

Uso de Autômatos Celulares para Previsão da Trajetória de Corrente de Detritos

Luna Clariana de Souza

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, luna.clariana@gmail.com

George Fernandes Azevedo

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, george_engenheiro@hotmail.com

Hernán Eduardo Martinez Carvajal

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, carvajal@unb.br

Newton Moreira de Souza

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, nmsouza@unb.br

RESUMO: A previsão da trajetória de deslizamentos é de grande importância para evitar os possíveis danos ocasionados por esses eventos. Com essa finalidade, a modelagem computacional é uma ferramenta que pode ser usada para traçar a provável trajetória dos escorregamentos. Desenvolveu-se uma rotina computacional para essa simulação utilizando-se a linguagem Matlab (Matrix Laboratory), onde foram simulados dois modelos numéricos de terreno teóricos: uma matriz de diferentes picos e vales e uma matriz cônica. Os modelos foram utilizados com a finalidade de validar o código computacional e essa modelagem foi aplicada aos autômatos celulares para verificar a dimensão do espalhamento. Após a validação, o código foi aplicado a uma área localizada nas regiões administrativas de Ceilândia e Taguatinga no Distrito Federal. Foram executadas simulações para tempos computacionais distintos e avaliadas as trajetórias do fluxo de massa. Por fim, foram geradas cartas cartográficas a partir das simulações computacionais, com o auxílio de um sistema de informações geográficas. Através das ferramentas computacionais podem ser avaliadas áreas com possíveis focos de movimento de massa e podem-se gerenciar políticas públicas para evitar as ocupações de áreas com riscos de deslizamento.

PALAVRAS-CHAVE: Autômatos Celulares, Movimentos de Massa, Fluxo de Detritos.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de tecnologias para mapear possíveis fontes de escorregamentos é de suma importância para o gerenciamento de medidas preventivas, de modo a minimizar os danos ocasionados por esses eventos. Os deslizamentos ocorrem, principalmente, em períodos chuvosos, onde o solo atinge um estado saturado e a estabilidade do terreno é diminuída em função do acréscimo de poro-pressões.

Fatores como construções em áreas próximas

a erosões, falta de sistema de drenagem pluvial e ocupação irregular do solo são alguns dos elementos que podem contribuir para a ocorrência destes eventos (DEFESA CIVIL, 2013).

Com o crescimento desordenado das cidades, as áreas com possíveis focos de desmoronamento começaram a ser habitadas e impermeabilizadas. No Distrito Federal, por exemplo, são 33 áreas de risco mapeadas pela Defesa Civil (DEFESA CIVIL, 2013).

A modelagem computacional consegue apontar os possíveis focos e a trajetória tomada

pelos movimentos de massa. Neste contexto, os autômatos celulares são eficientes na criação de simulações e previsão de eventos naturais (Gremoini e Vicentini, 2008).

Com o objetivo de verificar o cenário associado à trajetória provável de pontos específicos, considerados susceptíveis e tomados como fontes de escorregamentos, em uma área pertencente às regiões administrativas de Ceilândia e Taguatinga, o presente artigo utilizou ferramentas computacionais para a geração de cartas que representassem a evolução espacial e temporal destes processos. Como justificativa desta pesquisa, pode-se afirmar que a partir da previsão de eventos naturais é possível mapear regiões suscetíveis à ocorrência destes eventos, podendo ser aplicadas medidas preventivas de com o intuito de diminuir os impactos decorrentes de desastres naturais.

2 METODOLOGIA

Inicialmente, uma estruturação de autômatos celulares foi testada utilizando-se duas grades numéricas altimétricas teóricas geradas com o auxílio do programa Matlab: uma representação cônica e uma representando picos e vales. A finalidade correspondeu à verificação da resposta de simulação em relação à variação das fontes de deslizamentos, tomando-se, para tanto, pontos com diferentes altimetrias presentes nessas matrizes. Diversos parâmetros da simulação, como altura da fonte do escorregamento, também foram avaliados, com a finalidade de se verificar a possível alteração dos tempos computacionais necessários para a estabilização da evolução da trajetória. Com a modificação desses parâmetros, foi avaliado se os comportamentos do tempo computacional correspondiam ao esperado.

