

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE DESLIZAMENTOS NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS (RJ) ENTRE 1940 A 2015.

Andressa Karen da Silva Nemirovsky¹

Luciana Viana Neves²

Manoel do Couto Fernandes³

85

Resumo. O município de Petrópolis apresenta um histórico de desastres naturais relacionados a deslizamentos que desencadeiam danos ambientais e sociais. Neste contexto, com base em um banco de dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e dados levantados pelo Laboratório de Cartografia da UFRJ (GeoCart), seguindo os mesmos procedimentos realizados pelo IPT, o presente trabalho faz a análise espacial dos deslizamentos ocorridos no município para o período de 1940 a 2015, utilizando o estimador de intensidade Kernel. Os resultados apontam que a maior concentração dos eventos de deslizamentos se encontra nas áreas do Centro Histórico e Alto da Serra.

Palavras-chave: Deslizamento; Análise Espacial; Kernel Density; Petrópolis; Desastres naturais.

ANALYSIS OF THE SPACE DISTRIBUTION OF SLIDES IN THE MUNICIPALITY OF PETRÓPOLIS (RJ) FROM 1940 TO 2015.

Abstract. The municipality of Petrópolis presents a history of natural disasters related to landslides that trigger environmental and social damages. In this context, based on a database of the Technological Research Institute (IPT), and data collected by the Cartography Laboratory of the UFRJ (GeoCart), following the same procedures performed by the IPT, the present work makes the spatial analysis of the landslides in the municipality for the period from 1940 to 2015, using the Kernel intensity estimator. The results showed that the greatest concentration of landslide events is found in the Centro Histórico and Alto da Serra areas.

¹ Mestranda, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia, andressakne@gmail.com.

² Doutoranda, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia, ciana.vn@gmail.com.

³ Professor Associado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia, manoel.fernandes@ufrj.br.

Keywords: Landslides; Spatial Analysis; Kernel Density; Petrópolis; natural disasters.

**ANALYSE DE DISTRIBUTION SPATIALE DE GLISSEMENTS DE TERRAIN
DANS LA MUNICIPALITÉ DE PETRÓPOLIS (RJ) ENTRE 1940 ET 2015.**

Résumé. La municipalité de Petrópolis présente un historique des catastrophes naturelles liées aux glissements de terrain qui provoquent des dommages environnementaux et sociaux. Dans ce contexte, sur la base d'une base de données de Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), et données collectées par le Laboratório de Cartografia da UFRJ (GeoCart), en suivant les mêmes procédures effectuées par IPT, le présent travail effectue une analyse spatiale des glissements de terrain survenus dans la municipalité pour la période allant de 1940 à 2015, en utilisant l'estimateur d'intensité du Kernel. Les résultats indiquent que la plus grande concentration d'événements de glissements de terrain se trouve dans les zones du Centro Histórico et Alto da Serra.

Mots-clés: Glissements de terrain; analyse spatiale; intensité du Kernel; Petrópolis; catastrophes naturelles.

Introdução: do planejamento urbanístico, problemas ambientais e uso de geotecnologias

O processo de ocupação do município de Petrópolis está associado a interesses econômicos da coroa portuguesa na extração e no escoamento seguro do ouro entre a Capitania de Minas Gerais e o porto do Rio de Janeiro. O atual município se encontra no caminho que encurtava a distância entre as duas capitanias, em cerca de 4 a 5 dias de viagem, além de ser menos íngreme e perigoso (RABAÇO, 1985; LAETA & FERNANDES, 2015; NEVES, 2017).

