

**ANÁLISE DE UM EPISÓDIO DE TEMPESTADE
SEVERA E O SEU IMPACTO NOS DIAS 3 E 4
DE NOVEMBRO DE 2007 NO ESTADO
DE SÃO PAULO – BRASIL**

**ANALYSIS OF SEVERE STORM AND HIS IMPACT ON 3
AND 4 DAYS OF NOVEMBER OF THE 2007 IN THE SAO
PAULO STATE – BRAZIL**

*Natália Martorano Suarez Pardo**

*Iara Regina Nocentini André***

*Thiago Salomão de Azevedo****

*Antônio Carlos Tavares*****

*Anderson Luiz Hebling Christofolletti******

RESUMO

Atualmente, as pesquisas sobre as tempestades severas e seus impactos são relevantes, pois alteram a organização espacial. Tais fenômenos atmosféricos são difíceis de prever, pois para conhecer a sua gênese, é necessária a associação de diversos parâmetros meteorológicos que induzem a sistema potencialmente devastador. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi identificar os sistemas atmosféricos que atuaram no Estado de São Paulo e identificar os impactos ambientais de um episódio de tempestade severa.

* Curso de Graduação de Geografia da Unesp, Rio Claro - SP, Bra. natalia_martorano@hotmail.com

** Prof. Dra. do Departamento de Geografia da Unesp, Rio Claro - SP, Bra. iaranocentini@gmail.com

*** Prof. Dr. das Faculdades Integradas Claretianas de Rio Claro – SP, Bra. thiagosalomaodeazevedo@gmail.com

**** Prof. Dr. do Departamento de Geografia da Unesp, Rio Claro - SP, Bra. atavarez@rc.unesp.br

***** Prof. Dr. do Departamento de Geografia da Unesp, Rio Claro - SP, Bra. alhc@rc.unesp.br

Fecha de recepción: 22-02-2012

Fecha de aprobación: 29-05-2012

Natália Martorano Suarez Pardo, Iara Regina Nocentini André, Thiago Salomão de Azevedo, Antônio Carlos Tavares, Anderson Luiz Hebling Christofoletti. Analysis of severe storm and his impact on 3 and 4 days of november of the 2007 in the Sao Paulo State – Brazil

Palavras chaves: Tempestades Severas, Sistemas Meteorológicos, Impactos, Estado de São Paulo.

ABSTRACT

Currently, research on severe storms and their impacts are relevant because they alter the spatial organization. These atmospheric phenomena are difficult to predict, because to know its origin, it is necessary the combination of various meteorological parameters that induce a potentially devastating system. Thus, the aim of this study was to identify the weather systems that worked in the São Paulo State - BRA and identify the environmental impacts on episode of severe storm.

Key words: Severe Storms, Weather Systems, Impacts, São Paulo State

RESUMEN

En la actualidad, la investigación sobre tormentas severas y sus impactos son relevantes porque alteran la organización espacial. Dichos fenómenos atmosféricos son difíciles de predecir, pues para conocer su origen, es necesario la combinación de diversos parámetros meteorológicos que provocan un sistema potencialmente devastador. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar los sistemas meteorológicos que se realizaron en el Estado de São Paulo e identificar los impactos ambientales de un episodio de tormentas severas.

Palabras claves: Tormentas Severas, Sistemas Meteorológicos, Impactos, Estado de São Paulo.

Introdução

As tempestades severas têm sido registradas com maior frequência nos últimos anos. Todavia, o grau de perigo que representam para as atividades humanas é alto, uma vez que provocam chuvas fortes, vendavais, tornados, granizos e, conseqüentemente, inundações, destruição de casas e área rural, causando transtornos socioeconômicos e ambientais em grande escala.

No Brasil, foram notificados tais eventos severos com grandes perdas socioeconômicas e ambientais. O estudo sobre as tempestades severas são relevantes, pois ao identificar sua gênese, desenvolvimento e dissipação, poderão ser minimizados os impactos causados pelas mesmas. Assim, a identificação das áreas de risco auxiliará os gestores públicos a avaliar a vulnerabilidade humana.

