



ANÁLISE E DETERMINAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA ATRAVÉS DE SIG

Ernesto Luiz Alves¹

Dirce M. A. Suertegaray²

UFRGS – Programa de Pós-Graduação em Geografia

Av. Bento Gonçalves 9500 – Prédio 43.113 S-207A – 91509-900 – Agronomia

Porto Alegre – RS e-mail: ernesto@compusat.com.br; suerte.ez@terra.com.br

Eixo Temático: Análise e Diagnóstico de Processos Erosivos

Resumo

O presente artigo tem o objetivo apresentar os primeiros resultados desta pesquisa que busca mapear áreas de risco ambiental, dando ênfase à utilização de SIG – Sistema de Informações Geográficas, na análise e determinação de áreas sujeitas a susceptibilidade e risco a movimentação de massa em áreas urbanas. Considera-se que o avanço tecnológico tem propiciado através da cartografia digital e das imagens de satélite, uma maior precisão nas informações processadas nos *softwares* que compõem o Sistema de Informações Geográficas, levando, assim, a um maior aproveitamento da informação e do tempo em uma análise ambiental.

Palavras-chaves: movimento de massa, vertente, sistema de informações geográficas.

INTRODUÇÃO

Devido à grande dimensão de sua área, o Brasil sofre enormemente com a falta de informações precisas que propiciem a resolução de problemas ambientais, assim, viu-se no Geoprocessamento e no Sistema de Informações Geográficas (SIG), uma ferramenta que permite, apesar dos custos relativamente altos das imagens de satélites, realizar análises complexas através do cruzamento de dados, possibilitando desta forma, além da diminuição do tempo de pesquisa, a criação de bancos de dados georreferenciados que originarão resultados ambientais precisos. Neste trabalho apresenta-se as metodologias de Geoprocessamento como possibilidade de análise, num caso específico; áreas de risco de ocupação em cidades.

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRGS.

² Orientadora, Prof^a Doutora em Geografia do Programa de Pós-Graduação da UFRGS.



O avanço da malha urbana sobre áreas impróprias à ocupação e que, junto com as chuvas e processos de encostas favorecem os movimentos de massa, vem, paulatinamente, tornando-se cada vez mais freqüentes nas cidades cujo relevo propiciam seu aparecimento. Assim, segundo Argento, apud Guerra e Cunha, (2001, p.367), o uso da cartografia digital, do sensoriamento remoto e do SIGs, aliada ao pragmatismo da geomorfologia, constitui em importante subsídio para a elucidação de problemas em áreas de risco de movimento de massa.

Procedimentos Metodológicos e Operacionais

O que determina a orientação a uma pesquisa, evidentemente é a metodologia, ou seja, o método a ser usado no desenvolvimento da mesma, que não pode ser confundida com procedimentos operacionais, que serve para dar apoio técnico para operacionalização do trabalho (Ross, 1991). Neste trabalho o método escolhido associa-se à análise espacial através de técnicas de geoprocessamento.

Geoprocessamento aplicado à análise de “risco geomorfológico”

O uso do geoprocessamento em geomorfologia, está crescendo e constitui, juntamente com o sistema de tratamento digital de imagens de satélites, novos recursos para a observação e análise do relevo. Dentro deste enfoque pode-se citar Silva apud Guerra e Cunha (1994), em Geomorfologia e Geoprocessamento. Segundo o autor, primeiramente tem que existir uma variação taxonômica associada a escalas e resoluções, onde, escala é a relação entre duas medidas lineares tomadas entre dois pontos na representação cartográfica e entre os pontos reais no terreno e resolução, é uma medida territorial, manifestando-se em área e exprimindo uma capacidade de representar entidades ambientais. Pode-se, segundo Silva (1994), variar a resolução de uma representação cartográfica sem variar a escala geográfica adotada, através dos SIGs. Entretanto, na análise geomorfológica através do geoprocessamento, é de suma importância definir uma escala adequada como também a resolução.

