

Análise espaço-temporal das ocorrências de inundações e movimentos de massa no município de Caxias do Sul, RS

Luis Eduardo de Souza Robaina¹, Tanice Cristina Kormann²,
Monica Marlise Wiggers², Anderson Augusto Volpato Scoti²

¹*Departamento de Geociências/CCNE/UFSM – Santa Maria, RS*

²*Curso de Graduação em Geografia Bacharelado/CCNE/UFSM
e-mail: taniceck@yahoo.com.br*

Resumo

Este trabalho apresenta o levantamento histórico dos desastres/acidentes causados por movimentos de massa e inundações ocorridos em Caxias do Sul entre 1980 e 2007. Os dados obtidos foram analisados em função da frequência, tipo e distribuição dos eventos. Os resultados da pesquisa indicam que os movimentos de massa ocorreram, predominantemente, no período de inverno e as inundações bruscas principalmente nos meses de verão. Os bairros afetados foram identificados e cartografados, constituindo informações que são base para trabalhos avançados de zoneamento e gestão de riscos.

Palavras-chave: Desastres Naturais, Caxias do Sul, Levantamento Histórico.

Abstract

This work presents a historical research of disasters/accidents caused by mass movements and flooding that occurred in Caxias do Sul between 1980 and 2007. The data were analyzed by the frequency, type and distribution of events. The research results indicate that the mass movements occurred predominantly during winter and the fast flooding mainly in the summer months. The districts affected have been identified and mapped, providing information that are the basis for advanced works of zoning and management of risks.

Keywords: *Natural Disasters, Caxias do Sul, Historical Research.*

Introdução

A expansão urbana ocorrida nas últimas décadas, associada com a incapacidade do Estado em atender a demanda de moradias levou a popula-

ção, principalmente a de baixa renda, a ocupar áreas sujeitas a processos de dinâmica superficial desencadeadores de risco, como planícies de inundação e encostas de morros.

Desta forma, torna-se fundamental a abordagem das áreas de risco no planejamento e na gestão municipal, pois, conforme Carvalho e Galvão (2006), dentre os fenômenos relacionados a desastres naturais no Brasil, as inundações são os processos que mais produzem perdas econômicas e impactos mais significativos na saúde pública, enquanto os deslizamentos geram o maior número de vítimas fatais.

Estas áreas naturalmente susceptíveis a ocorrência de eventos adversos oferecem perigo quando ocupadas. Dessa maneira, uma situação de risco configura-se devido à probabilidade de ocorrência de um processo destrutivo (perigo) gerando conseqüências sociais e/ou econômicas (vulnerabilidade), ou seja, são tanto naturais quanto sociais os fatores condicionantes da ocorrência de processos de risco, como as inundações e os movimentos de massa (CARVALHO; GALVÃO, 2006).

Kobiyama et al. (2006, p.46) define inundação como sendo “o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele”. Em condições de precipitação intensa e concentrada pode ocorrer rápida evolução do processo de inundação, caracterizando uma inundação brusca, também chamada de enxurrada. Este processo é comum em condição de impermeabilização das nascentes, caracterizado pela incapacidade de escoamento do volume precipitado por parte da microdrenagem urbana.

Conforme Botelho e Silva (2004), as características das encostas, também influenciam de forma muito expressiva no escoamento das águas, sendo que áreas mais declivosas contribuem para o aumento do volume e da velocidade do escoamento, provocando a ocorrência das enxurradas. Isso acontece porque o tempo de infiltração no solo é diminuído, aumentando o volume de água que passa e escoar de forma superficial, sendo a topografia contribuinte através da ação da força da gravidade. Este controle que a inclinação das encostas exerce na velocidade dos fluxos ainda interfere na atuação de processos erosivos, que podem desencadear movimentos de massa.

Quanto aos movimentos de massa, estes são processos naturais responsáveis pelo modelado da superfície terrestre, ocorrendo mais freqüentemente em terrenos íngremes (BIGARELLA, 2003). Ressalta-se que a intervenção humana é capaz de acelerar este processo ao promover cortes e aterros que promovem a desestabilização das vertentes.