As definições acerca das tempestades severas são dependentes das características geográficas do local do acontecimento. Para Doswell e Bosart (2000), uma definição de tempo severo é tipicamente arbitrária, pois um fenômeno é considerado severo quando excede algum critério específico, porém esse critério varia de acordo com as condições geográficas do planeta. Para rajadas de ventos, o critério utilizado é a velocidade; para granizo, o diâmetro que possui; já com o tornado, quase todos os casos são considerados severos, com exceção daqueles que ocorrem na água (tromba d'água).

Um sistema convectivo pode aparecer em várias condições sinóticas, porém todos têm em comum a grande capacidade de gerar eventos severos específicos, com diferenças em suas bases formadoras. Devem-se considerar outros fatores tais como o efeito orográfico, que influencia a ocorrência em determinadas áreas; e as características das massas de ar, sua região de origem, sua estabilidade e o tempo que permanece sobre determinado local. Para a previsão dos tempos severos, Johns e Doswell (1992) consideram avaliar parâmetros e detectar padrões através de análises de escala sinótica e de mesoescala, que acontece quando duas ou mais tempestades se unem e formam um sistema ainda maior e mais poderoso.

“As observações desses fenômenos, em escala sinótica, são úteis para identificar as regiões com melhores condições de produzir as trovoadas mais intensas. A identificação e a análise cuidadosa de um sistema frontal, da corrente de jato, do ciclone extratropical, da zona de convergência intertropical (ZCIT), da zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), do vórtice ciclônico de alto dos altos níveis (VCAN) e do ciclone tropical contribuem para localizar as possíveis áreas já formadas ou que possibilitaram o aparecimento de nuvens cumulonimbus, diretamente responsáveis pelas trovoadas e todas as suas conseqüências.” (Ferreira, 2006, p.112)

Além disso, o uso de ferramentas georreferenciais para a espacialização das áreas de ocorrência e de danos é de grande ajuda para compreender o poder destrutivo de tais fenômenos e tentar prevenir futuros impactos, que representam conseqüências geográficas relevantes pois mudam a organização do espaço.

Assim, o objetivo deste trabalho foi a identificação dos sistemas atmosféricos que atuaram no Estado de São Paulo durante o mês de novembro de 2007, analisando especificamente um episódio de tempestade severa nos dias 3 e 4.

Revisão Bibliográfica

Segundo o IPCC (2001), um fenômeno atmosférico extremo ou severo é definido por um evento raro, estatisticamente, na distribuição de um determinado lugar. As características dos eventos severos variam de acordo com o espaço geográfico e as condições atmosféricas. Dentre inúmeros impactos desses eventos podem-se citar inundações, enchentes e deslizamentos.

Tempestades convectivas severas são tempestades capazes de gerar granizo grande (com pedras de 2 cm ou mais de diâmetro ao atingirem a superfície) e/ou rajadas de vento com força destrutiva (velocidade acima de 50 kt/26 m s⁻¹) e/ ou tornados (Johns e Doswell, 1992). Porém, essa definição de tempo severo é tipicamente arbitrária, pois um fenômeno é considerado severo quando excede algum critério específico, mas este varia de acordo com as condições geográficas do planeta.

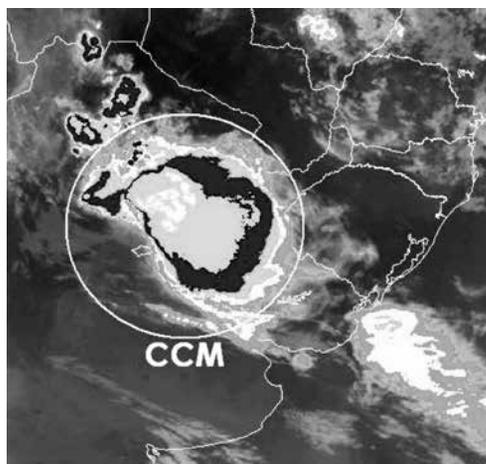
Essas tempestades se formam a partir das nuvens cumulonimbus ou de tempestades e se apresentam como célula única, multicelular ou supercélula (Figura 1). Nas multicelulares, as células interagem entre si, fazendo com que a corrente de ar descendente de uma célula possa intensificar a corrente ascendente de outra. Já as supercélulas são consideradas as maiores nuvens e possuem uma corrente de ar com forte movimento giratório. Elas estão relacionadas ao perfil vertical de cisalhamento do vento e da instabilidade atmosférica. Cisalhamento de vento é um fenômeno meteorológico que ocorre quando há uma mudança do vento, em níveis diferentes, podendo ser horizontal ou vertical.

