

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE A DESASTRES NATURAIS NO MUNICÍPIO DE OLINDA - PE

Eduardo Barcelos Bontempo Filho¹
Roberto Quental Coutinho²

10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v27n1p61-81

1. Programa de Pós-graduação em Geociências - UFPE, edu_bomtempo@hotmail.com
2. Departamento de Engenharia Civil – UFPE, robertoqcoutinho@gmail.com

RESUMO

Este trabalho visa fornecer subsídios para a mitigação e prevenção dos impactos decorrentes de desastres naturais (deslizamentos e inundações) no município de Olinda – PE, por meio da realização dos seguintes objetivos específicos: caracterização das edificações, identificação da infraestrutura nos setores de risco e da estrutura institucional em um raio de 3 km desses setores; análise da vulnerabilidade a desastres naturais nos setores e subsetores de risco; avaliação da capacidade de proteção a desastres naturais do município; formulação propostas de intervenção para a prevenção de desastres naturais; e elaboração de mapas de riscos de deslizamento e de inundação. Para atingir os objetivos utilizou-se a metodologia apresentada no Termo de Referência do Pregão Eletrônico N° 29/2012 (TR 29/2012). Assim, os procedimentos adotados tiveram como base a aplicação de 4 formulários. Foram mapeados 12 setores de risco, que foram subdivididos em 120 subsetores. Como produto, foram gerados mapas de risco de deslizamento e inundação das áreas mapeadas. Com relação às intervenções estruturais, foram apresentadas propostas para a mitigação dos riscos, visando a melhor relação custo/benefício e a menor complexidade técnica e específica para cada situação identificada. Os resultados alcançados nesta pesquisa, possibilitaram o conhecimento e o entendimento do risco desastres naturais, de fundamental importância para a gestão municipal como instrumento de planejamento urbano, visando a redução de perdas humanas e de danos materiais decorrentes destes eventos naturais.

Palavras Chave: Vulnerabilidade. Desastres naturais. Olinda. Pernambuco. Setor de risco.

ABSTRACT

This work aims to provide subsidies for the mitigation and prevention of the impacts of natural disasters (landslides and floods) in the municipality of Olinda - PE, through the following specific objectives: characterization of buildings, identification of infrastructure in the risk sectors and Of the institutional structure within a radius of 3 km of these sectors; Analysis of vulnerability to natural disasters in risk sectors and subsectors; Assessment of the municipality's natural disaster protection capacity; Formulation of intervention proposals for the prevention of natural disasters; And mapping of landslides and flood risks. To achieve the objectives, the methodology presented in the Term of Reference of the Electronic Call Notice No. 29/2012 (TR 29/2012) was used. Thus, the procedures adopted were based on the application of 4 forms. Twelve risk sectors were mapped and subdivided into 120 sub-sectors. As a product, maps of risk of landslide and flood of the mapped areas were generated. With regard to structural interventions, proposals were presented for risk mitigation, aiming at the best cost / benefit ratio and the least technical and specific complexity for each identified situation. The results achieved in this research made possible the knowledge and

understanding of the risk of natural disasters, of fundamental importance for municipal management as an instrument of urban planning, aiming at reducing human losses and material damages resulting from these natural events.

Keywords: Vulnerability. Natural disasters. Olinda. Pernambuco. Risk sector.

INTRODUÇÃO

O expressivo crescimento da população nas grandes cidades, em um curto espaço de tempo, resultou em formas de ocupações em áreas urbanas sem planejamento. Diante deste cenário, houve um aumento do número de áreas de risco com ocorrência de acidentes envolvendo perdas humanas e econômicas.

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (Higashi et al., 2013) no período de 1991 a 2012 os episódios de inundações severas totalizaram 4.691 registros oficiais, representando 12% do total de ocorrências de desastres no Brasil. A região nordeste aparece como segunda colocada entre as mais afetadas por esse tipo de processo, 25% dos registros. Desse montante o Estado de Pernambuco registrou 59 ocorrências para esse período. Em relação aos processos de movimento de massa, o Atlas contabilizou 699 registros oficiais no país durante o intervalo de tempo analisado, afetando de alguma forma em torno de 5 milhões e meio de pessoas, sendo considerado o segundo tipo de desastres que mais ocasiona mortes, 15,6% de acordo com o Atlas citado.

