

DESLIZAMENTOS DE TERRA NA CIDADE DE MACEIÓ, MAPEAMENTO DE ZONAS DE RISCO, APLICANDO FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Aylmiliane Carla Claudino Sobreira dos Santos¹

Karleanny Stefhanny Silva Santos²

Marcelo Santana de Moraes³

Sandra Gomes Bezerra⁴

Paulo Henrique Gomes Silva⁵

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

O aumento populacional e a migração de pessoas das cidades periféricas para as capitais têm se intensificado nos últimos anos e a capital de Alagoas enfrenta a mesma situação. Os problemas acarretados para uma cidade que tem sua população aumentada sem um planejamento são inúmeros, desde o aumento da violência à falta de serviços básicos como saúde e educação e a ocupação de áreas indevidas para fins residenciais devido à falta de condições financeiras para compra de terrenos em locais habitáveis. O aumento do número de mortes por deslizamento de terra na cidade de Maceió tem crescido, com o aumento da população que ocupa áreas de risco de deslizamento. O presente artigo tem como objetivo apresentar uma forma de mapeamento de áreas de risco, utilizando ferramentas computacionais e traçar as relações entre deslizamentos de terra e nível pluviométrico de alguns locais estudados na cidade de Maceió, a intenção é determinar uma forma simples de mapeamento que poderá ajudar a indicar os riscos reais de deslizamentos e as épocas em que esses riscos se intensificam no decorrer do ano.

PALAVRAS-CHAVE

Deslizamentos de Terra. Ocupação Urbana. Zonas de Risco.

ABSTRACT

The population growth and migration of people from outlying towns to the capital has intensified in recent years and the capital of Alagoas faces the same situation. The problems caused to a city that has the population increased without planning are numerous, from the increased violence to lack of basic services such as health and education and the occupation of improper areas for residential purposes due to lack of financial conditions for purchase of land inhabitable places. The increase in the number of death from landslide in the city of Maceio has grown, with the increase of the population that occupies sliding risk areas. This article aims to present a form of risk areas mapping using computational tools and trace the relationship between landslides and pluviometric level in some areas studied in the city of Maceió, the intention is to determine a simple form of mapping that can help by indicating the real risk areas of landslides and the times when these risks are intensified during the year.

KEYWORDS

Landslides. Urban occupation. Risk areas.

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos causadores de deslizamentos de terra são inúmeros, desde o desmatamento do local, o nível de chuva que cai sobre determinada superfície ou mesmo as características físicas do terreno podem desencadear em deslizamentos que causam muitos acidentes. De acordo com a *The International Emergency Disasters Database (EM-DAT)*, uma base de dados que cataloga desastres em todo o mundo desde 1900.

No período de 1900 a 2013 foram registrados 150 grandes desastres naturais no Brasil, que atingiram cerca de 71 milhões de pessoas, causando mais de 10 mil mortes e perdas estimadas em 16 bilhões de dólares, o estado de Alagoas infelizmente não se exclui dos números da pesquisa, não há registro de grandes desastres, envolvendo deslizamentos de terra nos últimos anos, porém é comum receber informações referentes a pequenos deslizamentos, em sua grande maioria devido à ocupação indevida de espaços para fins residenciais, que causam diversas mortes todos os anos, especialmente no período chuvoso, quando o solo está mais propício a acidentes.

O deslocamento de pessoas do interior do estado para capital tem aumentado consideravelmente nos últimos anos e tem se intensificado durante os últimos meses devido à crise financeira, já que as oportunidades estão cada vez mais escassas em todas as regiões e muitas pessoas apostam em uma suposta maior quantidade de oportunidades de emprego na capital do estado, Maceió.

Infelizmente esse aumento repentino na população da cidade tem tido como efeito, a ocupação indevida de áreas impróprias para construção de moradias, já que muitas pessoas vindas de regiões periféricas não encontram na capital as oportunidades que almejavam e acabam se juntando a grande massa de pessoas que já construíam suas casas em áreas de risco, somente aumentando os riscos de morte por deslizamento de terra, já que além da falta de saneamento básico, coleta de lixo e demais serviços públicos essas áreas ocupadas indevidamente, em sua maioria, não possuem vegetação e tem níveis de inclinação que favorecem o deslizamento de terra.

