

# VARIABILIDADE CLIMÁTICA, DESASTRES NATURAIS E A RELAÇÃO COM EVENTOS SEVEROS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Geórgia J. Pellegrina<sup>1</sup>

## Introdução

Atualmente, vivemos em paisagens cada vez mais povoadas e modificadas. As cidades encontram-se em constante crescimento e é muito comum verificar áreas naturais substituídas por áreas urbanas e a área rural cultivável entrecortada por rodovias, dutos e linhas de transmissão.

O homem gera impactos ambientais com consequências indesejáveis que comprometem o equilíbrio e o estado existente de um ambiente, em virtude do tipo, da intensidade e da velocidade de promover mudanças por meio de suas atividades. A crescente intervenção humana no meio físico tem aumentado, de forma substancial, o grau de risco dos locais em relação aos desastres naturais.

A América do Sul, mais especificamente a região Sul do Brasil, além dos países pertencentes ao MERCOSUL, tem sido severamente atingida por desastres naturais, resultando em grandes prejuízos socioeconômicos e elevado número de vítimas fatais. A maioria dos desastres está associada às severas instabilidades de tempo que causam, entre outros impactos, inundações, escorregamentos, vendavais, erosão, alagamentos, tornados, além dos períodos de *déficit* hídrico, caracterizados pelas estiagens.

Diante do impacto das diversas ações antrópicas e dos danos causados pelos desastres naturais, não podemos deixar de associar esses eventos à dinâmica climática. Embora a variabilidade seja uma componente dessa dinâmica, ela pode causar reflexos significativos nas mais diversas áreas.

É polêmico o tratamento que vem sendo dado às questões das mudanças climáticas e da variabilidade climática. Não há um consenso entre pesquisadores, créditos das previsões feitas por modelos matemáticos, mas o fato concreto são os

danos causados pelos desastres naturais e suas consequências dramáticas, tanto para a Natureza quanto para o homem.

Assim, torna-se cada vez mais importante o estudo da ocorrência de tempo severo, pois esses eventos geram inúmeros impactos socioeconômicos e/ou ambientais, como perdas materiais e de vidas humanas. Entre os eventos atmosféricos severos, as tempestades merecem destaque, pois, segundo Marcelino (2003. p.27), "As ocorrências de tempestades intensas podem provocar diferentes tipos de fenômenos atmosféricos extremos potencialmente danosos". O monitoramento de informações relativas a esses eventos é muito importante, uma vez que tornam mais eficazes as possíveis medidas mitigadoras de seus estragos.

Em 2006, foi iniciada a formalização de um banco de dados de ocorrências registradas no Estado de São Paulo, pela Defesa Civil (PELLEGRINA, 2011), complementadas por informações obtidas através de jornais locais e edições on-line, determinando vários fenômenos relacionados aos eventos severos. Sendo assim, o banco de dados torna-se uma importante ferramenta para diagnosticar áreas de risco e relacionar os eventos severos como granizo, vendaval, ocorrência de raios, enchentes repentinas, chuvas fortes e tornados, com os danos causados, como: queda de barreira, queda de árvore, transbordamento de rio, queda de pontes, inundações, enchentes repentinas, alagamentos, destelhamento, deslizamento de terra, escorregamento de encostas, desbarrancamento, rompimento de barragens, erosão, além do número de desabrigados, desalojados, feridos e vítimas fatais.

Além disso, a pesquisa foi complementada com a espacialização das áreas atingidas por tempo severo e tendo como consequência os escorregamentos de encostas e os deslizamentos de terra, em três períodos (setembro/2009 a fevereiro/2010, setembro/2010 a fevereiro/2011 e setembro/2011 a fevereiro/2012) contidos no banco de dados (PELLEGRINA, 2011). Foram considerados os eventos ocorridos nos períodos e as análises dos condicionantes atmosféricos associados a eles.

## Revisão da Literatura

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) define mudança climática como “mudança no estado do clima” que pode ser identificada estatisticamente por mudanças nas médias e/ou variabilidade de suas propriedades em um período equivalente ou superior a décadas, sendo estas mudanças inerentes à variabilidade natural ou resultantes das atividades humanas. Destaca-se, portanto, a variável antropogênica na concepção do IPCC, como uma das causas da mudança climática. Já na concepção adotada pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) a alteração na atmosfera global com provável mudança climática é atribuída, direta ou indiretamente, às causas antropogênicas. (IPCC, 2007).

Embora algumas pesquisas demonstrem o acréscimo térmico na temperatura média mundial, o fato pode alcançar grandes proporções nas características climáticas locais onde o clima é sentido, alterando, significativamente, o ritmo climático existente em cada local. As mudanças ambientais promovidas pelo processo de aquecimento poderão repercutir em maior ou menor nível de alteração climática; predomina a certeza, contudo, de que as nações socialmente mais vulneráveis e economicamente mais instáveis possuem a probabilidade de sofrer maiores danos do processo de aquecimento, uma vez que as condições socioeconômicas interferem na capacidade adaptativa da população. (TAVARES, 2001).

Pesquisas referentes às alterações do clima e suas consequências ambientais e sociais foram realizadas pelo IPCC e destacaram o aumento na frequência de eventos climáticos extremos, tais como tempestades, furacões, tornados e ciclones. Dessa forma, a ocorrência destes eventos nos últimos anos tem sido atribuída, principalmente pela mídia, como sinais emanados pelo clima que demonstram mudanças climáticas, e não como eventos que sempre existiram na história climática da Terra, ligados às variabilidades climáticas; existe, portanto, a necessidade de estudos que aprofundem os conhecimentos sobre a origem de tais eventos.

É importante mencionar que a atmosfera influencia o oceano de várias maneiras: interferindo diretamente em sua dinâmica ao lhe transferir energia cinética através do vento; afetando no fluxo de radiação à superfície do mar e alterando a taxa de evaporação, que depende dos demais fatores. As correntes oceânicas geradas ou modificadas pela ação do vento interferem nos fluxos horizontais e verticais de massa e calor no seio da água, também contribuindo para alterar a configuração do campo térmico à superfície do mar. Esses distúrbios são capazes de se propagar vertical e horizontalmente, têm ativa participação na distribuição de energia no interior do oceano e sua duração representa o tempo necessário à acomodação da massa líquida às contínuas mudanças impostas pela atmosfera. (VAREJÃO-SILVA, 2000).

Uma componente do sistema climático da terra é representada pela interação entre a superfície dos oceanos e a baixa atmosfera adjacente a ele. Os processos de troca de energia e umidade entre eles determinam o comportamento do clima, e alterações desses processos podem afetar o clima regional e global.

