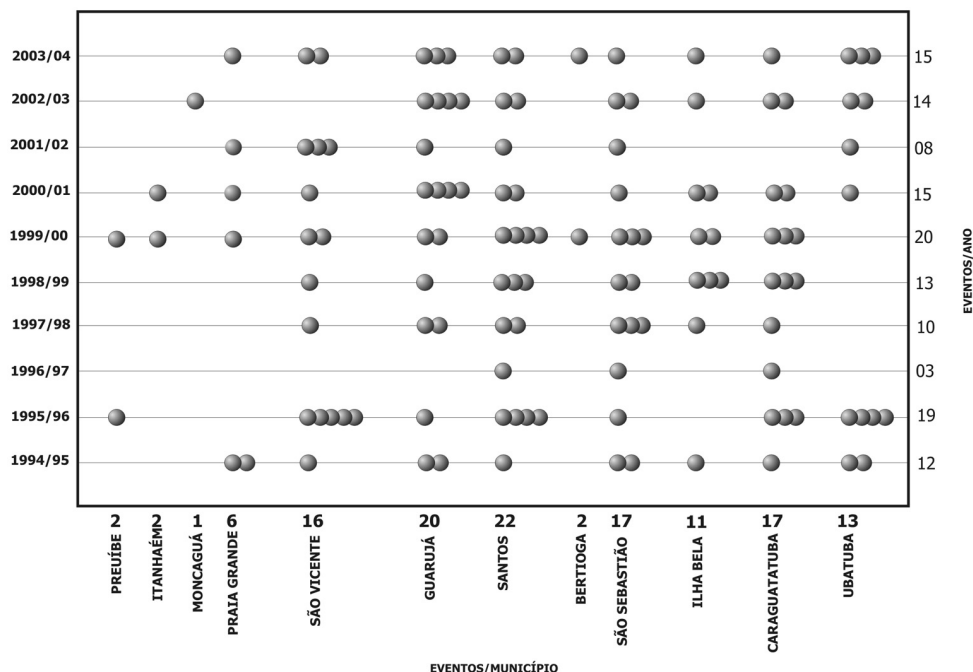


Figura 4 - Ocorrências de episódios pluviais impactantes por ano e município

Já 1995/96 foi o ano mais chuvoso no período havendo, então, conexões entre as escalas temporais. O município de São Vicente foi o mais atingido, seguido por Santos e Ubatuba, sendo que mais ao sul, apenas em Peruíbe ocorreram impactos. Em termos de circulação de larga escala estes anos têm a atuação da La Niña como principal aspecto em comum, tendo havido, também, penetração de sistemas frontais acima da média. Nos anos de 2000/01 e 2003/04 foram registrados 15 episódios pluviais impactantes. A distribuição das precipitações diárias nestes dois anos foi bastante semelhante, com chuvas diárias atingindo pouco mais de 200,0mm/24h (KOGA-VICENTE, 2010). Não obstante, apresentaram diferentes dinâmicas atmosféricas. Contrariando as expectativas quanto a um possível aumento de impactos relacionado ao forte El Niño de 1997/98, as ocorrências neste ano foram abaixo da média. Os totais máximos se situaram na classe de 200,0mm a 300,0mm/24h, com maior intensidade por evento, se comparado a 2000/01 e 2003/04.

Em 1996/97 houve a menor frequência de eventos (3), que ocorreram apenas em Santos e em municípios do Litoral Norte, tendo sido um ano marcadamente menos chuvoso, com anomalias negativas em quase todos os postos. O baixo número de impactos (8) em 2001/02 reflete, de certa forma, a dinâmica pluvial anual e diária, quando em toda região as

chuvas foram abaixo da média, com anomalias negativas em quase todos os postos e totais diários moderados.

A análise do total de eventos permite observar que Santos e Guarujá apresentaram maior número de ocorrências. Embora os montantes anuais de precipitação não tenham sido os mais elevados na área, são municípios com expressivas taxas populacionais e de elevada densidade demográfica, resultando em intensa ocupação da terra e aumentando a possibilidade de ocupação de áreas de risco. São Vicente, equivalente em termos populacionais, também apresentou números significativos de registros de eventos pluviais impactantes.

São Sebastião e Caraguatatuba destacaram-se no Litoral Norte com muitos registros de impactos, seguidos, respectivamente, por Ilhabela e Ubatuba. Os menores números foram registrados em Mongaguá, Peruíbe, Itanhaém e Bertioga. Praia Grande apresentou ocorrências abaixo da média, apesar da intensa urbanização e densidade populacional, o que pode estar relacionado ao seu relevo menos acidentado do que nas áreas mais setentrionais.