Neste contexto, Petrópolis surge mediante a um planejamento urbanístico conhecido como plano "Povoação-Palácio de Verão" ou Plano Koeler, que foi a base para a ocupação do atual município, dando origem ao decreto imperial nº 155, assinado em 16 de março de 1843 (RABAÇO, 1985). O plano visava a ocupação dos vales ao longo do rio Piabanha e seus afluentes, com as frentes das casas voltadas para o rio, arborização de ruas e praças, canalização de rios e arborização de suas margens. Com isso, pretendia evitar o esgotamento dos recursos hídricos e os deslizamentos das encostas

ocasionados pelas chuvas de verão (LORDEIRO, 2000), visto que estes problemas já eram registrados desde o século XIX.

Localizado na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, o município de Petrópolis (Figura 1) abrange a escarpa e o reverso da Serra do Mar. Possui uma área de 795,871 km², com aproximadamente 858 metros de altitude e 298.235 habitantes (estimativa do IBGE para 2017). Além disso, é dividido em cinco distritos, a saber, Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e Posse. É no primeiro distrito (Petrópolis) que se encontra a área gênese do município, a área contemplada pela Planta Koeler (GUERRA *et al.*, 2007).

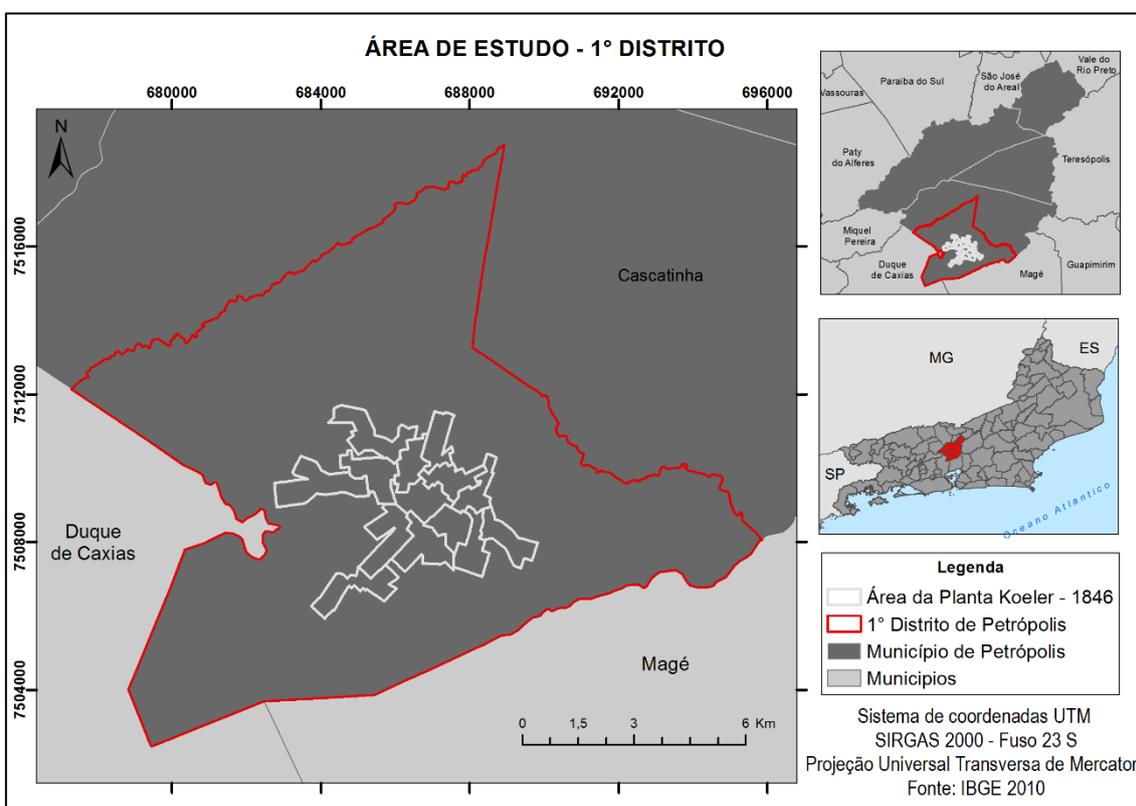


Figura 1: Localização do município de Petrópolis – RJ.