O *El Niño* representa o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. A palavra *El Niño* vem do espanhol, e refere-se à presença de águas quentes que todos os anos aparecem na costa norte de Peru, na época de Natal. Os pescadores do Peru e do Equador chamaram a essa presença de águas mais quentes de *Corriente de El Niño* em referência ao *Niño Jesus* ou Menino Jesus. Na atualidade, as anomalias do sistema climático que são mundialmente conhecidas como *El Niño* e *La Niña* representam uma alteração do sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico tropical, e que tem consequências no tempo e no clima em todo o planeta. Nessa definição, consideram-se não somente a presença das águas quentes da *Corriente El Niño*, mas também, as mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano, com o enfraquecimento dos ventos alísios (que sopram de leste para oeste) na região equatorial. Com esse aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e

de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo, também são observados aumento ou queda de temperatura. (OLIVEIRA, 2001).

*La Niña* representa um fenômeno oceânico-atmosférico com características opostas ao *El Niño*, e que se caracteriza por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Alguns dos impactos de *La Niña* tendem a ser opostos aos de *El Niño*, mas nem sempre uma região afetada pelo *El Niño* apresenta impactos significativos no tempo e clima, devido à *La Niña*.

Os desastres naturais de diferentes naturezas, como os hidrometeorológicos e geofísicos, têm afetado um grande número de pessoas, conforme mostram os dados do EM-DAT (2010). O Brasil se destaca com mais de cem mil pessoas afetadas em 2010, o que comprova a importância de estudo dentro dessa temática em nosso país.

André (2006) destacou a observação de dois eventos extremos ocorridos no Brasil, sendo um deles considerado inédito. No ano de 2004, um furacão se desenvolveu no Oceano Atlântico de um vórtice ciclone extratropical para um tropical, e atingiu a costa do Estado de Santa Catarina e o nordeste do Rio Grande do Sul. O outro evento, registrado em 2005, corresponde a uma estiagem severa na Bacia Amazônica, afetando os Estados do Amazonas e Pará. Independentemente de a causa ser atribuída ao aquecimento global, os desastres naturais merecem destaque. De acordo com o *Disaster Risk Reduction Programme* (DDR), entre 1980 e 2005 aconteceram aproximadamente 7.500 desastres naturais no mundo, ocasionando 2 milhões de mortes e prejuízos de 1,2 trilhões de dólares.

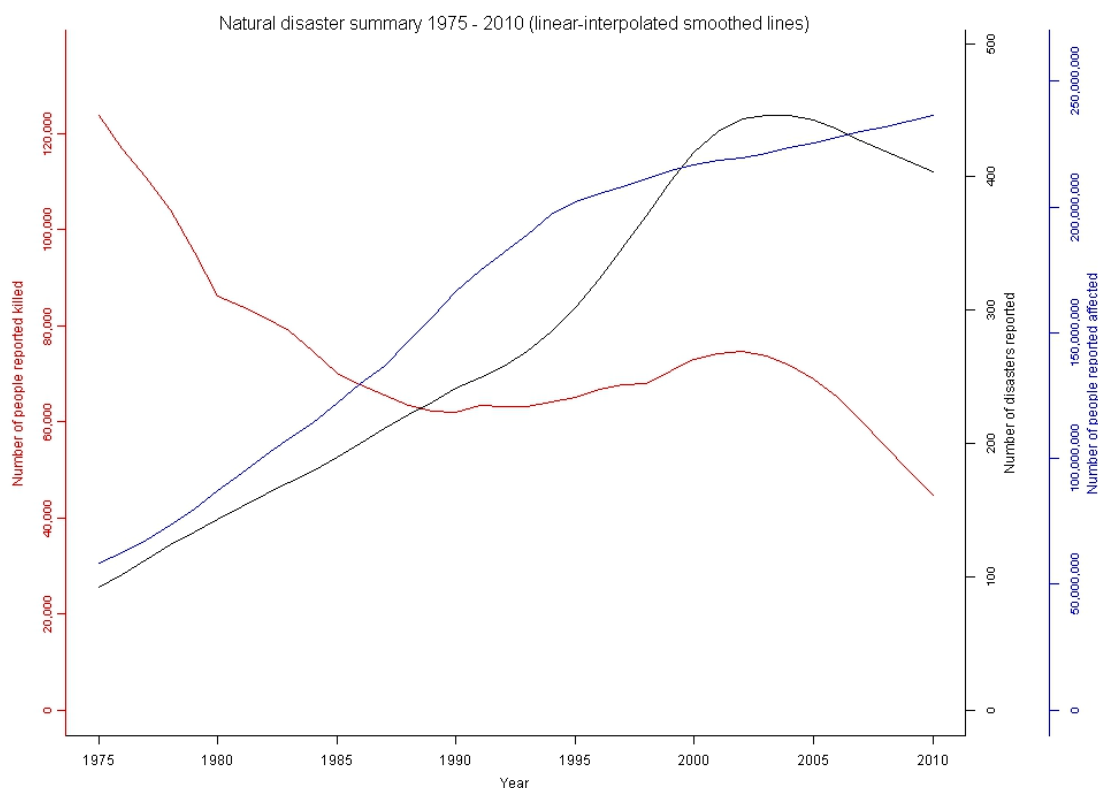
A figura 1 destaca a relação dos prejuízos financeiros e o número de afetados, e é possível observar a diminuição de pessoas mortas no período, fato que pode ser atribuído aos sistemas de prevenção e alerta que estão sendo desenvolvidos para preparar a população em áreas de risco. É importante levar em consideração que, atualmente, as ocorrências são registradas com maior eficácia e contam com a facilidade da internet para divulgação imediata; justificando-se, assim, a tendência crescente significativa dos últimos 15 anos, para tal prevenção.

Segundo Nunes (2009), o peso dos desastres de natureza atmosférica é substancial: 90% dos eventos, 72,5% das vítimas e 75% das perdas estão relacionadas às secas, inundações, tempestades extremas, queimadas, além de escorregamentos de encostas, epidemias e infestações de insetos diretamente associados às condições meteorológicas.

Marchand (2005) assinala que os riscos climáticos, em princípio, apresentam similaridades aos de outras naturezas, pois suscitam considerações quanto às suas casualidades, continuidade e/ou descontinuidade no espaço, escalas espaciais e temporais de abrangência e estabilidade dos sistemas espaciais. No entanto, os riscos climáticos possuem características que diferenciam suas complexidades: alguns apresentam caráter de multifuncionalidade, por serem agentes diretos de riscos (tempestades) ou indiretos (inundações) ou, ainda, agentes que agravam a vulnerabilidade.

Os riscos climáticos podem, também, assumir distintas funções, como no caso de ciclones tropicais. É importante assinalar que episódios de natureza atmosférica com potencial para deflagrar desastres, ainda que sejam em alguma extensão, randômicos, são mais previsíveis do que fenômenos geofísicos, aspecto que carrega importantes implicações operacionais e até políticas, relacionadas a tomadas de medidas para evitar ou diminuir as consequências dessas manifestações calamitosa. (NUNES, 2009).

Figura 1 – Tendência mundial dos desastres naturais (linha preta), número de pessoas afetadas (linha azul) e número de mortos (linha vermelha), no período de 1975 a 2010.



