

# DIAGNÓSTICO DE RISCO DE DESLIZAMENTOS E MAPEAMENTO DE RISCO A PARTIR DA BASE CARTOGRÁFICA MUNICIPAL

**Giuliano Asinelli, Eng. Civil**  
**ENGEFOTO Engenharia e Aerolevamentos S.A.**

**Setor de Dutos**

Rua Frei Francisco Mont'Alverne, 750 – Jardim Sta. Barbara

Curitiba/PR CEP: 81540-410

Fone: 41 3071-4200

[Giuliano@engefoto.com.br](mailto:Giuliano@engefoto.com.br)

## RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma experiência na elaboração de mapeamento geoambiental e o seu uso como fonte de subsidio a estudos de áreas de risco, áreas com restrições a determinados usos, e áreas de uso potencial irrestrito. Para tanto vale-se de ferramentas próprias de sistemas de informações georreferenciadas e de uma matriz de probabilidades de fatores de risco. A matriz de probabilidades é gerada através da análise de fatores de risco, tais como, a declividade do terreno; cobertura vegetal; pedologia; e o uso superficial do solo. A determinação dos pesos apropriados para estes fatores de risco é primordial para a qualidade dos dados gerados. O mapa resultante mostra a probabilidade de ameaças ambientais, sejam elas naturais ou antrópicas, orientando ou subsidiando o planejamento de áreas urbanas ou rurais.

Palavras chaves: Geoprocessamento, SIG, mapa geoambiental, planejamento urbano, gerenciamento de risco

## ABSTRACT

This article presents an experiment on geoenvironmental mapping, and its use in land risk assessment. The map was elaborated using dedicated georeferenced information systems and a risk probability matrix. The probability matrix is generated through the analysis of risk factors such as terrain relief, vegetation, pedology and land use, along with their geospatial location. Determining the proper weights of these factors is paramount to the quality of the generated data. The resulting map shows the probability of environmental hazards, either by natural or human causes, thus orienting and subsidizing urban and rural land development.

The purpose of these instructions is to assist the papers auctor's in preparing camera-ready copy for publication in brazilian congresses of Cartography. Please notice that the present instructions may be used as a model for your manuscript. This abstract does not need be very long, about 5 at 10 lines.

Keywords: Geoprocessing, GIS, geoenvironmental mapping , urban planning, risk management

### 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A expansão urbana acelerada associada à falta de políticas públicas consistentes voltadas à ordenação, planejamento e controle habitacional e uso e ocupação territorial resultou na criação de loteamento em locais inadequados e na instalação de parcela da população, em especial a de baixa renda, em áreas sujeitas a desastres naturais.

Historicamente, apesar do acentuado crescimento dos riscos e do número de vítimas, nunca foram adotadas políticas públicas sistemáticas no sentido de combater as causas dos desastres, pelo contrário, adotou-se uma atitude reativa direcionando recursos e investimentos à reconstrução e assistência às

populações atingidas. Mais recentemente nota-se uma mudança na atitude e comportamento das pessoas em relação ao modo de encarar os desastres. Hoje há, mundialmente, um reconhecimento de que esforços para recuperação das áreas e atendimento das vítimas são importantes, contudo, estratégias para redução de risco e de vulnerabilidade são elementos muito mais eficazes na redução dos impactos dos acidentes. Neste sentido, prestigia-se cada vez mais o investimento em ações preventivas para evitar a perda de vidas e danos à propriedade.

Na esteira desta tendência mundial este trabalho apresenta o mapeamento geoambiental, como ferramenta de planejamento urbano que permite a

tomada de ações preventivas como forma de evitar o surgimento de núcleos de risco através do planejamento da ocupação urbana e no gerenciamento de áreas de risco. O trabalho foca em especial o uso desta ferramenta no diagnóstico de risco de deslizamentos e mapeamento de risco de encostas.

