

Uma Metodologia para determinação de Áreas de Risco, através de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

Antônio Luís Schiffino Valente

Fundação Universidade do Rio Grande - FURG/Rio Grande-RS
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - UFRGS
Caixa Postal 15044 Porto Alegre, RS, Brasil

Abstract. This study proposes a methodology to identify areas under potential risk through the integration of Geographic Information System (GIS) and orbital remote sensing data. The methodology use data from topographic charts, thematic maps and classified LANDSAT/TM5 satellite data. Software used is the SGI-340 developed by INPE/Brazil (National Institute of Spacial Research).

Keywords: GIS, Risk Areas.

1 - Introdução

Nas últimas décadas, tendo em vista o crescimento acelerado das cidades brasileiras, a expansão urbana tem avançado sobre regiões inadequadas a esse tipo de uso do solo. Constata-se, por exemplo, a ocupação de áreas de várzeas, áreas sujeitas à inundações, áreas com elevadas declividades ou sujeitas a processos erosivos ou ainda a implantação de loteamentos em zonas de solos com baixa capacidade de carga. Nesses casos, em que foram desprezadas as condições do meio físico, as populações ficam sujeitas à ocorrência de eventos catastróficos como inundações, escorregamentos de terra, perdas do solo e equipamentos urbanos, ocorrência de processos erosivos intensos, etc. São situações, portanto, que caracterizam as chamadas **áreas de risco** (Zuquete, 1994), onde devido a fenômenos físicos de ordem natural ou provocado pelo homem pode ocorrer perdas econômicas, sociais e ambientais além de um valor considerado normal ou aceitável.

Este trabalho apresenta uma metodologia para a determinação das áreas consideradas de risco através do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas. A **área teste**, para a qual são determinadas as áreas de risco para o ano de 1993, é a sub-bacia do Arroio Feijó, Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPOA), RS, caracterizada por uma alta densidade populacional, pela existência de áreas inundáveis e processos erosivos.

2 - Materiais utilizados

- imagens LANDSAT/TM 5, WRS 221-81-N, bandas 3, 4 e 5 de 11/07/84 e bandas 3, 4 e 7 de 8/9/93;
- cartas topográficas da RMPOA, 1977, escalas 1:10.000, e 1:50.000;
- mapas geológico e pedológico da bacia do Rio Gravataí, escala 1:50.000 (PROTEGER, 1994);
- SITIM, Sistema Interativo de Tratamento de Imagens, e SGI-340, Sistema Geográfico de Informações, ambos

desenvolvidos pelo INPE; PROCON, projetor amplificador de imagens e Rembrandt, sistema que permite a obtenção de fotografias da unidade visualizadora do SITIM.

3- Metodologia

Inicialmente, torna-se necessário definir quais os eventos considerados perigosos para a área de estudo. Esses eventos, segundo Zuquete (1994), são aqueles provocados por fenômenos físicos naturais ou de origem antrópica com dimensões e localização geográfica conhecidas no tempo e que oferecem perigo latente à população ou equipamentos urbanos. Na sub-bacia do Arroio Feijó constituem-se em inundações, suscetibilidade preliminar à erosão laminar alta e muito alta e na existência de áreas com restrição ao uso urbano devido a baixa capacidade de carga dos solos. Em seguida, para determinação das áreas de risco, a metodologia busca a identificação das áreas com probabilidade de ocorrência dos eventos perigosos e, posteriormente, promove o seu cruzamento com a área urbana existente na data considerada. Esse procedimento é executado em quatro etapas:

3.1 - Etapa 1 — Seleção do material e delimitação da área de estudo

Constitui-se na obtenção das imagens LANDSAT, cartas topográficas e mapas temáticos do meio físico, descritos no item 3, e na determinação dos limites da área a ser estudada. Para a delimitação da área teste é empregado o método do traçado da linha de divisores de água (Garcez & Alvarez, 1988), realizado sobre a carta topográfica da RMPOA, escala 1:10.000.

3.2 - Etapa 2 — Processamento e Classificação de imagens orbitais

Para os mapeamentos da área urbana existente em 1993 e das áreas sujeitas à inundações são utilizadas imagens LANDSAT/TM5 devidamente registradas com a carta topográfica na escala 1:50.000. A área

urbana corresponde à mancha urbana contínua, referente à classe urbana construída do Nível I, do Sistema de Classificação para Uso e Cobertura do Solo Através de Sensoriamento Remoto proposto por Anderson *et al.* (1976), apud Jensen *et al.* (1983). É determinada através da classificação visual da banda 3 da imagem LANDSAT/TM5 de 8/9/93, submetida previamente, no SITIM-150, a um processo de filtragem do tipo passa-alta. A filtragem espacial da imagem tem como objetivo realçar as altas frequências, características da resposta espectral dos alvos urbanos (Welch, 1982). Em seguida, a imagem filtrada é fotografada em diapositivo através do equipamento denominado Rembrandt. A partir do diapositivo, no PROCON, procede-se o mapeamento da mancha urbana sobre uma base cartográfica em escala 1:50.000.