No município de Caixas do Sul – RS, a combinação de áreas declivosas e cabeceiras de drenagem formam uma condição propícia à ocorrência de inundações bruscas e movimentos de massa. Nesse sentido, o

presente trabalho objetiva apresentar uma análise espaço-temporal dos desastres naturais ocorridos no município de Caxias do Sul – RS, através do levantamento dos registros de inundações e movimentos de massa com acidentes entre os anos de 1980 e 2007.

Amaral e Feijó (2004) destacam o papel de trabalhos de inventário como base para o estabelecimento de ações nestas áreas. Os autores afirmam que o levantamento histórico permite analisar os fatores que contribuem para a ocorrência dos acidentes e realizar análises estatísticas de frequência tanto temporal quanto espacial.

Localização e Caracterização da Área de Estudo

O município de Caxias do Sul (Figura 1), apresenta uma área territorial de 1644 km² e população estimada em mais de 410 mil habitantes (IBGE, 2000). A sede municipal localiza-se nas porções do divisor de águas, entre as bacias hidrográficas dos rios Caí e Taquari – Antas.



Figura 1. Localização do município de Caxias do Sul, com destaque para a delimitação da área urbana.

Segundo a classificação de Köppen, possui clima temperado (Cfb), caracterizado por verões amenos e invernos relativamente frios. Situa-se na região fisiográfica denominada de Encosta Superior do Nordeste, com terrenos de altitudes elevadas e bastante irregulares, recortado por uma densa rede de drenagem.

Caxias do Sul está inserido na unidade geomorfológica do Planalto dos Campos Gerais, conforme IBGE (1986). Quanto à geologia, o município está inserido nos eventos finais da Bacia do Paraná. As litologias são compostas por espesso pacote de rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Serra Geral. As principais discontinuidades nas rochas vulcânicas, que controlam os processos de intemperismo e movimentos de massa são as fraturas e falhas originadas devido à tectônica e às diáclases devido à contração da lava durante o resfriamento.

Quanto à ocupação, Caxias do Sul foi fundado em 1880, sendo a primeira colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul. Localizado em uma área serrana, apresentou problemas relacionados à ocupação desde a chegada dos primeiros imigrantes.

A economia municipal, inicialmente ligada a atividades agrícolas, logo sede lugar ao setor industrial de pequeno porte, o qual, a partir de 1920 apresenta um acelerado crescimento, fazendo de Caxias do Sul uma área de atração de mão-de-obra e iniciando uma fase de expressivo crescimento populacional. Nesta época aparecem de forma mais nítida os primeiros problemas ligados à ocupação desordenada (MACHADO, 2001).

Entre as décadas de 50 e 80 a ocupação urbana acentua-se, resultando no crescimento do número de assentamentos subnormais, que em 2004 totalizam 110 núcleos de subabitação no município, os quais vêm apresentando adensamento populacional bastante expressivo nos últimos anos (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL, 2004).

Metodologia

Os dados referentes aos eventos de movimentos de massa e de inundações no município de Caxias do Sul têm como base a sistematização de informações realizada por Reckziegel (2007). Estas informações foram complementadas por demais dados obtidos através de consulta à imprensa local, nos arquivos do jornal “O Pioneiro” e da Prefeitura Municipal. Este conjunto de informações foi organizado em forma de um banco de dados, discriminando o tipo de evento (movimento de massa ou inundação), o número de registros de cada tipo e o bairro atingido.

Os dados foram organizados na forma de tabelas e representados através de gráficos e mapas para facilitar a análise dos resultados. Os gráficos e tabelas foram construídos com auxílio do *software Microsoft Excel*

2000. Para a elaboração dos mapas e consulta das informações espaciais foi utilizado o aplicativo SPRING, versão 4.3.3 desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CÂMARA *et. al*, 1996). A finalização dos mapas foi realizada a partir do programa *Corel Draw*, versão 12.