### 3 GERENCIAMENTO DE RISCO

Normalmente os planos de gerenciamento de risco existentes são focados apenas em áreas que contam com histórico de acidentes envolvendo movimentação de massa. Esta metodologia é correta e precisa, mas falha em atender plenamente seus objetivos, pois mantém o foco dos trabalhos em uma fração das áreas de risco, onde os problemas já estão instalados e são conhecidos. Os esforços são, desta forma, totalmente despendidos para a mitigação de problemas existentes, não enfatizando a prevenção de novas ocorrências.

A metodologia proposta visa viabilizar a análise de toda a área municipal pela realização de uma avaliação sistemática e automática das características do solo e das rochas, uso e ocupação do solo, inclinação das vertentes e de sua interação de forma a identificar e demarcar as regiões que apresentam maior predisposição ao desenvolvimento de processos de movimentação de massa e maior vulnerabilidade.

Este procedimento torna a análise de risco associados a escorregamentos de encostas mais efetivo desonerando e agilizando o processo de diagnóstico territorial uma vez que não necessita a vistoria de campo da totalidade da área municipal.

Este método não se restringe a municípios que possuem sua base cartográfica atualizada, mas ressalta-se que este é um dado altamente desejável, uma vez que os resultados estão intimamente relacionados à qualidade e atualidade das informações obtidas a partir da mesma. Ou seja, a consistência da base diagnóstica depende da confiabilidade dos dados obtidos e gerados sobre a base cartográfica do município.

### 3 MAPA GEOAMBIENTAL

De acordo com o Glossário Técnico da ABGE o mapa geoambiental é “Documento cartográfico representativo de características físico-ambientais de uma determinada área ou região geográfica, produzido em face de potenciais ou reais interferências humanas, contemplando o resultado de aquisição e interpretação de dados e informações acerca da ocorrência e distribuição espacial de aspectos

e parâmetros de geologia de engenharia, mecânica dos solos, mecânica das rochas, geomorfologia e pedologia, além de outros do meio biótico e sócio-econômico. Visa, sobretudo, subsidiar as ações de planejamento e gestão ambiental da área ou região objeto”.

No planejamento urbano o mesmo pode ser utilizado como ferramenta na elaboração do plano diretor e zoneamento do município orientando quanto à adequação e/ou restrição à ocupação de áreas, como é o caso do Mapa Geoambiental de Aracaju. Ou nos casos em que já se tem uma ocupação desordenada do território o mapa geoambiental se presta ao gerenciamento dos riscos através do diagnóstico das condições locais o que permite a priorização de medidas e o planejamento das ações.

### 4 MAPA GEOAMBIENTAL PARA O GERENCIAMENTO DE RISCO

Mapa de declividade, mapa de solos, mapa geológico, uso e ocupação do solo, legislação são normalmente os temas analisados. Quais informações e feições serão efetivamente consideradas no cruzamento está diretamente relacionada à finalidade do mapeamento.

No caso do mapa geoambiental cuja finalidade é o gerenciamento de risco de escorregamentos associados à ocupação de encostas, as principais informações necessárias estão relacionadas às características geotécnicas dos terrenos, as quais são função do tipo de solo ou rocha encontrado na área, declividade das vertentes e uso e ocupação do solo.

#### 4.1 METODOLOGIA

A metodologia para a geração de mapas geoambientais consistentes está calcada no cruzamento automático de informações espaciais em ambiente SIG com uso de uma base diagnóstica descrita numa matriz de possibilidades.

Na mecânica dos solos é prática comum avaliar a estabilidade de taludes em função do coeficiente de segurança, descrito pela razão entre os esforços resistentes (esforços que se opõem à ruptura) e os esforços mobilizantes (esforços que induzem à ruptura) atuantes. Neste trabalho a probabilidade de rompimento dos taludes e vertentes foi calculada utilizando-se a formulação para avaliação de vertentes infinitas, considerando a eventual influência da vegetação ou sobrecargas devido ao uso do solo:

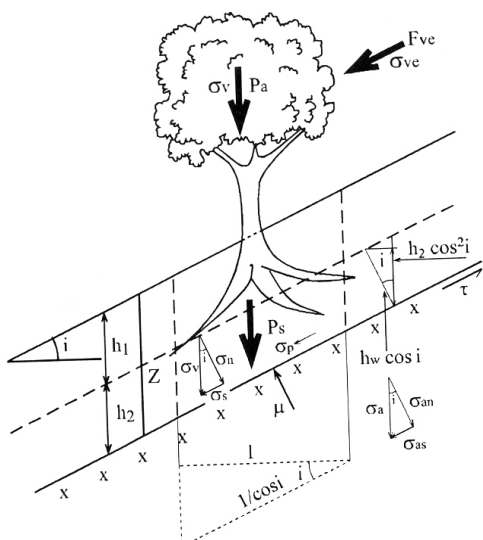


Figura 1: Elementos geométricos de uma vertente com vegetação e forças atuantes  
Fonte: FIORI A.P. (2001) Fundamentos de Mecânica dos Solos e das Rochas

$$F_s = \frac{c_s + s_r + (Z\gamma_{sub} + P)\cos^2 i \tan \phi}{[(\gamma_{sat}Z + P)\text{sen}i + F_{ve}]\cos i} \dots \dots \dots (1)$$

Onde:

- c= Coesão do solo;
- sr= Aumento de resistência devido às raízes;
- γ= Peso específico do solo;
- P= Sobrecarga (peso);
- Φ= ângulo de atrito do solo;
- i= Inclinação (declividade do terreno);
- F<sub>ve</sub>= Força do vento;

#### 4.1.1 MAPA DE DECLIVIDADE

A declividade é uma característica muito importante quando da análise da estabilidade de vertentes. O mapa de declividades é gerado automaticamente a partir da base cartográfica altimétrica. Posteriormente à geração dos demais mapas temáticos e à definição da matriz de decisões, os intervalos de declividade podem ser agrupados em classes definidas em função desta.

No agrupamento das declividades em classes e geração da carta temática que servirá de base para o mapa geoambiental, é importante que se defina, a priori, dimensões mínimas para os polígonos de feições, compatíveis com a escala do mapeamento, de forma facilitar o cruzamento de informações. A utilização de base altimétrica atual neste ponto é de extrema importância, pois pode identificar movimentações de terra de origem antrópica, as quais podem se relacionar com de focos de risco. De outra forma o mapa geoambiental desconsideraria estas informações.

#### 4.1.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Dentre os fatores analisados no estudo de estabilidade de vertentes aqueles relacionados ao uso e ocupação do solo são os que possuem menor relevância, por não serem os fatores preponderantes no surgimento de movimentações massa. Contudo, este

tema adquire significativa importância na identificação e análise e gerenciamento do risco por permitir estabelecer onde este é mais danoso e onde suas consequências são mais significativas.

O mapa de uso e ocupação do solo pode ser gerado manual ou automaticamente sobre fotos ou imagens da área de interesse, com escala/GSD que permitam a identificação de feições compatível com a escala do mapeamento.

As feições delimitadas podem variar entre mapeamentos, contudo, destaca-se que para este fim não é necessário um grande número de classes, por exemplo:

- Vegetação arbórea;
- Vegetação arbustiva e gramíneas;
- Solo exposto;
- Ocupação urbana ordenada;
- Ocupação urbana desordenada;
- Ocupação subnormal.

É importante que estas informações sejam geradas sobre fotos ou imagens atualizadas, pois as feições de uso do solo podem variar rapidamente, principalmente quando se trata de áreas urbanas.

#### 4.1.2 MAPA DE SOLOS

O mapeamento do solo tem sua importância associada à previsão do desempenho da interação entre o meio físico e sua ocupação. Por serem as características de solo as responsáveis por conferir estabilidade ao terreno, é o tema de maior importância dentro da análise.

Deve-se observar que o objetivo deste mapeamento é compartimentar os terrenos que possuem características e comportamento geotécnico semelhantes. A definição das unidades a serem mapeadas pode variar de região para região e deve ser

definida em função de observações de campo, podendo ser embasada em dados de sondagens e ensaios, ou ainda definida a partir da retro análise de processos de movimentação de massa.