Ainda, conforme Silva (1994), tendo-se as entidades geomorfológicas identificadas e definidas com relação à sua forma, constituição e origens estas, podem fazer parte de uma base de dados geocodificada em um SIG. A entrada dos dados pode ser feita por mesa digitalizadora ou scanner, permitindo assim, o tratamento e cruzamento das informações dentro do SIG.

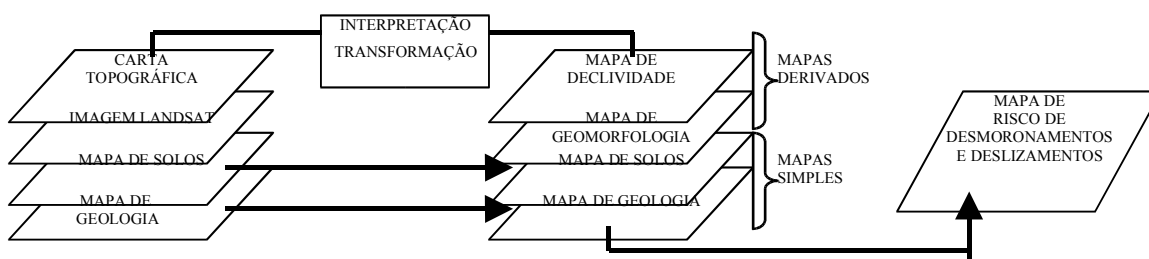
Usando o SIG, chegamos ao que Silva e Souza (1987) chamam de Geoprocessamento de Dados Ambientais. Estas constituem-se de técnicas de apoio à decisão, permitindo considerações de fatores relevantes para a resolução de problemas ambientais reais ou hipotéticos. Entre as técnicas citadas pelos autores, a que se enquadra nesta proposta, é a do mapeamento associativo, ou seja, criação de mapas compostos partindo da combinação de mapas que retratem um único parâmetro ou fenômeno, dando origem a um fenômeno ambiental complexo.

Segundo Silva e Souza (1988), há três fases fundamentais no geoprocessamento de mapas associativos (FIGURA 02):

FIGURA 02. Mapas associativos



DADOS E MAPAS SIMPLES



Fonte: Adaptado de SILVA, Jorge Xavier; SOUZA, Marcelo J.L. *Análise ambiental*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1987, p.150.

Observando a FIGURA 02 é possível visualizar três fases no uso de um SIG:

1. Aquisição (entrada dos dados)

A função de aquisição está relacionada com a conversão de informações analógicas em digitais. A coleta de dados é proveniente de diversas fontes como fotografias aéreas, levantamentos topográficos e aerofotogramétricos, imagens de satélites, cartas, relatórios estatísticos, levantamentos de população e outras fontes de informações, obtidas por intermédio de reprodutores (analógicos, analíticos, digitais), digitalizadores e entradas de dados via teclado.

2. Cruzamento dos Pis ou Layers

Existem duas maneiras de se chegar ao resultado final através dos cruzamentos dos layers (modelagem do projeto): o primeiro é o cruzamento “Booleano” (Operadores Lógicos), onde o processo de cruzamento de layers utiliza somente layers booleanos (0’s e 1’s), neste caso, as regras de cruzamento utilizam essencialmente os operadores lógicos de intersecção (AND) e/ou (OR). Esta abordagem tem o inconveniente de tratar exclusivamente de casos extremos, o máximo (no caso de união) e o mínimo (no caso de intersecção). O segundo é o cruzamento “Fuzzy” ou Linear Ponderado (Lógica Fuzzy), onde se usa uma abordagem intermediária através do processo WLC (Cruzamento por Ponderação Linear do Layers) do Idrisi. Os layers adotados para caracterizar a distribuição de variáveis espaciais podem ser definidos em dois grupos:

- Os layers do tipo binário ou booleano, em que o valor do atributo associado a cada pixel é definido exclusivamente por 0’s e 1’s (tudo ou nada), são denominados de “constraints”.
- Os layers nos quais os valores do atributo variam dentro de um intervalo (0-1) para valores do tipo “real” ou (0-255) para valores do tipo “byte”. Estes layers podem ser entendidos como do tipo “Fuzzy”. Isto significa que o valor do atributo associado a cada pixel expressa o valor da “função pertinência” para este pixel, são denominados de “factors”. (Haertel, 2002)