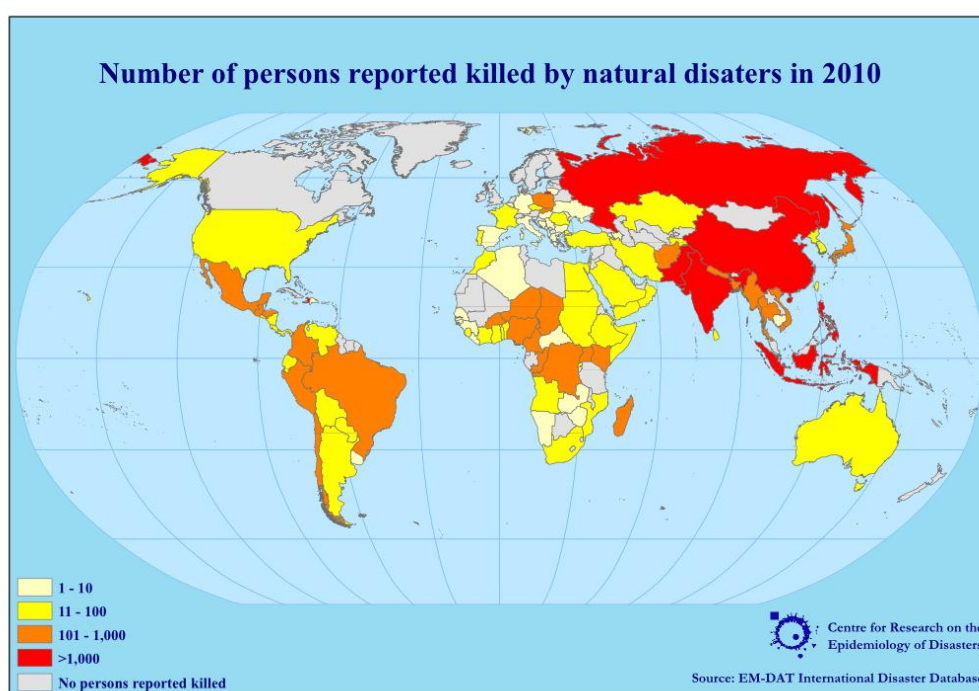
Fonte: EM-DAT, 2010.

A *United Nations-International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR, 2009) considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade, envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com as perdas, usando seus próprios recursos.

O banco de dados *Emergency Disasters Database* (EM-DAT) é uma compilação de dados e informações sobre a ocorrência de desastres obtidos de diversas fontes, como as agências das Nações Unidas, as organizações não governamentais, as companhias de seguros, os institutos de pesquisa e as agências de notícias.

Os critérios objetivos adotados no Relatório Estatístico Anual do EM-DAT sobre desastres consideram a ocorrência de pelo menos um dos seguintes critérios: 10 ou mais mortes; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência ou pedido de auxílio internacional. Segundo estatísticas do EM-DAT, mais de 320.000 pessoas morrem por ano, em decorrência dos desastres naturais, sendo que 99% ocorrem em países em desenvolvimento. A fig. 2 mostra o número de mortos em 2010, destacando o Brasil com grande número de afetados.

Figura 2 – Número de mortos por Desastres Naturais em 2010 em todo o mundo.



Fonte: EM-DAT (2010).

Já no glossário da Defesa Civil Nacional, desastre é definido como sendo o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Para Castro (1998), a intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado.



Uma das principais ferramentas para a gestão de risco são as geotecnologias, representadas especialmente pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG), o sensoriamento remoto (imagens de satélite) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS). As geotecnologias possibilitam a coleta, armazenamento e análise de grande quantidade de dados que, devido à complexidade dos desastres naturais, seriam praticamente inviáveis de serem tratados utilizando métodos analógicos e/ou tradicionais.

Com estas ferramentas é possível produzir em pouco tempo e com baixo custo, combinando dados espaciais multifontes, a fim de analisar as interações existentes entre as variáveis, elaborar modelos preventivos e dar suporte às tomadas de decisões. (BONHAM-CARTER, 1996).

Devido à grande complexidade de variáveis e tipos de dados, assim como a forma de mensuração, as avaliações de risco geralmente envolvem muita incerteza. Segundo Balaji et al. (2002), os principais dados requeridos numa avaliação de risco são:

- Dados sobre o perigo: tipo, data, local de ocorrência, magnitude etc;
- Dados sobre o ambiente físico: geologia, geomorfologia, hidrologia, climatologia, uso da terra etc;
- Dados sobre a exposição local: infraestrutura urbana, edificações, população, dados socioeconômicos, agropecuários, etc.

Além disso, a incerteza pode aumentar com a combinação ou complexidade do risco, principalmente quando envolve múltiplos perigos. Sempre que possível, devem-se utilizar dados quantitativos, de fontes oficiais, longas séries históricas e métodos de análises que envolvam modelos matemáticos e físicos. A intenção é a de que essa avaliação se torne passível de repetição e comparação, refletindo de forma mais transparente a realidade local e não a percepção do especialista responsável pela análise.

Por meio de um banco de dados de ocorrências/danos relacionados a eventos extremos, proposto por Pellegrina (2011), é possível espacializar as informações em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitando um entendimento dos padrões espaciais e temporais associados aos riscos e desastres.

## **Metodologia**

### ***Utilização do banco de dados***

O banco de dados de eventos severos utilizado foi o proposto por Pellegrina (2011), a partir de informações dos boletins de ocorrência da Defesa Civil do Estado de São Paulo, e delas extraídas as informações mais importantes, contendo os danos ocorridos, os fenômenos atmosféricos que os propiciaram, a localização, data e hora dos sinistros.

Essas informações, no momento, estão disponíveis no *site* do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet), Universidade Estadual Paulista (UNESP), de forma a contribuir para a verificação de áreas de risco, padrões temporais de ocorrências calamitosas e, assim, servir como suporte para órgãos que trabalham com a assistência aos vitimados, além de facilitar estudos de casos de tempestades severas.

As consultas são disponibilizadas com opções como data, fenômeno, danos causados e localidade. É possível escolher o tipo de dano a ser estudado ou todas as ocorrências daquele dia, naquele local e, além disso, estudar um município específico dentro do limite do Estado de São Paulo.

Na Figura 3, está exemplificada a opção de todos os fenômenos que podem ser selecionados para um período desejado, no caso de 01 de janeiro de 2000 até 27 de março de 2009.

Figura 3 - Página de acesso aos fenômenos.

The screenshot shows the IPMet website interface. At the top, there is the UNESP logo and the text 'UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Bauru'. To the right, it says 'Página Inicial | Fale Conosco | Portal UNESP'. Below this is a blue header with 'IPMet - Instituto de Pesquisas Meteorológicas'. On the left side, there is a vertical menu with various options: 'Instituição', 'Cadastro', 'Imagem do Radar', 'Boletim do Radar', 'Alertas no Twitter', 'Sistema de Alerta', 'Previsão do CPTEC', 'Previsão Cidades', 'Previsão Numérica', 'Estação Meteorológica', 'Banco de Dados', 'Serviços', 'Observador Voluntário', 'Estações do Ano', 'Pesquisas', 'Saiba Mais', 'Sites Relacionados', 'Deixe sua Sugestão', and 'Como Chegar'. The main content area is titled 'SIMPAT - FINEP - IPMet' and 'Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e Alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil'. Below this, there is a section titled 'BANCO DE DADOS DA DEFESA CIVIL' with a search form 'Busca no Banco de Dados'. The search form includes fields for 'Data Início' (01/01/2000), 'Data Fim' (27/03/2009), 'Fenômeno' (Todos), 'Dano' (Todos), 'Estado', and 'Cidade'. A dropdown menu is open under 'Fenômeno', showing a list of weather events: Todos, Granizo, Ventos fortes/vendaval, Chuvas fortes, Raio, Tornado, Ciclone, Frente fria/chuvas contínuas, Chuvas moderadas, Geadas, and Estiagem.