Para a determinação do número de classes e do intervalo das classes para a construção dos mapas foi utilizado o Método do Histograma, através da construção de um gráfico cartesiano com o tipo de evento e o número de ocorrências de cada um em forma crescente, possibilitando a identificação de quebras de continuidade (MARTINELLI, 2006).

A análise dos eventos de movimentos de massa e de inundações foi dividida em duas etapas: análise temporal (anual e sazonal) e análise espacial (mapeamento dos bairros mais atingidos). Salienta-se, entretanto, que a análise temporal foi realizada na escala municipal, enquanto que a espacialização dos eventos enfocou somente a área urbana municipal (Figura 2).

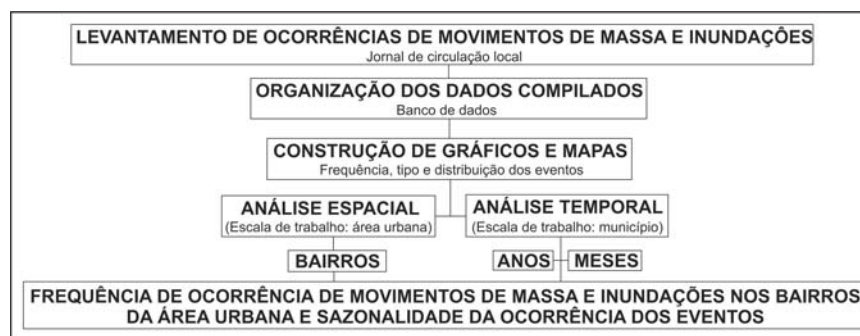


Figura 2. Estruturação das etapas de trabalho desenvolvidas na pesquisa.

A etapa final do trabalho culminou na construção do mapa síntese dos registros de inundações e movimentos de massa, o qual foi resultado do somatório das ocorrências dos dois eventos na área urbana do município de Caxias do Sul.

Resultados e discussão

Os resultados foram discutidos primeiramente através de uma análise temporal dos eventos de inundação e movimento de massa e, em seguida, através da análise espacial onde apresentou-se a frequência com que os bairros da área urbana municipal são afetados por estes dois eventos ao longo do período analisado.

Análise Temporal dos Eventos

A análise temporal da distribuição dos eventos no período de 1980 e 2007 no município de Caxias do Sul permite destacar os anos de 1993, 1996, 1997 e, especialmente, 2006 como os anos com maior ocorrência de desastres (Figura 3).

As inundações foram significativas em 1980, 1996, 1997, 2003 e 2006, com destaque para o último ano. Com relação aos movimentos de massa os anos de 1993 e 2007, foram os mais importantes. Nos anos de 1986, 2001, 2004 e 2005 não foram registrados nenhum dos dois eventos estudados.

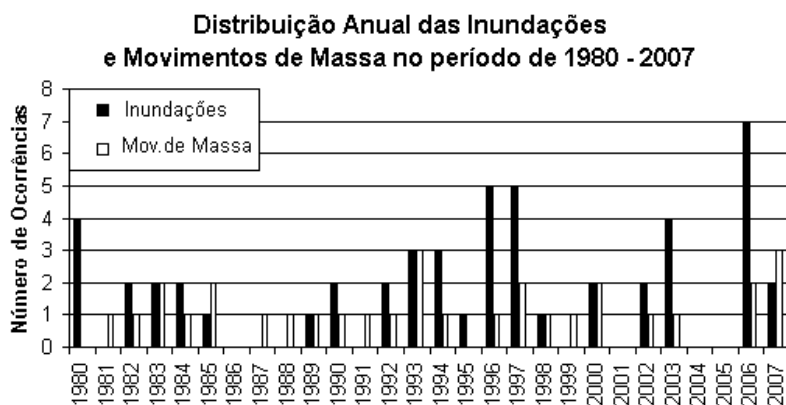


Figura 3. Representação gráfica da distribuição anual da ocorrência de inundações e movimentos de massa no município de Caxias do Sul.