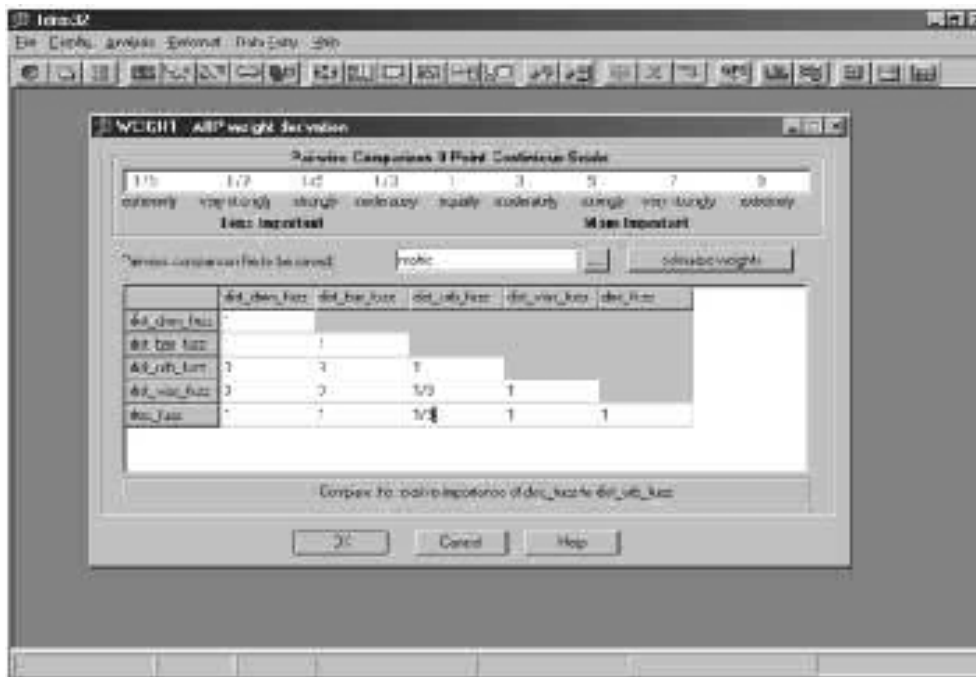
Assim, no cruzamento de layers segundo o critério WLC, o layer resultante é obtido pela média ponderada dos layers componentes. Neste processo é atribuído um peso a cada layer componente. A soma ponderada desta forma fornece o layer resultante. O método WLC permite ainda a introdução de layers booleanos (tipo constraint) no processo de cruzamento. Neste caso, os layers booleanos agem como máscaras sobre o layer resultante.



2.1 Estimativa dos pesos

Esta é a próxima etapa, onde os pesos entram na média ponderada, pela qual os layers componentes e padronizados são combinados para a geração do layer final. Isto significa, que no cruzamento de todos eles, é geralmente sempre possível compensar um valor baixo de susceptibilidade de uma variável por um valor alto de susceptibilidade de outra variável para a finalidade que se tem em vista. Este processo é realizado inicialmente pela construção da *matriz de comparação par a par* "pairwise comparison matrix". Cada célula nesta matriz define numericamente a importância relativa (FIGURA 03) da variável situada ao longo das linhas da matriz com relação à variável na correspondente coluna, tendo em vista especificamente a finalidade do projeto. No Idrisi esta tabela é acessada por: ANALYSIS – DECISION SUPPORT – WEIGHT.

FIGURA 03. Exemplos de algumas importâncias relativas:



Fonte: Software Idrisi32 for Windows

3. Exibição de resultados (saída)

O **Cruzamento por Ponderação Linear do Layers – WLC** – é um dos últimos passos. O layer resultante, portanto, é obtido pela média ponderada dos layers componentes e, tendo em vista a finalidade do projeto, é atribuído um peso a cada layer componente e a soma ponderada desta forma fornece o layer resultante, obtendo-se, assim, em nosso objetivo, um mapa final com graus de susceptibilidade e risco a movimento de massa.