Após a comprovação do funcionamento do modelo teórico, o código computacional desenvolvido foi aplicado a uma área real pertencente à Ceilândia e Taguatinga, ambas regiões administrativas do Distrito Federal.

A partir dos dados de definição das fontes dos eventos, do Modelo Numérico de Terreno MNT, da curvatura, da declividade e da

espessura, foram geradas simulações para diferentes tempos computacionais. A matriz de fontes tem uma representação booleana (zeros para ausência de escorregamentos e um para fontes de escorregamentos) e dimensões do retângulo envolvente da região avaliada. Esta primeira representação foi retirada da aplicação de um modelo de análise de ameaça apresentado por Azevedo et al. (2015), o qual fornece resultados em termos de probabilidade de ruptura das encostas. Foram consideradas como fontes as áreas com valores de PR superiores a 50%. Com relação aos parâmetros considerados nos autômatos celulares, destacam-se o MNT, que representa uma matriz com as mesmas dimensões e com a altitude do terreno a qual é utilizada para a verificação da propagação do escorregamento, enquanto a curvatura do terreno refere-se às características de perfil e de plano de curvatura, sendo o perfil côncavo aquele considerado o mais propenso ao desenvolvimento de escorregamentos neste trabalho. A declividade pe um fator limitante a propagação dos eventos, de forma que o valor de 5° foi considerado como limite para a deposição dos escorregamentos. A espessura da camada de solo não foi utilizada nestas últimas simulações, uma vez que se buscava somente estabelecer as possíveis trajetórias dos eventos.

A partir da definição dos parâmetros anteriores, o código de autômatos celulares foi executado, verificando-se sua estabilização para a iteração 100. A partir do comportamento obtido no Matlab, foram gerados os mapas para cada iteração, através do Spring 5.2. Para tanto, além das fontes e trajetórias obtida com a simulação dos autômatos celulares, foram acrescentados os elementos da base cartográfica da área avaliada (vias e rios).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Simulação teste

3.1.1 MNT para Cone

Para a simulação envolvendo a grade cônica, foram realizadas diversas variações no raio e na altura, verificando-se que com o aumento do

raio da base da matriz cônica, o tempo computacional para a estabilização também aumentou. Já se tratando da alteração proposta na altura, não se observou alterações no tempo de simulação, como mostrado na Tabela 1 abaixo. Nesta tabela, estão relacionados os parâmetros de raio e altura e tempo computacional gasto para a estabilização da propagação dos escorregamentos.

Tabela 1. Relação entre raio da base, altura e tempo computacional, valores obtidos a partir de um grade numérica cônica.

Raio	Altura	Tempo
10	50	11
20	50	21
47	10	48
47	20	48
50	10	51
60	30	61
80	20	81

A Figura 1 a seguir, ilustra o modelo matricial cônico, simulado com o Matlab.

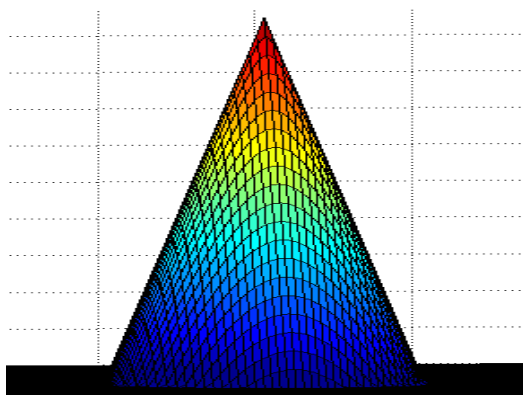


Figura 1. MNT cônico com raio da base 20 e altura 50, obtido a partir do Matlab.

