

Análise do Banco de Dados de Desastres Naturais (IPMet) comparado à Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (IPT)

Tayane Westermann Lopes Castilho

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, Brasil, tayanewest@uol.com.br

Anna Silvia Palcheco Peixoto

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, Brasil, anna@feb.unesp.br

RESUMO: A sociedade moderna valoriza cada vez mais o conhecimento do meio físico visando a integração homem natureza, tanto para uma utilização mais racional e adequada do espaço, como para a proteção e preservação do meio ambiente. O mapeamento geotécnico é uma importante ferramenta nesse contexto uma vez que tenta direcionar a ocupação de forma sistemática e racional. No Brasil, um país de dimensões continentais, com diferentes condições climáticas e econômicas, os institutos de pesquisa que se propõem a essa tarefa ainda não chegaram a um consenso sobre a melhor metodologia a ser utilizada. O objetivo deste trabalho é estudar a possibilidade de utilização conjunta do Banco de Dados de Desastres Naturais do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet-UNESP) e Carta Geotécnica do Estado de São Paulo do Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) para melhorar o entendimento de danos ocorridos por desastres naturais e a possibilidade de avaliar a capacidade de resiliência dos municípios. Para tanto foram escolhidos dois municípios paulistas, Bauru e Sorocaba, e feito o levantamento de ocorrências de desastres naturais desencadeadas por eventos severos entre 2001 e 2015 do banco de dados. Foi realizada uma análise estatística, quantificando e comparando os danos com as características do meio físico obtidas das unidades geotécnicas dos respectivos municípios representadas na carta geotécnica. De forma complementar, tais instrumentos fornecem componentes físicos, que analisados junto com componentes econômicos e sociais permitem produzir análises espaciais, indicadores, diagnósticos e zoneamentos ambientais de áreas de risco e, desta forma, subsidiar as ações de planejamento e gerenciamento de território em âmbito regional.

PALAVRAS-CHAVE: Banco de Dados, Carta Geotécnica, Capacidade de Resiliência, Desastres Naturais.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os processos econômicos, sociais, e culturais em desenvolvimento têm provocado um crescimento populacional acelerado e desorganizado em áreas urbanas, gerando um aumento das condições inadequadas de moradia e saneamento básico. Além disso, os modelos de produção industrial e agrícola, somado ao aumento da exploração de recursos naturais e demanda sobre os ciclos biogeoquímicos, têm consideravelmente aumentado a vulnerabilidade das populações e

comunidades. (OPAS/OMS, 2014).

O risco é função de uma ameaça, da exposição de pessoas e bens a essa ameaça, e das condições de vulnerabilidade dessas. Esses fatores não são estáticos e podem ser aperfeiçoados, a depender das capacidades institucional e individual em enfrentar e/ou agir para redução do risco. (UN-ISDR, 2012).

A capacidade de resistir, absorver, se adaptar e recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre e de maneira organizada, ser capaz de prevenir que vidas e bens sejam perdidos e ainda manter essencialmente as mesmas

funções, estruturas, sistemas e identidade, define a capacidade de resiliência das cidades.

A compreensão do risco precisa de investimentos nas capacidades científicas, técnicas e institucionais para observar, registrar, investigar, analisar, prever, modelar e elaborar mapas de ameaças naturais. Também é necessário desenvolver e disseminar ferramentas. Nesse sentido, a informação estatística em torno dos desastres, os mapas de riscos e os indicadores de vulnerabilidade e de risco são essenciais. (UN-ISDR, 2012).

O mapeamento geotécnico é uma importante ferramenta nesse contexto uma vez que tenta direcionar a ocupação de forma sistemática e racional. No Brasil, um país de dimensões continentais, com diferentes condições climáticas e econômicas, os institutos de pesquisa que se propõem a essa tarefa ainda não chegaram a um consenso sobre a melhor metodologia a ser utilizada.

O Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), instituto vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo, fundamentado em conhecimentos produzidos através de inúmeros projetos e obras do seu acervo técnico, compartimentou o estado de São Paulo em dezoito unidades geotécnicas principais em uma carta geotécnica.

O Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet-UNESP) localizado em Bauru, no interior do estado brasileiro de São Paulo, quantifica e monitora tempestades e a pluviosidade nessa região, através do uso de um radar meteorológico, e possui um banco de dados de desastres naturais disponível online, Figura 1, com base em dados das Defesas Cíveis e jornais das cidades.

Figura 1. Interface online do Banco de Dados de Desastres Naturais do Instituto de Pesquisas Meteorológicas. (IPMet-UNESP).