De acordo com Lopes (2003) e Guerra *et al.*, (2007), o primeiro distrito possui um relevo mais acidentado, por causa do processo de intemperismo. A área de estudo possui solos profundos, serras escarpadas, serras isoladas e locais, colinas e morros. É caracterizada pelo bioma Mata Atlântica, que se encontra com a vegetação nativa reduzida em cerca de 22%. O desmatamento da floresta otimiza os processos erosivos e os movimentos de massa catastróficos. Atualmente, observa-se nas reservas e parques pequenos trechos com predomínio da vegetação secundária, devido ao aumento da concentração urbana

na área do primeiro distrito, além da falta de planejamento e fiscalização por parte da prefeitura (GUERRA *et al.*, 2007).

Em virtude da sua posição topográfica e latitudinal, o município é caracterizado com o clima tropical mesotérmico brando superúmido marcando duas estações, invernos secos, verões quentes e chuvosos. Também, apresenta um regime de chuvas anual de aproximadamente 2.272,9 mm, concentradas principalmente entre os meses de novembro e março (NIMER, 1989). Esta elevada precipitação contribui com a saturação do solo e, conseqüentemente, com o aumento da suscetibilidade de ocorrer movimentos de massa.

Diante do exposto, observa-se o aumento das ocorrências de desastres naturais, relacionados aos movimentos gravitacionais de massa, principalmente na área gênese do município, devido a crescente ocupação de encostas, além de outras intervenções antrópicas, como desmatamentos, cortes sem um estudo e planejamento prévio, ou criação de políticas públicas (FERNANDES & AMARAL, 2000; TOMINAGA *et al.*, 2009; AMBROZIO, 2013).

Em vista de minimizar este problema, o uso do geoprocessamento, como um importante conjunto de geotecnologias, vem sendo empregado em diversas áreas, como nas análises geoecológicas, análise de recursos naturais, no planejamento urbano e regional, pois ele tem a capacidade de armazenar, organizar, manipular e fazer a análise espacial e integrativa de um grande volume de dados complexos em uma única base de dados de informação espacial, dando subsídio para a tomada de decisão, bem como entender o relacionamento espacial entre os diferentes tipos de variáveis (CARVALHO & SANTOS, 2000; CÂMARA *et al.*, 2001 & 2004; MENEZES & FERNANDES, 2013).

Neste trabalho, o geoprocessamento será utilizado para inferir as áreas que apresentam uma maior concentração de registros de desastres naturais relacionados a deslizamentos.

Metodologia: Os processos que foram utilizados para chegar ao resultado final

O trabalho foi elaborado ao longo de três etapas, conforme pode ser observado na Figura 2 abaixo.

Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

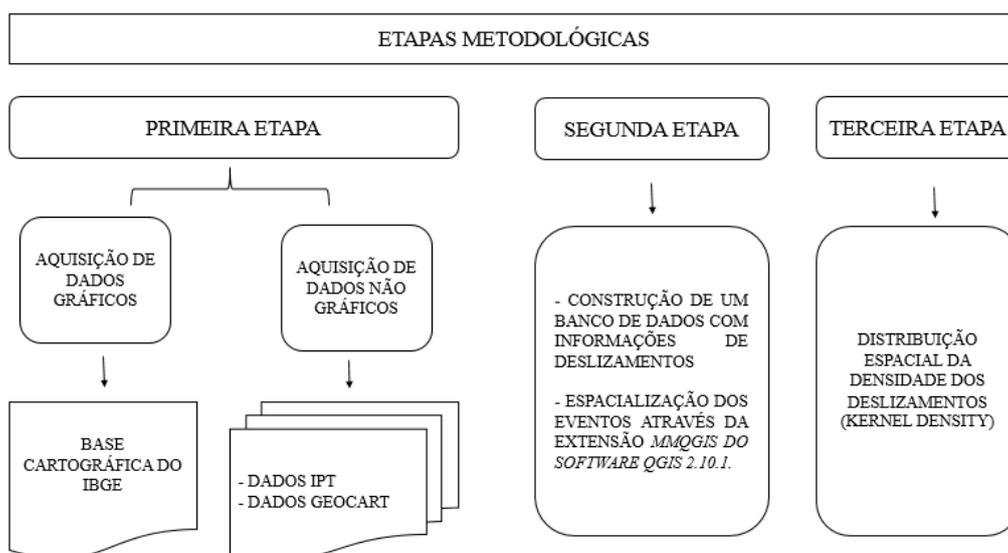


Figura 1. Etapas metodológicas do trabalho.

A primeira etapa do trabalho consistiu na aquisição de dados não gráficos e gráficos. A aquisição de dados não gráficos fora feita a partir de um banco de dados pré-existente de escorregamento referente à cidade de Petrópolis catalogado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em 1991, com registros de deslizamentos ocorridos no período de 1938 a 1989, que foram cedidos pelo Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos (LAGESOLOS) da UFRJ. Além destes dados, a série temporal até o ano de 2015 foi completada com o levantamento realizado por Neves (2017), vinculada ao Laboratório de Cartografia da UFRJ (GeoCart), seguindo metodologia semelhante a utilizada pelo IPT.

Para os dados gráficos, foi utilizada a base cartográfica do IBGE de 2010, que se encontra na escala 1:250.000 e contempla os limites dos municípios, distritos e bairros do estado do Rio de Janeiro. Nesta, foi definida a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), e o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000.

A segunda etapa do trabalho, consistiu no tratamento e na organização dos dados adquiridos por meio da construção de um banco de dados, em planilha do Excel. Estes foram registrados com base em jornais locais, tanto pelo IPT (1991) como por Neves (2017). Posteriormente, os endereços dos eventos registrados foram espacializados

através da extensão MMQGIS do *Software QGIS 2.10.1.*, o qual atribuí coordenada geográfica (Longitude, Latitude) aos endereços, conferindo-lhes a característica de uma informação geoespacial (MINN, 2017). Foram identificados no município um total de 1425 eventos, reflexo de 342 dias de ocorrência de deslizamentos, dos quais, 1151 (262 dias) estão inseridos no primeiro distrito de Petrópolis.

Na terceira etapa do trabalho, foi feita a distribuição espacial da densidade dos deslizamentos com base nos produtos gerados através do uso da ferramenta *Kernel Density* do *Software ArcGis 10.1*, que calcula a densidade de feições, como ponto ou linha, a partir de um raio estabelecido em torno das feições da vizinhança.

De acordo com Câmara *et al.* (2004) e Souza *et al.* (2013), o estimador de intensidade ('Kernel'), ou a função Kernel é uma 'distribuição gaussiana, onde a medida da distância é um parâmetro da distribuição' (LONGLEY *et al.*, 2015). Sendo assim, cada ponto de uma amostra N passa a ser associado a uma função kernel, que gera a partir do seu raio ou parâmetro de distância, uma área ou nuvem ('Cluster') de influência, em que a união dessas funções irá produzir uma superfície contínua de densidade, como pode ser visto na Figura 3.

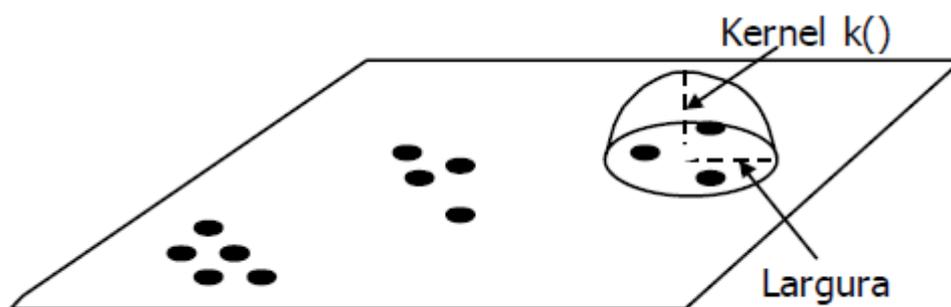


Figura 2. Exemplo de como é feito o cálculo do kernel. Onde, Kernel $k()$ representa valor da função kernel e a Largura ao valor do raio ou parâmetro da distância. Adaptado de Câmara *et al.* (2001).