Este trabalho tem como ideia principal propor uma forma simples de mapear áreas de risco e indicar quais os períodos mais problemáticos do ano para alertar a população que já ocupa essas áreas e conseguir criar mapas de locais ainda não ocupados, para determinar se possuem alguma condição de ocupação, considerando as características que favorecem os deslizamentos de terra. Os métodos que vamos aplicar para mapear essas áreas dependem de dados pluviométricos das regiões de estudo e de dados referentes às características espaciais dos locais, que envolvem principalmente as inclinações.

Os procedimentos para obtenção dos dados se iniciam com a pesquisa bibliográfica referente aos dados pluviométricos de Maceió e a obtenção dos dados nos softwares, onde primeiro vamos usar o Google Earth para obtenção de um arquivo que vai conter as informações referentes à latitude, longitude e altura dos locais de estudo, uma ferramenta chamada GeoKML vai converter as coordenadas encontradas anteriormente no Google Earth, que são chamadas de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) para coordenadas topográficas o que vai nos permitir aplicar essas coordenadas convertidas em um programa chamado Topocal, que por sua vez vai realizar a interpolação das amostras e criar as curvas de nível do terreno, a partir das curvas de nível obtidas no Topocal vamos poder fazer uma análise da inclinação do terreno e posteriormente determinar o risco de deslizamento daquele local e quanto esse risco pode ser intensificado, considerando a quantidade de chuva que cai naquela região.

2 OBJETIVO GERAL

Aplicação de ferramentas computacionais para modelagem de superfícies em locais com risco de deslizamento de terra na cidade de Maceió.

2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Fazer o levantamento de dados e fatores que ocasionam os deslizamentos na cidade de Maceió e por meio dos mesmos, com auxílio das ferramentas computacionais, elaborar mapas que vão indicar quais pontos, em um determinado local, tem mais risco de deslizamento e em qual época do ano a situação se agrava.

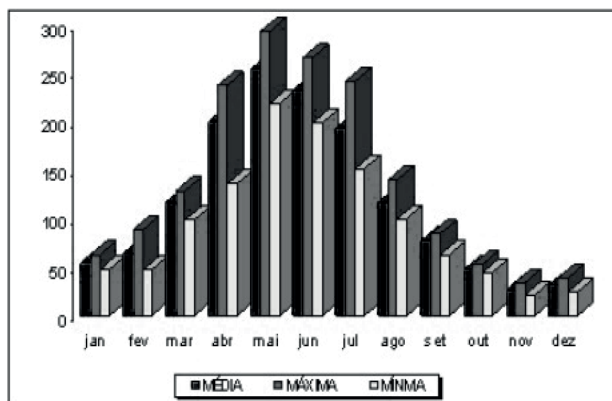
3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DE MACEIÓ

Maceió apresenta clima quente e úmido, caracterizado por apresentar-se sem grandes diferenciações térmicas e precipitação concentrada no outono e inverno, especialmente entre abril e julho, sendo maio o mês de maior precipitação (FIGURA 1) resultado da influência do sistema de circulação intertropical que desenvolve climas controlados por massas quentes equatoriais (Centro dos Açores) e tropicais (Anticiclone do Atlântico Sul). Da ação desses sistemas e da localização da área em baixas latitudes, resultam as temperaturas elevadas e precipitações abundantes.

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período entre 1691 e 2013, a menor temperatura já registrada em Maceió foi de 15°C em 31 de Julho de 2005 e 10 de agosto do mesmo ano, e a maior atingiu 38,4° em 25 de novembro de 2005. O maior acumulado de precipitação em 24 horas foi de 187,8 mm em 5 de julho de 2010. Alguns outros grandes acumulados foram 180,7mm em 1º de junho de 2004, 173 mm em 30 de maio 2016 e 155,2 mm em 27 de maio de 2009. O maior volume mensal foi de 788,5 mm em maio de 2009.