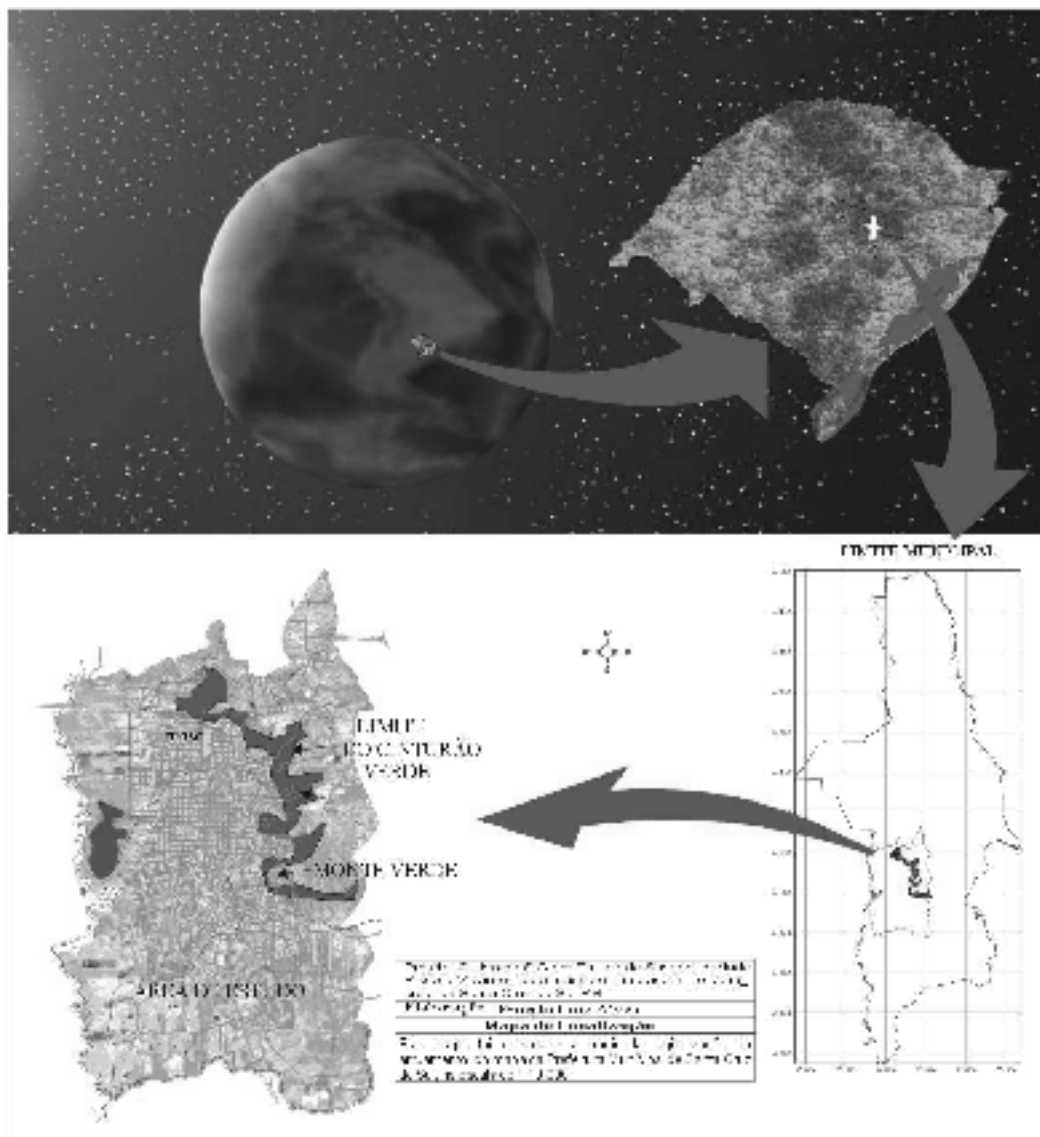
Como exemplo do exposto acima, temos os primeiros resultados do Projeto de Mestrado, desenvolvido pelo autor no Programa de Pós-Graduação em Geografia da



UFRGS intitulado “O Uso do SIG em Estudo de Susceptibilidade e Risco a Movimento de Massa e Inundações na Zona Urbana do Município de Santa Cruz do Sul-RS”.