Os episódios pluviais impactantes acompanharam, grosso modo, a evolução da estação chuvosa no Sudeste. Cerca de 93% dos episódios ocorreram no semestre outubro a março (Figura 5), que se caracteriza por ser o mais chuvoso. Em outubro houve incidência significativa de ocorrências em comparação aos meses anteriores, que aumentaram progressivamente em novembro e dezembro, atingindo o pico em janeiro, seguido por março e fevereiro. O trimestre janeiro- fevereiro- março registrou número de fenômenos bastante superior aos demais meses. No semestre menos chuvoso, de abril a setembro, houve drástica diminuição na frequência de episódios pluviais impactantes. Em junho e abril foram registrados 3, seguidos por julho e setembro, ambos com apenas 1.

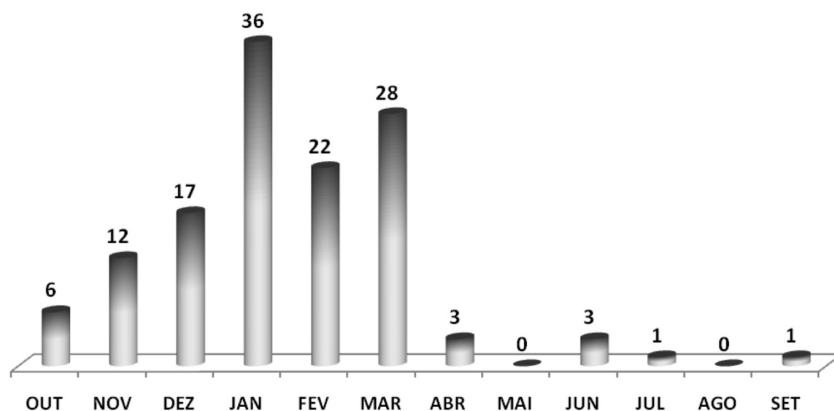


Figura 5 - Distribuição mensal dos episódios pluviais impactantes

Episódios pluviais impactantes: distribuição dos montantes

Os episódios pluviais impactantes 10 anos analisados apresentaram montantes entre 11,4mm a 568,6mm por episódio (Figura 6).

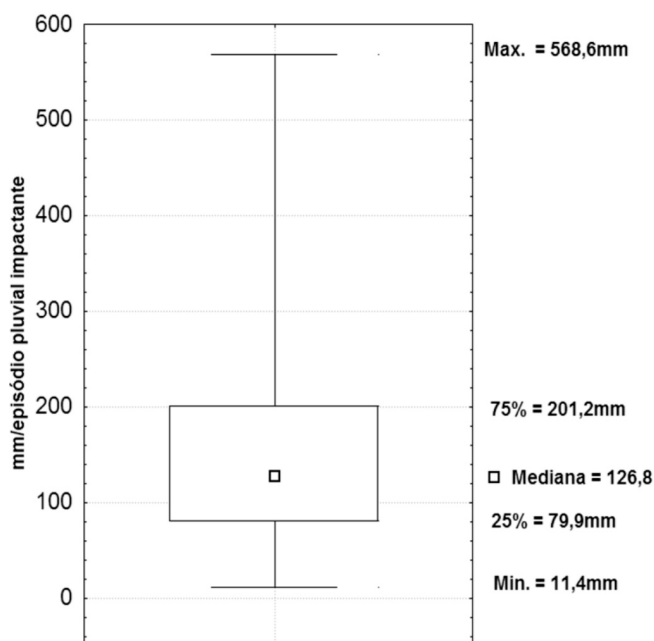
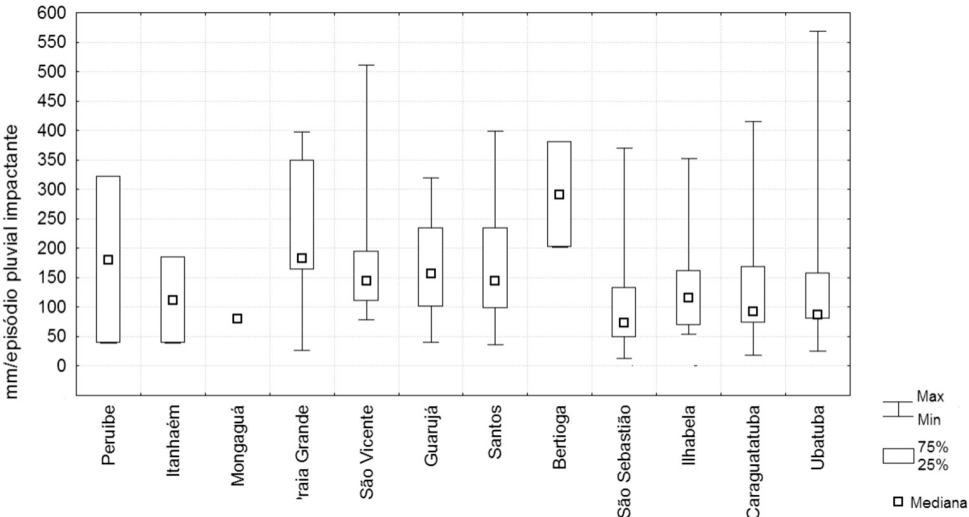