Figura 1 – Regime Pluviométrico Mensal de Maceió-AL

Var/Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
média	59,5	69,0	122,4	206,3	260,7	238,8	198,3	122,5	81,9	52,5	32,8	37,1
máxima	68,0	94,0	134,1	243,5	299,3	272,2	248,0	145,4	89,7	58,0	39,9	43,7
minima	53,1	52,0	103,4	141,8	224,4	205,0	157,2	106,0	68,0	49,4	27,0	29,8



Fonte: Comportamento do regime pluviométrico mensal para capital alagoana (2009).

3.1 RELAÇÃO ENTRE SOLO ÚMIDO E DESLIZAMENTO

O deslizamento de terra é na verdade apenas uma categoria dos chamados movimentos de massa: processo de vertente que envolve o desprendimento e transporte de solo e/ou material rochoso encosta abaixo. Os deslizamentos, assim como outros movimentos de massa, fazem parte da dinâmica natural de transformação e formação da crosta terrestre e estão relacionados também a fenômenos naturais como gravidade e variações climáticas. Esses movimentos podem ocorrer lentamente durante anos ou podem acontecer em questão de minutos.

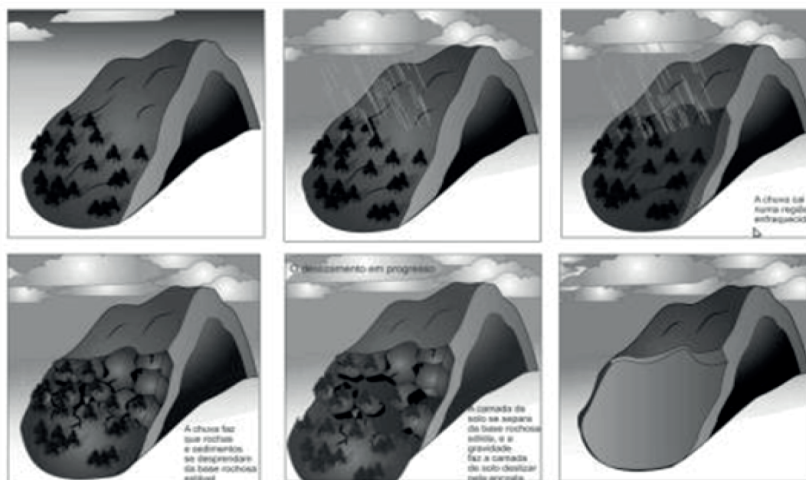
Acontece que, quando estes movimentos acontecem em locais onde ocorre a ocupação humana os resultados podem ser desastrosos. Em uma situação de deslizamento, casas inteiras, rodovias e tudo o que estiver no caminho pode ser levado encosta abaixo ou acabar soterrado. O problema é que na maioria das vezes a situação poderia ser evitada.

Embora os deslizamentos e outros movimentos de massa sejam fenômenos naturais, alguns fatores externos relacionados à ocupação antrópica interferem decisivamente na ocorrência ou agravamento destes movimentos. O principal é a ocupação desordenada de encostas e morros que adicionam carga extra ao peso da massa sedimentada já existente ali, e a consequente supressão da vegetação natural que deixa o solo ainda mais exposto à ação do intemperismo físico (meteorização mecânica) (FIGURA 3)

O solo exposto sofre compactação devido ao impacto das gotas de chuva e acaba surgindo áreas de escoamento com o consequente surgimento de rachaduras e fendas que favorecem os deslizamentos. A construção de estradas em locais inadequados também contribui para a ocorrência de deslizamentos por causa das vibrações provocadas pelo tráfego intenso que acaba causando instabilidade nas encostas. Quanto mais íngreme for a encosta, maior a possibilidade de que ocorram deslizamentos.

Basicamente, os deslizamentos de terra ocorrem quando o solo que está sobre uma camada rochosa sofre desagregação (devido a alguns dos fatores citados acima) e, literalmente, escorrega sobre essa camada. O deslizamento ocorrerá quando a força da gravidade, atuando sobre a encosta for maior que o atrito existente entre as partículas.