As áreas inundáveis são determinadas a partir da classificação digital, empregando o método da Máxima Verossimilhança Gaussiana na imagem LANDSAT/TM5 de 11/07/84, data mais próxima do período de maior cheia verificado na região (PROTEGER, 1994).

3.3 - Etapa 3 — Implementação de técnicas de SIG

Nesta etapa os resultados obtidos na etapa 2 e os dados referentes à topografia, à pedologia e às unidades litológicas são armazenadas no SGI-340/INPE, constituindo os seguintes Planos de Informações (PIs):

- PI-CONT, Contornos Topográficos da área teste. É utilizado para o mascaramento dos demais PIs;

- PI - MNT, Modelo Numérico do Terreno. Obtido através da digitalização dos dados altimétricos extraídos da carta topográfica na escala 1:10.000. Emprega o modelo grade retangular (Burrough, 1986);

- PI-D, Declividade. Gerado no SGI a partir do PI-MNT. Através do seu fatiamento em intervalos de isodeclividades são obtidos os PI-D1 e D2. O PI-D1 apresenta as classes de isodeclividades de acordo com os intervalos propostos por Salomão (IPT-1992), e assumidos pelo PROTEGER (1994), para o mapeamento de áreas suscetíveis a processos de erosão laminar (Classe 1: 0% a 6%; Classe 2: 6% a 12%; Classe 3: 12% a 20%; Classe 4: superiores a 20%). O PI-D2, visa a determinação posterior das áreas com restrição ao uso urbano, mapeando as declividades entre 0% e 3% onde predominam solos hidromórficos;

- PI-GEO, Geológico. Identifica as unidades litológicas (Pré-Cambiano Indiviso, Depósitos Gravacionais de Encosta e Depósitos Fluviais) com base na Carta Geológica, escala 1:50.000, ano 1993;

- PI-PED, Pedológico. Contém as unidades pedológicas da área teste (Tabela 1) de acordo com o Mapa Pedológico, da Bacia do Rio Gravataí;

Tabela 1 - Unidades de mapeamento pedológico

UNIDADES DE MAPEAMENTO	CLASSE TAXONÔMICA
PV1	Podzólico Vermelho-Amarelo
PV2	Podzólico Vermelho-Amarelo (c/teor de argila mais elevado)
R1	Solos Litólicos e Cambissolo
PL	Planossolo e Glei Pouco Húmico

Fonte: extraído do projeto PROTEGER (1994)

- PI-INUN, Área Inundável. Refere-se às áreas sujeitas à inundação, obtidas na etapa 2 da metodologia;

-PI-AU93, Área Urbana. Contém a área urbana existente na sub-bacia estudada em 1993, obtida também a partir dos procedimentos descritos na etapa 2.

3.4 - Etapa 4 — Cruzamento de informações no SGI

Nesta etapa são desenvolvidos os cruzamentos dos vários planos de informações. Para cada operação de cruzamento é constituído um arquivo de regras, onde estão definidos os PIs envolvidos, as classes resultantes do cruzamento e as regras, que exprimem as operações de cruzamento entre os PIs, isto é, o modelo propriamente dito. Os cruzamentos realizados determinam:

a) áreas com **suscetibilidade preliminar à erosão laminar, PI-ERL**, que resulta do cruzamento das informações sobre pedologia e isodeclividades 1. O modelo é baseado na metodologia proposta por Salomão (1992) para a determinação qualitativa da suscetibilidade preliminar à erosão laminar a partir da erodibilidade dos solos e da declividade do terreno. Constitui-se numa técnica preliminar ou simplificada para a avaliação da suscetibilidade à erosão laminar, utilizada em planejamento urbano. Os graus de suscetibilidade preliminar à erosão laminar, que originam as diversas classes do PI são baseados no PROTEGER (1994) e podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 - Graus de suscetibilidade preliminar à erosão laminar para a área teste

TIPO DE SOLO	ISODECLIVIDADES D1			
	Classe 4 > 20%	Classe 3 12 - 20%	Classe 2 6 - 12%	Classe 1 0 - 6%
PV1	MA	A	A	M
PV2	A	M	M	B
PL	-	-	-	N
R1	MA	MA	A	A

Fonte: extraído do PROTEGER (1994)

MA - muito alta A - alta M - moderada
B - baixa N - nula

b) **Áreas com restrição ao uso urbano, PI- RUU**, obtidas através do cruzamento dos PIs PI-D2, PI-PED e PI-GEO. São áreas com declividades entre 0 e 3%, constituídas por solos profundos, mal drenados como

planossolos e solos glei pouco húmicos e substrato constituído por Depósitos Fluviais. São áreas saturadas e normalmente alagadiças, com lençol freático próximo à superfície. São consideradas com restrição ao uso urbano tendo em vista a baixa capacidade de carga admissível dos solos existentes, o que dificulta as fundações dos edifícios, a sustentação de aterros e encarece o custo das obras de drenagem, escavações e das próprias edificações.