O objetivo deste trabalho é estudar a possibilidade de utilização conjunta do Banco de Dados de Desastres Naturais do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet-UNESP) e Carta Geotécnica do Estado de São Paulo do Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) para melhorar o entendimento de danos ocorridos por desastres naturais e a possibilidade de avaliar a capacidade de resiliência dos municípios.

Para tanto, foram escolhidos dois municípios paulistas, Bauru e Sorocaba.

O município de Bauru foi escolhido por ser o único que possui os danos georreferenciados no IPMet possibilitando uma análise espacial da interferência do meio físico. Sorocaba, por sua vez, devido ao fato de ter uma das maiores densidades demográficas do interior do estado, e não possuir os dados georreferenciados, possibilitando assim a comparação de dois diferentes cenários. As estatísticas estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Dados estatísticos dos municípios de Bauru e Sorocaba e média do Estado (SAEDE – IMP, 2015)

Dados	Bauru	Sorocaba	Estado SP
Área (km ²)	667,68	450,38	248222,36
População (hab.)	354928	623739	43046555
Densidade Demográfica (hab./ km ²)	531,58	1.384,92	173,42
Taxa de Crescimento Anual da População (%)	0,65	1,26	0,87
Grau de Urbanização (%)	98,33	98,98	96,21
PIB per capita (R\$ correntes)	29.941,25	44.238,46	40.379,00

2 METODOLOGIA

Inicialmente foram levantadas as ocorrências de desastres naturais desencadeadas por eventos severos, entre 2001 e 2015, através do Banco de Dados de Desastres Naturais (IPMet -UNESP).

Os desastres considerados na análise são os encontrados na Carta Geotécnica: Inundações graduais; Transbordamento de rios e córregos; Alagamentos; Enchentes; Deslizamentos de terra/ escorregamentos de encostas e Erosões.

Inundação gradual por definição, é o transbordamento das águas de um canal de drenagem atingindo as áreas marginais (planície de inundação ou área de várzea); Alagamento é uma inundação brusca com acúmulo de água nas ruas e nos perímetros urbanos, por problemas de drenagem; Enchente ou cheia refere-se ao aumento temporário do nível d'água no canal, porém sem transbordamento.

Importante ressaltar que devido à dificuldade de identificação do fenômeno em campo e à ambiguidade das definições existentes e até a algumas características comportamentais similares, não há unanimidade na distinção dos tipos de inundação. (KOBAYAMA et al., 2006).

Escorregamentos, também conhecidos como deslizamentos, são processos de movimentos de massa envolvendo materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação. Erosão é o desgaste da superfície terrestre, caracterizado por processos de desagregação, transporte e sedimentação das partículas através de agentes erosivos, no Estado de São Paulo ocorre principalmente pela água (erosão hídrica). (TOMINAGA et al, 2009).

Os fenômenos desencadeadores apontados pelo Banco de dados foram: Chuvas fortes; Ventos fortes/vendaval; Frente fria/chuvas contínuas; Chuvas moderadas; e suas combinações.

A intensidade de chuvas é classificada de acordo com a taxa de precipitação. Chuvas fortes têm taxas em torno de 25 e 50 milímetros por hora (mm/h), e moderadas de 5 e 25 mm/h.

Os vendavais são caracterizados como o deslocamento violento de uma massa de ar, de uma área de alta pressão para outra de baixa pressão. Na Escala de Beaufort correspondem a ventos muito duros de número 10, com velocidades que variam entre 88 a 102 km/h. Normalmente são acompanhados de tempestades, precipitações hídricas intensas e concentradas. (CASTRO, 2003).

Frente fria é uma zona de transição entre uma massa de ar quente e outra de ar frio, que no Brasil atinge as regiões Sul e Sudeste o ano inteiro, sendo associada ao aumento das nuvens, à presença de chuva, às variações na direção do vento e à significativa mudança de temperatura.

Após a identificação dos fenômenos meteorológicos e danos causados entre 2001 a 2015, os dados foram exportados da interface online em formato *txt* e tratados em uma planilha eletrônica, a fim de evitar a duplicidade de registros, permitindo uma análise estatística e comparação com as características do meio físico através das unidades geotécnicas dos respectivos municípios representadas na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (IPT).

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Foram registrados um total de 273 ocorrências relacionadas aos desastres naturais e fenômenos desencadeadores estudados no município de Bauru, e de 48 em Sorocaba, entre as datas de início (01/01/2001) e fim (31/12/2015) de busca no Banco de Dados.