Figura 3 – Fatores de deslizamentos



Fonte: Nota Positiva (2016)

3.2 DESLIZAMENTOS NA CIDADE DE MACEIÓ

Todos os anos quando se inicia o período de chuvas em Maceió, além dos alargamentos, barreiras e encostas deslizam e causam destruição de inúmeras casas. Por vezes, até mortes ocorrem por causa disso. Para piorar, não são poucas as pessoas que vivem em locais de risco e, sem ter para onde ir, preferem ficar à mercê da sorte.

Provocado pelo peso de materiais sólidos como rochas, vegetação e material de construção em um solo argiloso e em terreno inclinado somado à força da gravidade, o deslizamento é fruto do descuido histórico do crescimento da cidade no período chuvoso, o risco desse tipo de incidente ocorrer é ainda maior.

Quanto mais construções nas encostas, menos vegetação. Portanto, o que já não é seguro fica pior. O solo desmatado fica exposto à ação erosiva da chuva, erodindo o solo pelo impacto superficial das chuvas. A água que infiltra e encharca o solo, aumenta a pressão e o peso, causando o deslizamento de terra e o desmoronamento das casas, cujas estruturas estão fixadas na rocha sedimentar, logo essa desaba junto com o solo.

3.3 LOCAIS DE ESTUDO

As discussões a respeito das ocupações desordenadas em áreas de risco e dos desastres naturais têm-se intensificado no meio acadêmico, em diversos setores do

poder público e na comunidade civil, o interesse sobre esses fenômenos tem levado pesquisadores, planejadores e gestores do setor público a pensar em novas estratégias e soluções para os moradores que já estão instalados em áreas de riscos.

Os processos morfológicos estão relacionados aos diferentes níveis topográficos e características morfológicas intrínsecas aos terrenos analisados, são importantes para a evolução do relevo e, no entanto, nas cidades, eles assumem em geral, proporções catastróficas, uma vez que causam danos materiais e perdas de vidas humanas, o estudo foi desenvolvido para mapear áreas de risco por meio de interpolação por triangulação que tem como o objetivo alertar os moradores sobre os possíveis desastres.

Segundo a Defesa Civil, a cidade de Maceió tem cerca de 575 áreas de risco. Os maiores pontos de risco estão localizados nos bairros de Benedito Bentes, Chã da Jaqueira, Tabuleiro dos Martins, na Orla Lagunar – no trecho que compreende da Vila da Redenção até Fernão Velho, no Vale do Reginaldo e no Litoral Norte de Maceió.

Foram escolhidos dois bairros para estudo: Bebedouro e Mutange. Os Bairros foram escolhidos baseados nas pesquisas já existentes referentes a zonas de risco na cidade de Maceió. No bairro de Bebedouro vamos estudar a região delimitada entre a Rua Dr. Oswaldo Cruz e a Rua Tobias Barreto, conforme a Figura 4 abaixo:

Figura 4 – Região de Estudo, Bairro Bebedouro, Maceió



Fonte: Elaborado pelos Autores.

No bairro do Mutange, a região que vamos estudar é a delimitada entre a Rua Bela Vista e a Avenida Major Cicero de Goes Monteiro, conforme Figura 5 abaixo:

Figura 5 – Região de Estudo, Bairro Mutange, Maceió



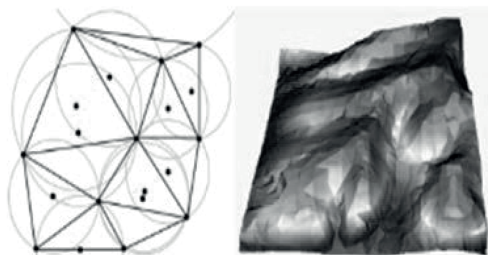
Fonte: Elaborada pelos Autores.

3.4 INTERPOLAÇÃO POR TRIANGULAÇÃO

Os métodos de interpolação aplicados para realizar análises espaciais são diversos, cada um aplicado em uma ocasião específica, ou em alguns projetos, diversos métodos são testados para se chegar ao melhor resultado possível, entre os mais aplicados se encontram a interpolação por krigagem, interpolação pelo inverso da distância à potência (IWD) e a interpolação por redes de triangulação irregular (TIN).