Figura 6 - Distribuição dos montantes dos episódios pluviais impactantes

A grande amplitude existente entre as chuvas mínimas e máximas reforça a complexidade que envolve os eventos pluviais que deflagram impactos na área, pois mesmo volumes não excepcionais são passíveis de provocar problemas. Em 25% dos eventos a quantidade total de chuva foi inferior a 80,0mm, e em 75% atingiu 200,0mm, concluindo-se que em 50% dos episódios ocorreram com chuvas entre 80,0mm e 200,0mm, podendo-se inferir que para esse período de 10 anos, esses seriam valores críticos de maior recorrência. Eventos com totais acima de 200,0mm podem, *a priori*, ocasionar danos de maior magnitude, mas eles têm ocorrência menos frequente.

Analisando a distribuição por município (Figura 7) observa-se que entre os postos da porção sudoeste os montantes oscilaram entre 50,0mm e cerca de 300,0mm em Peruíbe, 50,0mm e 200,0mm em Itanhaém, e no único episódio registrado em Mongaguá, as chuvas chegaram a 90,0mm. Na região central, São Vicente registrou um episódio pluvial impactante, com valores excepcionais totalizando pouco mais de 500,0mm/72h. Não obstante, caracterizou-se por ter 50% dos episódios registrados entre 100,0mm e 200,0mm. Em Santos e Guarujá, os 50% oscilaram entre 100,0mm e 250,0mm, sendo que no primeiro, houve um evento da ordem de 400,0mm. Destaca-se Bertioga com montantes entre cerca 200,0mm e 350,0mm por episódio, atestando vulnerabilidade apenas a chuvas muito intensas.



2	2	1	6	16	20	22	2	17	11	17	13	N
39.5	2	1	27.3	79.1	6.8	36.4	201.2	17.9	57.7	19.0	24.8	Mn
321	38.8	80.6	163.7	110.6	101.0	117.7	201.2	71.8	69.0	72.9	79.9	25%
180.5	38.8	80.6	182.6	144.3	156.3	153.8	291.1	73.6	116.3	91.7	87.2	Mediana
321.6	112.0	80.6	349.6	194.5	234.8	234.9	381.1	133.7	161.9	169.5	157.4	75%
321.6	185.3	80.6	397.3	510.6	319.0	399.3	381.1	370.3	352.9	415.3	568.6	Max

Figura 7 - Distribuição estatística dos montantes dos episódios pluviais impactantes

Baixos limiares associados à deflagração de eventos em vários postos do Litoral Norte podem estar relacionados à posição abrigada, em especial em São Sebastião e Ilhabela. Entretanto, mesmo MD/Ubatuba apresenta comportamento semelhante aos demais: 75% agrupados em montantes menos significativos, e eventos extremamente mais intensos. É notório o registro de chuvas muito intensas em Caraguatatuba (CRUZ, 1979).

Desta forma, é possível definir 3 delimitações espaciais em relação aos eventos pluviais impactantes: a zona meridional, Peruíbe, Itanhaém e Mongaguá, com baixo número de ocorrências e alturas moderadas; a região central, Praia Grande, São Vicente, Guarujá e Santos, com maior número de ocorrências e totais de moderados a intensos, sendo exceção Bertioga, com altos montantes e pequena frequência de desastres; e a porção norte, São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba, com significativo registro de impactos e volumes de elevada amplitude, de baixa a alta intensidade.

Buscou-se averiguar se haveria relação entre a chuva total e o pico, entendido como o dia com maior precipitação no episódio (Figura 8a). O índice de correlação foi bastante significativo entre o montante pluvial impactante e o pico.