Por outro lado, há uma desvantagem quanto a dependência com o valor do raio, e em alguns casos ocorre a excessiva suavização da superfície mascarando variações de locais importantes (SILVERMAN, 1986; CÂMARA *et al.*, 2004).

Inicialmente, foi gerado um Kernel da intensidade dos eventos de deslizamentos para o município e em seguida para o primeiro distrito, depois de terem sido realizados alguns testes para inferir o tamanho do raio que seria empregado. A tabela 1 indica o valor do raio de influência aproximado e o tamanho da célula, apoiado no padrão de exatidão cartográfica (PEC).

TABELA 1. CARACTERÍSTICA DOS MAPAS DE KERNEL PARA CADA EVENTO.

Área	Raio (m)	Tamanho da Célula (m)
Município de Petrópolis	15.600	5
Primeiro Distrito	720	5

Resultado: das análises espaciais feitas no município e no primeiro distrito de Petrópolis.

Na Figura 4, é apresentado o mapa com a intensidade dos eventos de deslizamentos, do período de 1940 a 2015, para toda a área do município de Petrópolis, gerado através da ferramenta *Kernel Density* do *Software ArcGis 10.1*.

Os resultados mostraram que a alta intensidade dos eventos de deslizamentos ocorre no primeiro distrito, Petrópolis, seguido por Cascatinha, apresentando uma média intensidade e, por fim, os distritos de Itaipava, Pedro do Rio e Posse, com baixa intensidade. É importante ressaltar, que o primeiro distrito é mais urbanizado que os demais distritos do município, o que pode elevar o número de pessoas vulneráveis aos eventos de deslizamentos.