Na Figura 4, é apresentado o resultado dessa pesquisa, contendo todas as informações da localidade desejada, constando horário da ocorrência, o fenômeno causador e todos os danos decorrentes, inclusive com número de vítimas fatais, feridos, desabrigados e desalojados. Também pode ser selecionado um dano específico ou serem considerados seus conjuntos para um determinado evento. Dessa maneira, vários estudos podem ser realizados, principalmente quando os dados aqui obtidos são confrontados com a geologia, a geomorfologia, a densidade demográfica e a hidrologia.

Para o procedimento metodológico proposto, adotou-se 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), foi utilizada como plano de informação espacial.

Figura 4 - Janela de acesso das ocorrências.

**Busca no Banco de Dados**

Data Início:	01	01	2002
Data Fim:	31	12	2002
Fenômeno:	Todos		
Dano:	Deslizamento de terra		
Estado:	Todos		
Cidade:	São Paulo		
<input type="button" value="Consultar"/>			

**Fonte:** Defesa Civil  
**Data do evento:** 13/01/2002  
**Hora:** 22h30  
**Localização:** São Paulo - SP  
**Fenômeno(s):** Chuvas fortes  
**Dano(s):** Deslizamento de terra, Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis e Congestionamento/Interdição de Via Pública

**Fonte:** Defesa Civil  
**Data do evento:** 16/01/2002  
**Hora:** 06h10  
**Localização:** São Paulo - SP  
**Fenômeno(s):** Chuvas fortes  
**Dano(s):** 15 Desabrigado(s), Deslizamento de terra e Desabamentos/Rachadura/Danos em Imóveis  
**Total de Danos:** 15  
**Total de Vítimas:** 15

**Fonte:** Defesa Civil  
**Data do evento:** 12/02/2002  
**Hora:** tarde  
**Localização:** São Paulo - SP  
**Fenômeno(s):** Chuvas fortes  
**Dano(s):** 3 Vítima(s) fatal(is), Queda de Árvores, Alagamentos, Deslizamento de terra, Queda de Muro e Pessoa arrastada pela enxurrada  
**Total de Danos:** 3  
**Total de Vítimas:** 3

## ***Elaboração de mapas***

Para a elaboração deste trabalho, as buscas no banco de dados foram concentradas em três tipos de danos fornecidos pela defesa civil, no período de setembro/2009 a fevereiro/2010, setembro/2010 a fevereiro/2011 e setembro/2011 a fevereiro/2012. Os tipos de danos foram: escorregamento de encostas, deslizamento de terra e queda de barreira, ocorridas no Estado de São Paulo. Cabe ressaltar, novamente, que esse órgão considera tais danos como ocorrências apenas quando afetam diretamente o município, caso contrário, as ocorrências não são notificadas e, por isso, não incluídas no sistema.

Embora escorregamento de encostas, deslizamento de terra e queda de barreiras envolvam os mesmos conceitos geotécnicos, a Defesa Civil os trata separadamente, segundo os seguintes critérios:

- Escorregamento de encostas: refere-se a uma ampla variedade de processos envolvendo movimentos coletivos de solo e/ou rocha, regidos pela ação da gravidade. As áreas atingidas são passíveis de zoneamento, podendo ser monitorizadas a partir do acompanhamento de dados de precipitações pluviométricas, principal agente deflagrador do processo.
- Deslizamento de terra: caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados.
- Queda de barreira: são os escorregamentos que atingem o leito de uma pista de rodagem, provocando a interrupção parcial ou total da trafegabilidade da estrada.

Nas figuras 5 a 7, são demonstradas as espacializações desses danos. Esses mapas foram confrontados com as análises dos principais sistemas meteorológicos nos três períodos. As ocorrências de deslizamento de terra, queda de barreira e escorregamento de encosta, concentrados em sua maioria, na faixa leste do Estado, está diretamente associado com a pluviosidade, a geologia e a geomorfologia, favorecendo as ocorrências nessas regiões, mostrando, nesse caso, que a análise e a tomada de medidas mitigadoras não podem ser generalizadas, e sim especificadas por região.

Figura 5 – Ocorrências de movimentos de massa no período de setembro/2009 a fevereiro/2010.

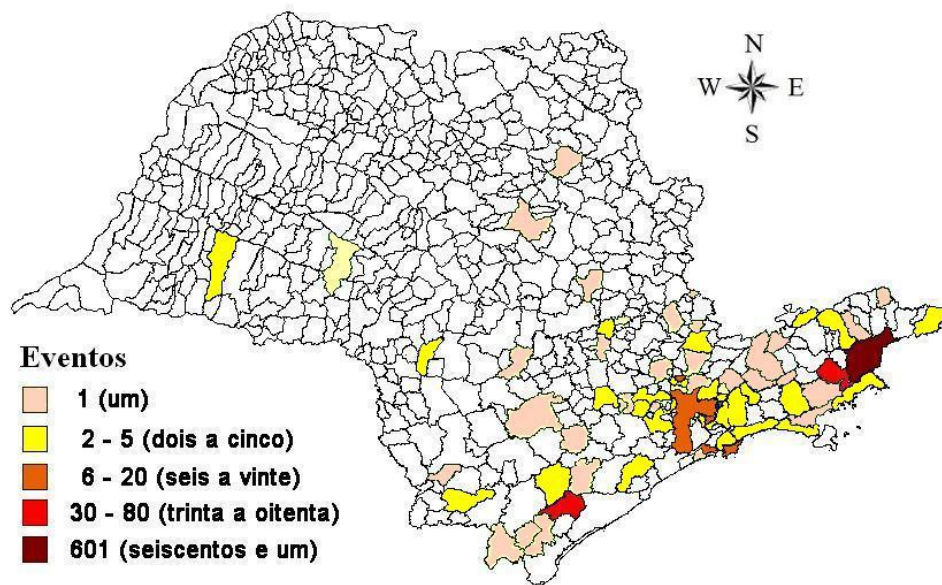


Figura 6 – Ocorrências de movimentos de massa no período de setembro/2010 a fevereiro/2011.