Fonte: Argenta; Kormann; Robaina. (2009)

Movimento de massa

A análise mensal da ocorrência de acidentes indica, conforme a Figura 4, que os movimentos de massa em Caxias do Sul mostram certa sazonalidade na ocorrência dos eventos. Nos meses de junho, julho e agosto foram registrados os maiores números de eventos com acidente (45% do total de eventos concentra-se neste período) sendo possível identificar, ainda, uma tendência progressiva de aumento das ocorrências de maio a agosto, quando então inicia uma queda no número das mesmas.

Distribuição Mensal das Ocorrências de Movimentos de Massa no período de 1980 - 2007

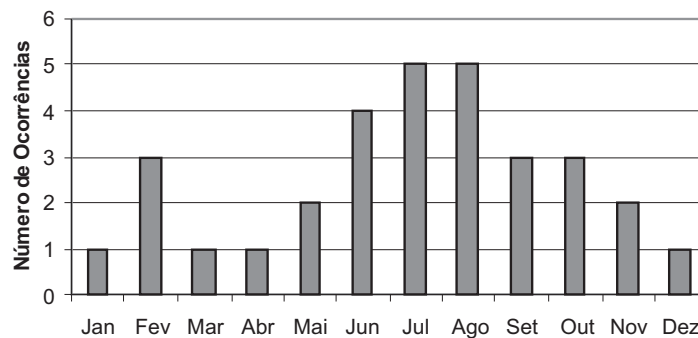


Figura 4. Representação gráfica da distribuição mensal da ocorrência de movimentos de massa no município de Caxias do Sul.
Fonte: Argenta; Kormann; Robaina. (2009)

Esse resultado pode estar associado às características de comportamento do clima conforme Wollmann (2009). O autor aponta que no inverno do Hemisfério Sul o Anticiclone Polar Atlântico e o Anticiclone Tropical Atlântico encontram-se mais fortalecidos, gerando frontegêneses mais intensas, podendo, com isso, elevar os índices de precipitação. Além deste fator, o fortalecimento dos centros de ação ainda pode gerar um jogo de forças responsáveis pela ocorrência de frentes estacionárias, elevando a pluviosidade do estado e principalmente desta região devido à orografia. O Anticiclone Tropical Atlântico também pode, em certos casos, encontrar-se mais fortalecido que o Anticiclone Polar Atlântico, originando o recuo de Frentes Frias na forma de Frentes Quentes. Dessa forma, o inverno apresenta maiores condições para eventos de precipitação devido ao fortalecimento dos centros de ação, às frontegêneses mais significativas e aos vários tipos de deslocamento observados (Frente Fria, Frente Quente, Frente Estacionária).

Inundação

Com relação às ocorrências de inundações no município, é interessante notar um grande número de eventos registrados no verão, conforme o gráfico de distribuição mensal (Figura 5).

Esta estação é caracterizada por chuvas convectivas devido ao grande aquecimento do ar, resultando assim nas chuvas torrenciais, rápidas e intensas. Tais condições climáticas contribuem para a ocorrência de um

tipo de evento de inundação que é classificado como enxurrada, a qual pode causar sérios riscos devido ao aumento brusco da vazão. Soma-se a este fato a posição geográfica do município, na região de cabeceira de drenagens, local propenso a ocorrência deste tipo de fenômeno. Wolmann (2009) aponta que durante o verão, o aquecimento maior do Hemisfério aumenta a diferença entre os gradientes térmicos latitudinais, acelerando o deslocamento das massas de ar polares em direção a latitudes tropicais, podendo originar Frentes Frias de Deslocamento Rápido, elevando os índices pluviométricos da região.