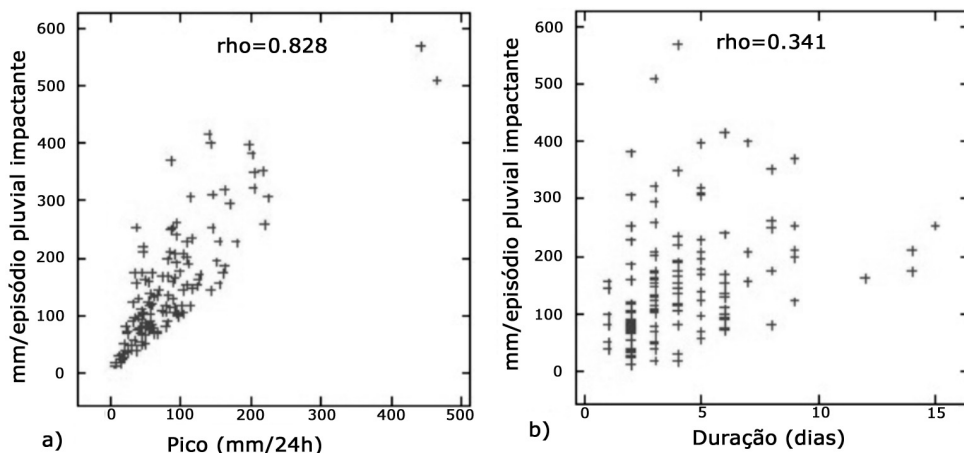


Figura 8 - Relações entre o montante pluvial impactante e a) o pico, e b) a duração

Novamente se destacam os dois fenômenos mais excepcionais, apresentando os maiores picos, embora o maior deles não tenha correspondido ao maior volume. Episódios com totais da ordem de 400,0mm tiveram picos de pouco mais de 100,0mm/24h, tendo havido outros inferiores a esse montante com picos máximos de mais de 200,0mm/24h. Porém, especialmente nos episódios pluviais impactantes na casa dos 200,0mm, houve forte correlação montante/pico.

A correlação entre montante/duração foi bem menor (Figura 8b). Os dois episódios mais excepcionais (acima de 400,0mm) tiveram duração de três e quatro dias, evidenciando grande intensidade. Os quatro eventos com duração superior a 10 dias apresentaram alturas moderadas, entre 150,0mm e 250,0mm.

Os resultados indicam que, embora a componente duração tenha grande participação para deflagração dos impactos, a existência de um dia com pluviosidade elevada no contexto do episódio teve maior influência. Contudo, esses resultados não expressam a relação entre intensidade da chuva e magnitude do impacto. Para estabelecer esta relação, foi investigada a magnitude do impacto com base na dimensão humana.

Magnitude dos episódios pluviais impactantes: número de vítimas

A magnitude dos episódios pluviais impactantes foi aferida a partir do número de pessoas afetadas. Devido à falta de padronização das informações sobre impactos relativos a desastres, em 18% dos episódios não foi possível levantar a quantidade de afetados. Desta forma, as análises se referem a 82% dos eventos. O número de vítimas engloba as pessoas que ficaram desabrigadas, desalojadas, sofreram ferimentos ou vieram a falecer em decorrência de registros desencadeados por chuvas, sendo que nos episódios denominados sem vítimas houve danos materiais, transtornos à circulação de pessoas ou veículos, queda de muros e outros transtornos.

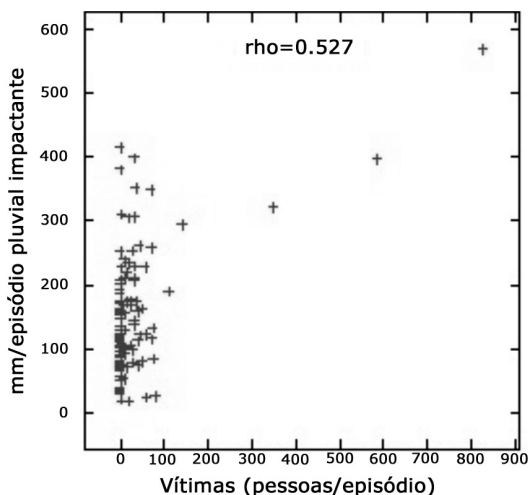
A quantidade de atingidos por episódio variou entre 1 a 828 pessoas, podendo-se observar a frequência de vítimas por episódio na tabela 1.