Em janeiro de 2011, foi registrado na região serrana do Rio de Janeiro o maior desastre natural do país, resultando em aproximadamente 900 mortos e 350 desaparecidos, afetando diversos municípios do estado, principalmente Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis. Este desastre, bem como outros de menor intensidade ocorridos nos últimos dez anos, levaram o governo federal, à criação de novas instituições e à reformulação das responsabilidades de outras instituições já

existentes com o objetivo de prevenir, monitorar, articular entes federados e agir de forma imediata em caso de desastres (Silva, 2015).

Em busca da minimização dos efeitos causados pelos desastres, foi criada a lei federal que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. A Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, é o instrumento de redução de risco de desastres, que impõe à União, aos Estados, ao Distrito Federal, e aos Municípios a responsabilidade na elaboração do mapeamento das áreas suscetíveis aos desastres, prevenção, realização do monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas de risco, em articulação com a União e os Municípios, assim como a sua fiscalização.

A fim de atender as diretrizes da Lei 12.608/12, o Governo Federal criou o Programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres no ano de 2012. Neste programa destacam-se os esforços na prevenção de desastres. O Programa foi estruturado para identificação dos principais desastres que ocorrem no país. Segundo Bertone e Marinho (2013), os municípios críticos foram selecionados conforme a recorrência dos principais desastres, o número de pessoas desalojadas ou desabrigadas e o número de óbitos nos últimos 20 anos (entre 1991 e 2010), em cada município. Assim, chegou-se ao número de 821 municípios críticos sujeitos a desastres, que representam 94% das mortes registradas e 88% das pessoas afetadas.

Desses, foi verificado, sem hierarquia, que 286 municípios são considerados mais críticos correspondente a 89% das mortes e 55% do total de pessoas desalojadas ou desabrigadas.

É importante ressaltar que o presente artigo foi resultado da experiência profissional obtida pelo primeiro autor na empresa Pangea – Geologia e Estudos Ambientais, entre o período de Abril de 2013 a Julho de 2014, juntamente com o valioso conhecimento adquirido no Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres (GESEP) da UFPE, coordenado pelo professor Roberto Quental Coutinho, desde Novembro de 2014 até os dias atuais.

Diante desse contexto, o presente trabalho visa fornecer subsídios para a mitigação e prevenção dos impactos decorrentes de desastres naturais (deslizamentos e inundações) no município de Olinda-PE, por meio da realização dos seguintes objetivos específicos: 1- Identificar os setores de risco; 2- Caracterizar as edificações, a infraestrutura nos setores de risco; 3- Identificar ou mapear a estrutura institucional num raio de 3 km desses setores; 4- Analisar a vulnerabilidade a desastres naturais nos setores e subsetores de risco; 5- Avaliar a capacidade de proteção a desastres naturais do município; 6- Formular propostas de intervenção para a prevenção de desastres naturais; e elaborar um mapa de riscos.

LOCALIZAÇÃO

O município de Olinda está inserido na Região de Desenvolvimento Metropolitana do Recife, mais especificamente na microrregião do Recife. O município possui uma extensão territorial de aproximadamente 42,6 mil km² (IBGE, 2016). Ao todo, foram indicados 12 setores de risco para mapeamento no município de Olinda. Na figura 1 é possível observar a localização de cada setor indicado para mapeamento.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado de acordo com a metodologia apresentada no Termo de Referência do Pregão Eletrônico N° 29/2012 (TR 29/2012). Assim, os procedimentos adotados, com base no documento técnico de referência em questão, se basearam na aplicação de 4 formulários, a saber:

Formulário 1: identificação dos setores físicos e ambientais de vulnerabilidade. Foram coletados por unidade habitacional. Assim, a unidade habitacional foi descrita pelas características da edificação e do terreno, com as devidas informações sendo coleta através de uma breve entrevista com o morador.

Formulário 2: Relatório de identificação da área mapeada. São coletados por setor. Assim, os setores foram caracterizados quanto à: cobertura vegetal existente; infraestrutura de saneamento (coleta de lixo, drenagem urbana e coleta de esgoto); e instituições existentes num raio de 3 km do setor, que poderão ser acionadas e/ou utilizadas, emergencialmente, em caso de ocorrências de desastres naturais.

Formulário 3: propostas de intervenções para a mitigação dos riscos. Para cada setor de risco a formulação da proposta de intervenção abrange: tipos de intervenções indicadas para a mitigação dos riscos; espacialização das intervenções; e estimativa de Custos. A proposição das intervenções estruturais e não estruturais indicadas visam a melhor relação custo/benefício, a menor complexidade e específica para cada situação identificada.