Quando ocorrem aglomerados de tais tempestades, tem-se um sistema convectivo de mesoescala e as linhas de instabilidade atmosférica. Linhas de instabilidade são formações de nuvens de tempestades alinhadas conectadas por uma região estratiforme, podem se estender por quilômetros e são capazes de produzir ventos fortes e pequenos tornados. E o Complexo Convectivo de Mesoescala, que é uma união de várias tempestades que podem durar muitas horas ou em alguns casos, dias.

Figura 1. Linhas de instabilidade e complexo convectivo de mesoescala



a) Linhas de instabilidade



b) Complexo convectivo de mesoescala

Fonte: <http://www.funceme.br/areas/tempo-e-clima/sistemas-atmosfericos-atuantes-sobre-o-nordeste> e <http://www.paulotempo.blogspot.com/2009/11/mais-um-complexo-convectivo-de.html>

As tempestades têm três fases na sua formação: desenvolvimento, madura e dissipação. O desenvolvimento ocorre quando correntes de ar predominam na célula, e nesse estágio há pouca ou nenhuma chuva. A fase madura acontece quando há movimentos ascendentes e descendentes de ar. Nessa fase, ocorre a maior parte dos fenômenos atmosféricos que caracterizam uma tempestade severa como vendavais, granizos, descargas elétricas e tornados. Na fase dissipativa, a corrente descendente de ar predomina e a chuva enfraquece. Devido a esse processo, a nuvem e os cristais de gelo dissipam-se e a nuvem que anteriormente era uma cumulonimbus, toma a forma de uma nuvem cirrostratus ou altostratus (Johns e Doswell, 1992).

Esses eventos ocorrem na maioria dos casos sobre os continentes. Este fato ocorre porque a radiação faz com que haja um aumento maior da temperatura na superfície do solo, assim o continente torna as condições mais instáveis e propícias ao aparecimento desses fenômenos (Johns e Doswell, 1992).

Marcelino (2003) afirma que as tempestades severas têm relação com sua origem, agrupando-os nas formas meteóricas hídricas (chuva, neve e nevoeiro), mecânicas (tornados) e elétricas (raios e relâmpagos).

No contexto sul-americano um dos contribuintes para a formação de tal fenômeno é uma circulação atmosférica do tipo de jato de baixos níveis. O jato de baixos níveis é a zona de maior velocidade dentro da banda de ventos fortes desenvolvidos de oeste em altas latitudes formados por causa da diferença de temperatura entre os pólos e os trópicos; ao leste da Cordilheira dos Andes, que transporta umidade vinda da Amazônia para latitudes mais altas. Desta forma, aumenta a umidade e desestabiliza a atmosfera. Além disso, a união dos escoamentos de jatos de baixos e altos níveis intensifica a dinâmica responsável por tempestades severas. (Nascimento, 2005)

Contudo, Nascimento (2008) ressalta dois conceitos relevantes nas tempestades severas:

- Explícito: são tempestades capazes de gerar fenômenos com significativo impacto social e econômico;
- Implícito: são tempestades cujas correntes ascendentes e descendentes são extremamente intensas, e, portanto capazes de gerar e suportar em suspensão pedras grandes de granizo; gerar rajadas de ventos destrutivas e amplificar processos de estiramento de vórtices em baixos níveis (superfície).

No Brasil, a ocorrência de tempestades severas e o aumento da expansão urbana, com a ocupação de áreas impróprias para habitação, o número de ocorrências registradas na Defesa Civil, ligados a tais fenômenos atmosféricos, aumentou consideravelmente, gerando impactos ambientais e socioeconômicos.

Pouco são os registros dos eventos relacionados a tornados, porque há dificuldade nos registros, somente sendo confirmado o fenômeno quando presenciado por alguém ou fotografado. A grande maioria dos casos catalogados é de granizo e vendaval, que promovem perdas materiais ou vidas.