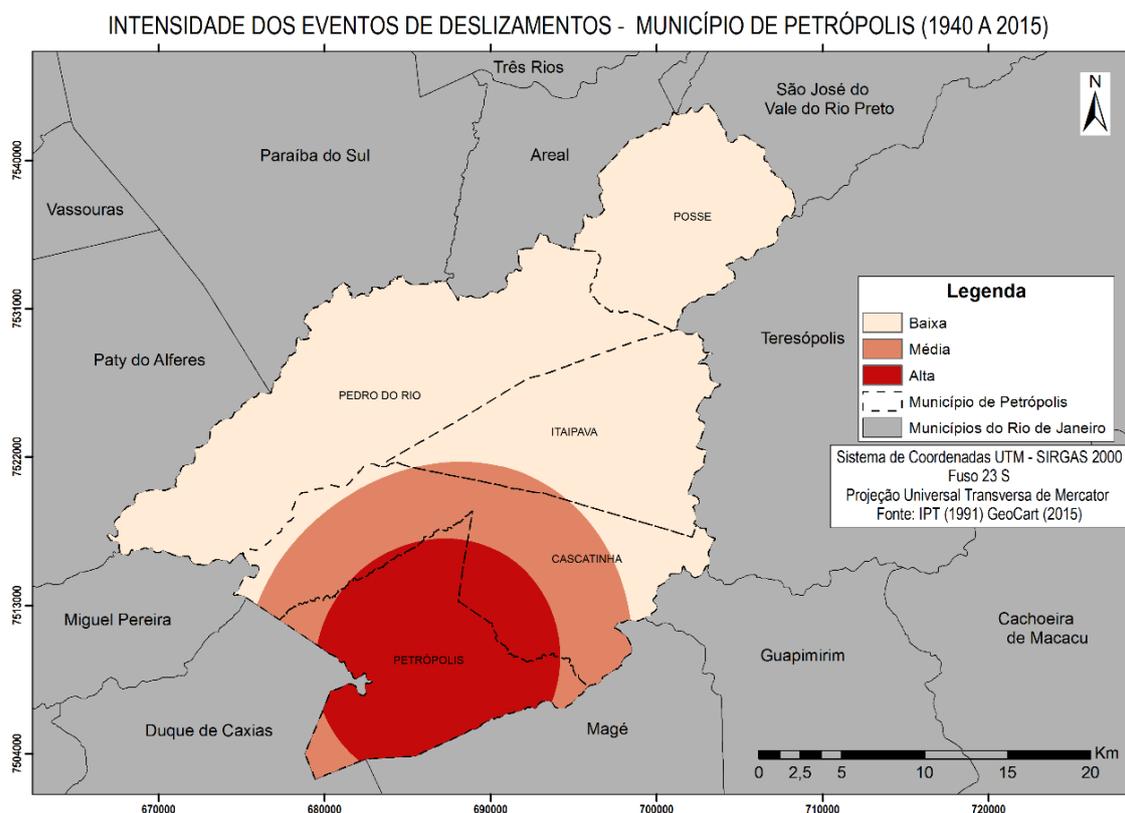


Figura 4. Mapa da intensidade de deslizamentos no município de Petrópolis no período de 1940 a 2015.

Dessa forma, a partir do mapa da Figura 4, optou-se em trabalhar apenas com o primeiro distrito, Petrópolis, dado que este concentra a maior parte das ocorrências de deslizamento. Consequentemente, fez-se uma análise da concentração dos deslizamentos para o primeiro distrito, como é exibido na Figura 5.

Nota-se que a maior parte deles ocorre principalmente no Centro Histórico e na localidade Alto da Serra, sendo assim, estas áreas foram classificadas como alta intensidade, ao passo que, nas demais localidades predominam as médias e baixas intensidades.

Ambrozio (2013) e Neves (2017) também chegaram à conclusão extraída do mapeamento de que a parte central do primeiro distrito e suas adjacências são onde tem a maior frequência desses eventos. Local, também, em que há maior concentração da população urbana do município, bem como, a construção de casas irregulares, que amplia os impactos causados pelas fortes chuvas.

Desta maneira, de acordo com Neves (2017), em sua análise espacial para os desastres naturais que ocorreram no primeiro distrito, foi apontado que 89% deles são de deslizamentos, dos quais, 83,05% ocupam a área da Planta Koeler. Planta esta que foi a base para o planejamento urbanístico da região. Destaca-se, também, em seu estudo, que 87,7% dos deslizamentos ocorreram em áreas urbanas, locais em que o índice de eficiência de drenagem é baixo em comparação com as áreas da extremidade, onde se tem um médio ou alto índice e que apresentaram pouca ou nenhuma incidência desse evento.