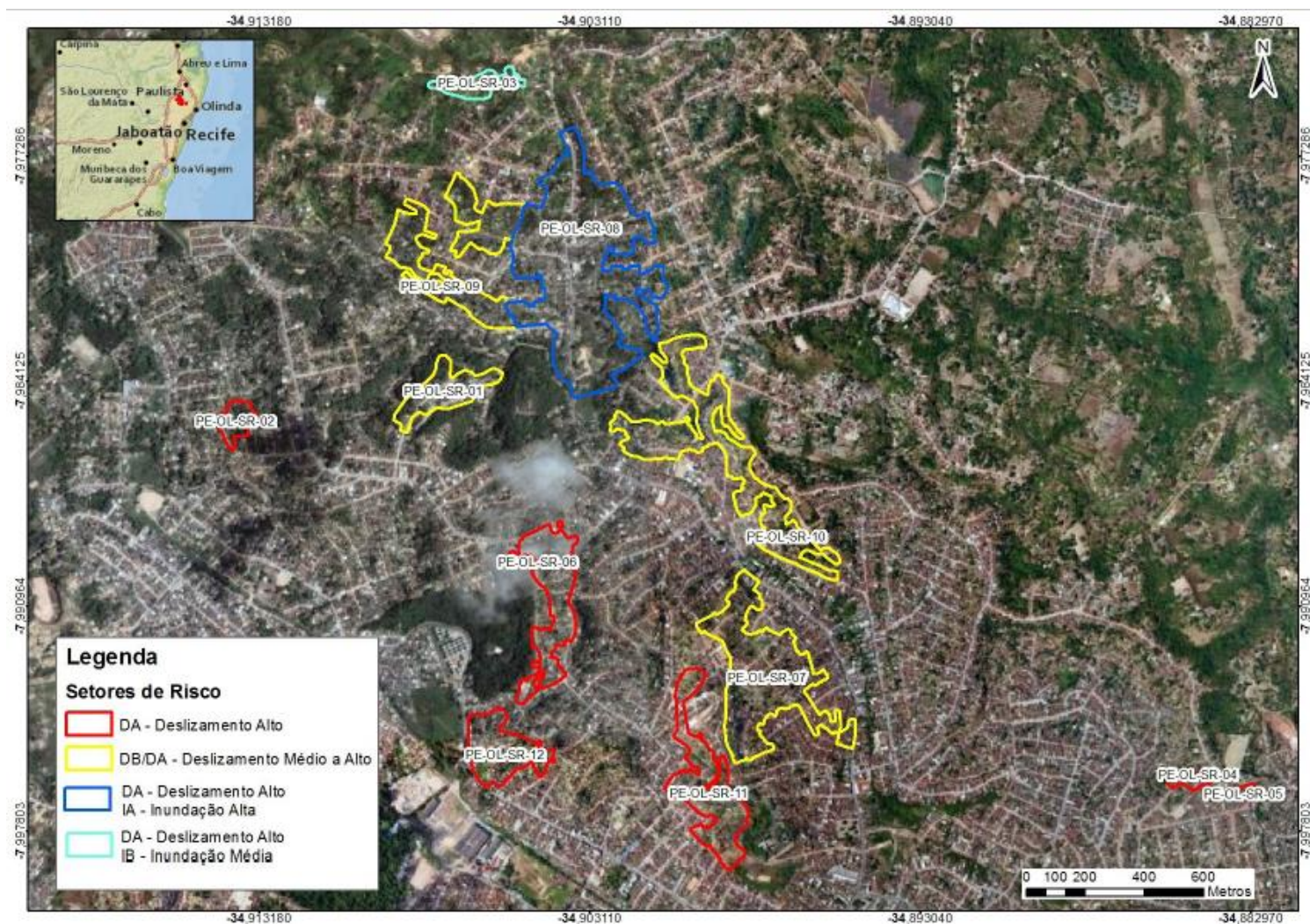


Figura 1 – Localização dos 12 setores que foram mapeados. Fonte: Iwasa et al. (2013).

Formulário 4: identificação das capacidades de prevenção e resposta, aplicado junto ao coordenador/representante da Defesa Civil do município. A partir das perguntas aplicadas pelo questionário apresentado no Formulário 4, foram formuladas três categorias de avaliação: Capacidade 1 – Grau de conhecimento que o município tem dos riscos naturais a que está exposto; Capacidade 2 – Prática do município em realizar

medidas de prevenção e de mitigação de desastres naturais; e Capacidade 3 – Capacidade do município em se planejar e se preparar para responder efetivamente à eventuais desastres.