De acordo com a Tabela 1 pode-se constatar que o raio da base foi o fator que contribuiu para o tempo de estabilização do MNT, que para raios da base menores o tempo de estabilização também é menor, visto que há menor distância para a simulação percorrer, bem como a altura não influencia no tempo, pois a medida contada no modelo é o espalhamento a partir de uma dada fonte, para as simulações da tabela 1 a fonte foi situada no vértice do modelo.

A Figura 2 abaixo apresenta a propagação em planta dos autômatos celulares para o modelo da Figura 1.



Figura 2. Simulação para raio 20 e altura 50.

Na Figura 2 acima, a borda vermelha representa os autômatos já estabilizados, não há mais pontos para deslocamento, a região em amarelo ilustra a área propagada e na região em azul não houve simulação.

3.1.2 MNT Picos e Vales

Para validar o modelo computacional foi utilizado, além do modelo cônico, um modelo numérico de terreno com alguns picos e vales, modelo pode ser visualizado na Figura 3 e na Figura 4 é apresentada a vista superior do modelo.

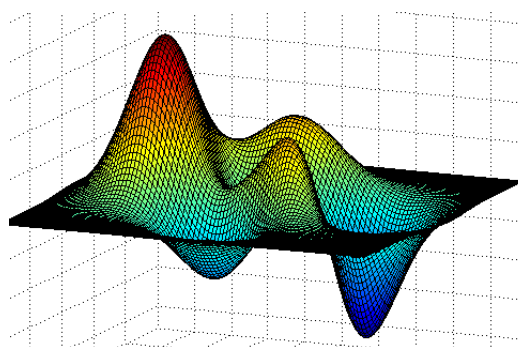


Figura 3. MNT com picos e vales, simulando uma região montanhosa.

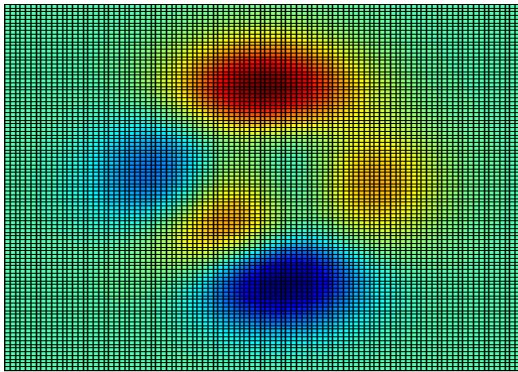


Figura 4. Vista superior do MNT com picos e vales. A intensidade das cores indica a altitude e a profundidade, quanto mais azul, mais profundo, aumento a altitude a tonalidade aproxima-se do vermelho.

Observou-se que o código se propagou somente no sentido descendente, agindo conforme o esperado. A Figura 5 a seguir apresenta o resultado em planta da propagação dos autômatos celulares para o MNT de picos e vales. Nesta figura, a área em vermelho corresponde ao fluxo de detritos, a região em azul corresponde às áreas que não sofreram propagação de massa, por não estarem delimitadas na simulação ou por serem regiões com maior altimetria. A fonte de propagação apresentou-se no pico com maior altitude.

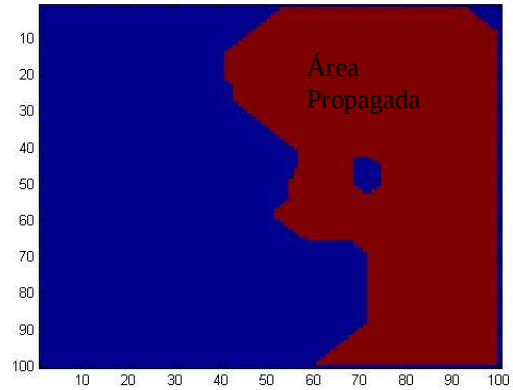


Figura 5. Resultado em planta da propagação dos autômatos parao MNT picos e vales aplicado aos autômatos celulares, simulado para tempo computacional 100.

