

## Análise espacial das ocorrências de escorregamentos registrados, entre 2009 a 2013, na área central da cidade de Salvador – Bahia, utilizando técnicas de geoprocessamento

Desiree Alves Celestino Santos<sup>1</sup>  
Pedro Goes Borges<sup>1</sup>  
Dária Maria Cardoso Nascimento<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia – UFBA/IGEO  
Caixa Postal 40.170-290 - Salvador - BA, Brasil  
desiree\_alves1@hotmail.com; gborges.pedro@gmail.com; daria@ufba.br.

**Abstract.** The present paper aims to present a spatial analysis of occurrence of landslides registered in the central area of the city of Salvador, between January 2009 and December 2013, using as support geoprocessing techniques such as Geographic Information Systems (GIS) and Cartography. These techniques have been used with great success in several areas of this knowledge, as the management of areas which present risk to landslides. These technological tools of geoprocessing has served as support for decision making referred to spatial management, as by the complex analysis, integrating various sources of data, as by the possibility of generating georeferenced database. The methodological procedures of this work are included in the following steps: i) survey and treatment of secondary data; ii) georeferencing of occurrences by GIS; iii) construction of cartograms; iv) analysis and interpretations. It was verified between the 52 neighborhoods studied that the two which concentrated the occurrences of landslides in 2009 are the same that still concentrated these accidents in 2013: Castelo Branco and São Marcos. Cartograms produced in GIS environment, such as the presented in this work, serve as subsidies for decision making of management of the priority areas for the execution of preventive and/or mitigating actions.

**Palavras-chave:** geoprocessing, geographic information systems, landslide, Salvador core, management, geoprocessamento, sistemas de informação geográfica, escorregamento, “miolo” de Salvador, gestão

### 1. Introdução

Os escorregamentos em encostas urbanas constituem atualmente um dos principais fatores de risco causadores de desastres naturais em Salvador, que assim como em outras cidades brasileiras é marcada pelo processo irregular de apropriação do solo. Muitas áreas de riscos, frequentemente, com características geológicas e geomorfológicas, desfavoráveis à ocupação vêm sendo habitadas na cidade, onde mora uma expressiva parcela da população, em sua maioria de baixa renda. Estas áreas são constantemente afetadas por “fenômenos terrestres naturais associados a processos endógenos tectônicos ou exógenos, como os movimentos de massa” (Alheiros, 2008, p. 13), principalmente, durante o período de maior intensidade das chuvas. Ao longo dos séculos tem-se registrado na capital baiana diversos acidentes trágicos associados aos movimentos de massa. Hodiernamente tem-se verificado a intensificação desses eventos, e uma diversidade no que diz respeito à distribuição das áreas de ocorrências, dentro do espaço da cidade, devido, sobretudo, ao processo de expansão urbana.

Diante das ocorrências de escorregamentos ao longo dos anos em diversas áreas da cidade de Salvador, torna-se imprescindível ao poder público conhecer como estas estão distribuídas. A espacialização das ocorrências dos escorregamentos possibilita aos profissionais que atuam na gestão, visualizar melhor as áreas onde predominam as ocorrências, auxiliando nas decisões a respeito das áreas prioritárias para execução de ações em curto prazo.

O uso das técnicas de geoprocessamento é crescente na sociedade contemporânea, tendo em vista que este denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para a obtenção, manipulação e apresentação de dados e informações geográficas (Câmara et. al., 2001). As técnicas do geoprocessamento vêm sendo aplicadas

com grande sucesso em diversas áreas do conhecimento, como na administração pública, negócios, meio ambiente, dentre outras.

A localização geográfica das ocorrências dos escorregamentos tornou-se peça chave para a compreensão das relações intrínsecas a este fenômeno, pois “quase tudo que acontece, acontece em algum lugar” (Longley et. al., 2013, p.4). Portanto, a busca deste entendimento passa obrigatoriamente pela aplicação das técnicas de geoprocessamento. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (GIS) transformaram-se em um dos mais eficazes instrumentos tecnológicos de suporte para a tomada de decisões referentes à gestão do espaço, seja por meio de análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, ou pela possibilidade da geração de banco de dados georreferenciados.