A análise de vulnerabilidade a desastres naturais nos setores/subsetores é realizada integrando-se os dados obtidos, conforme apresentado na figura 2, cujos critérios estão demonstrados nos quadros 1 e 2.

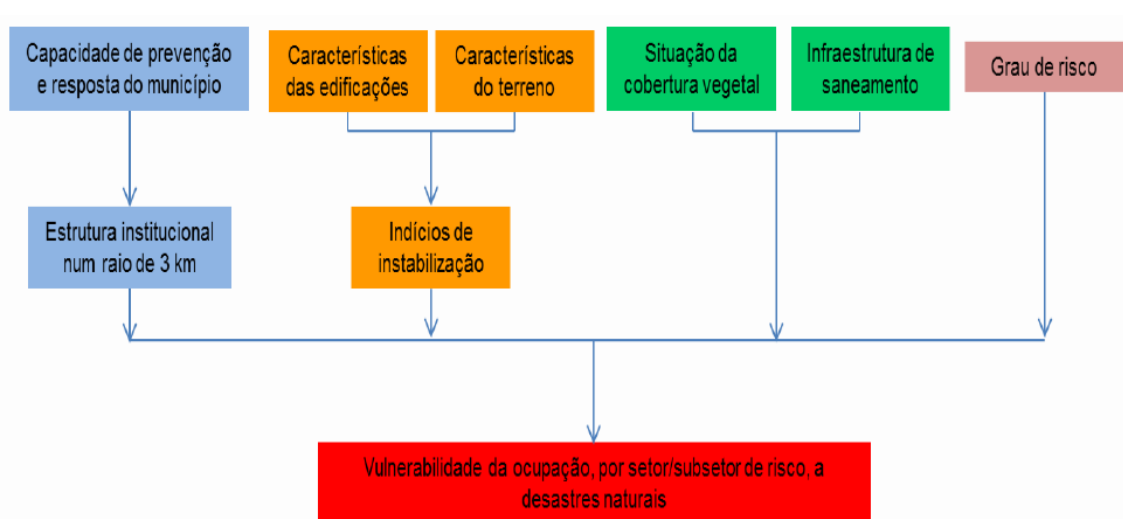


Figura 2 – Organograma simplificado do método utilizado, apresentando os fatores considerados. Fonte: Iwasa et al. (2013).

Quadro 1 – Critérios de análise da vulnerabilidade a deslizamento, enxurrada e inundação. Fonte: Iwasa et al. (2013).