Tabela 1 - Vítimas nos episódios pluviais impactantes

Vítimas (pessoas por episódio)	% de eventos
sem vítimas	34
até 10	13
de 11 a 20	8
de 21 a 30	5
de 31 a 40	8
de 41 a 50	5
de 51 a 60	2
de 61 a 70	2
de 71 a 80	4
de 81 a 90	0
acima de 100	5
sem informação	18

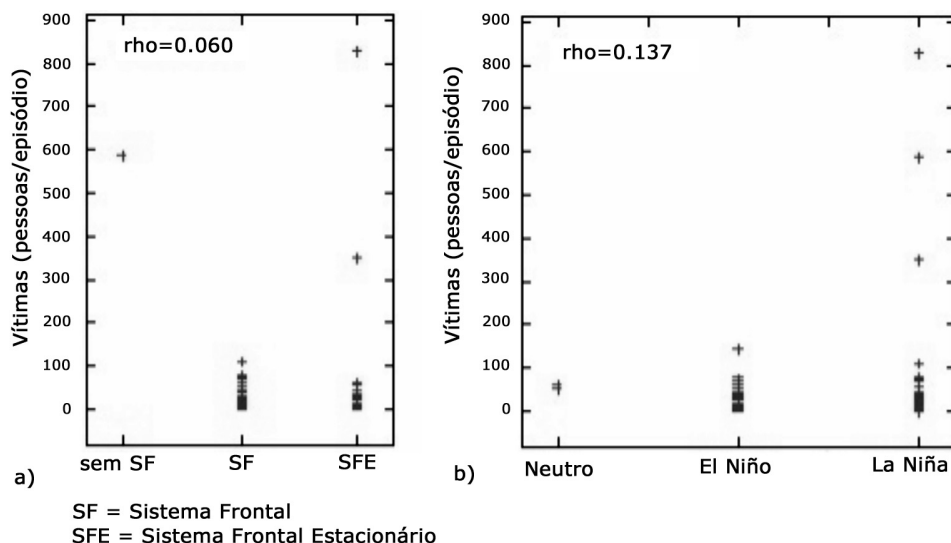
Em 34% dos episódios não houve registro de desabrigados, desalojados, mortos ou feridos, apenas impactos sem vítimas. Todavia, em 13% dos eventos mais de 50 pessoas foram atingidas, sendo que em 5% das ocorrências as vítimas ultrapassaram 100 afetados, número bastante significativo.

Apesar do volume de chuva por episódio e o número de vítimas pareçam, *a priori*, ser altamente correlacionados, essa relação só foi linear a partir de 100 vítimas (Figura 9), ou seja: episódios que atingiram entre 0 e 80 pessoas foram deflagrados tanto por chuvas de baixos montantes quanto por totais da ordem de 400,0mm.

**Figura 9 - Correlação entre o montante do episódio pluvial impactante e número de vítimas**

Foram investigadas a correlação entre o número de vítimas e os sistemas atmosféricos que atuaram no período da deflagração das ocorrências. Não houve correlação entre o número de vítimas e ZCAS, havendo padrão semelhante com a presença ou ausência do fenômeno.

Apenas um evento não esteve associado ao avanço de sistemas frontais (Figura 10a), ocasião em que houve quase 600 afetados. Nos demais, houve presença de sistemas frontais, sendo que dois com grande número de pessoas atingidas relacionaram-se com sistemas frontais estacionários. A La Niña atuava na ocasião em que aconteceram chuvas com elevada quantidade de vítimas (Figura 10b), e em anos de neutralidade houve relato de poucas vítimas. Sob a influência do El Niño, os episódios apresentaram baixa proporção de lesados.



**Figura 10 - Correlação entre o número de vítimas e
a) avanço de sistemas frontais e b) condições de ENOS**

A distribuição do número de vítimas por município pode ser observada na figura 11. No entanto, em virtude da falta de informação para algumas ocorrências, esta análise deve ser interpretada com precauções, pois o nível de informações é distinto de acordo com o município. Para auxiliar a interpretação, foram calculadas as porcentagens de eventos sem informações precisas de vítimas, permitindo a elaboração de uma legenda que notifica o grau de confiabilidade para interpretação. Alta confiabilidade foi atribuída aos locais sem ausência de informação ou com até 2 eventos sem informação, sendo que a ausência de dados na classe de 10% a 20% foi considerada confiabilidade moderada, e entre 20% e 40% confiabilidade baixa, significando que haveria probabilidade do número de vítimas ser maior nestes municípios, caso os dados estivessem disponíveis. A probabilidade do número de vítimas ser maior é inversamente proporcional ao grau de confiabilidade, pois quanto menor a confiabilidade para interpretação, maior pode ser a soma faltante.

Ubatuba apresentou o maior número de vítimas entre todas as cidades, devido principalmente, ao evento com montante extremo e com mais de 800 pessoas atingidas. Embora em Praia Grande tenha ocorrido apenas 6 episódios pluviais impactantes nos 10 anos anali-

sados, despontou como segundo município em número de vítimas, considerando ainda a probabilidade da quantidade estar subestimada em virtude da confiabilidade moderada. Em Peruíbe a dinâmica foi semelhante, pois mesmo com poucas ocorrências, o número de vítimas foi significativo.