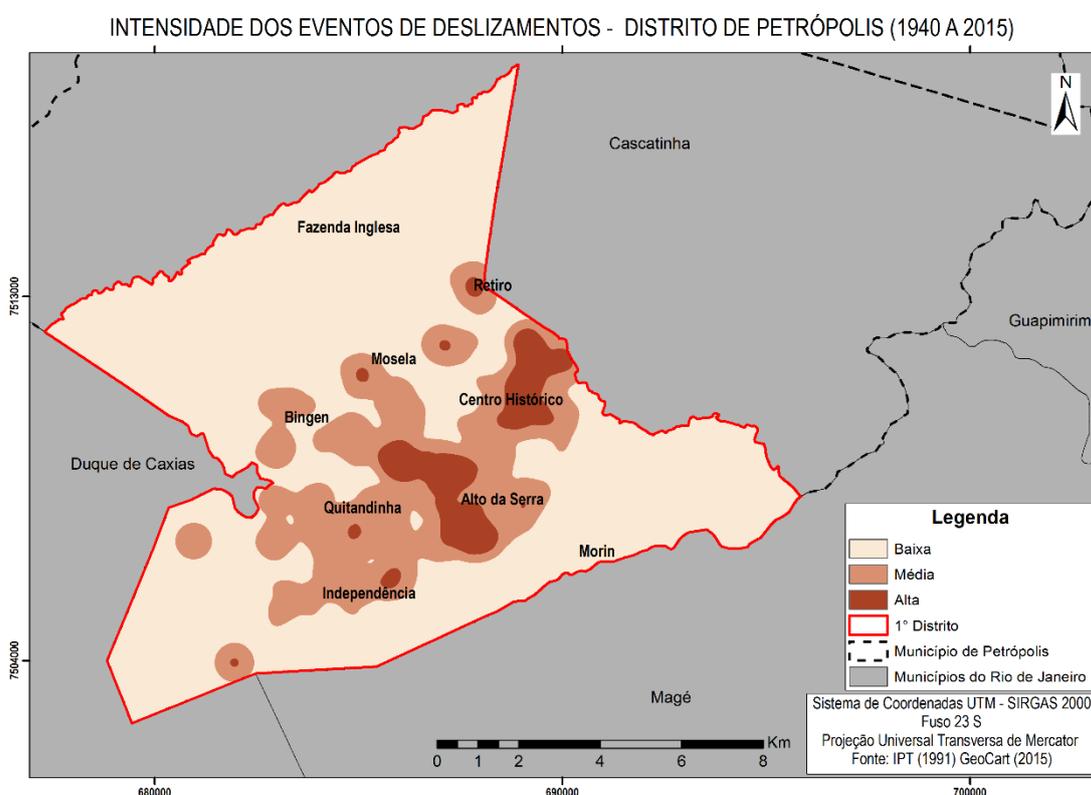


Figura 3. Mapa da Intensidade dos Eventos de deslizamentos no primeiro distrito (Petrópolis), no período de 1940 a 2015.

Nas análises feitas por Oliveira (2003), Ambrozio (2013) e Neves (2017), ressalta-se que a década de 1960, em comparação com as décadas anteriores (1940 e 1950), tem-se um aumento na ocorrência dos movimentos de massa ou deslizamentos, devido a expansão do núcleo urbano no primeiro distrito, construção de loteamentos e por causa da estreita oferta de terras urbanizadas, visto que a população queria ficar mais próxima aos locais que tem infraestrutura, comércio, atividades fabris, serviços etc. Outro fator

Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

de grande importância é a falta de atenção, do código de obras desse período, às áreas florestadas, permitindo que alguns loteamentos fossem construídos em locais de maior suscetibilidade aos perigos.

Nas décadas de 1970 e 1980, tem-se um aumento expressivo dos deslizamentos provocados pelo avanço urbano ao longo das vertentes, além de ter sido o período de maior concentração pluviométrica.

Por sua vez, na década de 90, de acordo com Ambrozio (2013) e Neves (2017), o número de casos de deslizamentos diminuem, visto que, se tem uma redução das intensidades pluviométricas, quando comparadas às décadas anteriores, e devido às políticas públicas, como obras de contenção em todo o município e campanhas educativas de prevenção aos desastres naturais. Tais medidas de prevenção que foram postas em ação, embora não tenham erradicado os desastres naturais, minimizaram seus efeitos à população.

Conclusões

No decorrer deste trabalho buscou-se compreender a distribuição espacial dos deslizamentos no município de Petrópolis, principalmente em seu primeiro distrito, visto que é onde os eventos se concentram. Dessa forma, foi observado que a maior intensidade dos eventos de deslizamentos se deu no primeiro distrito e se direciona ao segundo distrito (Cascatinha), ambos os mais urbanizados do município.