Neste contexto, o presente trabalho objetiva apresentar uma análise espacial das ocorrências de deslizamentos de terra registradas na área central da cidade de Salvador, entre jan/2009 a dez/2013, utilizando como suporte técnicas do geoprocessamento, como o SIG e a cartografia.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área escolhida para o desenvolvimento deste trabalho, o centro geográfico de Salvador, corresponde, de acordo com a Prefeitura Municipal de Salvador (2009), à maior parte ao espaço localizado entre os dois principais eixos de articulação urbano-regional da cidade, a BR-324 e a Av. Luiz Viana Filho (mais conhecida como Avenida Paralela). Esta área abrange 52 bairros de Salvador (figura 1). A área de estudo situa-se entre as coordenadas geográficas 12°52' - 12°59' latitude sul, e 38°22' - 38°29' longitude oeste.

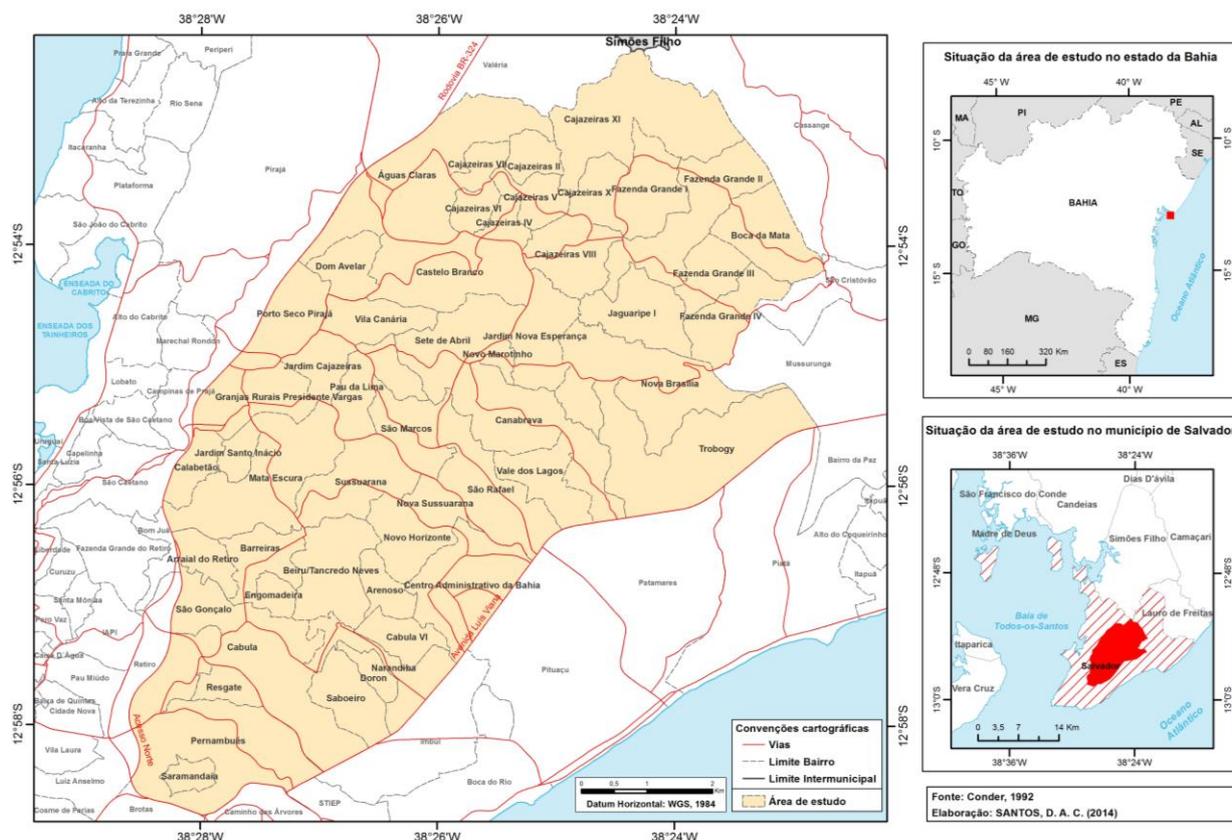


Figura 1. Localização e situação da área de estudo, centro de Salvador - Bahia.

O clima atuante, não só na área de estudo, mas em todo o município de Salvador é do tipo úmido, o índice pluviométrico anual é de 2.144 mm, com chuvas concentradas no período de outono-inverno. A temperatura média anual é de 25,3 °C (SEI, 2012).