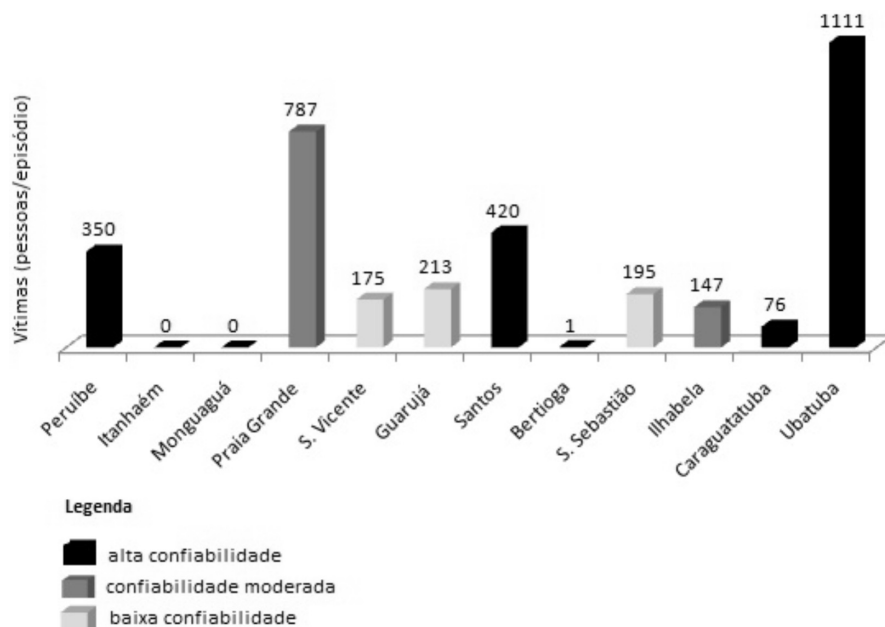


Figura 11 - Distribuição do número de vítimas por município considerando o grau de confiabilidade

O inverso ocorreu em Santos, que havia registrado a maior frequência de episódios pluviiais impactantes entre os municípios, mas que não refletiu proporcionalidade na quantidade de vítimas, bastante inferior à Ubatuba e Praia Grande. A baixa confiabilidade em relação aos dados de São Vicente e Guarujá limita as análises para esses dois municípios, com altas taxas populacionais e significativo contingente exposto ao risco. Apesar de Caraguatatuba ter sido palco de uma catástrofe memorável em março de 1967 (CRUZ, 1974), no período não apresentou número expressivo de vítimas.

Ainda que a região tenha apresentado, ao longo do período, elevado número de vítimas associadas aos episódios pluviiais impactantes, destacaram-se eventos nos quais o número de vítimas chegou à ordem de centenas.

Os episódios com número de vítimas superior a 100 pessoas e as informações associadas constam na tabela 2.

Foram registrados 5 eventos em que a quantidade de vitimados oscilou entre 828 em Ubatuba e 111 em Santos. Em Praia Grande houve também a expressiva quantidade de 587 vitimados. Embora em Peruíbe tenha sido relatada pequena frequência de impactos, este município comparece com 350 afetados. São Vicente e Santos tiveram, respectivamente, 143 e 111 vítimas.

Tabela 2 - Relação dos episódios pluviais impactantes que deixaram mais de 100 vítimas

Município	Data	Total	Duração	Pico	ENOS	SF	ZCAS	Vítimas	Impactos
Ubatuba	13.02.1996	568.6	4	442.7	LN	SFE	ZCAS	828	Alagamentos e escorregamentos
Praia Grande	13.01.2001	397.3	5	198.0	LN	X	X	587	Alagamentos
Peruíbe	04.02.1996	321.6	3	204.5	LN	SFE	ZCAS	350	Alagamentos
São Vicente	12.03.1995	295.6	3	170.4	EM	Si	Si	143	Alagamentos e escorregamentos
Santos	19.12.200	190.8	4	111.3	LN	SF	ZCAS	111	Alagamentos e escorregamentos

LEGENDA

LN= La Niña

EN= El Niño

SF=Sistema Frontal

ENOS= El Niño Oscilação Sul

SFE= Sistema Frontal Estacionário

ZCAS= Zona de Convergência do Atlântico Sul

si= sem informação

X= sem ocorrência

Nesta seleção a classificação das vítimas acompanhou a de montantes, ou seja: quanto maior o volume de chuva por episódio, maior o número de vítimas. Em todos os eventos a chuva total foi superior a 200,0mm, com picos superiores a 100,0mm, atestando que esses episódios estiveram ligados a chuvas marcadamente intensas. Esses eventos não foram excepcionais em termos de duração, que tiveram 3, 4 e 5 dias, e mesmo o dia com maior quantidade de chuva e vítimas não foi o de duração mais longa, reforçando a baixa correlação entre a magnitude do impacto/montante pluvial e duração.