Com alto índice de urbanização, o Estado de São Paulo apresenta muitos impactos causados pelos diversos tipos de fenômenos atmosféricos ligados ao tempo severo. O clima do Estado de São Paulo é caracterizado como tipicamente tropical, onde ocorrem altas temperaturas e altos índices pluviométricos no verão, abrangendo a maior parte da primavera; e no inverno, e maior parte do outono, com temperaturas mais amenas e uma drástica redução na umidade, com pequenos períodos de estiagem em algumas áreas (Monteiro, 2000).

No Estado de São Paulo existe alguns fatores que influenciam a ocorrência como, por exemplo, os sistemas frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Ferreira (2006, p.117) descreve ZCAS como sendo “persistente banda de nebulosidade no sentido NW/SE, associada a uma zona de convergência nos níveis baixos da troposfera, que se estende desde o sul da Amazônia até o centro do Atlântico Sul, às vezes por milhares de quilômetros.” Esse fenômeno ocorre devido uma convecção que acontece sobre o continente, tendo como fonte a liberação de calor latente. Por este motivo nota-se que no verão são mais constantes.

Procedimentos Metodológicos

Na realização desta pesquisa foi utilizado o banco de dados cedido pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil/SP, com o catalogo dos fenômenos atmosféricos severos e os principais impactos/danos e ocorrências.

Assim, foi elaborado um mapa temático que mostra os municípios atingidos de acordo com os procedimentos metodológicos encontrados em André et. al. (2009).

Esta metodologia adota a base espacial de informações municipais do Estado de São Paulo no formato *shapefile* do Sistema de Informações

Georreferenciadas EstatCart, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004). Esta base de dados foi exportada para o Sistema de informação geográfica ArcView (ESRI, 1996) e os dados sobre os fenômenos atmosféricos foram inseridos.

O sistema de informação geográfica ArcView possui um formato de armazenamento de dados vetoriais baseados em arquivos, isto é, os atributos dos elementos geográficos são armazenados em um banco de dados específico, denominado de tabela de atributos. Cada linha desta tabela contém as informações descritivas de uma única feição e as colunas ou campos definidos na tabela são as mesmas para cada linha (Câmara e Monteiro, 2004).

A ligação entre as feições geográficas e a tabela de atributos é feita através de um identificador único, ou georelacional, que promove a ligação e mantém a correspondência entre ambos. Para Câmara e Monteiro (2004), uma vez que esta conexão é estabelecida, podem-se apresentar informações descritivas sobre o mapa e armazenar outras.

Desta forma, a tabela de atributos foi alimentada com os dados e obteve-se como resultado um mapa temático, evidenciando os municípios paulistas e os fenômenos atmosféricos atuantes nos três.

Os dados dos impactos socioeconômicos e os municípios atingidos foram fornecidos pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil–SP. Estes dados foram quantificados para revelar possíveis áreas de risco e os tipos de ocorrências mais frequentes no Estado de São Paulo.

Para as análises dos sistemas atmosféricos foram utilizadas as imagens realçadas do satélite GOES 12, fornecidas pelo CPTEC/INPE, e as cartas sinóticas, cedidas pela Marinha Brasileira.