c) **Áreas com probabilidade de ocorrência de eventos perigosos, PI-EVP.** De acordo com os eventos considerados perigosos para a área teste, já mencionados, o PI-EVP resulta do cruzamento dos PIs relativos à área inundável, às áreas com suscetibilidade preliminar à erosão laminar (classes referentes à suscetibilidade alta e muito alta) e às áreas com restrição ao uso urbano. Quando a metodologia proposta for aplicada em regiões sujeitas a outros fenômenos decorrentes do meio físico ou da ação antrópica, como por exemplo, movimentos de massa, desertificações, agentes poluidores ou tóxicos, poderão ser previstos novos PIs e diferentes cruzamentos.

Finalmente, as **áreas de risco** para a área teste no ano de 1993, resultam do cruzamento do PI-EVP, com o PI relativo à área urbana existente naquela data (PI-AU93) e podem ser vistas na Figura 9. O critério que define as classes do PI referente às áreas de risco é a existência simultânea de áreas com probabilidade de ocorrência de eventos perigosos e a presença da população (PI-AU93) na sub-bacia estudada.

Imagem Indisponível

Fig. 9 - Áreas de risco na área teste.

4 - Resultados e recomendações

Para a área teste as áreas de risco resultaram em 1.111,91 ha, representando 19,46 % da área total da

sub-bacia do Arroio Feijó assim distribuídos: áreas com risco alto e muito alto à erosão laminar, situadas na porção central, nos municípios de Alvorada e Viamão e ao sul, no município de Viamão; áreas com risco de inundação localizadas ao norte da sub-bacia, nos municípios de Alvorada e Porto Alegre e áreas com maior risco à estabilidade das edificações (com restrição ao uso urbano) junto às áreas de varzeas do Arroio Feijó, na região central da sub-bacia, no município de Viamão, e ao norte, nos municípios de Alvorada e Porto Alegre.

Com base nesses resultados pode-se sugerir algumas recomendações para a área teste como: esclarecimento à população quanto a procedimentos que impeçam a efetivação de processos erosivos como a conservação da cobertura vegetal e dos sistemas de drenagem das águas pluviais e a realização de cortes e aterros sob orientação técnica adequada. Da mesma forma, nas áreas com maior risco à estabilidade das edificações devido à baixa capacidade de carga dos solos, pode-se recomendar a adoção de medidas preventivas na legislação urbanística quanto ao porte das edificações, evitando a generalização de futuros problemas estruturais. Na área de risco à inundação medidas preventivas tem sido adotadas pelo poder Público como a construção de diques em Alvorada.

5 - Conclusões

Os resultados obtidos mostram a importância das técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIGs) para a determinação de áreas de risco. A metodologia é simples e permite a atualização contínua e multitemporal dos dados com redução de custos e tempo, quando comparada aos métodos tradicionais. Pode subsidiar a elaboração de Planos Diretores de Desenvolvimento Integrado, direcionando a expansão urbana para áreas de menor risco às populações. Utiliza um grande número de informações já existentes sobre a área de estudo como mapa pedológico, mapa geológico, cartas topográficas que constituem os diversos PIs. No entanto, na ausência dessas informações recomenda-se a previsão de novos procedimentos nas etapas 1 e 2 que envolvam a obtenção de dados sobre o meio físico da região estudada. Nesse caso, as técnicas de Sensoriamento Remoto poderão também constituir ferramentas úteis para a agilização do trabalho de campo. Finalmente, cabe salientar que a metodologia proposta não é um produto final e acabado. Diferentes variáveis relacionadas aos aspectos geotécnicos poderão constituir novos PIs, permitindo outros cruzamentos de informações e o aprofundando do estudo das áreas de riscos.

6 - Referências bibliográficas

Burrough, P.A.. Principles of Geographical Information System for Land Resources Assesment. London, Claredon Press, 1986.

Jensen, J.R; Bryan, M.L.; Friedman, S.Z.; Henderson, F.M.; Holz, R.K.; Lindgren, D.; Toll, D.L.; Welch, R.A. & Wray, J.R. Urban/suburban Land Use Analysis. In: ESTES, J. E., ed. *Manual of Remote Sensing*. 2. ed., v.2, Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry. 1983, pp.1571-666.

Garcez, L.N. & Alvarez, G.A. Hidrologia. São Paulo. 2. ed. 1988, 294 p.

Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre - PROTEGER. Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN) e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), 1994.

Salomão, F.X.T. Erosão e Ocupação Rural e Urbana. 3º Curso de Geologia de Engenharia Aplicada a Problemas Ambientais. IPT. São Paulo. SP,1992.

Zuquete, L. Metodologia de Áreas de Risco. 2ª Semana de Recursos Naturais da RMPA. Porto Alegre. RS, 1994.

Welch, R. Spatial Resolution Requirements for Urban Studies. *International Journal of Remote Sensing*. v.3. 1982. p.147-61.