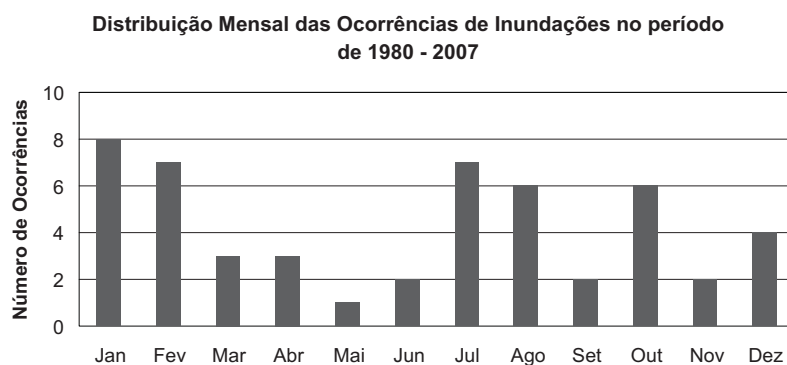


Figura 5. Representação gráfica da distribuição mensal da ocorrência de inundações no município de Caxias do Sul.
 Fonte: Argenta; Kormann; Robaina. (2009)

Análise espacial dos eventos

Para a espacialização das informações levantadas, adota-se a área urbana do município de Caxias do Sul, apresentando a distribuição e frequência dos eventos causadores de acidentes nos bairros da cidade.

Movimento de massa

A espacialização dos acidentes associados aos movimentos de massa indica que os mesmos ocorrem com maior frequência nos bairros localizados próximos à região central da área urbana do município. Esse fenômeno está associado à concentração de moradias em áreas que oferecem menores condições ambientais e estruturais de ocupação, gerando uma situação de fragilidade que aumenta o risco de ocorrência de processos geradores dos movimentos de massa.

Ao longo do período considerado, são 22 os bairros da área urbana de Caxias do Sul afetados por movimentos de massa (Figura 6), com destaque para os bairros Santa Catarina e Santa Fé.

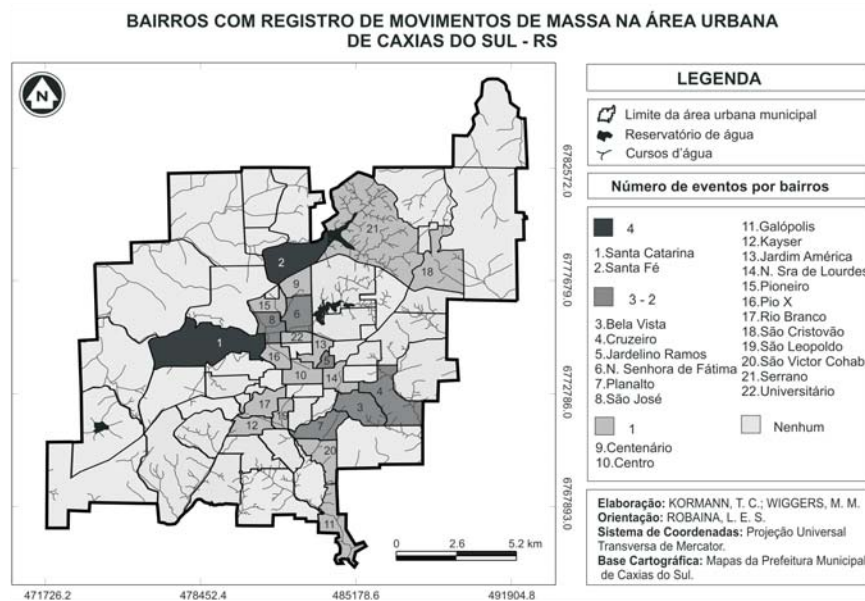


Figura 6. Distribuição das ocorrências de movimento de massa nos bairros da área urbana de Caxias do Sul - RS.

O município de Caxias do Sul é caracterizado pela ocupação de áreas declivosas, as quais sofrem processos de corte e aterro, promovendo a instabilização das vertentes e a exposição da rocha o que aumenta à probabilidade de ocorrência de movimentos de massa.