Os objetivos principais resumem-se em identificar e caracterizar a vulnerabilidade da área urbana do município de Santa Cruz do Sul (FIGURA 04), relativos a movimentos de massa e inundações, através da análise dos aspectos físicos e antrópicos, utilizando levantamentos topográficos, levantamentos de campo, imagens de satélite, fotografias aéreas, cartas, mapas e o Sistema de Informações Geográficas (SIGs) e avaliar os processos de hidrologia de encosta (através da instalação de infiltrômetros em locais determinados), e suas conseqüências, como um dos fatores que contribui para os movimentos de massa na área urbana de Santa Cruz do Sul.

FIGURA 04 Localização da Área de Estudo



Portanto, para obter um resultado geomorfológico da área proposta nesta pesquisa, adotou-se a taxonomia elaborada por Ross (1992), o qual, inspirou-se na Linha Epistemológica Alemã, através das idéias de Penck (1953), Mescerjakov (1968) e Guerassimov (1946). E tem sua proposta alicerçada, na superfície terrestre, a qual se compõe de formas de relevo de diferentes tamanhos (táxons), idades e processos genéticos



distintos. Para tanto o Quarto e o Quinto Taxon, são os escolhidos no presente estudo, os patamares com topos aplainados e as vertentes escarpadas, côncavas, convexas, retilíneas e os depósitos aluvionais.

Os Procedimentos Operacionais Metodológicos para atingir os objetivos, se basearam na utilização de ferramentas de geoprocessamento tais como: Sistema de Posicionamento Global (GPS), programa SURFER para criação de bases em grade (X,Y, Z) e Sistemas de Informações Geográficas (AUTOCAD-MAP, IDRISI), e de experimentos de quantificação como: Infiltrômetro de Hills e Pluviômetro.

Após a coleta de informações junto a órgãos públicos gerou-se a base digital de informações georreferenciadas.

Para melhor espacialização dos dados levantados e também da caracterização física da área urbana de Santa Cruz do Sul foi estabelecida como primeira etapa do trabalho, a geração de uma base digital, a partir dos seguintes documentos:

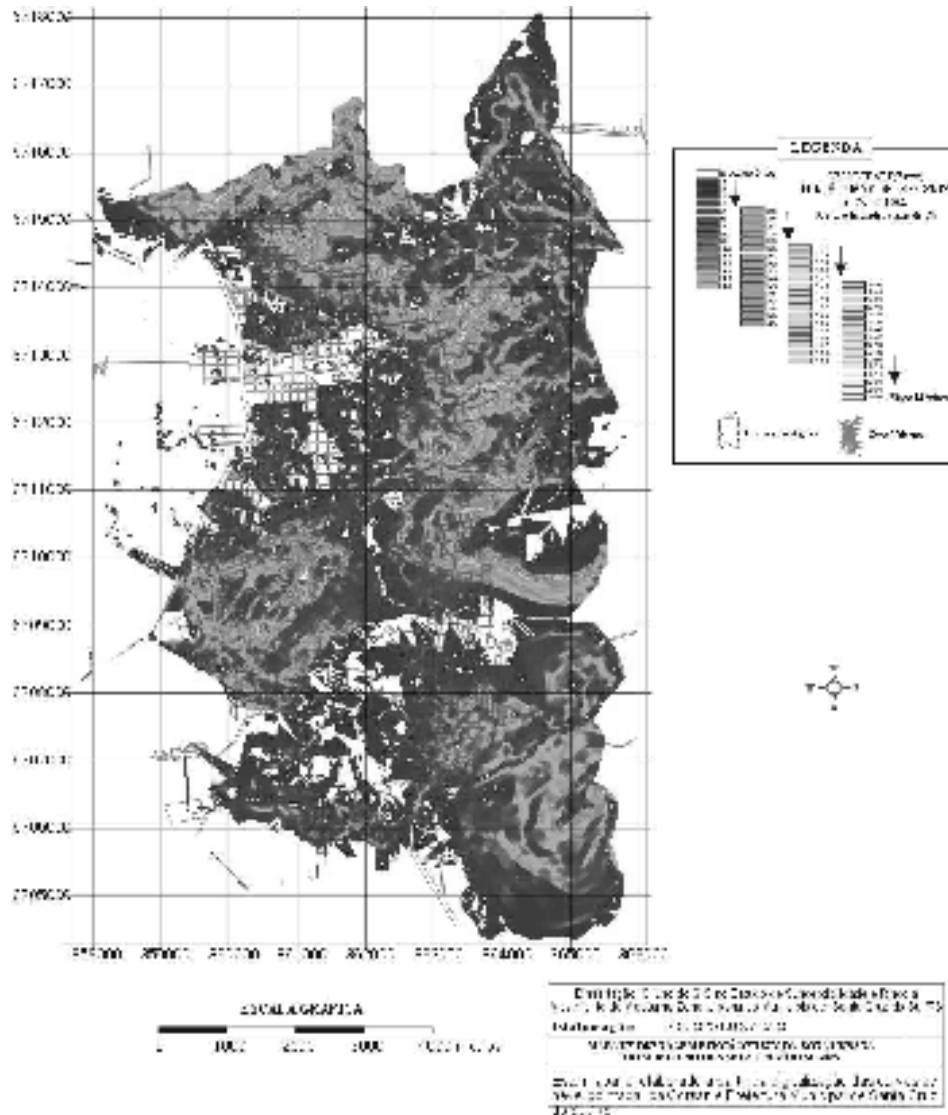
- Plano Físico Territorial Urbano - Santa Cruz do Sul - Perímetro Urbano-divisor de águas (Escala 1:10.000) . Prefeitura de Santa Cruz do Sul, Julho de 1992.
- Mapa geológico estrutural geotécnico da zona urbana de Santa Cruz do Sul (Escala 1:15.000) Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul.

A transformação destes mapas em diferentes planos de informação digitais foi realizada via mesa digitalizadora e Sistema de Informações Geográficas, com os softwares AutoCadMap, Surfer e Idrisi, criando-se as seguintes informações digitais (PI's):

- Delimitação da área de estudo;
- Curvas de nível de 10 em 10m, escala 1:10.000;
- Vias públicas da Planta urbana na escala 1:10.000;
- Características geológico-estruturais;
- Drenagem, Relevo, Falhas e fraturas, Permeabilidade;
- Uso do solo, classificação supervisionada da imagem de satélite Landsat de 2002.

Após a digitalização das curvas de nível, o PI (layer) contendo isolinhas, foi importado para o Idrisi 32 e, como é um layer numérico, processou-se a interpolação no comando SURFACE INTERPOLATION escolhendo o interpolador TIN (do inglês "triangular irregular network") ou grade triangular. Após a formatação deste layer, foi gerado o layer numérico raster correspondente, denominado *MNT* (FIGURA 05).