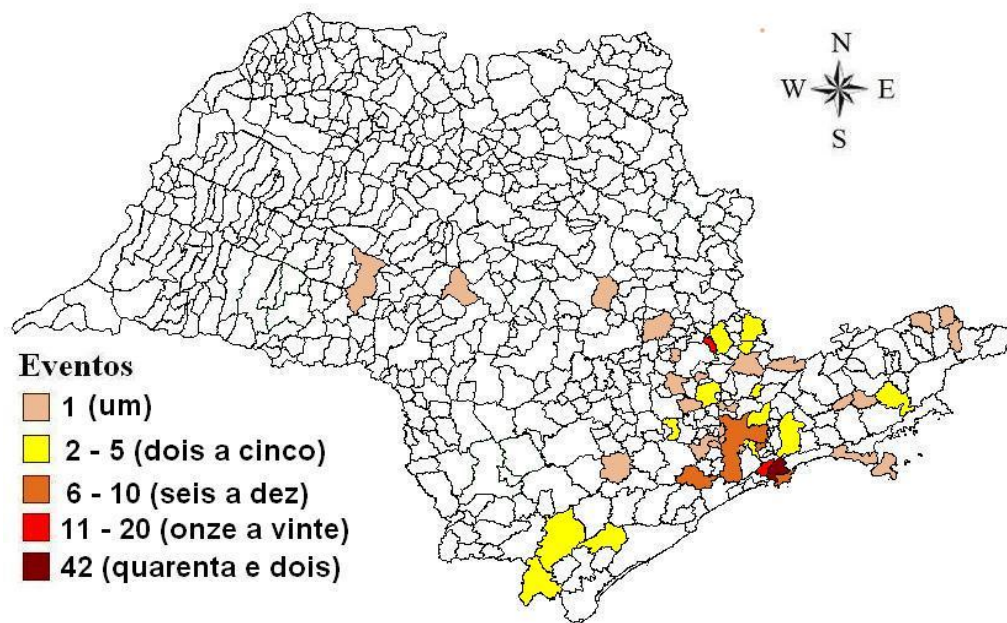
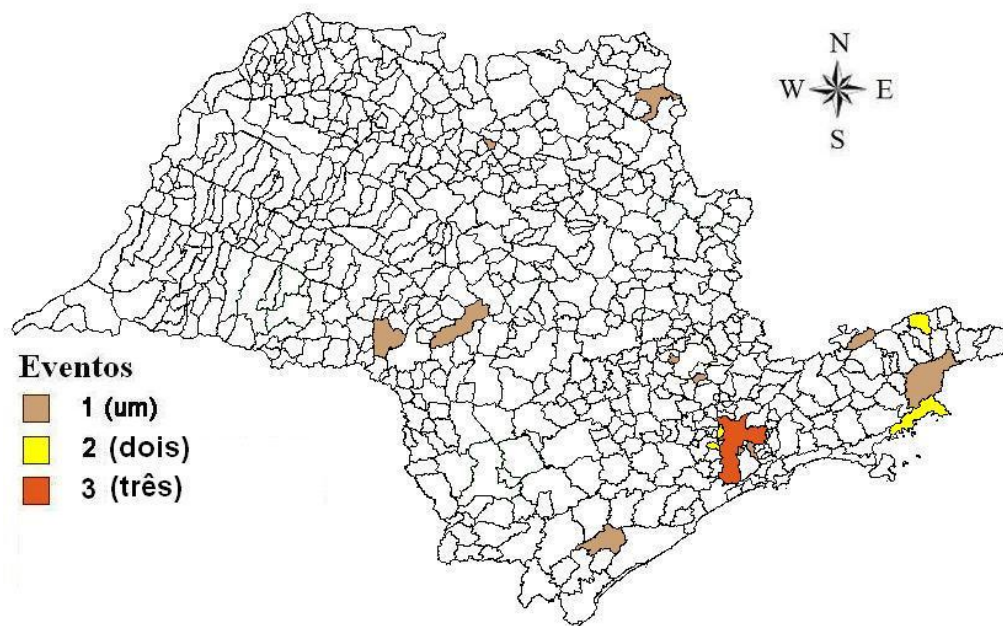


Figura 7 – Ocorrências de movimentos de massa no período de setembro/2011 a fevereiro/2012.



### **Análise dos Condicionantes Atmosféricos Associados aos Eventos**

Para o estudo, foram considerados os eventos responsáveis pelas inúmeras ocorrências de deslizamentos, quedas de barreira e escorregamentos de encostas, deflagrados por instabilidades atmosféricas severas.

Os períodos que registraram o maior número de ocorrências, referem-se aos meses de setembro a fevereiro, podendo estender-se até março.

#### ***Período de setembro/2009 a fevereiro/2010***

De acordo com as informações climatológicas do Centro de Previsão do Tempo de Estudos Climáticos (CPTEC), no período que compreende de setembro/2009 a fevereiro/2010, o fenômeno *El Niño*, com intensidade fraca, influenciou a distribuição de chuvas e temperaturas na região Sudeste do Brasil, indicando um total pluviométrico entre o normal e acima do normal.

O mês de setembro de 2009 foi marcado pela ocorrência de chuva forte na região Sul do Brasil com a passagem de seis sistemas frontais, em conjunto com a presença de cavados semiestacionários, responsáveis pela formação de áreas de instabilidades sobre essa região. Alguns desses sistemas atingiram o Estado de São Paulo entre os dias 08 e 09, quando o deslocamento de uma frente fria, vinda do Sul, aumentou a convergência de umidade sobre o Estado, intensificando as chuvas. Nesses dias ocorreram dois casos de deslizamentos, um na capital paulista e outro em Apiaí, e ainda quatro escorregamentos nos municípios de Santos, Guarujá, Sorocaba e Osasco, totalizando 06 ocorrências, com 06 mortes, 06 feridos, 62 pessoas desabrigadas e 09 desalojadas, de acordo com o banco de dados. (PELLEGRINA, 2011).

Em outubro de 2009, ocorreram nove sistemas frontais, tendo cinco deles atingido o Estado de São Paulo, com formação de intensas chuvas convectivas, cujos totais pluviométricos estiveram acima da média, especialmente na segunda quinzena desse mês, causados pela formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Esse sistema provocou, entre os dias de 18 e 19 de outubro, ocorrências de deslizamentos de terra nos municípios de Juqueí, Itaquaquetuba e Suzano, e nos dias 26 e 27 de outubro, nos municípios de Cotia, com ocorrência de três feridos, Itapetininga, Araraquara e São Sebastião, com 15 desalojados. No total, foram sete ocorrências de deslizamentos no Estado de São Paulo, no mês de outubro.

Apenas um sistema frontal conseguiu avançar até o litoral da região Sudeste no mês de novembro de 2009, favorecendo o aumento das chuvas no Sudeste de São Paulo. Esse sistema ficou estacionário na costa de São Paulo e favoreceu uma ZCAS que perdurou por apenas dois dias: 09 e 10. A ocorrência de deslizamento deu-se no dia onze de novembro em Bragança Paulista, deixando 18 pessoas desabrigadas.