3.2 MNT Regiões Administrativas

A Figura 6 a seguir representa a carta contendo as fontes do movimento de massa. Na sequência, as Figuras 7 e 8 expõem as trajetórias obtidas para as iterações 50 e 100.

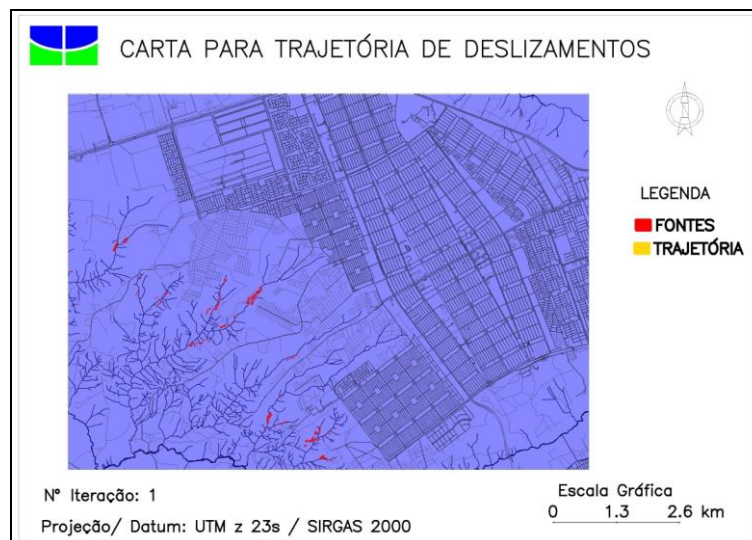


Figura 6. Fonte dos escorregamentos.

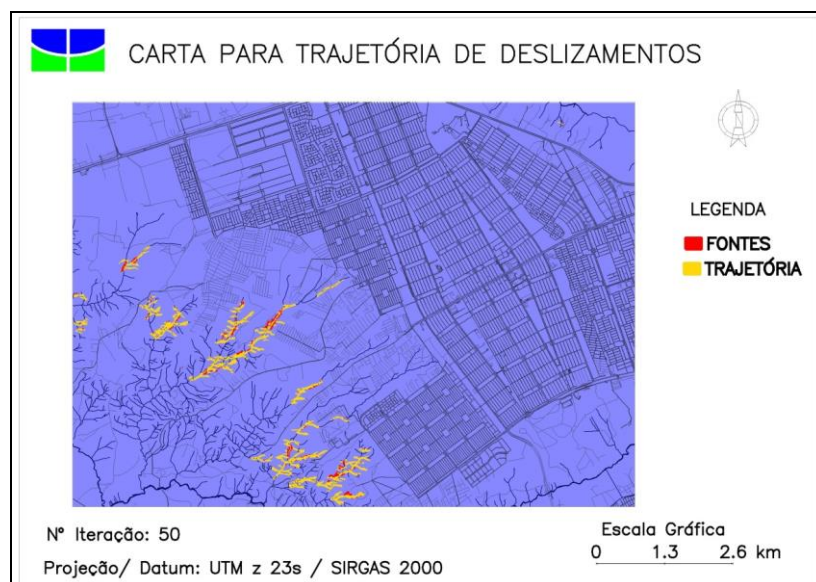


Figura 7. Carta para a iteração 50 da propagação de escorregamentos.