A interpolação por redes de triangulação irregular consiste em criar uma superfície formada por triângulos a partir de pontos vizinhos mais próximos. Para fazer isso, círculos circunscritos são inseridos em volta dos pontos amostrais e suas intersecções são conectadas por uma rede de triângulos não sobrepostos mais compacto possível, dessa forma é possível extrair novos dados a partir dos dados amostrais utilizados no projeto. Esse tipo de interpolação é bastante aplicado em softwares usados para criar superfícies tridimensionais em situações que o usuário não possui amostras suficientes para determinar com exatidão a forma da superfície desejada. Um exemplo de como a interpolação por triangulação irregular funciona está na Figura 6:

Figura 6 – Interpolação Por Triângulos Irregulares



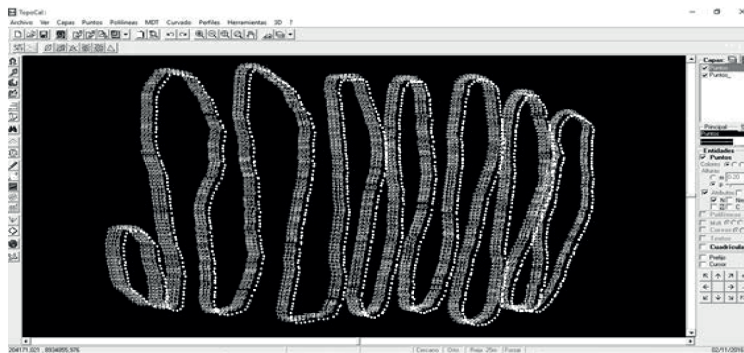
Fonte: Mitas e Mitsova (1999).

Na Figura 6 os pontos pretos unidos por triângulos irregulares mostram as amostras previamente obtidas, já os pontos vermelhos são resultado da interpolação. É importante salientar que para criação da superfície, no caso específico da Figura 6, é necessário que as amostras possuam dados de profundidade.

Uma das ferramentas que aplicam esse tipo de interpolação é o Topocal, um programa direcionado a área de topografia que serve para mapear superfícies e gerar as curvas de nível do local. As curvas de nível são linhas que determinam a declividade de um determinado local. Podemos ver nas Figuras abaixo como o Topocal processa as informações inseridas e cria as curvas de nível de uma superfície a partir de amostras obtidas previamente.

Primeiro o programa recebe as amostras coletadas por meio de uma planilha e cria uma visualização das amostras no espaço.

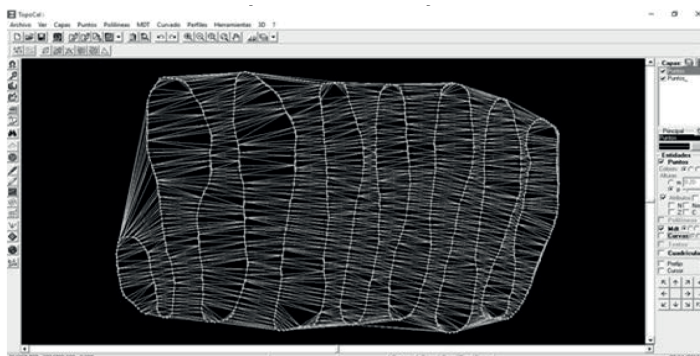
Figura 7 – Amostras Dispostas no Software Topocal



Fonte: Elaborada pelos Autores.

Depois, por meio de um comando, o programa faz a interpolação por rede de triangulação irregular e a partir das amostras obtidas cria novos pontos para posteriormente traçar as curvas de nível.

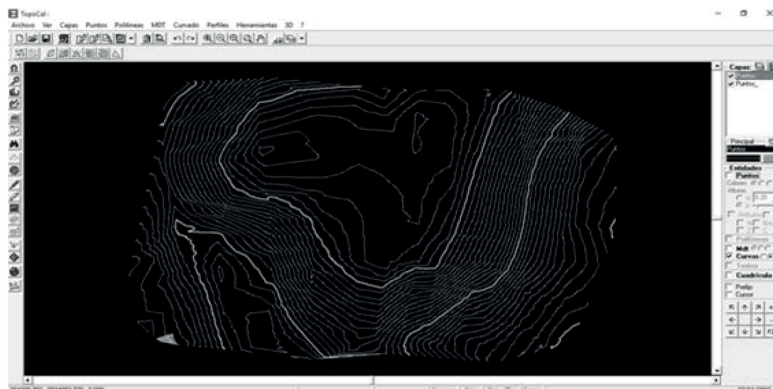
Figura 8 – Interpolação Por Triangulação no Software Topocal



Fonte: Elaborada pelos Autores.