Bauru possui dados cadastrados que compreendem os desastres/fenômenos estudados a partir de 2001 e Sorocaba 2003.

As precipitações anuais e médias mensais acumuladas em milímetros nos municípios de Bauru e Sorocaba foram importadas respectivamente de registros históricos de estações meteorológicas nos sites do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet-UNESP) e do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), complementando a análise.

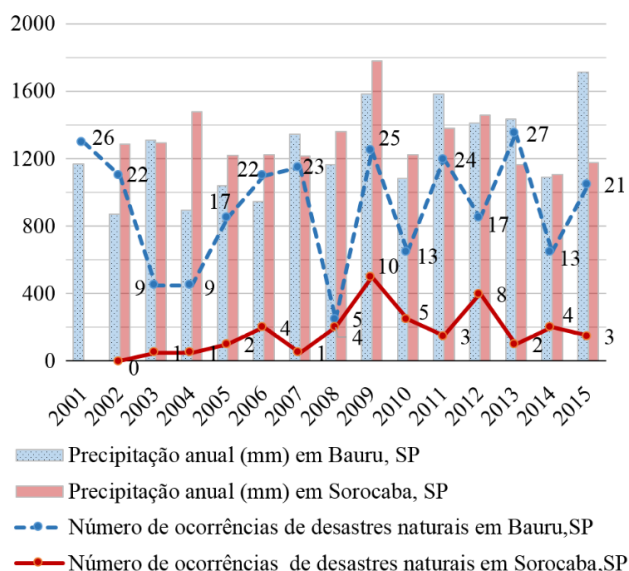


Figura 2. Precipitações anuais (mm) e Número de ocorrências de desastres naturais estudados dentre os registros do banco de dados IPMet nos municípios de Bauru e Sorocaba entre 2001 e 2015.

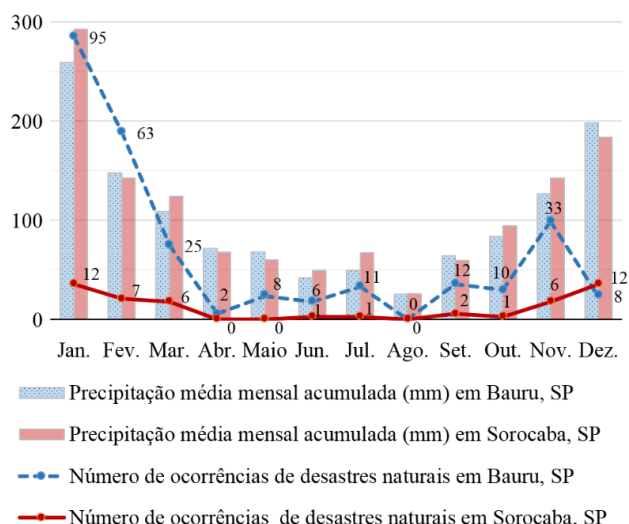


Figura 3. Precipitações médias mensais acumuladas (mm) e Número de ocorrências de desastres naturais dentro os registros do banco de dados IPMet nos municípios de Bauru e Sorocaba entre 2001 e 2015.

A frequência de registros de desastres é mais significativa durante os meses verão, conforme Figura 3. Segundo Cavalcanti et al (2009), isso se dá provavelmente pela influência do clima tropical, das latitudes médias, e instabilidades associadas às passagens de sistemas frontais, banda de nuvens que se desloca de sudoeste para nordeste sobre o continente e oceano Atlântico que durante o verão podem interagir com o ar tropical quente e úmido, gerando convecção profunda com precipitação intensa causando inundações, escorregamentos, algumas vezes com ventos fortes e granizo.

Danos humanos aqui considerados como a presença de feridos, vítimas fatais, desabrigados, desalojados e/ou pessoas arrastadas pela enxurrada foram discretizados nos registros selecionados, cuja análise se encontra na Figura 4.

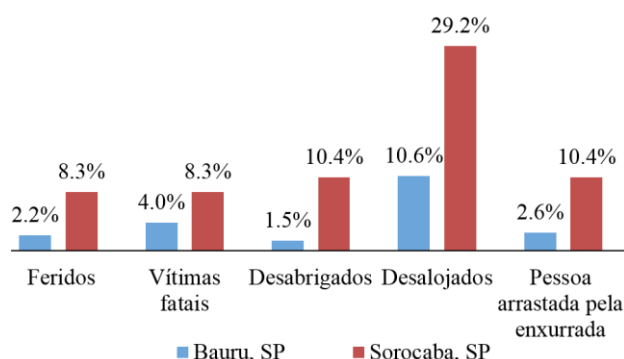


Figura 4. Porcentagem de ocorrências com danos humanos dentro registros selecionados do banco de dados IPMet nos municípios Bauru e Sorocaba de 2001 a 2015.