As chuvas do mês de dezembro de 2009 estiveram associadas, principalmente, ao aumento de convergência de umidade no setor central do Brasil, reforçada pela formação de um centro de baixa pressão adjacente à costa e pela



configuração de vórtices ciclônicos na média e alta troposfera. O volume de chuva superou a climatologia esperada no final do mês na região do Vale do Paraíba, Nordeste de São Paulo, como no município de São Luiz do Paraitinga.

Ao longo do mês de dezembro de 2009, dois sistemas frontais atuaram na região Sudeste do Brasil. Uma onda frontal, com características subtropicais, formou-se a Leste da região Sul do Brasil no dia 3, alinhando o canal de umidade entre Bolívia, Centro-Oeste, Paraná e São Paulo, dando início ao processo de formação de uma ZCAS. Esse sistema persistiu até dia 10, sendo o período de maior intensidade entre os dias 04 e 05, com grande volume de precipitação no Estado de São Paulo.

Entre os dias 25 e 31, uma massa de ar úmida e instável dominou parte do Sudeste, simultaneamente, configurando-se uma ampla área de baixa pressão sobre parte de São Paulo e Rio de Janeiro, que ajudou a intensificação da convergência de massa em superfície sobre estes Estados, o que se relaciona à ocorrência de eventos extremos de chuva nessa região.

Houve registro de 13 escorregamentos, 35 deslizamentos de terra e 16 quedas de barreira. Os episódios ocorreram em sua maioria nos dias 8, 27, 29 e 31 de dezembro com ocorrências de 2.417 desabrigados, 9.675 desalojados, 21 feridos e 20 mortes.

Durante o mês de janeiro de 2010, nove sistemas frontais atuaram sobre a área de monitoramento do CPTEC, sendo que apenas três entraram no território brasileiro, mais especificamente na Região Sul. Os demais sistemas frontais estiveram restritos aos territórios da Argentina e Uruguai, respectivamente.

Área de baixa pressão, com forte calor e umidade, causou acumulado significativo de chuva na região do Vale do Paraíba, nas cidades de Guaratinguetá, Aparecida, São Luiz do Paraitinga, Pindamonhangaba, Cunha, Ubatuba, Atibaia e capital, com grande número de deslizamentos, alagamentos, desabrigados, desalojados e mortos.

No dia 14 de janeiro, o sistema que estava estacionário no Rio Grande do Sul, já se encontrava afastado do continente com deslocamento bem litorâneo, entre a Região Sul e São Paulo, deixando o dia chuvoso na faixa litorânea entre Santa Catarina e o Sul paulista. Seu deslocamento pelo oceano entre o Sul e Sudeste do país possibilitou a configuração de uma ZCAS. A atuação desse sistema favoreceu a ocorrência de chuva forte e acumulado significativo de chuva nas regiões norte, nordeste e leste do Estado de São Paulo. Em São Sebastião, litoral norte de São Paulo, houve deslizamento de um morro e alagamentos; em Ubatuba e em São José do Rio Preto, dezenas de famílias ficaram desabrigadas, com perdas de vidas humanas.

Entre os dias 20 e 21 de janeiro, uma onda frontal formou-se no litoral entre o Uruguai e o Rio Grande do Sul. Esse sistema foi para o oceano e favoreceu a formação de uma nova ZCAS entre o sul amazônico, parte do Centro-Oeste e sobre São Paulo, sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Esta ZCAS durou até o dia 23 de janeiro, ocasionando muita chuva na capital de São Paulo, causando estragos significativos e desencadeando muitos deslizamentos com vítimas na cidade de São Paulo.

Um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) atuou entre os dias 24 e 29 de janeiro sobre parte da Região Sul, estendendo um cavado sobre os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, o que favoreceu a ocorrência de mais chuvas nessas áreas. As chuvas mais intensas ficaram concentradas no Estado de São Paulo. Houve deslizamentos, quedas de barreira e inundações e desabamentos na cidade de São Paulo, e em Carapicuíba, Francisco Morato e Mairinque.

Assim, é possível verificar que nos últimos vinte dias do mês de janeiro ocorreram eventos extremos de precipitação em grande parte do Estado de São Paulo onde, em algumas localidades, os volumes quadruplicaram os valores climatológicos. A cidade de São Paulo teve o recorde de maior acumulado dos últimos 70 anos, com 480,5 milímetros, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em que a média para o mês é de 258,0 milímetros. Essa anomalia provocou graves danos materiais e mortes em vários bairros da capital paulista e

interior do Estado, tendo a Defesa Civil apontado os números de 4.979 desabrigados, 7.295 desalojados e 10 mortos somente no mês de janeiro de 2010.

No mês de fevereiro de 2010, foram registrados oito sistemas frontais sobre a área de monitoramento do CPTEC, sendo que apenas quatro entraram no território brasileiro, mais especificamente na Região Sul e Sudeste do Brasil. Os demais sistemas estiveram restritos aos territórios da Argentina e do Uruguai.

O início deste mês foi marcado pela presença de uma massa de ar quente, mantendo as temperaturas elevadas, ocasionando assim chuvas fortes no Estado de São Paulo. As altas temperaturas causaram óbito de 32 pessoas idosas na cidade de Santos. Os temporais causaram alagamentos, inundações, quedas de árvores, com vendavais e raios associados, prejudicando agricultores e colocando muitos municípios em estado de alerta.

Uma ZCAS atuou no Sudeste entre os dias 11 e 13 de fevereiro. Este sistema meteorológico causou algumas chuvas significativas ao longo desses dias, e a partir do dia 13 de fevereiro, o sistema passou a atuar sobre o norte e nordeste do Estado de São Paulo, elevando os índices pluviométricos do mês.

A terceira frente fria deslocou-se de forma litorânea, em direção ao sudeste sobre o Atlântico, dando origem a mais um episódio de ZCAS que atuou sobre os Estados do Paraná, parte de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

Dentre os oito sistemas, o sexto foi o mais significativo do ano, pois além de causar chuvas acima de 100 mm, trouxe uma massa fria, derrubando as temperaturas no Estado de São Paulo. Ele foi responsável, também, pela formação de uma terceira ZCOU. Esse sistema provocou 12 deslizamentos, em consequência dos quais 74 pessoas ficaram desabrigadas em Cubatão, de acordo com as informações da Defesa Civil do Estado. O total pluviométrico em 24 horas durante esse evento chegou a 113,4 mm no alto da Serra, segundo levantamento da Comissão Municipal da Defesa Civil.

A chuva acumulada em dois meses (janeiro e fevereiro) na cidade de São Paulo foi 63,5% maior do que os meses do ano anterior. Em fevereiro, a chuva ultrapassou os 217,0 mm de média esperada, chegando a 243,1 mm.

Os altos volumes pluviométricos demonstram um período bastante chuvoso nos meses estudados, registrando os maiores registros de danos, com eventos extremos de precipitação e temperaturas.

### ***Período de setembro/2010 a fevereiro/2011***

O período de setembro/2010 a fevereiro/2011 foi marcado por 151 ocorrências em 45 municípios no Estado de São Paulo, atingindo um total de 4077 pessoas, entre 611 desabrigados, 3.435 desalojados, 19 feridos e 12 mortos.