De posse dos dados de campo pode-se proceder a delimitação das feições através de fotointerpretação. A análise estereográfica de imagens facilita este processo que pode ser também realizado com imagens associadas a curvas de nível.

#### 4.1.3 MATRIZ DE DECISÕES

A Matriz de decisão expressa todas as combinações possíveis entre as feições mapeadas nos diferentes mapas temáticos, associando a cada combinação um grau de probabilidade de desenvolvimento de movimentação de massa.

Considerando que, dentre os parâmetros presentes na equação:

- a coesão ( $c$ ), o peso específico ( $\gamma$ ) e o ângulo de atrito ( $\Phi$ ) são intrínsecos a cada tipo de solo;
- os fatores de resistência devido as raízes ( $S_r$ ), sobrecarga ( $P$ ) e força do vento ( $F_{ve}$ ) são específicos para os diferentes usos do solo;
- a inclinação ( $i$ ) está diretamente ligada à declividade das vertentes;

Pode-se calcular, pela aplicação direta da fórmula, um fator de segurança associado a cada diferente combinação. Estas são agrupadas em níveis ou graus de probabilidade de acordo com a faixa do fator de segurança.

TABELA 1 – TABELA DE GRAU DE PROBABILIDADE DE DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO DE MASSA

Grau de Probabilidade	Descrição
P1 - Baixa	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de movimentação de massa.
P2 - Média	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de movimentação de massa.
P3 - Alta	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de movimentação de massa.
P4 - Muito alta	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de potencialidade muito alta para o desenvolvimento de processos de movimentação de massa.

#### 4.1.3 GEOPROCESSAMENTO E GERAÇÃO DO MAPA

Neste projeto o uso da ferramenta SIG tem com principal objetivo a geração de mapas temáticos através do cruzamento de dados georreferenciados representantes da realidade encontrada na região.

Os mapas de solo, uso e ocupação e de declividade são cruzados espacialmente, delimitando polígonos para cada diferente associação entre os temas mapeados.

Com o uso da matriz de decisão, são atribuídos aos polígonos graus de probabilidade de desenvolvimento de processos de movimentação de massa. Os polígonos são então agrupados em classes homogêneas, resultando num mapa temático que exprime em termos qualitativos a probabilidade de surgimento de processos de escorregamentos, o Mapa Geoambiental para uso no gerenciamento de risco.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia proposta visa viabilizar a análise de toda a área municipal pela realização de uma avaliação sistemática e automática das características do solo e das rochas, uso e ocupação do solo, inclinação das vertentes e de sua iteração de forma a

identificar e demarcar as regiões que apresentam maior predisposição ao desenvolvimento de processos de movimentação de massa.

Não deve ser confundida, portanto, com um Mapa de Risco, na medida em que, retrata as áreas que apresentam condicionantes favoráveis ao surgimento de movimentação de massa e não os processos em si.

A vantagem na aplicação desta ferramenta no gerenciamento de risco reside no fato de ela permitir um diagnóstico de uma área abrangente em um curto espaço de tempo e elaboração de um plano eficaz de monitoramento com foco na prevenção uma vez que direciona esforços e recursos para o monitoramento de áreas com potencial de problemas e não apenas às áreas onde os acidentes já ocorreram.

Este método não se restringe a municípios que possuem sua base cartográfica atualizada, mas ressalta-se que este é um dado altamente desejável, uma vez que os resultados estão intimamente relacionados à qualidade e atualidade das informações obtidas a partir da mesma. Ou seja, a consistência da base diagnóstica depende da confiabilidade dos dados obtidos e gerados sobre a base cartográfica do município.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fiori A. P, Carmignani L., 2001, Fundamentos de Meânica dos Solos e das Rochas – Aplicação na

Estabilidade de Taludes, Editora da UFPR, Curitiba, Brasil, 550 páginas.