O município de Bauru apresenta mais registros dos desastres naturais estudados, entretanto Sorocaba, com maior densidade demográfica (2,6 vezes maior que Bauru), é aquele que apresenta mais danos humanos, conforme Figura 4, ou seja, a população está mais vulnerável.

Para facilitar a representação das análises estatísticas dos dados, Figuras 5 a 7, foram adotadas siglas aos desastres naturais estudados, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Siglas relacionadas aos desastres naturais estudados para melhor representação.

Desastre natural estudado	Sigla representante
Inundações graduais	IN
Alagamentos	AL
Transbordamento de rios e córregos	TR
Erosões	ER
Enchentes	EN
Deslizamentos de terra/escorregamentos de encostas	DE

A porcentagem de cada um dos desastres naturais estudados dentro os registros do banco de dados IPMet encontra-se na Figura 5.

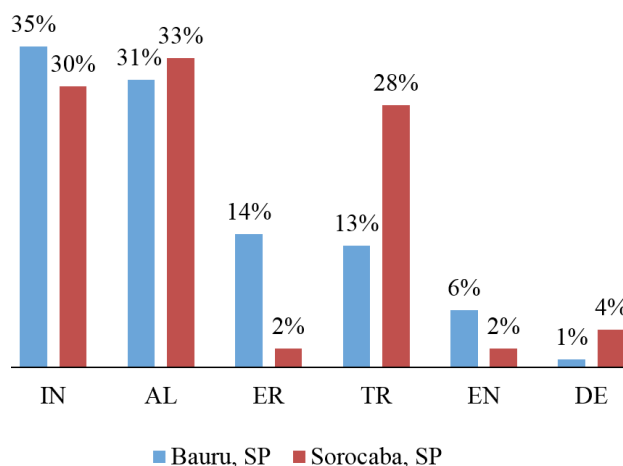


Figura 5. Porcentagem de cada um dos desastres naturais estudados dentro os registros do banco de dados IPMet nos municípios de Bauru e Sorocaba entre 2001 e 2015.

Os mais registrados são inundações graduais e alagamentos, variando de 30% a 35% dos registros nos municípios, seguidos por erosões no caso de Bauru com 14% e transbordamento de rios e córregos no caso de Sorocaba com 28%. Enchentes e deslizamentos seguem com menos ocorrências, totalizando menos de 7% dos registros em cada município.

Segundo Tucci (1995), devido ao desenvolvimento urbano que o Estado de São Paulo apresenta, a água que anteriormente infiltrava, passa a escoar pelas tubulações pluviais e canais, aumentando o escoamento superficial, exigindo maior capacidade de escoamento, que acaba não sendo implantada. O incremento do número da população por sua vez aumenta a vulnerabilidade frente ao desastre. Por esses motivos é que os municípios estudados são propícios às ocorrências de alagamentos, apresentando altos índices de registros, sendo que Sorocaba tem mais danos humanos.

A frequência mensal dos desastres naturais estudados nos municípios de Bauru e Sorocaba encontra-se nas Figuras 6 e 7 respectivamente.

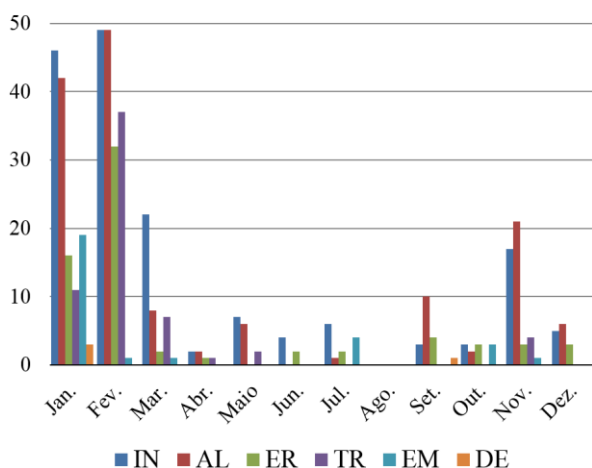


Figura 6. Frequência mensal dos desastres naturais estudados dentre os registros do banco de dados IPMet no município paulista de Bauru entre 2001 e 2015.