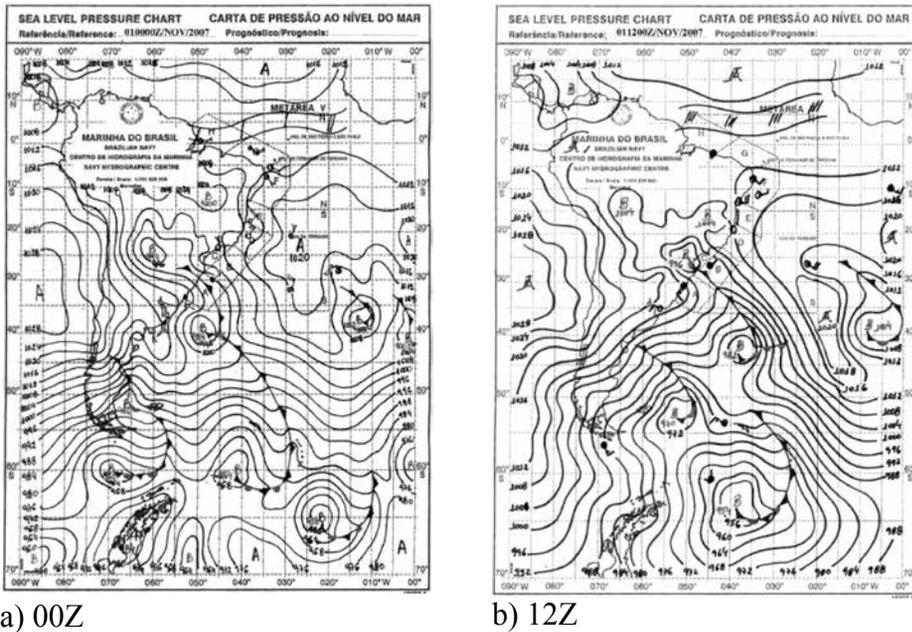
Resultados e Discussão

Os dias 3 e 4 de novembro de 2007 foram selecionados devido à existência de uma tempestade severa que evoluiu no Estado de São Paulo. A Coordenadoria Estadual de Defesa Civil registrou, neste mês, doze dias com atuação de tempestades severas e 124 ocorrências decorrentes das mesmas. Desse total, mais de 50% ocorreu no intervalo de 48 horas entre os dias 3 e 4. Assim, esse período foi de grande importância para compreender o desenvolvimento e comportamento do sistema atuante, além de todos os impactos causados no estado.

As cartas sinóticas, juntamente com imagens realçadas do satélite GOES 12 e os dados fornecidos pela Defesa Civil, foram analisadas com o intuito de estabelecer o ritmo da tempestade, desde sua gênese até sua dissipação.

De acordo com as cartas sinóticas do dia 1 de novembro, a chegada de uma frente fria ocorreu em Santa Vitória do Palmar/RS, avançando pelo interior do país chegou à Campo Grande/MS e pelo litoral até Campos/RJ (Figura 2). Assim, configurou-se uma ZCAS que atuou até dia 7 de Novembro e manteve todo o estado de São Paulo encoberto.

Figura 2. Cartas sinóticas do dia 01 de novembro de 2007



Fonte: DHN, Marinha Brasileira (2007)

O desenvolvimento do sistema atmosférico sobre o Estado de São Paulo é intenso no dia 2 de novembro de 2007. No dia 3 de novembro, se instalou um Vórtice Ciclônico dos Altos Níveis (VCAN) que permaneceu até o dia 7. O VCAN é um sistema de baixa pressão, formado na alta troposfera, cujo centro ciclônico apresenta temperatura mais fria do que a da periferia. São formados no Oceano Atlântico; e quando situados na região nordeste do Brasil impedem que sistemas frontais avancem e estacionem nas regiões sudeste e centro-oeste causando precipitações.

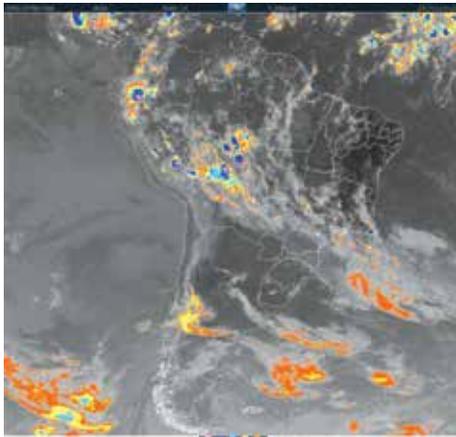
A existência desse sistema ajudou na formação da ZCAS que atuou no período estudo, pois coibiu que o sistema frontal avançasse e que permanecesse no Sudeste. Isso ocasionou intensas chuvas em São Paulo e queda de temperatura na região Sul.

Nesse período notou-se que a atuação de um jato em altitude intensificou a atuação do sistema frontal, que originou a ZCAS, e que ao norte de São Paulo.