A área em estudo se apresenta inserida na parte leste da falha de Salvador, compreendendo o embasamento cristalino. O compartimento topográfico morfológico representado pelas rochas deste embasamento, fortemente intemperizado, é o planalto dissecado, que corresponde ao chamado “alto de Salvador”. Apresenta altitudes que variam de 34 a pouco mais de 100 metros, com bordas caindo sobre vales entalhados com profundidade superior a 40 metros e encostas que variam, predominando, de 9 a 45° de inclinação (Nascimento, 2008). Nas partes mais elevadas sobre as rochas do embasamento cristalino encontra-se a Formação Barreiras. Sabe-se que os solos provenientes desta Formação são extremamente suscetíveis a processos de movimentos de massa.

## 2.2 Materiais e Método

Os procedimentos para a realização da pesquisa foram estruturados em quatro etapas, apresentados resumidamente na figura 2 e detalhados nos próximos itens.

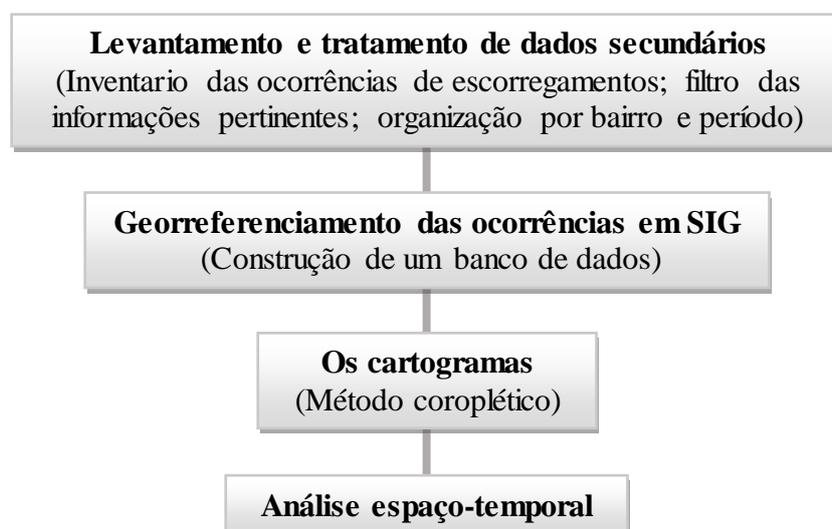


Figura 2. Etapas do trabalho.

### 2.2.1 Etapa 1: levantamento de dados secundários

Os dados das ocorrências dos escorregamentos utilizados nesta pesquisa foram obtidos por meio do Sistema de Gestão da Defesa Civil de Salvador (SGDC). Assim, foram disponibilizadas planilhas, no formato “pasta de trabalho do Excel 97-2003” com extensão “xls”, contendo as seguintes informações referentes a cada deslizamento ocorrido: endereço, bairro, data, número dos imóveis atingidos e/ou vistoriados, e o estado físico dos mesmos.

As planilhas disponibilizadas pela Defesa Civil de Salvador (CODESAL) foram analisadas e reorganizadas em novas planilhas, com o auxílio do *software Microsoft Excel 2010*. É importante ressaltar que o órgão onde foi coletado as informações referentes as ocorrências dos escorregamentos não dispunham de uma base georreferenciada da mesma.

### 2.2.3 Etapa 3: Georreferenciamento das ocorrências em SIG

A base cartográfica (CONDER, 1992) empregada corresponde aos arquivos vetoriais, no formato *shapefile*, constituída pelos níveis de informação: limite de bairro e limite intermunicipal, disponibilizadas pela Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER).

De posse dos dados das ocorrências dos escorregamentos foi feito o tratamento desses dados georreferenciado-os em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), segundo a plataforma operacional o *ArcGIS* versão 10.1, gerando um banco de dados georreferenciados. Cada dado de ocorrência foi associado ao bairro onde foi registrado o evento, vinculando também a data da mesma (2009, 2010, 2011, 2012 ou 2013), conforme figura 3. Foram contabilizadas 2.761 ocorrências dos escorregamentos na área central de Salvador, referente ao período em análise.

