

## ELABORAÇÃO DE ARCABOUÇO COMPUTACIONAL DE DADOS ESPACIAIS PARA MODELOS DE MONITORAMENTO E ANÁLISE DE RISCOS NA REGIÃO DO ALTO PARAÓPEBA

Ricardo Cabette Ramos<sup>1</sup>, Marconi de Arruda Pereira<sup>2</sup>

1. Estudante de Graduação Profissional em Engenharia Civil da UFSJ

2.DTECH-UFSJ – Dep. de Tecn. e Eng. Civil, Computação e Humanidades / Orientador

### Resumo:

A intensidade com que os fenômenos naturais vêm ocorrendo e surpreendendo a população impõe à Engenharia uma busca por medidas preventivas que minimize o contingente de pessoas afetadas por essas tragédias. Nessa perspectiva, justifica-se, do ponto de vista tecnológico, um programa experimental capaz de emitir alertas relativos a riscos iminentes de deslizamentos de terra ocasionados por chuvas que, aliadas às propriedades do solo, impulsionam a ocorrência de desastres. Assim sendo, o presente trabalho visa promover a elaboração de um sistema de monitoramento, análise e alerta de riscos para as cidades da região do Alto Paraopeba (MG), através do software TerraMA2 [12], de tal forma a mitigar as fatalidades. O projeto utilizou como estudo de caso alguns desastres ocorridos nas cidades de Ouro Preto e Conselheiro Lafaiete. Os resultados obtidos demonstram que o modelo gerado, baseado na intensidade das chuvas acumuladas e os tipos dos solos, seriam eficazes para identificar, previamente, situações de risco.

**Palavras-chave:** Sistema de monitoramento, análise e alerta de riscos; TerraMA2 [12]; Deslizamento de encostas.

**Apoio financeiro:** CNPQ

**Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:** UFSJ

### Introdução:

Os desastres naturais, desde o início dos tempos, sempre impactaram a sobrevivência humana, pois geralmente ocasionam grandes destruições do espaço físico. Nessa perspectiva, evidenciam-se os deslizamentos de terra. Dias et al. [1] destacam que estes eventos vêm gerando números expressivos de vítimas fatais e ocasionando prejuízos significativos, relacionados à ruína de edificações.

O clima se destaca como elemento relevante no processo de movimentação de

massa. Conforme Wolle [2], o clima é caracterizado como agente potencializador da causa das instabilidades dos taludes, e também como causador imediato de rompimento de encostas, geralmente devido a chuvas intensas. Correlacionando estes acontecimentos com o Brasil, percebe-se que este é um dos países mais afetados pelos desastres climáticos [3]. Segundo o Escritório das Nações Unidas para Redução de Desastres (UNISDR) e o Centro de Pesquisas e Epidemiologia em Desastres (CRED), nestas duas décadas, cerca de 51 milhões de brasileiros foram afetados por tragédias [3].

A situação torna-se ainda mais caótica quando se consideram os avanços tecnológicos. Isso porque estes contribuem para a existência de diversos dados geográficos, que antes eram impossíveis de serem determinados ou ainda eram inacessíveis ao público geral. Contudo, apesar da grande quantidade de dados disponíveis, a população ainda é surpreendida por fenômenos naturais intensos que resultam em grandes catástrofes.

Assim, justifica-se a elaboração de um sistema de monitoramento, análise e alertas de risco através de modelos matemático-computacionais. Desastres naturais ocorridos na microrregião de Conselheiro Lafaiete/MG e Ouro Preto/MG foram utilizados como estudo de caso para que pudessem ser validados os modelos desenvolvidos.

Este trabalho teve como objetivo geral desenvolver um sistema de monitoramento, análise e alerta de riscos reais de deslizamentos. Para isso foi necessário elaborar e calibrar um modelo de análise de riscos de queda de encostas e barreiras, desenvolver mecanismos de monitoramento de excesso de chuvas, além de conceber diferentes níveis de alertas, de acordo com a configuração das regiões geográficas. Todo esse mecanismo visa gerar alertas em tempo hábil para que as autoridades responsáveis, bem como as lideranças comunitárias, possam tomar as providências cabíveis o quanto antes, a fim de mitigar possíveis danos às comunidades em questão.

## Metodologia:

As áreas de estudo escolhidas foram as microrregiões de Ouro Preto e Conselheiro Lafaiete, em Minas Gerais. Estas foram objetos de estudo devido aos riscos geológicos referentes à movimentação de massa. Tais localidades tiveram um aumento considerável do risco de acidentes, principalmente devido à ocupação desordenada.