Em termos de sistemas atmosféricos relacionados, em 4 das 5 ocorrências havia influência da La Niña, sendo exceção março de 1995, período de El Niño. Em 3 eventos, houve a relação com sistemas frontais.

Todos esses episódios mais impactantes registraram alagamentos e em 3 houve escorregamentos, podendo-se supor que o alagamento foi o impacto que causou o maior número de vítimas na área de estudo neste período. Nota-se, também, que os municípios que apresentaram apenas alagamentos foram Praia Grande e Peruíbe, locais com baixas altitude e declividade média.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos se concentraram no semestre mais úmido de outubro a março, sendo que janeiro registrou o maior número de ocorrências. Existe um aumento de vítimas em potencial neste período, coincidindo com a alta temporada turística e consequente aumento expressivo da população flutuante, sendo que em alguns municípios a população chega a triplicar (IBGE, 2009). A análise da duração dos episódios pluviais impactantes mostrou que estes são compostos por chuvas contínuas e com um pico de maior intensidade, variando entre um dia com chuvas fortes, até 15 dias com chuvas intermitentes. A duração mais frequente corresponde a eventos entre 2 e 6 dias, que se concentraram nos meses mais úmidos.

A maior incidência de episódios pluviais impactantes foi registrada com alturas de até 200,0mm e pode ser relacionada ao comportamento da chuva diária na região, pois a maior quantidade de chuvas em 24h registra-se até a classe de 200,0mm, havendo diminuição de ocorrências a partir desses valores. Tendo em vista a grande potencialidade que chuvas a partir de 100,0mm têm de provocar impactos no setor, a frequência significativa nessas classes aponta para a suscetibilidade do sistema físico e a vulnerabilidade da sociedade local, pois teoricamente os sistemas se encontram em equilíbrio com os valores modais, e essa frequência pode estar relacionada ao desequilíbrio entre sistemas/fatores condicionantes.

Em termos espaciais Santos e Guarujá apresentaram maior número de ocorrências, e não obstante os montantes anuais de precipitação não terem sido os mais elevados, são municípios com expressivas taxas populacionais e de densidade demográfica, resultando em maior adensamento e aumentando a possibilidade de ocupação de áreas de risco. São Vicente, equivalente em termos populacionais, também apresentou números significativos de registros de eventos pluviais impactantes.

Considerando a fragilidade física, expressa pela dinâmica de precipitação e geomorfologia, associada às dimensões humanas, representada principalmente pela taxa populacional, podem ser observadas características bastante distintas: o setor compreendendo Peruíbe, Itanhaém e Mongaguá, apresentou as mais baixas frequências de episódios pluviais impactantes, que podem estar relacionados à baixa suscetibilidade física, decorrente da localização em áreas de planície, com menor suscetibilidade a eventos mistos, mas maior a hidrometeorológicos, aliada à baixa densidade populacional, ou seja, menos pessoas expostas ao risco. Porém, apenas um dos episódios ocorridos em Peruíbe resultou em elevado número de vítimas. Um segundo setor, com Santos, São Vicente e Guarujá, alia alto grau de suscetibilidade - tendo em vista a maior presença de morros, planícies de alagamento e elevadas alturas pluviais - com alta taxa de população concentrada nas áreas urbanas e ocupando morros, o que resultou em alta frequência de impactos. Além disso, a ocupação desse setor é mais antiga, o que se associa, também, com retirada de vegetação e maiores intervenções, como cortes e acúmulo de águas servidas. Todavia, o número de vítimas não foi proporcional, principalmente em Santos, sede da Região Metropolitana da Baixada Santista, podendo indicar maior capacidade de absorver a intensa pluviosidade, aventando-se que esse panorama esteja relacionado às políticas públicas adotadas pela gestão municipal no sentido de envolver a população na prevenção do risco.

Praia Grande e Bertioga constituem-se exceções. O primeiro, com elevada densidade demográfica e baixas declividade e altimetria média, apresentou poucas ocorrências, mas considerável número de vítimas; já o segundo, apesar da suscetibilidade configurada por altos montantes pluviais anuais e declividade acentuada, registrou apenas duas ocorrências durante os 10 anos estudados, o que poderia ser atribuído à baixa densidade demográfica.