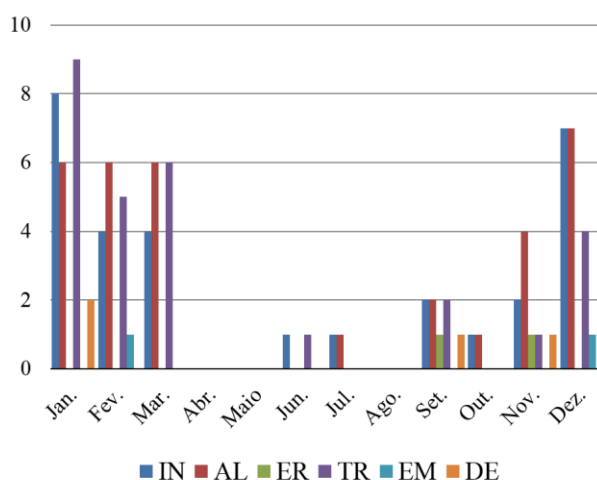


Figura 7. Frequência mensal dos desastres naturais estudados dentre os registros do banco de dados IPMet no município paulista de Sorocaba entre 2001 e 2015.

Embora quantitativamente diferentes, as distribuições mensais dos desastres naturais meteorológicos dos municípios são semelhantes e têm a ver com as altas precipitações nos meses de verão. Por outro lado, em Bauru, as erosões, apesar de serem mais intensas nos meses chuvosos, também ocorrem em outros meses do ano e são um reflexo da fragilidade geológica, de arenitos com cimentação carbonática, pertencentes às formações Marília e Adamantina do Grupo Bauru, além do desmatamento e impermeabilização do solo gerado em função da expansão urbana.

Através da análise dos desastres georreferenciados do município de Bauru, constata-se que esses ocorreram em sua maioria na região central e mais populosa da cidade, Figura 8, refletindo a deficiência do sistema de drenagem e manejo das águas pluviais. E confirmando a necessidade da análise conjunta dos componentes físicos (geologia, geomorfologia, geotecnia, hidrologia e climatologia) e dados estatísticos econômicos e sociais.

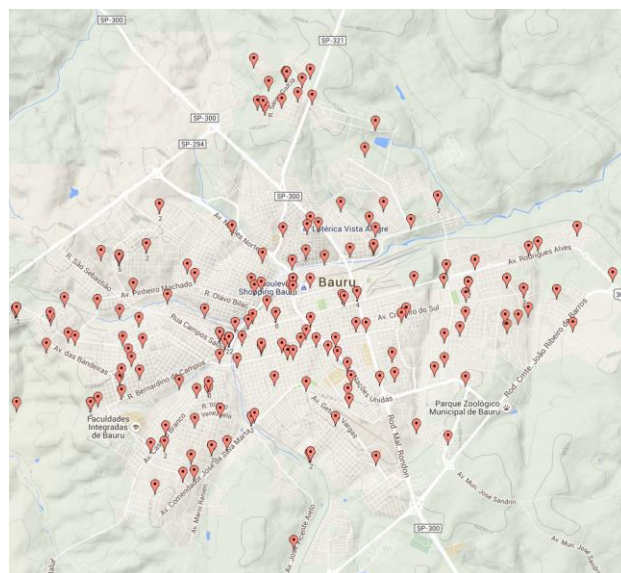


Figura 8. Análise dos locais de desastres naturais estudados dentre os registros do banco de dados IPMet no município paulista de Bauru entre 2001 e 2015.

Também foram adotadas siglas aos fenômenos meteorológicos desencadeadores para facilitar a visualização da análise estatística das Figuras 9 a 11, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Siglas relacionadas aos fenômenos desencadeadores de desastres naturais estudados para melhor representação.

Fenômenos desencadeadores	Sigla representante
Chuvas fortes	CF
Ventos fortes/ vendaval	VE
Frente fria/ chuvas contínuas	FF/CC
Chuvas moderadas	CM

A distribuição dos fenômenos desencadeadores de desastres naturais estudados dentre os registros, encontra-se na Figura 9.