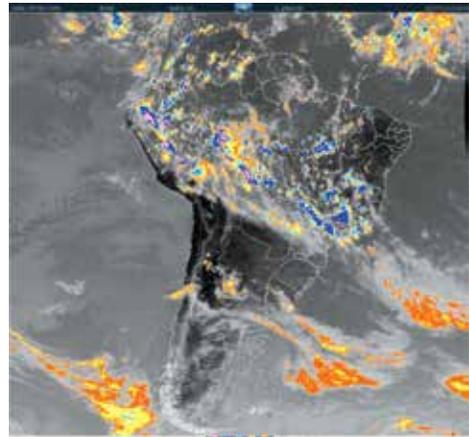
Na figura 3, as imagens do dia 4, às 09h00min (horário oficial de Brasília), o Estado de São Paulo apresentou intensa nebulosidade; e o início do desenvolvimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul. A rápida evolução do sistema no estado é observada na imagem das 16h00min.

Neste mesmo dia, um centro de baixa pressão sobre o Estado de São Paulo. Esta área apresentou intensa instabilidade atmosférica, com chuvas e ventos fortes.

Figura 3. Imagens do satélite GOES 12
(Horário Oficial de Brasília) do dia 4 de novembro de 2007



a) 09h00min



b) 16h00min

Fonte: CPTEC/INPE (2007)

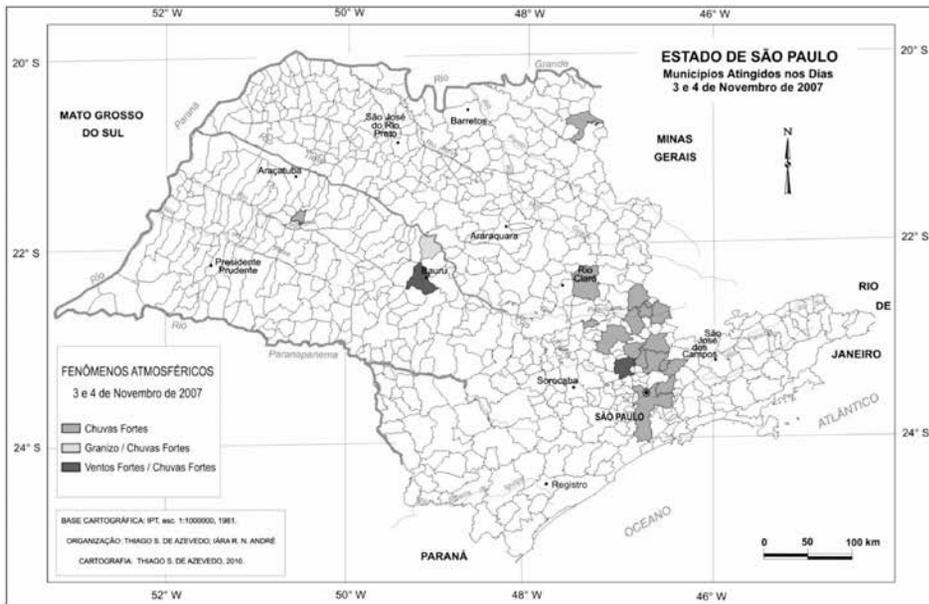
No dia 5 de Novembro de 2007, o sistema avançou para Minas Gerais e diminui sua atuação sobre o Estado de São Paulo. Dia 6 de novembro, o sistema começa a se dissipar, porém a Zona de Convergência do Atlântico Sul ainda se manteve atuante na região sudeste com chuvas moderadas e fracas. No dia 7 de Novembro, a ZCAS se dissipou totalmente sobre o Estado de São Paulo.

No determinado período, o Estado de São Paulo esteve sob a influência de uma ZCAS que ocasionou granizo, chuvas fortes e ventos fortes. Atingindo 21 municípios por mais de um evento atmosférico simultaneamente (Figura 4).

O fenômeno mais freqüente foi a chuva forte que atingiu 18 municípios (Americana, Amparo, Araras, Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Campinas, Franca, Guarulhos, Itapira, Itatiba, Jarinu, Leme, Lindóia, Nazaré Paulista, São Paulo, Serra Negra e Socorro), seguido por chuvas fortes com ventos fortes em duas localidades (Bauru e Jundiá); e ocorrência de granizo com chuva forte no município de Iacanga.