A Figura 7 mostra duas situações de risco na área urbana municipal. A Figura 7(a) mostra uma cicatriz de escorregamento ocorrida em outubro de 2000. Enquanto, a Figura 7(b) ilustra uma moradia em situação de risco a partir de um corte que instabiliza a rocha.

Inundações

A distribuição espacial das inundações na área urbana de Caxias do Sul revela um total de 32 bairros atingidos ao longo do período analisado. Os bairros que registram o maior número de ocorrências de inundações são; Santa Catarina, Pio X, Nossa Senhora de Fátima e São José (Figura 8).



Figura 7. (a) Escorregamento em área de corte. (b) Exposição da rocha vulcânica com diferentes estruturas.

Fonte Foto (a): Prefeitura Municipal de Caxias do Sul. (2000)



Figura 8. Distribuição das ocorrências de inundações nos bairros da área urbana de Caxias do Sul - RS.

Os bairros que apresentam o maior número de ocorrência de inundações são drenados pelo Rio Herval, que possui suas nascentes localizadas no centro da área urbana. A urbanização das cabeceiras da bacia hidrográfica gera uma situação de impermeabilização que intensifica a velocidade do escoamento superficial e propicia a ocorrência de enxurradas nos bairros situados a jusante do centro.

Desta forma, a área urbana do município de Caxias do Sul apresenta predisposição à ocorrência de inundações bruscas ocasionadas pela súbita elevação dos cursos d'água. Nesta condição se destaca o afluente do Rio Herval denominado Arroio Tega; canal já conhecido da comunidade local por apresentar um longo histórico de problemas com inundações (ARGENTA *et al.* 2009).

O município ainda é afetado pela ocorrência de alagamentos, que não necessariamente estão relacionados aos cursos d'água, sendo provocados por problemas relacionados à microdrenagem urbana em razão da incapacidade de escoamento do volume precipitado.

A Figura 9 ilustra os danos provocados por ocasião de enxurrada, no Bairro São Vicente, em outubro de 2000.

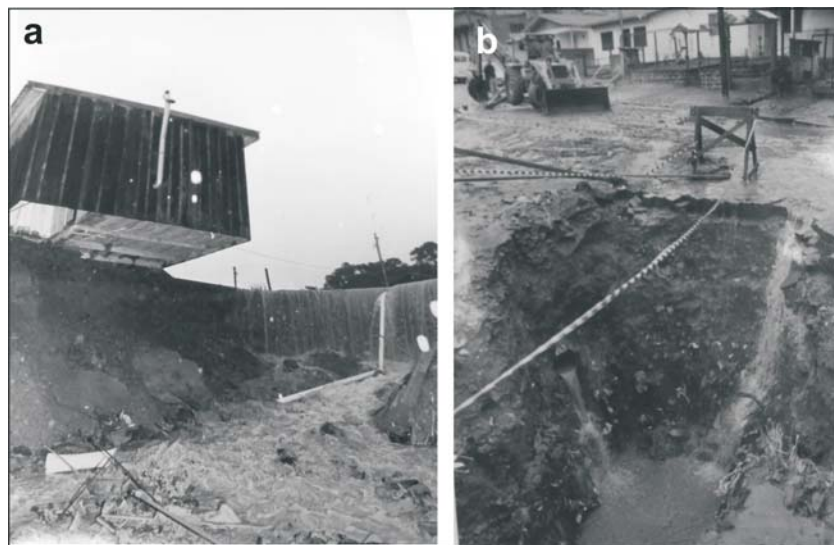


Figura 9. (a) Moradia atingida por erosão de margem e (b) danificações na via pública.
Fonte: Prefeitura Municipal de Caxias do Sul. (2000)

Análise Integrada dos Eventos de Movimentos de Massa e Inundações

A figura 10 apresenta um mapa de integração das informações re-

ferente aos eventos de inundação e movimento de massa que afetaram o município de Caxias do Sul.