Tipo de desastre	Indicador	Intervalos	Significância	Classe	Justificativa
Deslizamento	I.1 - Porcentagem de critérios de capacidade de prevenção e resposta considerados como insuficiência grave (PC)	PC < 10%	Pequena	1	Quanto menor a capacidade de prevenção e resposta do Município, mais severas tendem a ser as consequências de desastres.
Enxurrada		10% ≤ PC < 25%	Média	2	
Inundação		PC ≥ 25%	Grande	3	
Deslizamento	I.2 - Diversidade das instituições existentes num raio de 3 km (DI)	Total	Pequena	1	Com toda a estrutura institucional próxima (hospital, bombeiros, PM, Nudecs, ginásios/abrigo, etc.) mais efetivo o apoio em caso de desastres.
Enxurrada		Parcial	Média	2	
Inundação		Nula	Grande	3	
Deslizamento	I.3 - Quantidade de imóveis (QI)	QI ≤ 5	Pequena	1	Em caso de desastres com danos a edificação, quanto menor o número de imóveis maior a facilidade para realização de reparos ou construção de novas edificações.
Enxurrada		5 < QI ≤ 10	Média	2	
Inundação		QI > 10	Grande	3	
Deslizamento	I.4 - Quantidade de pessoas (QP)	QP ≤ 25	Pequena	1	Em caso de alerta de desastres, quanto menor o número de pessoas maior a facilidade para realizar a remoção e fornecer abrigo, água e alimentação.
Enxurrada		25 < QP ≤ 50	Média	2	
Inundação		QP > 50	Grande	3	
Deslizamento	I.5 - Quantidade de imóveis de madeira (QM)	QM ≤ 5	Pequena	1	Em caso de desastres, a existência de uma quantidade grande de imóveis de madeira tende a aumentar a severidade de suas consequências.
Enxurrada		5 < QM ≤ 10	Média	2	
Inundação		QM > 10	Grande	3	
Deslizamento	I.6 - Quantidade de imóveis com telhado de fibrocimento (QF)	QF ≤ 5	Pequena	1	Em caso de desastres, a existência de uma quantidade grande de imóveis com telhados de fibrocimento (telhas grandes, pouco flexíveis) tende a aumentar a severidade de suas consequências.
Enxurrada		5 < QF ≤ 10	Média	2	
Inundação		QF > 10	Grande	3	
Deslizamento	I.7 - Porcentagem de imóveis com acesso precário (AP)	AP ≤ 10%	Pequena	1	Em caso de alerta de desastres, acessos precários dificultam a remoção das pessoas e bens; e, em caso de desastres, acessos precários prejudicam o resgate de pessoas.
Enxurrada		10% < AP ≤ 25%	Média	2	
Inundação		AP > 25%	Grande	3	
Deslizamento	I.8 - Porcentagem de imóveis com uso misto (UM)	UM ≤ 10%	Pequena	1	Em caso de alerta ou ocorrência de desastres em edificações de uso misto, tende a haver pessoas no local tanto de dia quanto de noite.
Enxurrada		10% < UM ≤ 25%	Média	2	
Inundação		UM > 25%	Grande	3	
Deslizamento	I.9 - Porcentagem de imóveis em talude com altura maior que 6 m (A)	A ≤ 10%	Pequena	1	Em caso de desastres, taludes mais altos tendem a causar danos mais sérios.
		10% < A ≤ 25%	Média	2	
		A > 25%	Grande	3	

Quadro 2 – Critérios de hierarquização da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento (continuação). Fonte: Iwasa et al. (2013).

Tipo de desastre	Indicador	Intervalos	Significância	Classe	Justificativa
Deslizamento	I.10 - Porcentagem de imóveis em talude ou próximos a taludes com declividade maior ou igual a 30° (PD)	PD < 10%	Pequena	1	Quanto maior a área com declividade igual ou superior a 30°, maior a área sujeita a deslizamento.
		10% ≤ PD < 25%	Média	2	
		PD ≥ 25%	Grande	3	
Deslizamento	I.11 - Distância média das edificações ao talude (DT)	DT ≥ 10 m	Pequena	1	Quanto mais próximas ao pé do talude, maior a probabilidade de edificações serem atingidas.
		3 m ≤ DT < 10 m	Média	2	
		DT < 3 m	Grande	3	
Enxurrada Inundação	I.12 - Distância média das edificações à margem do curso d'água (DC)	DC > 30 m	Pequena	1	Quanto mais próximas da margem de cursos d'água, maior a probabilidade de edificações serem atingidas.
		10 m < DC ≤ 30 m	Média	2	
		DC ≤ 10 m	Grande	3	
Deslizamento	I.13 - Porcentagem de imóveis com indícios de instabilização situadas em local com feições de instabilização (PI)	PI < 10%	Pequena	1	Quanto maior a quantidade de edificações com indícios de instabilização ou situadas em terreno com feições de instabilização, maior a possibilidade de ocorrer deslizamentos.
		10% ≤ PI < 25%	Média	2	
		PI ≥ 25%	Grande	3	
Deslizamento	I.14 - Possibilidade de lixo/entulho contribuírem com a ocorrência de desastres (LE)	Imperceptível	Pequena	1	Quanto mais presente em taludes, maior a possibilidade do lixo/entulho contribuir com a ocorrência de deslizamentos.
		Pouco evidente	Média	2	
		Evidente	Grande	3	
Deslizamento	I.15 - Possibilidade de água pluvial e esgoto contribuírem com a ocorrência de desastres (AE)	Imperceptível	Pequena	1	Quanto maior a presença de água pluvial e esgoto escoando em superfície por deficiência nos sistemas de drenagem e coleta de esgoto, maior a possibilidade de contribuírem com a ocorrência de deslizamentos.
		Pouco evidente	Média	2	
		Evidente	Grande	3	
Deslizamento	I.16 - Porcentagem da área desmatada (D)	D < 10%	Pequena	1	Em terrenos declivosos o desmatamento tende a contribuir com a ocorrência de deslizamentos, pela aceleração da erosão.
		10% ≤ D < 25%	Média	2	
		D ≥ 25%	Grande	3	
Inundação	I.17 - Porcentagem de cobertura vegetal em APP de curso d'água (CA)	CA ≥ 80%	Pequena	1	A presença de cobertura vegetal em APP reduz a quantidade de sedimentos que chegam a cursos d'água e a velocidade com que águas pluviais atingem cursos d'água.
		40% ≤ CA < 80%	Média	2	
		CA < 40%	Grande	3	