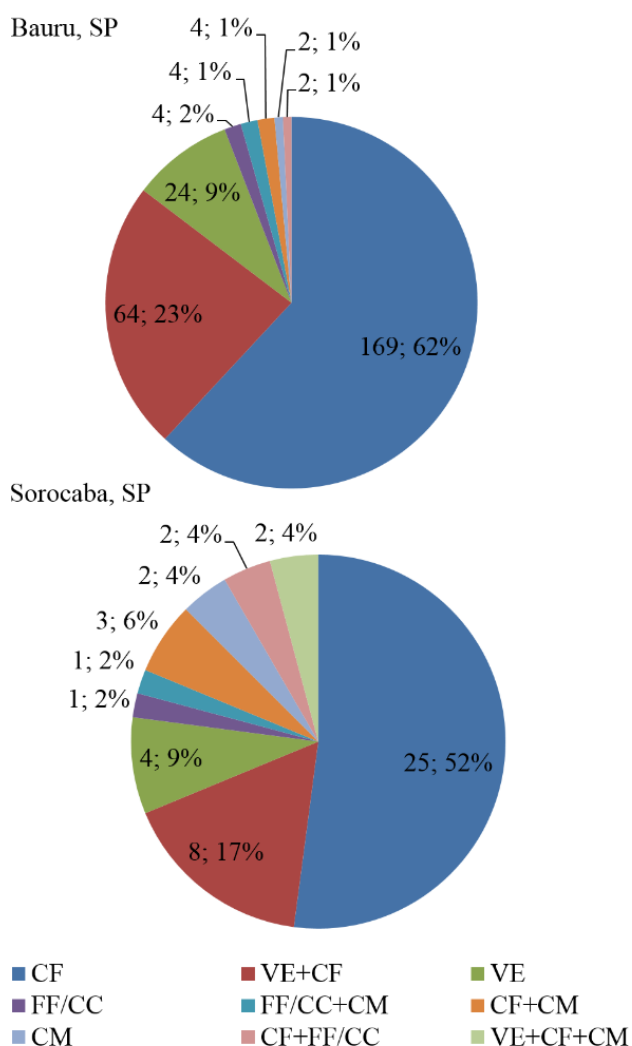


Figura 9. Distribuição dos fenômenos desencadeadores de desastres naturais estudados dentre os registros do banco de dados IPMet nos municípios paulistas de Bauru e Sorocaba, entre 2001 e 2015.

Os mais recorrentes foram chuvas fortes, ventos fortes/vendaval e sua combinação, totalizando 94% dos registros do banco de dados IPMet no município de Bauru e 78% em Sorocaba, conforme Figura 9.

A frequência mensal dos fenômenos mais recorrentes nos municípios de Bauru e Sorocaba encontram-se nas Figuras 10 e 11 respectivamente, confirmando os resultados das análises estatísticas anteriores.

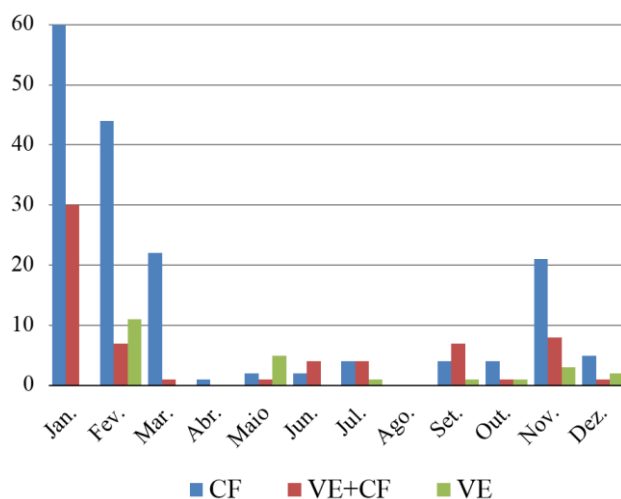


Figura 10. Frequência mensal dos fenômenos desencadeadores de desastres naturais estudados mais recorrentes dentre os registros do banco de dados IPMet no município paulista de Bauru entre 2001 e 2015.

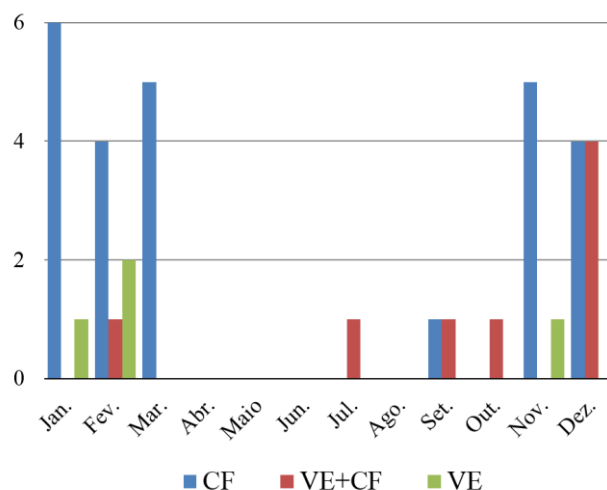


Figura 11. Frequência mensal dos fenômenos desencadeadores de desastres naturais estudados mais recorrentes dentre os registros do banco de dados IPMet no município paulista de Sorocaba entre 2001 e 2015.