Diante desta prerrogativa, foram realizados levantamentos históricos (a partir de 2009) de desastres nessas microrregiões, motivados pelo volume excessivo de chuvas. Destacaram-se os eventos ocorridos em dezembro de 2011 e janeiro de 2012. Neste período, o acumulado de chuva nas microrregiões em estudo atingiu valores acima de 128 mm em cinco dias consecutivos, o que, de acordo com o Sistema de Alerta Meteorológico de Ouro Preto (SAMOP), eleva a probabilidade de ocorrência de acidentes mais severos [4].

A Figura 1 mostra um acidente geológico ocorrido no município de Ouro Preto, em que houve deflagração de um talude que soterrou duas casas e parte do Terminal Rodoviário de Ouro Preto. Outro exemplo foi o ocorrido em Conselheiro Lafaiete na MGT 482, como mostra a Figura 2, onde houve uma queda de barreira atingindo quase a metade da via. O local expira cuidados devido à possibilidade de novos deslizamentos de terra.



Figura 1 - Deflagração de um talude destruindo parte do terminal rodoviário de Ouro Preto. FONTE: [5]



Figura 2 - Deflagração de um talude atingindo parte da rodovia na MGT 482, no município de Conselheiro Lafaiete. FONTE: [6]

O software TerraMA2 [12] foi utilizado como base para desenvolvimento do sistema de monitoramento. Segundo Reis [7], a plataforma TerraMA2 [12] tem basicamente a função de buscar dados em servidores distintos e associá-los em uma base de dados a fim de executar os modelos de análise, sendo que, para cada novo dado coletado e inserido no banco de dados, é realizada uma nova análise, a fim de avaliar a existência ou não de uma situação de risco. Assim, caso uma ameaça seja identificada, é gerado um sinal de alerta imediatamente.

O sistema realiza análises constantemente consultando dados hidrometeorológicos. Tais dados são fornecidos por institutos como o CPTEC/INPE [8]. Para esta pesquisa, o DAS/INPE [9] forneceu dados pluviométricos referentes a Pontos de Coleta de Dados (PCD's) nas regiões estudadas, no período da ocorrência dos eventos supracitados. Também foram introduzidos os mapas de solos e de divisão de microrregiões, ambos extraídos da base CPRM [10]. Vale ressaltar que o tipo de solo é um dos fatores determinantes da vulnerabilidade do terreno no que diz respeito a movimentações e consequentemente possíveis acidentes [1]. Em seguida, através do TerraView [11] esses mapas de solos são combinados a fim de gerar um banco de dados, que será utilizado como objeto de interesse, o qual será monitorado em cada instante que novos dados dinâmicos forem inseridos no banco.

Posteriormente, dois modelos de análise de riscos são desenvolvidos. Estes foram calibrados de acordo com eventos acontecidos no passado. Na análise será definido um processo gradual de condições de risco presentes nas microrregiões estudadas. Dependendo do tipo de risco presente, o sistema desenvolvido irá apresentar diferentes níveis de alerta. A Tabela 1 apresenta os níveis de alerta de acordo com o SAMOP[4].

Tabela 1 - Níveis de alerta utilizados e disponíveis pelo TerraMA2 [12].

Níveis de Alerta		
1		Observação
2		Atenção
3		Alerta
4		Alerta Máximo

## Resultados e Discussão:

Inicialmente foi obtido da CPRM [10] o mapa de solo do estado de Minas Gerais. Através do software TerraView [11] realizou-se uma interseção entre a região de interesse e o mapa de solos do Estado, resultando assim no mapa de solos das microrregiões estudadas.

Posteriormente, foi feita uma análise criteriosa de cada solo presente, atribuindo-se um peso a cada tipo, de acordo com seu potencial de deslizamento. Na Tabela 2 estão indicados os valores adotados. Quanto maior o valor, maior o risco de movimentação.

Tabela 2- Ponderação dos solos em estudo.

Tipo de Solo	Peso
Afloramentos de Rocha	0,00
Cambissolo	1,05
Cambissolo Ferrífero	1,30
Latossolo Ferrífero	1,25
Latossolo	1,00
Vermelho-Amarelo Latossolo	1,00
Vermelho-Escuro Podzólico	1,10
Vermelho-Amarelo Solos Litólicos	1,30

No intuito de se obter a melhor calibragem para o sistema, vários testes foram realizados. Aliado a este processo, foram definidos os níveis de alertas existentes, em consonância com os níveis estipulados pelo SAMOP [4]. Para cada nível desses foi estabelecido uma fronteira de precipitação máxima. Na Tabela 3 estão indicados os valores limites para cada nível.