RESULTADOS

As análises aqui apresentadas foram fundamentadas em avaliações dos parâmetros que interferem na suscetibilidade formada pela junção de características naturais inerentes à região estudada, impactadas pelo mau uso e ocupação do solo de forma não planejada, bem como, na vulnerabilidade das pessoas e estruturas que estão sujeitas ao risco. Importante destacar que o mapeamento apresentado indica as características observadas em campo durante o período de realização dos estudos. Contudo, devido a frequentes modificações provocadas no meio ambiente, seja pela ação antrópica ou por ações naturais, e pelo constante processo de expansão e transformação do espaço urbano, os resultados aqui obtidos podem sofrer modificações ao longo do tempo.

A metodologia adotada recomenda a divisão das regiões de estudo (aqui chamadas de setores), em sub-regiões (subsetores), possibilitando assim que as análises sejam feitas em áreas que apresentem condições homogêneas. Este procedimento permite a obtenção de avaliações mais refinadas e com maior representatividade das áreas. O subsector de risco é definido pela envoltória de edificações que formam uma área com características similares quanto ao

padrão construtivo, não envolvendo um número superior a 25.

Para os 12 setores de risco estudados nesta pesquisa, foram realizadas subdivisões das áreas, obtendo-se assim 120 subsetores. A Figura 3 apresenta um mapa de localização dos setores de estudo dentro do município de Olinda. O Quadro 3 apresenta a quantidade de setores e seus subsetores, a área e o processo atuante em cada setor. Ao longo deste capítulo são apresentados os dados obtidos das avaliações dos subsetores estudados.

Foi verificada nas áreas de estudo através de ocorrências registradas e pela própria observação, a predisposição de ocorrer processos relacionados a movimento de massa (deslizamentos e erosão) e inundação. Os deslizamentos observados foram pontuais, normalmente taludes de cortes que deslizavam atrás de moradias, não foi registrado no município evento de grande proporção. Os processos erosivos identificados se resumiram a erosão laminar, com maior frequência e alguns sulcos. Foi observada em alguns setores a tendência a ocorrer queda de bloco, apesar de não ter registro desse processo na área. As inundações são as que menos preocupam atualmente, porém a cidade já vivenciou eventos de grande magnitude, onde a força e a velocidade da água destruíram casas, pontes e deixou centenas de desabrigados.