Estes fenômenos atmosféricos, presentes nos dias 3 e 4 de novembro, causaram grandes impactos socioeconômicos. Foram registrados dezesseis tipos de impactos: desalojados, queda de árvores, pessoa arrastada por enxurrada, transbordamento de rios e córregos, alagamentos, destelhamentos, vítimas fatais, desabamentos, rachaduras ou danos em imóveis, erosão, danificação em pavimentação, deslizamento de terra, danos em veículos, corte no fornecimento de água e energia, queda de muro, congestionamento ou interdição de via pública e inundação de via pública.

Figura 4. Tipos de fenômenos atmosféricos e cidades atingidas nos dias 3 e 4.



Conclusão

De acordo com as análises foi possível verificar os tipos de desastres com maior relevância, sejam por número de pessoas atingidas, por quantidade de cidades ou por envolver vítimas. As regiões de Campinas, de São Paulo e de Bragança Paulista apresentaram maior frequência de chuvas fortes e ventos possivelmente devido ao grande grau de urbanização e habitações irregulares.

A tempestade severa dos dias 3 e 4 de novembro de 2007, período utilizado para estudo de caso, ocorreu devido à atuação das ZCAS e do sistema frontal. Entretanto, o desenvolvimento do VCAN proporcionou que o sistema frontal estacionasse no Estado de São Paulo, intensificando a tempestade severa e proporcionando diversos impactos socioeconômicos.

Os estudos relacionados com tempestades severas devem ser estimulados, pois as condições sinóticas que as geram são dependentes dos fatores geográficos e da combinação dos elementos climáticos distintos para cada região.

Assim, os estudos geográficos das tempestades severas podem contribuir na identificação das áreas de risco e dos sistemas atmosféricos que desencadeiam tais tempestades. Estas informações são fundamentais aos gestores públicos nas tomadas de decisão e na minimização da vulnerabilidade humana e econômica.

Referencias

- André, I. R. N. Tavares, A. C., Azevedo, T.S., Ferreira, N. J., Mutti, R. G., Pellegrina, G., Conceição, R.P., Santos, J. R. C. y Pardo, N. M .S. (2008). Proposta metodológica para espacialização de ocorrências registradas na Defesa Civil em decorrência de tempestades. *XV Congresso Brasileiro de Meteorologia* [CD-ROM]. Anais, São Paulo.
- André, I. R. N. Tavares, A. C.; Azevedo, T. S.; Pellegrina, G.; Santos, J. R. C.; Conceição, R, P.; Pardo, N. M. S.; Melo, M. O. (2009). Clima, Variabilidade, Mudanças Climáticas e uma proposta metodológica para o mapeamento de danos provenientes de eventos severos. *Geografia*, Rio Claro, 34 (3), 595-606.
- Câmara, G. e Monteiro, A. M. U. (2004). Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In Câmara, G., Davis, C. e Monteiro, A.M.V.(Eds.),

- Introdução a ciência da geoinformação (PP.6-41). São José dos Campos: INPE. Recuperado de: www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html
- Doswell III, C. A. e Bosart, L. F. (2000). Extratropical Synoptic-scale processes and severe convection. Cap. 2, Severe convective storms In: Doswell III, C. A. (Ed.). Severe convective storms. The American Meteorological Society, p. 1-103.
- Ferreira, A. G. (2008). *Meteorologia Prática*. Rio de Janeiro: Oficina de Textos.
- IPCC. (2001). Intergovernmental Panel on Climate Change-2001: a report of Working Group II. Recuperado de: www.ipcc.ch
- Johns, R. H. e Doswell III, C. A. (1992). Several Local Storms Forecasting. *Weather and Forecasting*, 7, 588-612.
- Marcelino, I. P. V. (2003). Análise episódica de tornados em Santa Catarina: Caracterização sinótica e mineração de dados. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Monteiro, C. A. F. (2000). Atlas: A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo, versão1 [CD-ROM]. AGETEO: Rio Claro.
- Nascimento, E. (2004). Tempestades. Recuperado de: http://www.dca.iag.usp.br/www/material/adwgandu/aca-0115_2008/PDF/5_Gandutempestades_2008.pdf
- Nascimento, E. (2005). Previsão de tempestades severas utilizando-se de parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: Uma estratégia operacional adotável no Brasil? *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20 (1), 121-140.