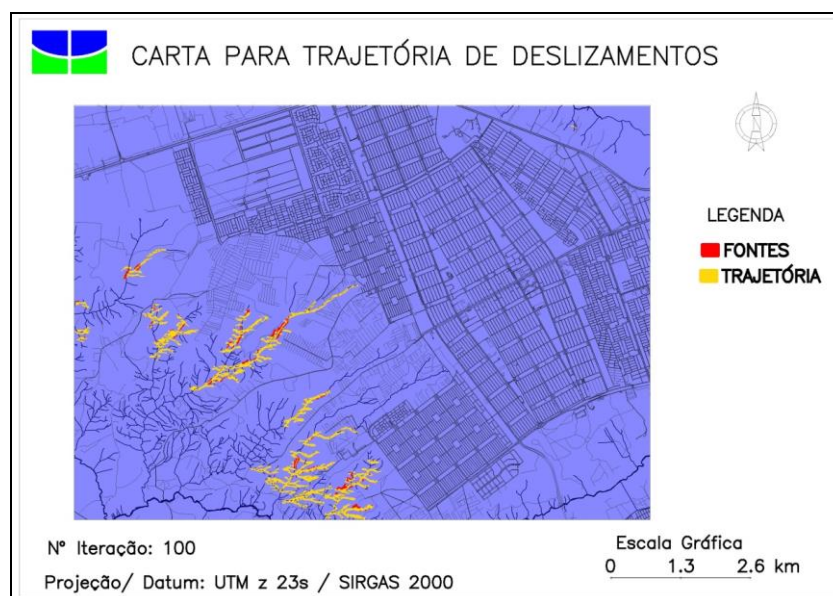


Figura 8. Carta para a iteração final (100) da propagação de escorregamentos.

A partir da Figura 6 acima se pode visualizar que a primeira iteração somente apresentava as fontes dos escorregamentos rasos, enquanto na iteração 50 percebe-se que houve a propagação do evento, evidenciado com o aparecimento das trajetórias de deslizamento.

A partir da análise das figuras anteriores, é possível destaca-se a evolução clara dos escorregamentos desde a sua fonte, tomando uma trajetória clara na direção das vertentes, de forma que a sua área aumentou progressivamente com o aumento dos passos de tempo simulados. Estes resultados demonstram a

capacidade preditiva associada à ferramenta de autômatos celulares.

4 CONCLUSÕES

A partir da validação do código computacional dos autômatos celulares, que foi procedida simulando os modelos numéricos de terreno para teste, foi verificado que o comportamento dos códigos ocorreu de maneira esperada, essa afirmação pôde ser feita, pois o modelo seguiu um fluxo respeitando a declividade do código

computacional, ou seja, de maneira descendente. A partir da validação, foi possível aplicar o código a um MNT real, gerando as trajetórias e as fontes de deslizamento para uma área pertencente às regiões de Ceilândia e Taguatinga.

Destaca-se que as fontes e as trajetórias concentraram-se próximas aos rios. Com o decorrer dos passos de iteração, a trajetória do escorregamento se aproximou das vias. Conclui-se que há possibilidade dos deslizamentos serem desencadeados por erosões, as quais podem ser causadas tanto por fatores ambientais, como chuva, bem como por ação antrópica, por meio da impermeabilização do solo, desmatamento, urbanização.

A partir dos resultados finais das cartas de trajetória, pode-se concluir que há possibilidade de movimentos de massa nas regiões administrativas de Ceilândia e Taguatinga sendo que essas regiões apresentam áreas mapeadas pela Defesa Civil. A ocupação irregular deve ser fiscalizada, pois ainda existem várias regiões de risco ocupadas no Distrito Federal, bem como devem ser criadas políticas públicas para conscientizar e realocar as populações que vivem sob estas condições.

Gremonini, L. e Vicentini, E. (2008) *Autômatos celulares: revisão bibliográfica e exemplos de implementações*. Revista Eletrônica Lato Sensu – UNICENTRO, ed. 6.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro concedido pela Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Azevedo, G.F., Carvajal, H.E.M. e Souza, N.M. (2015) Avaliação do Perigo de Deslizamentos Ocasionados por Chuvas pelo Uso de autômatos Celulares, XV *Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica*, SAIG, Buenos Aires, Argentina, Vol. 1, p. 3089-3096.
- DEFESA CIVIL. Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil. Disponível em: <<http://www.defesacivil.df.gov.br/noticias/item/2099-%C3%A1reas-de-risco-no-df-reduziram-em-2013.html>>. Acesso em: 9 abril 2016.