São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba apresentaram maior complexidade física, com elevadas altimetria e declividade médias, e grande amplitude nos totais de precipitação que deflagram impactos, o que aponta para acentuada instabilidade nos sistemas. O número de vítimas foi notório nesses municípios, destacando-se Ubatuba, com o maior número de pessoas afetadas.

Ainda que a vulnerabilidade seja o cerne do impacto, pois os municípios com maior população registraram mais ocorrências, a suscetibilidade determinou a magnitude das perdas humanas, representado pelo maior contingente de vitimados nos municípios do Litoral Norte.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. **Os domínios da natureza no Brasil**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.
- BLANCO, C.M. **Processos de intensificação orográfica da precipitação na Serra do Mar em São Paulo**. 1999. 158p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1999.
- BRANDÃO, A.M. de P.M. Clima Urbano e Enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: GERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 47-1-2, 2001.
- CARVALHO, L.I.V.C.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, p.88-108, jan/2004.
- CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. Frentes frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A. et al. (Org.) **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p.135-148. 2009.
- CONTI, J.B. **Circulação secundária e efeitos orográficos na gênese das chuvas na região nordeste paulista**. 1975. 82p. Tese (Doutorado em Geografia), Série Teses e Monografias, IGEOG-USP: São Paulo, n.18.
- CONTI, J.B.; FURLAN, S.A. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J.L.S. (Org) **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2003. p. 67-198.
- CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na area de Caraguatatuba-SP** : contribuição a geomorfologia litoranea tropical. 1974. 181p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1974.
- EM-DAT. **The OFDA/CRED International Disaster Database**. [on line] <<http://www.emdat.be/database>> Acessado em 25 julho de 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. <Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acessado em janeiro de 2010.
- KAYANO, M.T.; MOURA, A.D. O El Niño de 1982-83 e a precipitação sobre a América do Sul. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.4, p. 201-214, 1986.
- KOGA-VICENTE, A. **Incertezas na espacialização da precipitação, impactos associados e previsão de risco no litoral paulista**. 2010. 172p. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2010.
- MONTEIRO, C.A.F. **Análise ritmica e as chuvas no Estado de São Paulo**: estudo geográfico em forma de atlas. São Paulo: IGEOG-USP, 1973. 129p.
- MONTEIRO, C.A.de F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991. 241 p.
- NIMER, E. **Cimatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.
- NUNES, L.H. **Impacto pluvial na Serra de Paranapiacaba e Baixada Santista**. 1990. 126p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1990.
- PARK, C.C. **Environmental hazards**. London: Macmillan, 1991. 62p.
- PATÉ-CORNELL, M.E. Uncertainties in risk analysis: six levels of treatment. **Reliability Engineering and System Safety**, North Ireland, v. 51, n. 2-3, p. 95-111, 1996.
- PILKE JR, R.A.; DOWNTON, M.W. Precipitation and damaging floods: trends in the United States, 1932- 97. **Journal of Climate**, v13, n.20, p.3625-3637, 2000.

ROCHA, A. M.G. C.; GANDU, A. W. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Climanálise**, São José dos Campos (SP), v. Esp, p. 140-142, 1996.

RODRIGUES, J.; VOS, F.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Annual Disater Statistical Review 2008**: The numbers and Trends. Bruxelas: CRED, 2009. 25p.

ROSEGHINI, W.F.F. **Ocorrência de eventos climáticos extremos e sua repercussão sócio-ambiental no litoral norte paulista**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia). UNESP, Presidente Prudente. 2007.

SANT'ANNA NETO, J.L. **Ritmo climático e gênese das chuvas na zona costeira paulista**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1990.

SCHEUREN, J-M.; POLAIN, O.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Annual Disater Statistical Review 2007**: The numbers and Trends. Bruxelas: CRED, 2008. 47p.

SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE) <disponível em <http://www.seade.gov.br/>> Acessado em março de 2010.

SOUSA JR, S.B.; NUNES, L.H.; SATYAMURTY, P. Precipitação intensa no setor central da Serra do Mar: o caso de Cubatão no dia 06 de fevereiro de 1994. II SIBRADEN – Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos **Anais...** Santos, CD Room, 10p., 2007.

VOS, F.; RODRIGUES, J.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Annual Disater Statistical Review 2009**: The numbers and Trends. Bruxelas: CRED, 2010. 37p.

WHITE, G.F. **Natural Hazards**: local, national, global. New York: Oxford University Press, 1974. 288p.

Recebido em novembro de 2010

Revisado em março de 2011

Aceito em abril de 2011