Conforme a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (IPT), o município de Bauru, Figura 12, apresenta alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas de grande porte, predominantemente induzida por concentração do escoamento superficial em praticamente todo seu território, confirmado nas análises anteriores a partir dos registros do IPMet, entretanto não aponta os riscos de inundações.

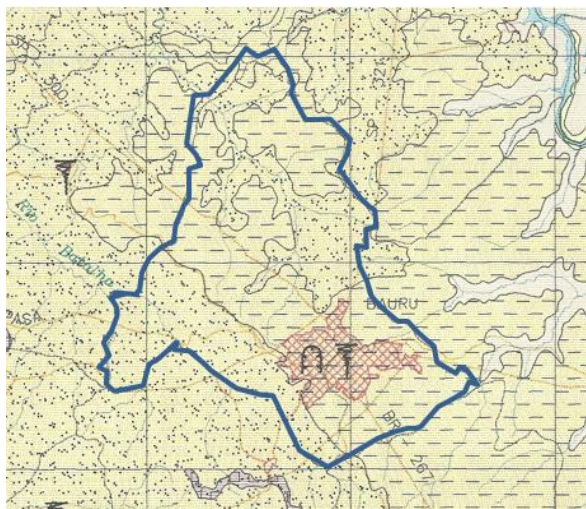


Figura 12. Unidades Geotécnicas do município de Bauru. (Modificado de NAKAZAWA et al, 1994).

Tabela 4. Detalhamento das Unidades Geotécnicas existentes no município de Bauru. (Modificado de NAKAZAWA et al, 1994).

Nº	Representação	Significado
-		Mais de 100 000 habitantes
-		Boçorocas
-		Sulcos e ravinas
1		Muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas
2		Alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas de grande porte, predominantemente induzida por concentração do escoamento superficial

O município de Sorocaba, Figura 13, apresenta como resposta às modificações antrópicas em geral, alta suscetibilidade a erosões nos solos superficiais, induzida por movimentos de terra à sudeste, bem como a inundações, assoreamento e solapamento das margens dos rios, recalques por colapso, sulcos e ravinas em áreas centrais.

Comparando os resultados obtidos de ambos instrumentos conclui-se a eficiência individual de cada um, pois enquanto o Banco de Dados fornece os agentes desencadeadores a Carta Geotécnica provê uma expectativa de desempenho do terreno diante das formas usuais de ocupação.

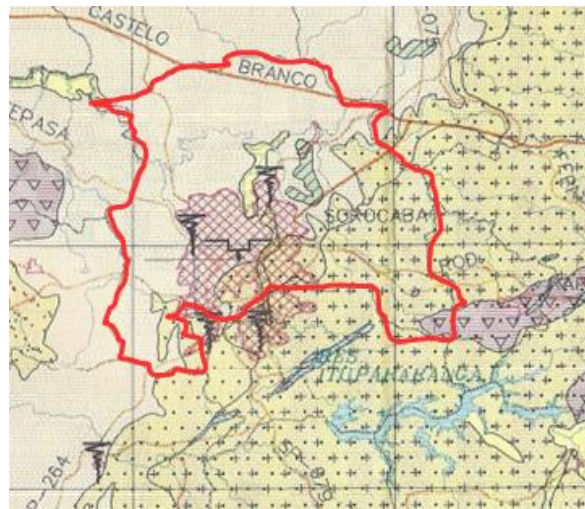


Figura 13. Unidades Geotécnicas do município de Sorocaba. (Modificado de NAKAZAWA et al, 1994).

Tabela 5. Detalhamento das Unidades Geotécnicas existentes no município de Sorocaba. (Modificado de NAKAZAWA et al, 1994).

Nº	Representação	Significado
-		Mais de 100 000 habitantes
-		Recalques por colapso do solo
-		Sulcos e ravinas
3		Alta suscetibilidade à erosão nos solos superficiais, induzida por movimentos de terra
5		Alta suscetibilidade a escorregamentos (naturais e induzidos) Obs.: a – rochas cristalinas do embasamento
10		Manifestação de recalques por colapso de solo
15		Alta suscetibilidade a inundações, recalques, assoreamento, solapamento das margens dos rios
17		Baixas suscetibilidades aos diversos processos do meio físico analisados

4 CONCLUSÃO

Em Bauru, a incidência de inundações graduais e alagamentos em maior número e frequência que erosões mostra que além da vulnerabilidade geotécnica do meio, a fragilidade do sistema de drenagem é a grande responsável pelos danos.