Entre os bairros com maior ocorrência de inundações e movimentos de massa destacam-se Santa Fé, N. Senhora de Fátima, São José e Planalto e Santa Catarina com forte influência dos dois eventos estudados, enquanto o bairro Pio X aparece nesta síntese em função dos numerosos registros de inundação.



Figura 10. Somatório das ocorrências de inundações e movimentos de massa nos bairros da área urbana de Caxias do Sul - RS.

A interpretação conjunta dos eventos permite apontar estes bairros como prioritários para o desenvolvimento de ações estruturais e não estruturais de mitigação e planejamento das ocupações, tornando indispensável uma abordagem integrada do fenômeno na busca de soluções.

Conclusões

A ocorrência de Desastres Naturais nas áreas urbanas do país relaciona-se, além das características naturais dos locais atingidos, ao processo de urbanização desordenada das cidades brasileiras. A ocupação de áreas

susceptíveis a fenômenos naturais como as encostas e as planícies fluviais multiplica as Áreas de Risco de movimentos de massa e de inundações, tornando cada vez mais necessária a promoção de políticas públicas que atuam no sentido de diagnosticar as áreas problemáticas e prevenir eventos com perdas sociais e econômicas.

Dessa forma, além do conhecimento a cerca dos fenômenos naturais, faz-se necessário também compreender o processo de evolução das ocupações que resultaram na criação das áreas de risco. Além disso, o registro de ocorrências de eventos, através da elaboração de trabalhos de levantamento histórico de acidentes provocados por processos superficiais, representa uma etapa inicial de grande relevância para os estudos de áreas de risco, visando uma abordagem mais abrangente da problemática estudada.

A análise temporal e espacial apresentada na forma cartográfica permite uma interpretação mais holística dos fatores associados à ocorrência dos eventos. Esses produtos são a base para o avanço de estudos de detalhe onde os fatores condicionantes e o grau de vulnerabilidade constituem informações indispensáveis para o zoneamento do risco subsidiando a tomada de decisões por parte do poder público.

Agradecimentos

A colaboração da equipe da Secretaria da Habitação e em especial a arquiteta Sandra Mara Echamender de Brum da Secretaria do Planejamento de Caxias do Sul, pela receptividade e fornecimento de informações indispensáveis para a realização deste trabalho e ao CNPQ e FIPE/UFSC pelo auxílio financeiro que proporcionou a realização desta pesquisa incluindo a realização de visitas a campo.

Referências

AMARAL, C.; FEIJÓ, R. L. Aspectos Ambientais dos Escorregamentos em Áreas Urbanas. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org.) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertand, 2004. p. 193 – 223.

ARGENTA, G; KORMANN, T.C; ROBAINA, L. E. de S. Levantamento da Ocorrência de Desastres Naturais no Município de Caxias do Sul – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2009.

BIGARELLA, J. J. et al. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, v. 3, 2003.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org.) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertand, 2004. p. 153 – 192.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. **SPRING**: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun, 1996.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. (org.). **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas**: Guia para elaboração de políticas municipais. Brasília: Ministério das Cidades/Cities Alliance, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades @. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 02 fev. 2010.

_____. **Levantamento dos Recursos Naturais**. Folha SH22 Porto Alegre e parte das Folhas SH21 Uruguaiana e SI 22Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 33 v. Escala 1:1.000.000.

MACHADO, M. A. **Construindo uma cidade**: história de Caxias do Sul 1875/1950. Caxias do Sul, RS: Maneco, 2001.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL. **Situações de Emergência – Fotodocumentação Caxias do Sul**. Caxias do Sul, RS: [s. n.], 2000.

_____. **Hierarquização dos Assentamentos Subnormais em Caxias do Sul**. Caxias do Sul, RS: [s. n.], 2004.

RECKZIEGEL, B.W. **Levantamento dos Desastres Desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005**. 2007. 360 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

WOLLMANN, C. A. **A gênese climática das enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio Caí**. 2008. 100 f. Trabalho de Graduação (Geografia-Bacharelado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2008.

Submetido em: 19/março/2010

Aceito em: 24/maio/2010