Dentro desta perspectiva, foram criados dois modelos de análise para avaliação dos riscos iminentes, um para o município de Ouro Preto e outro para o de Conselheiro Lafaiete. O modelo foi implementado na linguagem LUA [13], representado na Figura 3 e na Figura 4. Ambos foram elaborados com base nos dados acumulados em 24 horas de precipitação.

Nas Figuras 5 e 6 estão representadas as imagens geradas pelo sistema, mostrando os riscos iminentes de deflagração de encosta nas microrregiões estudadas.

Ao analisar o mapa de alerta da Figura 5 verifica-se a concordância entre o alerta máximo gerado e o incidente ocorrido no município de Ouro Preto, no Terminal Rodoviário da cidade. O ponto preto mostra a localização do terminal e o contorno representa a microrregião de Ouro Preto. Igualmente está representado na Figura 6 o mapa de alerta da microrregião de Conselheiro

Lafaiete, o qual também está em conformidade com o alerta criado. Neste último município ocorreu desabamento de encosta na MGT 482. Isso mostra que a calibragem do sistema apresentou resultado satisfatório, tendo-se em vista os incidentes catastróficos ocorridos. Mesmo sendo um sistema mais simplificado, se a população tivesse acesso a esses sinais de alerta, poderiam ter a chance de evacuar a área e assim, evitar o surgimento de vítimas fatais. Nota-se que toda região com coloração vermelha (nível de alerta: Alerta Máximo) apresenta riscos iminentes de deflagração de taludes, o que se comprova ao analisar-se o solo da região. Tal fato torna-se ainda mais agravante quando se aliam os crescentes valores de precipitação, passando do limiar crítico de 128 mm de chuva acumulada em 5 dias consecutivos, como apresentado pelo SAMOP [4].

```

local acumulado_chuva=soma_historico_pcd('ped_op','pluvio','ouropretonovo',5)
print (tipo,acumulado_chuva)

if (tipo == 'Latossolo Vermelho-Amarelo') then
  fatorSolo = 1;
elseif (tipo == 'Solos Litólicos') then
  fatorSolo = 1.3;
elseif (tipo == 'Latossolo Vermelho-Escuro') then
  fatorSolo = 1;
elseif (tipo == 'Cambissolo Ferrífero') then
  fatorSolo = 1.3;
elseif (tipo == 'Cambissolo') then
  fatorSolo = 1.25;
elseif (tipo == 'Latossolo Ferrífero') then
  fatorSolo = 1.25;
elseif (tipo == 'Podzólico Vermelho-Amarelo') then
  fatorSolo = 1.1;
else
  fatorSolo = 0;
end

if math.ceil(acumulado_chuva*fatorSolo) >= 12.8 then
  return 4;
elseif math.ceil(acumulado_chuva*fatorSolo) >= 2.2 then
  return 3;
elseif math.ceil(acumulado_chuva*fatorSolo) >= 1.0 then
  return 2;
elseif math.ceil(acumulado_chuva*fatorSolo) >= 0.5 then
  return 1;
else
  return 0;
end

```

Figura 3 - Modelo de análise para a microrregião de Ouro Preto.

```

local acumulado_chuva=soma_historico_pcd('ped_cl','pluvio','conselafaiete',5)
print (tipo,acumulado_chuva)

if (tipo == 'Latossolo Vermelho-Amarelo') then
  fatorSolo = 1;
elseif (tipo == 'Podzólico Vermelho-Amarelo') then
  fatorSolo = 1.1;
elseif (tipo == 'Cambissolo') then
  fatorSolo = 1.25;
else
  fatorSolo = 1.3;
end

if math.ceil(acumulado_chuva*fatorSolo) >= 12.8 then
  return 4;
elseif math.ceil(acumulado_chuva*fatorSolo) >= 2.2 then
  return 3;
elseif math.ceil(acumulado_chuva*fatorSolo) >= 1.0 then
  return 2;
elseif math.ceil(acumulado_chuva*fatorSolo) >= 0.5 then
  return 1;
else
  return 0;
end

```

Figura 4 - Modelo de análise para a microrregião de Conselheiro Lafaiete.

Tabela 3- Intervalos de valores para precipitação em cada nível de alerta.