Bairro	Quant 2009	Quant 2010	Quant 2011	Quant 2012	Quant 2013	Total 5 an
AGUAS CLARAS	22	17	11	9	7	66
ARENOSO	21	6	4	2	3	36
ARRAIAL DO RETIRO	14	13	14	1	3	45
BARREIRAS	10	7	13	2	2	34
BEIRU/TANCREDO NEVES	45	23	17	8	10	103
BOCA DA MATA	1	2	0	0	1	4
CABULA	3	1	3	1	3	11
CABULA VI	4	3	0	0	0	7
CAJAZEIRAS II	0	0	0	0	0	0
CAJAZEIRAS IV	1	1	1	0	1	4
CAJAZEIRAS V	7	6	1	2	1	17
CAJAZEIRAS VI	11	9	8	0	4	32
CAJAZEIRAS VII	18	10	5	2	1	36
CAJAZEIRAS VIII	36	22	5	5	2	70
CAJAZEIRAS X	10	7	0	2	0	19
CAJAZEIRAS XI	11	10	3	2	4	30
CALABETAO	18	16	8	2	0	44

Figura 3. Tabela de atributos com a quantificação dos escorregamentos de cada bairro, por ano de estudo.

### 2.2.4 Etapa 4: Os cartogramas

Os cartogramas que representam a evolução das ocorrências dos escorregamentos por bairro foram gerados pelo método coroplético com modo de implantação zonal. De acordo com Archela e Thery (2008), os cartogramas coropléticos são elaborados com dados quantitativos e apresentam sua legenda ordenada em classes conforme a regra própria de utilização da variável visual valor por meio de tonalidades de cores, ou ainda, por uma sequência ordenada de cores que aumentam de intensidade conforme a sequência de valores apresentados nas sete classes assim estabelecidas nos cartogramas, e apresentada na figura 4.

### 2.2.5 Etapa 5: Análise espaço-temporal

A última etapa corresponde ao tópico 3 (três) deste trabalho.

## 3. Resultados e Discussão

A partir da leitura e interpretação dos cartogramas da figura 4 referente à evolução das ocorrências de escorregamentos registradas nos bairros inseridos na área central da cidade de Salvador, no período em análise, é possível observar, conforme quadro 1, que houve uma significativa redução da quantidade de ocorrências nos anos subsequentes ao ano de 2009.

Quadro 1. Os bairros mais afetados pelas ocorrências dos escorregamentos, dos 52 bairros analisados, entre 2009 a 2013, no centro da cidade de Salvador - Bahia.

Ano	Bairros	Número efetivo dos escorregamentos	Classe correspondente nos cartogramas
2009	São Marcos e Castelo Branco	104 e 95	90 - 105
	Nova Brasília e Sete de Abril	68 e 61	60 - 74
2010	São Marcos	105	90 - 105
	Castelo Branco	82	75 - 89
2011	Castelo Branco, São Marcos e Pau da Lima	42, 39 e 36	30 - 44
	Dom Avelar, Sete de Abril e Beiru/Trancredo Neves	21, 19 e 17	15 - 29
2012	Castelo Branco e Jardim Nova Esperança	21 e 17	15 - 29
2013	Castelo Branco, São Marcos, Novo Horizonte	29, 15 e 15	15 - 29

Fonte: Codesal, 2014.

O que chama mais atenção é a velocidade da redução das ocorrências, em cinco anos, sobretudo nos bairros de Castelo Branco e São Marcos, que em 2009 correspondiam à classe com 90 a 105 ocorrências, passaram, em 2013 a corresponder à classe, entre 15 a 29. Essas mudanças estão diretamente atreladas: i) à diminuição do volume das águas provenientes das chuvas. Historicamente, o principal período chuvoso da cidade de Salvador ocorre entre os meses de março a agosto. Deste, o trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de abril, maio e junho. O ano de 2009, por exemplo, o acumulado de chuva destes três meses foi de 1.211 mm, enquanto que em 2013 para o mesmo período foi de 770,3 mm; ii) as obras de contenção de encostas realizadas no período em estudo. Entre 2009 e os seis primeiros meses de 2010, Salvador foi o município que mais recebeu verbas destinadas à prevenção de desastres do Ministério da Integração Nacional<sup>1</sup>. A capital baiana recebeu em caráter extraordinário R\$ 35,6 milhões no ano de 2009 e R\$ 21,8 milhões em 2010 para realizar obras de drenagem, construção de galerias, contenção de encostas, pavimentação e urbanização. Em 2011, mais de R\$ 7 milhões foram captados junto ao Governo Federal, por meio do Ministério da Integração Nacional, para a realização de contenção de encosta em diversos pontos da cidade, como em Pau da Lima, que é um dos bairros situados na área em estudo<sup>2</sup>.