Por fim o programa esboça as curvas de nível da superfície da região, usando tanto as amostras quanto os dados interpolados para atingir um nível mais alto de precisão no mapeamento.

Figura 9 – Curvas de Nível Criadas Pelo Software Topocal



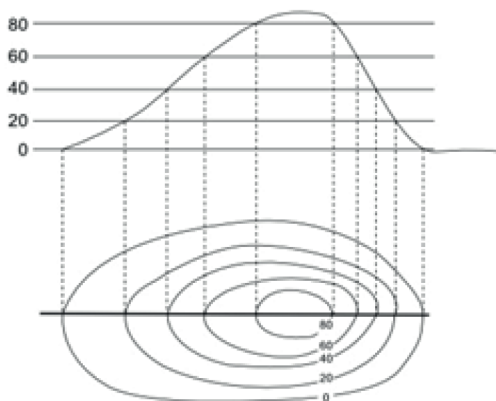
Fonte: Elaborada pelos Autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DOS DADOS

As curvas de nível são representações do relevo produzidas por meio da utilização de linhas imaginárias conhecidas como linhas altimétricas. Elas possuem o mérito de representar em uma superfície plana os desníveis e a declividade topográfica.

Figura 10 – Interpretação de Curvas de Nível



Fonte: Pena (2016).

Como podemos ver na Figura 10, uma das características que podem ser observadas ao analisar as curvas de nível é que quanto mais próximo for o espaçamento

entre elas mais inclinado é o perfil da região estudada e que a partir dos números (cotas) encontradas podemos ter uma noção da inclinação do terreno em um ponto específico.

O terreno destinado à ocupação imobiliária residencial, comercial ou mesmo industrial é proibido por lei (Lei Federal nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979) a ter uma inclinação superior a 30% salvo se atendidas as exigências específicas do projeto para situação. Essa inclinação é calculada pela seguinte fórmula:

$$D\% = \frac{V}{H} \times 100$$

Onde:

D%= Percentual de Inclinação

V= Variação de Cota (inclinação)

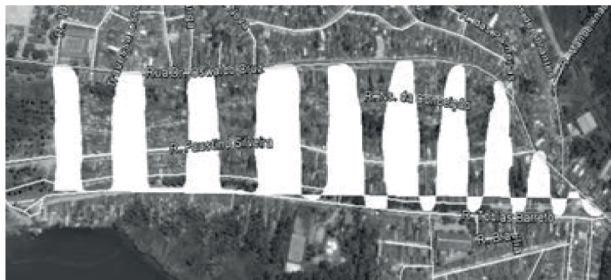
H= Distância Entre as Cotas (pontos analisados)

A partir das curvas de nível de um determinado local é possível determinar se sua inclinação está ou não dentro do recomendável para habitação.

4.2 MAPEAMENTO DAS ÁREAS

Conforme determinado foram selecionadas áreas de estudo nos bairros Mutange e Bebedouro, na cidade de Maceió. O primeiro passo foi realizar o mapeamento da área a partir da ferramenta Google Earth. A partir desse Mapeamento vamos obter o arquivo com as coordenadas UTM do local conforme a Figura 11.

Figura 11 – Mapeamento de Áreas com o Google Earth

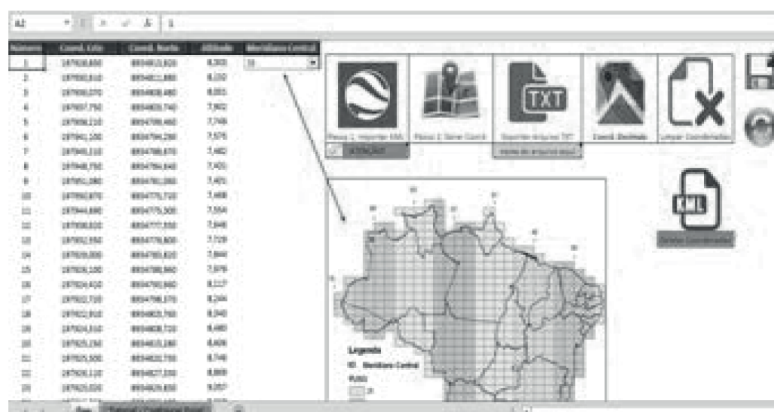


Fonte: Elaborada pelos Autores.