FIGURA 05 MNT – Modelo Numérico do Terreno da Área de Estudo



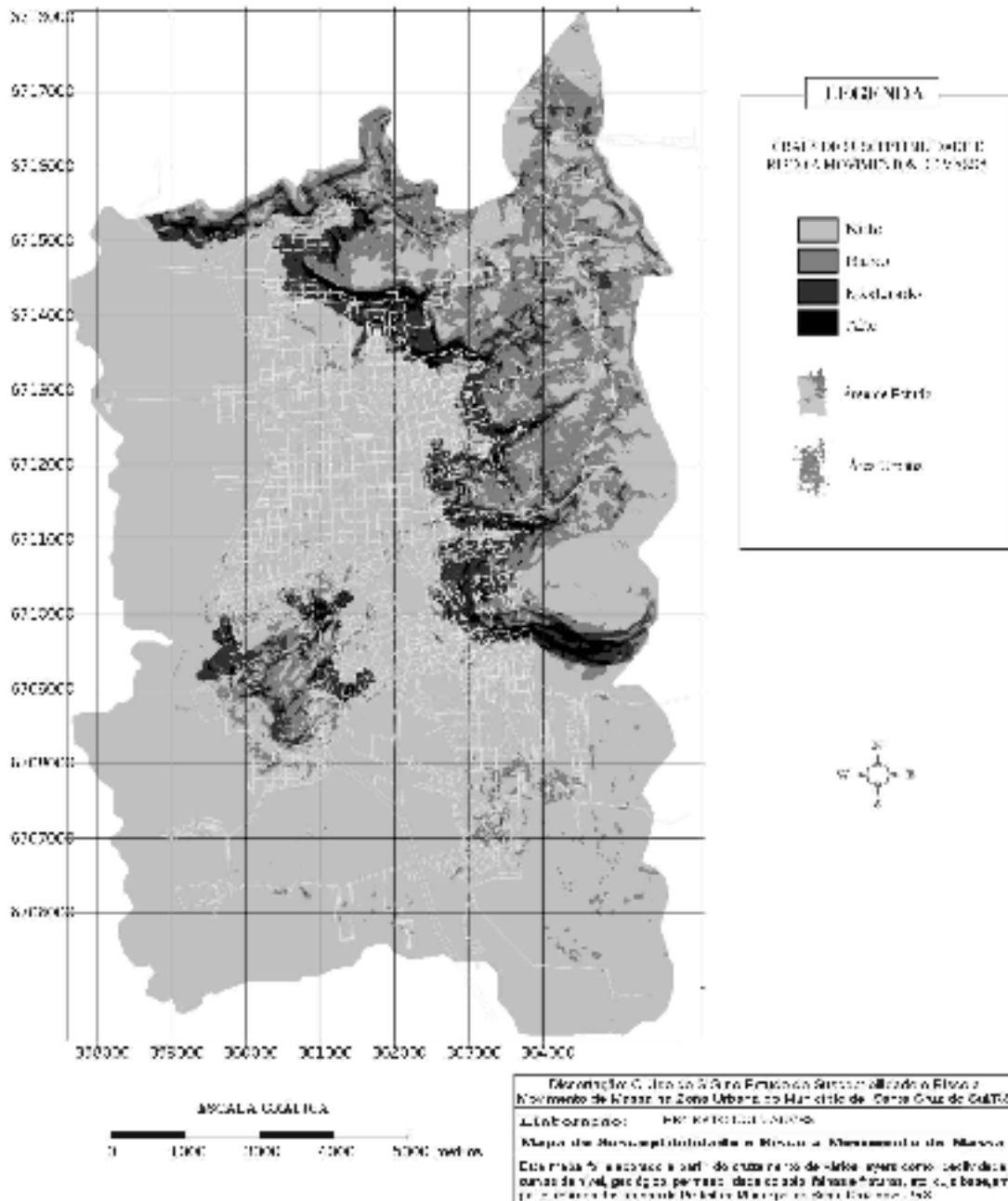
Para obter-se um bom resultado no uso das ferramentas do Geoprocessamento, precisou-se ir a campo para comprovar determinados dados. Uma maneira encontrada foi o uso do *Infiltrômetro de Hills*, citado por Guerra e Cunha (1996), que propicia a obtenção de registros de campo na avaliação da hidrologia de encosta, permitindo estabelecer a velocidade de infiltração de uma coluna d'água no solo.

Este experimento tem como finalidade, demonstrar a permeabilidade de uma determinada área e, conseqüentemente a susceptibilidade a movimentos de massa. Assim, escolheu-se dois compartimentos instáveis, depósito de talus e a vertente com cobertura (solos), analisando para cada uma delas três situações: área de mata, campo, solo exposto. Os resultados, após cruzamentos com os mapas de Uso do Solo, Declividade e Geológico, serviram para determinarmos no PI *Permeabilidade* (FIGURA 07), as áreas com maior ou menor grau de permeabilidade.