Em agosto/2010, a distribuição espacial das chuvas em todo o Brasil refletiu a atuação do fenômeno *La Niña*, com chuvas acima da média no norte da Região Norte e abaixo da média no sul das Regiões Centro-Oeste, Sudeste e em toda Região Sul. A escassez da chuva foi uma característica marcante na maior parte do Brasil, que no mês de setembro estava sob a fase madura do fenômeno *La Niña*.

No mês de setembro/2010 foram registrados seis sistemas frontais com fraca atividade para o Estado de São Paulo, exceto a quinta onda frontal que estava relacionada com a passagem de um cavado pelos Andes, migrando para leste entre os Estados do Paraná e São Paulo e, ao encontrar uma atmosfera mais úmida em superfície com um canal de umidade deixado pela frente anterior, causou a forte tempestade de granizo no município de Guarulhos, inclusive com ocorrência de deslizamentos de terra. A anomalia de precipitação ao longo do mês foi negativa na primeira quinzena, caracterizada pela estiagem bastante crítica e positiva na segunda quinzena.

Ao longo do mês de outubro/2010, nove sistemas frontais atuaram sobre a área de monitoramento do CPTEC. Na região Sudeste, apesar da atividade dos sistemas frontais, os totais mensais de precipitação apresentaram-se

predominantemente abaixo do padrão normal. Nesse mês, houve apenas uma ocorrência de deslizamento, no município de Osasco.

Novembro/2010 foi marcado pela ocorrência de precipitações acima da média histórica, em boa parte das Regiões Sudeste e Centro Oeste. Houve a formação de regiões de convergência de umidade, sem, contudo, caracterizar episódios bem configurados de ZCAS, principalmente nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Tocantins, Mato Grosso, Amazonas e Roraima. Para o Estado de São Paulo, foi caracterizada anomalia negativa de chuva e sem ocorrência de movimentos de massa.

A atuação de sistemas típicos dos meses de verão na América do Sul refletiu-se na ocorrência acima da média em parte das Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, com destaque para o estabelecimento da ZCAS, especialmente no final de dezembro/2010 e início de janeiro/2011. Esse sistema favoreceu a ocorrência de chuvas mais intensas e persistentes no leste de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo, onde os totais pluviométricos mensais excederam a climatologia para dezembro. O sistema provocou o registro de onze deslizamentos no mês, com desalojados, desabrigados, 02 mortos e 07 feridos nos eventos.

Ocorreram mais dois episódios de ZCAS, um na primeira quinzena de janeiro/2011, excedendo os valores históricos de precipitação no Estado de São Paulo. Foram registrados, segundo informação do Banco de Dados (Pellegrina, 2009): 09 mortos, 10 feridos, 365 desabrigados e 3.207 desalojados, num total de 16 escorregamentos, 83 deslizamentos de terra e 13 quedas de barreiras.

Em fevereiro de 2011, houve a passagem de 08 sistemas frontais pelo Brasil, mas apenas o quarto sistema configurou-se como ZCAS. Na segunda quinzena do mês, a característica marcante foi a irregularidade da chuva no Sudeste, com anomalias positivas de chuva sobre o centro leste de São Paulo e sul do Rio de Janeiro. Ressalta-se que estas chuvas foram provocadas por eventos extremos, que causaram acumulados superiores a 100 mm em localidades no final do mês. Foram

registradas, ao todo, 15 ocorrências de deslizamentos com apenas 02 feridos, mas com 230 desabrigados e 26 desalojados.

### ***Período de setembro/2011 a fevereiro/2012***

O período de setembro/2011 a fevereiro/2012 apresentou o menor número de ocorrências, apenas 22 em 16 municípios, atingindo 342 pessoas, num total de 188 desabrigados, 152 desalojados, 02 feridos e sem mortes para o período relacionados aos danos causados por eventos de movimentos de massa.

O mês de setembro/2011 foi marcado por altas temperaturas, baixos valores de umidade e anomalias negativas de precipitação, sem valores significativos para o Estado de São Paulo e sem ocorrências de movimentos de massa.

O período chuvoso teve início na segunda quinzena de outubro, cujas chuvas excederam as normais climatológicas no Sul de São Paulo e na região de Franca. Foram apenas 02 registros de deslizamentos de terra. Mesmo com a atuação da fase negativa do *La Niña*, as anomalias positivas de precipitação predominaram ao longo do mês no Sul do Brasil.

O mês de novembro/2011 foi caracterizado por atividades frontais mais significativas no início do mês, que contribuíam para a ocorrência de temporais seguidos de queda de granizo e ventos fortes no interior do Estado de São Paulo. No dia 16, configurou-se a terceira Zona de Convergência de Umidade no Sudeste, trazendo alto valor de chuva acumulada para o nosso Estado. Foi constatado um deslizamento na cidade de São Paulo e no dia 26, o mesmo aconteceu no município de Hortolândia, também pela influência de outro episódio de convergência de umidade.

No final do mês de novembro e início de dezembro/2011, configurou-se um evento de ZCAS responsável por temporais e significativos acumulados de chuva. Os danos de escorregamentos foram nos dias 15 e 23 sob influência de outros

eventos de ZCAS, sendo que no município de Ubatuba foi registrado um acumulado de 229 mm de precipitação, causando 02 deslizamentos, deixando 180 pessoas desabrigadas e 55 desalojados.

A atuação de vários episódios de ZCAS foi responsável pela ocorrência de chuva acima da normal climatológica em grande parte de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. O fenômeno *La Niña* atingiu sua fase madura na região equatorial do Pacífico, este padrão costuma ser desfavorável à ocorrência de chuvas acima do normal no Estado de São Paulo.

O mês de janeiro/2012 foi marcado por oito deslizamentos, deflagrados por altos volumes de precipitação nos municípios atingidos que estavam sob a atuação da ZCAS.

Em fevereiro/2012, apenas 05 casos de movimentos de massa foram registrados. Foi um mês com pouca chuva e muito calor devido à intensificação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que adentrou uma crista para o leste do país. Além disso, o bloqueio atmosférico gerado pela Alta manteve as frentes frias que foram nove, no Sul do Rio Grande do Sul. Entre os dias 11 e 13 ocorreu um episódio de ZCAS entre o Sul da Região Sudeste e o Sul da Região Norte, que se desorganizou, mas manteve um canal de umidade e, por isso, atuou como Zona de Convergência de Umidade, favorecendo as chuvas intensas e os altos valores de acumulados e os escorregamentos na capital e no Vale do Paraíba.

## **Conclusões**

Os resultados da presente investigação apontaram que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) foi o sistema mais favorável à ocorrência de movimentos de massa.

A relação de períodos longos de chuva (ZCAS), com declividades acentuadas, aumenta, consideravelmente, o número de escorregamentos na faixa

leste, provocando danos severos. Vale enfatizar que, tanto as Zonas de Convergência do Atlântico Sul como as Frentes Frias são sistemas que produzem chuvas por um período que pode se estender por dias, e, por isso, ocasionar a saturação do solo levando a escorregamentos.