As linhas na Figura representam os locais onde foram coletadas as amostras de latitude, longitude e elevação a partir dos dados de satélite da plataforma.

Após a coleta dos dados, foi realizada a conversão de coordenadas do formato UTM para coordenadas cartográficas a partir da plataforma GeokML, conforme a Figura 12.

Figura 12 – Conversão de Coordenadas na Plataforma GeoKML

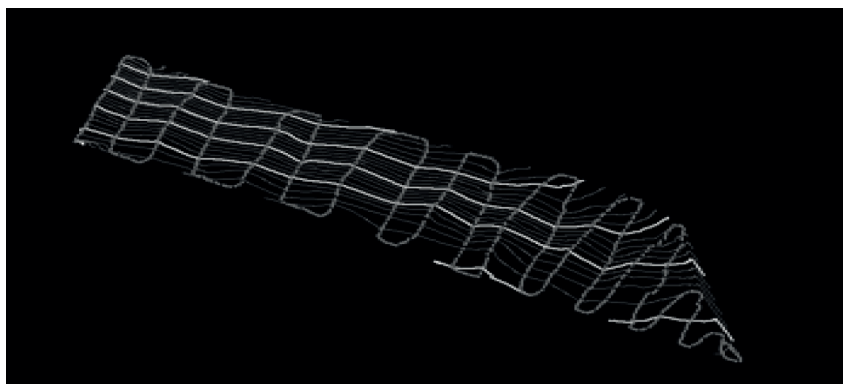


Fonte: Elaborada pelos Autores.

A conversão das coordenadas se dá automaticamente pela plataforma GeoKML. O mapeamento no bairro de Bebedouro resultou em 729 amostras, já o mapeamento realizado no bairro Mutange resultou em 815 amostras.

As amostras convertidas são aplicadas agora na plataforma Topocal. A partir dos dados de latitude, longitude e elevação das amostras o programa realizará a interpolação para gerar mais amostras a partir das originais e também traçará as curvas de nível para que possamos realizar as análises que vão determinar os riscos reais de deslizamento de terra.

Figura 13 – Amostras Estudadas Dispostas no Software Topocal



Fonte: Elaborada pelos Autores.

4.3 ANÁLISE DA REGIÃO ESTUDADA - BEBEDOURO

A partir do método proposto no presente artigo foi realizado o mapeamento da área compreendida entre as ruas a Dr. Oswaldo Cruz e Tobias Barreto. Foi constatado

que existem diversos pontos que excedem a margem de segurança para construir, considerando a inclinação do local, mas também foi notado que em alguns pontos seria possível construir residências sem que houvesse problemas de deslizamento, porém como a área já se encontra habitada por completo, todas as residências estão em riscos, já que o desabamento em um ponto mais alto da região pode afetar as casas construídas em pontos mais baixos.

Pode-se ver na Figura 14 que a inclinação chega a 39% que já se encontra fora do permitido pela lei para construção. É importante salientar que a lei determina 30% como limite para loteamentos, porém, considerando a precariedade de diversas construções, é recomendado que áreas com inclinação superior a 15% não sejam ocupadas, por possuírem um ângulo que favorece o escoamento da água de uma forma que pode causar acidentes e danos às estradas traçadas no local.