Em Sorocaba, os danos analisados a partir dos registros do Banco de Dados de Desastres Naturais do IPMet-UNESP corroboram a vulnerabilidade geotécnica. Importante ressaltar que, embora possua menos registros de desastres quando comparado a Bauru, Sorocaba teve mais danos humanos, provavelmente devido à densidade demográfica.

Essas duas análises são muito importantes para avaliar a capacidade de resiliência das cidades. Enquanto Bauru precisa melhorar seu sistema de drenagem, Sorocaba precisa reavaliar seu plano diretor para melhor distribuir a população nos locais mais suscetíveis aos danos.

Fica constatado que além da importância quantitativa das principais ocorrências em cada município, sua espacialização é fundamental, informações que contidas no banco de dados e compiladas continuamente ao longo de um determinado período, certamente contribuem para a determinação das possíveis áreas de riscos, elaboração de mapas e sazonalidade das ocorrências. Ferramentas de suporte logístico para os órgãos tomadores de decisão e que trabalham a assistência aos vitimados pelos desastres naturais que auxiliam na adoção de medidas preventivas e de alerta para diminuir os riscos, como o planejamento territorial, gerenciamento da ocupação urbana, acompanhamento da evolução dos níveis dos canais e intensidade pluviométrica concentrada em um período, conscientização da população, entre outros, capazes de evitar a degradação ambiental sensível e, sobretudo, risco de vida para parcelas significativas da população do estado de São Paulo.

Dessa maneira, fica constatada a eficiência de se utilizar conjuntamente as duas ferramentas. Enquanto a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (IPT) fornece a suscetibilidade local, o Banco de Dados do IPMet-UNESP contribui de maneira temporal com a evolução dos desastres naturais considerando os fenômenos meteorológicos desencadeadores.

AGRADECIMENTOS

Aos Institutos de Pesquisa Meteorológica IPMet-UNESP e Pesquisa Tecnológica IPT por colocar à disposição da sociedade o Banco de Dados de Desastres Naturais e Carta Geotécnica respectivamente, demonstrando de maneira exemplar, como se produz conhecimento para elevar a qualidade de vida dos brasileiros que vivem no Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- BDMEP Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. *Série Histórica - Dados mensais de precipitação (mm) - Sorocaba*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: março de 2016.
- Castro, A. L. C.(2003) *Manual de desastres: desastres naturais*. Brasília, DF. 182 p.
- Cavalcanti, I. F. A.; Kousky, V. E. *Frentes frias sobre o Brasil*. In: Eds I. Cavalcanti, N. ferreira, M. A. Silva Dias, M. A. Justi.(Org.). Tempo e Clima no Brasil. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 135-147. Disponível em: <http://meteoro.cefet-rj.br/felipe/Kousky/handouts/>. Acesso em: janeiro de 2016.
- IPMet-UNESP Instituto de Pesquisas Meteorológicas. *Banco De Dados De Desastres Naturais*. Disponível em: <http://www.ipmet.unesp.br/>. Acesso em: janeiro de 2016.
- IPMet-UNESP Instituto de Pesquisas Meteorológicas. *Estação Meteorológica Automática – Dados históricos*. Disponível em: <http://www.ipmet.unesp.br/>. Acesso em: março de 2016.
- Kobiyama, M. et al. (2006) *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Curitiba. 109p.
- Nakazawa, V.A.; Freitas, C.G.L.; Diniz N.C. (1994). *Carta Geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1:500 000*, 1ª ed., São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT.
- OPAS/OMS Organização Pan-Americana da Saúde. Ministério da Saúde (2014) *Desastres Naturais e Saúde no Brasil*. Brasília, DF. 49 p.
- SAEDE Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (2015). *Informações dos Municípios Paulistas IMP*. Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br>.
- Tominaga L.K.; Santoro, J.S.; Amaral R. (2009) *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. 1ª ed., São Paulo, Instituto Geológico IG.
- Tucci, C. E. M. *Inundações Urbanas*. (1995). Disponível em:http://ccr4.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/residuos/docs_resid_solidos/drenagem1.PDF. Acesso em: março de 2016.
- UN-ISDR The United Nations Office for Disaster Risk Redution (2012) *How To Make Cities More Resilient. A Handbook For Local Government Leaders*, Geneva.