FIGURA 07 Mapa de Áreas com Alterações de Permeabilidade



MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE E RISCO A MOVIMENTO DE MASSA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL/RS



CONCLUSÃO

Ficou evidenciado que, independente do assunto desenvolvido em uma pesquisa, a mesma deve observar estes dois tópicos, muito bem evidenciados: a parte da metodologia a ser usada, ou seja, os modelos ou métodos de análise na pesquisa geomorfológica; e os procedimentos operacionais, como o nome diz, que resultam em apoio à operacionalização da pesquisa.

Portanto, o verdadeiro valor, a verdadeira importância do SIG como procedimento operacional, está na habilidade de analisar dados espacializados, ou seja, nos levar ao entendimento da própria natureza dos dados espaciais, portanto, visa fundamentalmente o



projeto, o planejamento, a elaboração de mapas que combinem temas e possuam grande flexibilidade de escolha de variáveis. Neste sentido cabe registrar a adequação deste método/ procedimento na análise de risco de movimentos de massa em encosta na medida em que os cruzamentos permitem identificar áreas mais ou menos susceptíveis ao processo em estudo, que georreferenciadas favorecem a ação de monitoramento desses processos.

Quanto ao relacionamento da Geomorfologia com a Análise Ambiental, que é a nossa linha de estudo, tem-se hoje novas alternativas. Na medida em que, segundo Suertegaray (2002), algumas concepções mais atuais em Geologia e em Geomorfologia já colocam o homem como agente geológico-geomorfológico que interfere sobre a superfície do planeta e age sobre os processos naturais, abre-se para a geomorfologia uma nova interface. Estas são muito importantes, pois, criam novos caminhos para a pesquisa na qual se insere fortemente a geomorfologia na área ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, A. A. A Teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. *Revista do Instituto de Geografia*. n.4. São Paulo, 1983, p. 5-18.
2. AB'SABER, Aziz Nacib. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. *Geomorfologia 18*. São Paulo: IGEOG-USP, 1969.
3. BESANINA, N. V.; ARISTARCHOVA, L. B.; LUKASOV, A.A. *Métodos para análise de morfoestruturas em cartas e fotografias aéreas*. In: Handbuch der geomorphologischen detailkartierung. Viena: J. Demek, 1976, p. 131-151.
4. CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão de Medeiros. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. São Paulo: INPE, 1996.
5. CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgar Blucher/EDUSO, 1974.
6. GRIGORYEV, A.A. *The theoretical fundamentals of modern physical geography*, in: The interaction of sciences in the study of the earth, Moscou, 1968.
7. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
8. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
9. HAERTEL, Vitor. *Geoprocessamento*. Porto Alegre. Laboratório de Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto – UFRGS. 1º semestre de 2002. Cadeira do PPGGeo – Mestrado.
10. IDRISI for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais – J. Ronald Eastman. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS, Centro de Recursos Idrisi, 1998.



11. MESCERJAKOV, J.P. *Les Concepts de morphostruture et de morphosculture: un nouvel instrument de i'analyse geomorphologique. Annales de Geographie.* 77 années, 423, Paris, 1968, p. 539-552.
12. ROSS, Jurandyr L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia.* n.6. São Paulo: FFLCH /USP, 1992, p. 17-29.
13. _____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia.* n. 8. São Paulo FFLCH/USP, 1994, p.64-74.
14. _____. *Geomorfologia ambiente e planejamento.* São Paulo: Contexto, 1991.
15. SILVA, Jorge Xavier da; SOUZA, Marcelo J. L. *Análise ambiental.* Rio de Janeiro: UFRJ, 1987, 196 p.
16. SUERTEGARAY, D. M. A. *Geografia física e geomorfologia: uma (re)leitura.* Ijuí: Ed. Unijuí, 2002.
17. TRICART, J. *Ecodinâmica. FIBGE/Supren.* Rio de Janeiro, 1977.