Em 2012 e 2013 houve uma redução das ocorrências de escorregamentos, contudo três situações se destacam em 2013: i) encontram-se os bairros que tiveram uma queda significativa da quantidade de ocorrências, entretanto ainda apresentam maior concentração destas, como Castelo Branco (29 ocorrências) e São Marcos (15 ocorrências); ii) o bairro, Novo Horizonte, que teve um decréscimo significativo do número de ocorrências de deslizamentos de terra, nos anos subsequentes ao ano de 2009 (40 ocorrências em 2009, 16 em 2010, 13 em 2011 e 7 em 2012). Entretanto, em 2013, o número de ocorrências voltou a crescer (15 ocorrências); iii) por fim os 49 bairros dentre os 52 que mantiveram ou apresentaram uma diminuição na quantidade de ocorrências dos escorregamentos (pertencentes à classe de 0 a 14 ocorrências).

<sup>1</sup> <http://noticias.r7.com/cidades/noticias/salvador-recebe-mais-verbas-para-prevencao-a-desastres-20100623.html>

<sup>2</sup> <http://www.bahiatodahora.com.br/noticias/salvador/prefeitura-de-salvador-realiza-obras-de-contencao-de-encostas-e-pavimentacao-de-vias>

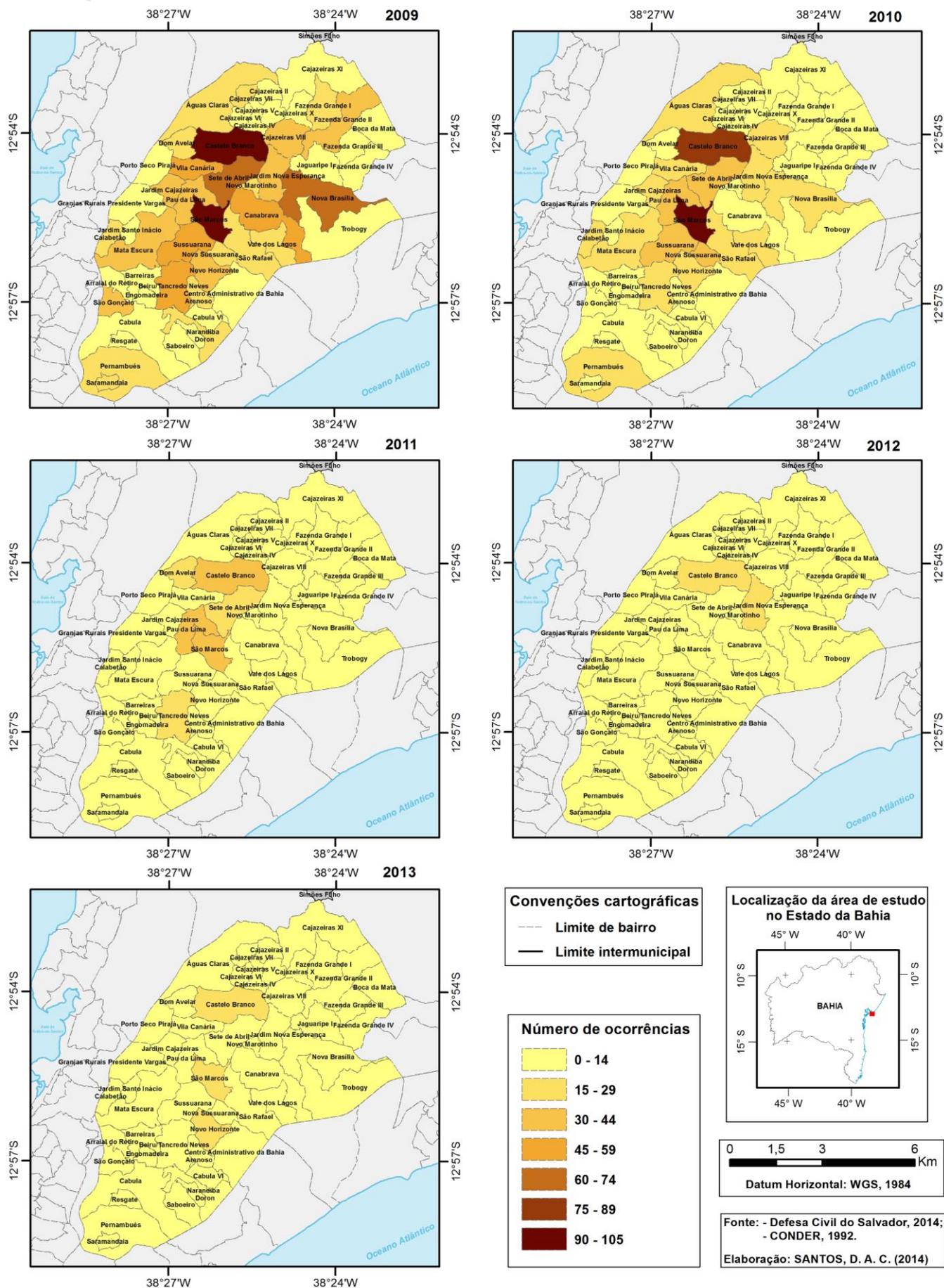


Figura 4. Evolução das ocorrências de deslizamentos de terra, por bairro, registradas entre jan/2009 a dez/2013, na área central da cidade de Salvador - Bahia.

#### 4. Conclusões

É importante observar que dentre os 52 bairros analisados, os dois principais que concentravam as ocorrências dos escorregamentos, em 2009 são os mesmos bairros, que em 2013 ainda concentravam as ocorrências dos acidentes dos escorregamentos, são eles: Castelo Branco e São Marcos.

A diminuição do volume das águas provenientes das chuvas principalmente nos meses de abril, maio e junho, e as obras de contenção de encostas realizadas no período em estudo, contribuíram para a diminuição das ocorrências nos anos subsequentes ao ano de 2009.

As técnicas de geoprocessamento, como os SIG são importantes, pois por meio da geração de banco de dados georreferenciados é possível elaborar cartogramas, que otimizam a análise dos fenômenos distribuídos no espaço. Mapas produzidos em ambiente SIG, como o que foram apresentados neste trabalho, servem de subsídios para a tomada de decisões da gestão a respeito das áreas prioritárias para execução de ações preventivas e/ou mitigadoras.