Na análise feita para o primeiro distrito, observou-se que a parte central, local em que foi desenvolvido todo o planejamento urbanístico proposto pelo Major Koeler, apresentou uma maior concentração desses eventos, especialmente nas localidades Alto da Serra e o Centro Histórico devido à negligência ao padrão de ocupação implementado por Koeler.

Referências Bibliográficas

- AMBROZIO, J. Petrópolis: O presente e o passado no espaço urbano: Uma História Territorial. 1º ed. – Rio de Janeiro: Escrita Fina, 2013. 303p.
- CÂMARA, G *et al.* Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE, São José dos Campo, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em 2016.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S; MONTEIRO, A.M.V; DRUCK, S. Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília, EMBRAPA, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>
- CARVALHO MS, PINA, MF, SANTOS SM. Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicada à Saúde. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde/Ministério da Saúde; 2000.
- FERNANDES, N.F & AMARAL, C.P. Movimento de Massa: Uma Abordagem Geológica-Geomorfológica. In: Geomorfologia e Meio ambiente. A.J.T. Guerra e S.B. Cunha (orgs.). Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 3º ed, 2000. 342p.
- GUERRA, A.J. T; GONÇALVES, L.F; LOPES, P.B.M. Evolução Histórica Geográfica da Ocupação Desordenada e Movimentos de Massa no Município de Petrópolis, nas Últimas Décadas. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 8, nº 1, 2007. 35-43 p.
- GUERRA, A.J.T; LOPES, P.B.M; SANTOS FILHO, R. D. DOS. Características Geográficas e Geomorfológicas da APA Petrópolis, RJ. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 8, nº 1, 2007. 77-86 p.
- LAETA, T. & FERNANDES, M.C. Cartografia Histórica de Petrópolis (RJ): Levantamento dos Documentos Cartográficos no período de 1846 a 1861. VI Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica. Braga, Portugal – 2015.
- LONGLEY, P. A. *et al.* Sistema e Ciência da Informação Geográfica. Tradução: André Schneider et al. 3º ed. Porto Alegre, Bookman, 2015. 560 p. Acesso: 2017.
- LOPES, M.T *et al.* Impactos Sócio-Ambientais em Edificações Populares em App no Bairro Quitandinha – Petrópolis – RJ. X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003.
- LORDEIRO, M. de S. A Atualidade do Plano Urbanístico de Koeler. Instituto Histórico de Petrópolis, 2000.
- MENEZES, P.M.L. & FERNANDES, M.C. Roteiro de Cartografia. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 288p.
- MINN, M. Describes use of MMQGIS, a set of Python vector map layer plugins for Quantum GIS. Disponível em: <http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>. Acesso em: 2017.
- NEVES, L.V. Estudo Geoecológico de Deslizamentos e Inundações em Petrópolis (RJ): Reflexões Sobre O Paradoxo do Primeiro Distrito. Dissertação (Mestrado PPGG-UFRJ) Rio de Janeiro, 2017. 159p.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. IBGE, 2° ed. 1989. 421p.

OLIVEIRA, F. L. Análise Comparativa dos Dados Históricos de Movimentos de Massa Ocorridos em Petrópolis - RJ, das Décadas de 1960 até 1990. Geo UERJ - Revista do Departamento de Geografia, Rio de Janeiro: UERJ, Departamento de Geografia, 2003.

RABAÇO, H.J. História de Petrópolis. Petrópolis: Instituto Histórico de Petrópolis (IHP), 1985.140p.

SILVERMAN, B.W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. 1994. 176p.

SOUZA, N.P. de *et al.* Aplicação do Estimador de Densidade Kernel em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco. SBSR- XVI, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. abril de 2013.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO (orgs.). Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 192p.

Data de Submissão: 23/11/2018

Data da Avaliação: 15/12/2018