Níveis de Alerta	Precipitação (cm/dia)
1 Observação	>= 0.5
2 Atenção	>= 1.0
3 Alerta	>= 2.2
4 Alerta Máximo	>= 12.8

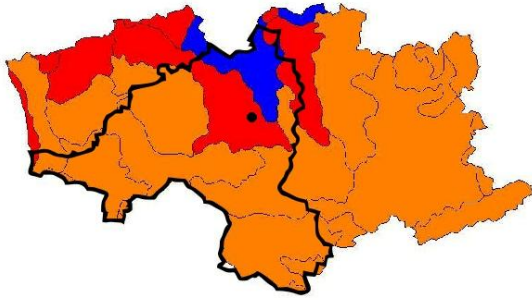


Figura 5 - Mapa de alerta da microrregião de Ouro Preto.

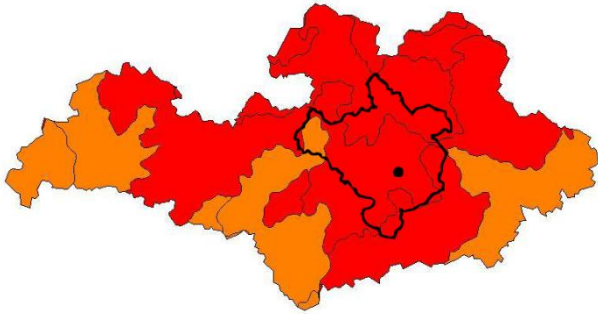


Figura 6 - Mapa de alerta da microrregião de Conselheiro Lafaiete.

### Conclusões:

Ao realizar uma análise dos resultados obtidos, pode-se constatar que a junção dos dados referentes à precipitação com os tipos de solos da região estudada apresentou resultados satisfatórios ao comparar-se com os eventos ocorridos nas microrregiões de Ouro Preto e Conselheiro Lafaiete, nas datas de dezembro de 2011 e janeiro de 2012. A calibração experimental foi capaz de identificar corretamente o risco nas regiões onde aconteceram eventos graves, bem como identificou todas as áreas onde eventos semelhantes poderiam ocorrer.

Para uma abordagem mais ampla do potencial do sistema, pretende-se introduzir outras variáveis como declividade e uso e ocupação do solo.

### Referências bibliográficas

[1] DIAS, L. R. P. T.; FONSECA, A. V.; COUTINHO, R. Q. "Identificação de áreas suscetíveis a deslizamento de terra utilizando sistema de informações geográficas". *Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana - Salvador - Bahia*, 2006.

[2] WOLLE, C.M. "Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas". 1988. 394f. *Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da USP*, São Paulo.

[3] ONUBR. Nações Unidas no Brasil. ONU: Brasil está entre os 10 países com maior número de afetados por desastres nos últimos 20 anos. Publicado em: 24 de novembro de 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-brasil-esta-entre-os-10-paises-com-maior-numero-de-afetados-por-desastres-nos-ultimos-20-anos/>>. Acesso em: 01 de junho de 2016.

[4] Prefeitura de Ouro Preto. "Alerta Meteorológico: Ouro Preto em estado de alerta". Disponível em: <<http://www.ouropreto.mg.gov.br/alerta-meteorologico/92/ouro-preto-em-estado-de-alerta>>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

[5] O Liberal. Ouro Preto assiste a uma de suas maiores tragédias naturais. Publicado em: 05 de janeiro de 2012. Disponível em: <<http://www.jornaloliberal.net/noticia/ouro-preto-assiste-a-uma-de-suas-maiores-tragedias-naturais/>>. Acesso em 09 de setembro de 2015.

[6] Polícia Militar de Minas Gerais. Barbacena – Situação das Rodovias na Região. Publicado em: 09 de janeiro de 2012. Disponível em: <<https://www.policiamilitar.mg.gov.br/portal-pm/13ciamat/conteudo.action?conteudo=21727&tipoConteudo=noticia/>>. Acesso em 10 de setembro de 2015.

[7] REIS, J.B.C. "Monitoramento e alerta de inundação no município de Itajubá (MG) através de modelos matemáticos". *Dissertação de Mestrado em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Itajubá - MG*, 2014.

[8] INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 09 de setembro de 2015.

[9] INPE. Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DAS). Disponível em: <[http://sigma.cptec.inpe.br/prec\\_sat/](http://sigma.cptec.inpe.br/prec_sat/)>. Acesso em: 09 de setembro de 2015.

[10] CPRM. Serviço Geológico do Brasil. "Mapas de Geodiversidade do Brasil". Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publicacoes/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html>>. Acesso em: 15 de setembro de 2015.

[11] INPE. TerraView. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terraview>>. Acesso em: 01 de setembro de 2015.

[12] INPE. DPI. TerraMA2. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terrama2/doku.php?id=download>>. Acesso em: 01 de setembro de 2015.

[13] PUC RIO. LUA. Disponível em: <<https://www.lua.org/>>. Acesso em: 01 de setembro de 2015.