#### Agradecimentos

Ao Laboratório de Cartografia (LACAR) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), no qual se desenvolve o grupo de pesquisa: Cartografia aplicada a estudos ambientais e de ensino, vinculado ao CNPq. Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia (POSGEO/UFBA). A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio a pesquisa.

#### Referências Bibliográficas

Alheiros, M. M. Introdução ao gerenciamento de áreas de risco. In: CARVALHO, C. S.; COUTINHO, R. Q.; GALVÃO, T. (orgs.). **Gestão e mapeamento de riscos socioambientais**: Curso de capacitação. Brasília: Ministério das Cidades; Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, 2008. Módulo 1, p. 13-20.

Archela, R. S.; Thery, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Confins**, nº 3, 01 jul. 2008. Disponível em: <<http://confins.revues.org/3483>>. Acesso em: 28 out. 2016.

Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001.

Codesal. [Defesa civil de Salvador]. Salvador: 2014. **Ocorrências dos escorregamentos por ano (2009, 2010, 2011, 2012 e 2013)**. Não paginado, não publicado. Planilhas disponibilizadas.

CONDER. Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. **Base cartográfica**: bairros de Salvador e municípios da RMS. 1992. Sistema de Informações Geográficas Urbanas do Estado da Bahia - INFORMS. Salvador, 1992.

Longley, P. A. et al. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Nascimento, S.A. de M. **Diagnóstico hidrogeológico, hidroquímico e da qualidade da água do aquífero freático do alto cristalino de Salvador - Bahia**. 2008. 195 f. (Tese de Doutorado), - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2008.

Salvador. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, Habitação e Meio Ambiente - SEDHAM; Coordenadoria Central de Produção de Indicadores Urbano-Ambientais - COPI. **CADERNOS DA CIDADE**: uso e ocupação do solo. Salvador. 2009. Volume 1.

SEI. **Estatísticas dos Municípios Baianos**: território de identidade Metropolitano de Salvador. Salvador: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 2012.v.4. n.1. 416 p. ISSN 1519-4124.