Ficou demonstrado que entre os três períodos estudados, o que mais causou desastres (setembro/2009 a fevereiro/2010) foi o que estava sob a influência do *El Niño*, enquanto os outros períodos (setembro/2010 a fevereiro/2011 e setembro/2011 a fevereiro/2012) tiveram número bastante reduzido de eventos extremos, refletidos pela atuação do fenômeno *La Niña* e, conseqüentemente, um número reduzido de movimentos de massa e vítimas.

O banco de dados mostrou ser uma ferramenta importante no auxílio aos estudos dos principais danos causados à população, direta ou indiretamente. Além da identificação de áreas vulneráveis e das áreas de risco, referentes a movimentos de massa, é possível relacionar outros danos como número de mortos, feridos, desabrigados, desalojados em cada evento, ou cada estação chuvosa, assim como avaliar o Plano Diretor de cada município para responder aos desastres envolvendo as ocorrências de quedas de pontes, inundações em via pública, alagamentos, congestionamentos, danificação da pavimentação, rompimento de barragens, de rede de água e esgoto e outros. E através de estudos de casos e suas reincidências, é possível diagnosticar e estudar áreas de risco e verificar ações de prevenção e alerta.

À medida que o homem vai ocupando espaços, novas mudanças vão impulsionar linhas de evolução e novos problemas. Portanto, é muito importante conhecer os fatores indutores das transformações, a vulnerabilidade do sistema, a variabilidade climática e os desastres ambientais, pois estes nunca dependem de um único fator ou variável, mas de um conjunto deles, que vão determinar as condições do meio e suas áreas de risco.



## Referências

ANDRÉ, I. R. N. Algumas considerações sobre mudanças climáticas e eventos atmosféricos severos recentes no Brasil. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2006. Disponível em <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/48>>. Acesso: 01/06/2012.

BALAJI, D; SANKAR, R; KARTHI, S. **GIS approach for disaster management through awareness** - an overview. Geospatial Application Papers - Natural Hazard Management . 2002. Disponível em: <[http://www.gisdevelopment.net/application/natural\\_hazards/overview/nho0012.htm](http://www.gisdevelopment.net/application/natural_hazards/overview/nho0012.htm)> . Acesso: 27/10/2009

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS**. Ottawa: Pergamon. 1996.

CASTRO, A. L. C.. **Glossário de Defesa Civil**: estudos de riscos e medicina de desastres. 2ª. ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/Departamento de Defesa Civil, 1998, 173p.

EMERGENCY EVENTS DATABASE – EM-DAT. **The OFDA/CRED International Disaster Database**. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. 1988. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso: 10/02/2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Working Group I, AR4, Chapter 11. Regional Climate Projections. Paris, 2007.

Disponível em: < [http://www.cptec.inpe.br/mudancas\\_climaticas/](http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/)>. Acesso: 20/05/2009.

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 – SP.

MARCHAND, J. P. Systèmes territoriaux et risques climatiques. In: LAMARRE, Denis. (direction), **Les risques climatiques**. Belin, Editora : Paris. 2005, p. 65-78.

NUNES. L. H. Compreensões e ações frente aos padrões espaciais e temporais de riscos e desastres. **Revista Territorium**. Vol. 16. ISBN: 0872-8941. 2009. p. 179-189. Portugal. Disponível em:<  
[http://www1.ci.uc.pt/nicif/riscos/downloads/t16/frentes\\_espaciais.pdf](http://www1.ci.uc.pt/nicif/riscos/downloads/t16/frentes_espaciais.pdf)>  
Acesso: 20/05/2012.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e você**: o fenômeno climático. São José dos Campos: Transtec, 2001.

PELLEGRINA, G. J. Proposta de um procedimento metodológico para o estudo de

problemas geoambientais com base em banco de dados de eventos atmosféricos severos. 2011. Dissertação de Mestrado. Área de Geotecnia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru. 184 p. Disponível em: <<http://www2.feb.unesp.br/pos/bibliotecavirtual/documento.php?COD=045117b0e0a11a242b9765e79cbf113f>>

TAVARES, A. C. Variabilidade e mudanças climáticas. 2001. Tese (Livre-Docência em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNITED NATION). Press Release UN-ISDR. Geneva, Switzerland. 2009. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/eng/media-room/press-release>>. Acesso: 01/05/2010.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – Brasília, D.F, Março de 2000. 532 p. Editora: Stilo.

---

## RESUMO

Atualmente, as notícias de eventos severos são divulgadas quase que instantaneamente e os impactos de tais danos induzem a reflexões sobre a necessidade de rápidas medidas mitigadoras. O estudo desses eventos e suas reincidências tornam as ações mais eficazes no monitoramento dessas áreas de risco, uma vez que o acesso às informações sobre incidentes de desastres naturais é de vital importância para o conhecimento detalhado de sua extensão e impacto para a sociedade. A proposta deste trabalho é mostrar a metodologia utilizada na elaboração de mapas, a partir das ocorrências da Defesa Civil do Estado de São Paulo, com o auxílio de um banco de dados, e análise dos eventos extremos associados à variabilidade climática em relação aos desastres naturais.

**Palavras-chave:** Banco de Dados. Desastres Naturais. Variabilidade Climática. Eventos Severos.

## ABSTRACT

Currently the news about severe events is broadcasted almost instantaneously and the impacts of such damages raise reflection about the need for quick mitigation measures. The study of these events and their recurrences make the actions more effective towards monitoring of these risk areas, since access to information on incidents of natural disasters are of vital importance for the detailed knowledge of its extent and impact on society. The purpose of this paper is to show the methodology used in the mapping from the occurrences of the Civil Defense of São Paulo State with the aid of a database, and analysis of extreme events associated with climate variability in regard to natural disasters.

**Keywords:** Database. Natural Disasters. Climate Variability. Severe Events.

## RESUMEN

Actualmente las noticias de eventos climáticos severos son divulgadas casi que instantáneamente y los impactos de tales daños inducen a la reflexión sobre la necesidad de medidas rápidas de mitigación. El estudio de estos eventos y sus reincidencias hacen las acciones más eficaces en el monitoreo de estas áreas de riesgo, ya que el acceso a la información sobre los incidentes de los desastres naturales es de vital importancia para el conocimiento detallado de su extensión e impacto en la sociedad. La propuesta de este trabajo es mostrar la metodología utilizada en la elaboración del mapeo de las ocurrencias

de la Defensa Civil del Estado de São Paulo, con la ayuda de una base de datos, y análisis de eventos extremos asociado a la variabilidad del clima en relación con los desastres naturales.

**Palabras claves:** Base de Datos. Desastres Naturales. La Variabilidad Climática. Eventos Severo.

---

**Informações sobre a autora:**

<sup>1</sup>Geórgia J. Pellegrina – <http://lattes.cnpq.br/8766997108889543>  
Instituto de Pesquisas Meteorológicas, UNESP, Bauru, Brasil.  
Contato: [georgia@ipmet.unesp.br](mailto:georgia@ipmet.unesp.br)