Figura 14 – Análise das Curvas de Nível – Bairro Bebedouro



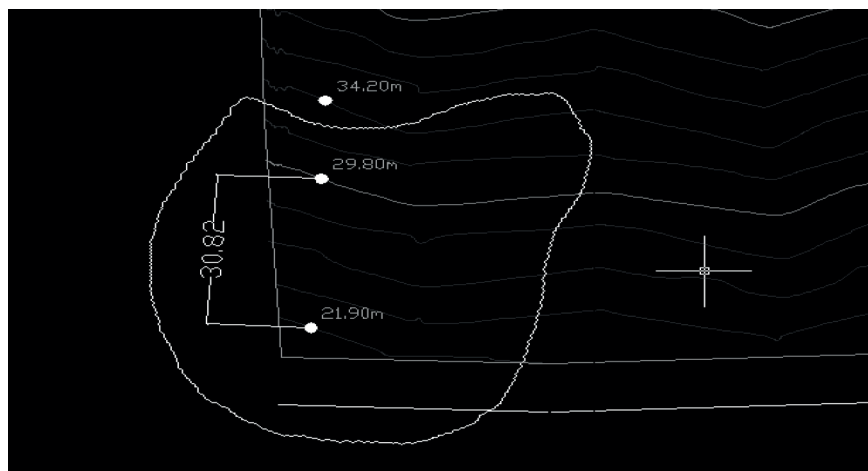
Fonte: Elaborada pelos Autores.

Ao considerar os dados pluviométricos do local, é notável que o período entre o mês de abril e o mês de julho tem um risco de deslizamento maior em relação ao restante do ano, porém, segundo a Figura 1, o risco pode se intensificar no mês de maio, que é o mês que demonstra maior precipitação de chuva.

4.4 ANÁLISE DA REGIÃO ESTUDADA – MUTANGE

Também, seguindo o método proposto no presente artigo foi realizado o mapeamento da região compreendida entre a Rua Bela Vista e a Avenida Major Cicero de Goes Monteiro, no bairro do Mutange, Maceió, é notável a irregularidade do terreno, apesar de não exceder em nenhum ponto o nível máximo de inclinação imposto pela lei para construção (30%) a variação média do terreno gira em torno dos 20%, conforme Figura 15.

Figura 15 – Análise das Curvas de Nível – Bairro Mutange



Fonte: Elaborada pelos Autores.

Ainda seguindo os dados da Figura 1 é nítido que o período com maior probabilidade de deslizamentos é o período entre os meses de abril e junho e o mês com maior precipitação de chuva, maio, é o mês em que os riscos de deslizamentos se intensificam ainda mais.

5 CONCLUSÃO

Com os constantes problemas que enfrentamos em todo o país com relação a desastres naturais e desmoronamentos de terra é importante que iniciativas sejam tomadas para se antecipar a acidentes. A proposta apresentada no presente artigo indica o início de um estudo mais amplo dos efeitos causadores de deslizamentos de terra em uma determinada região de e mostra que boa parte dos dados necessários para realizar esses estudos estão disponíveis em meios públicos.

Baseado nos dados apresentados somos levados a acreditar que o modelo proposto no presente artigo é de grande valia para o mapeamento de zonas de risco de deslizamentos e que o mesmo método pode ser aplicado em diversas outras áreas de estudo, já que todos os dados necessários são de fácil acesso e a metodologia aplicada não demanda grandes esforços ou softwares de complexibilidade muito alta.

REFERÊNCIAS

COSTA, Micajene; SANTOS, paulo; CAMPOS, Natália. Comportamento do regime pluviométrico mensal para capital alagoana. 2009. Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2009/cba2009/382.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

MITAS, L.; MITASOVA, H. **Spatial Interpolation**. 1999. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.224.5959&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

PENA, Rodolfo F. Alves. Curvas de Nível. **Brasil Escola**. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/curvas-nivel.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

NOTA POSITIVA. Disponível em: <http://www.notapositiva.com/pt/trbest bs/biologia/10_terra_unico_planeta_proteger_d.htm>. Acesso em: 18 nov.2016.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

Data do recebimento: 18 de Dezembro de 2016

Data da avaliação: 13 de janeiro de 2017

Data de aceite: 9 de fevereiro de 2017

-
1. Discente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: aylmiliane@outlook.com
 2. Discente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: karleanny.s@gmail.com
 3. Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: marcelo_s.moraes@hotmail.com
 4. Discente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: dsandra_gomes25@hotmail.com
 5. Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: paulo.henrique@souunit.com.br