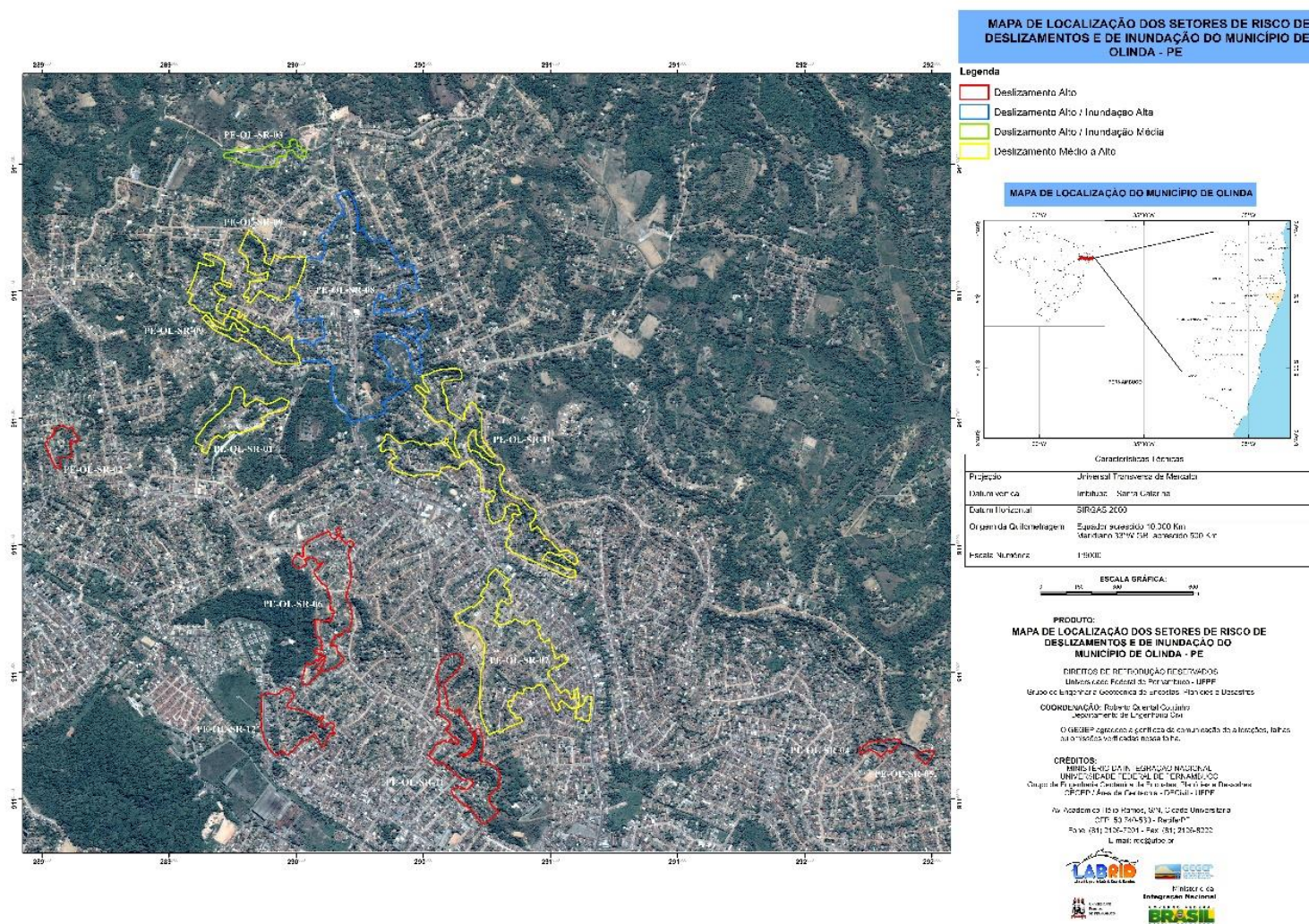


Figura 3 – Mapa de localização dos setores de estudo dentro do município de Olinda. Fonte: Os autores.

Quadro 3 – Informações dos setores estudados e seus processos atuantes. Fonte: Iwasa et al. (2013).

Setor de risco	Quantidade			Tipo de risco
	Subsetores	Edificações	Moradores	
PE-OL-SR-01	5	92	368	Deslizamento
PE-OL-SR-02	3	39	156	Deslizamento
PE-OL-SR-03	3	39	155	Deslizamento/inundação
PE-OL-SR-04	1	17	68	Deslizamento
PE-OL-SR-05	1	6	24	Deslizamento
PE-OL-SR-06	10	188	764	Deslizamento
PE-OL-SR-07	25	380	1520	Deslizamento
PE-OL-SR-08	20	460	1840	Deslizamento
PE-OL-SR-09	14	246	984	Deslizamento
PE-OL-SR-10	20	353	1412	Deslizamento
PE-OL-SR-11	10	230	890	Deslizamento
PE-OL-SR-12	8	111	444	Deslizamento
Totais	120	2.161	8.625	

Para demonstrar melhor os resultados, o setor PE-OL-SR-02 (Fig. 4) é utilizado como exemplo pois trata-se de um setor com risco alto de deslizamento, sendo observadas características importantes condicionadas à determinação do grau de risco. As encostas ocupadas por invasões foram efetuadas pela população de baixa renda, de forma desordenada, desconhecendo os critérios técnicos que não são oferecidos aos ocupantes. Nestas encostas comumente ocorrem cortes e aterros inadequados para a segurança das casas (Fig. 5), desmatamentos, abertura aleatória de vias de acesso, despejo de detritos (lixo, entulho, etc.) (Fig. 6), obstrução da drenagem natural, lançamento concentrado de águas servidas e construção de fossas nas bordas do talude, aumentando assim a infiltração e a sobrecarga que contribuem para a instabilidade das encostas. Assim como no embasamento cristalino, a Formação Barreiras também possui alto impacto antrópico devido a ocupação desgovernada de encostas, principalmente através de cortes do tipo gaveta (Fig. 7).

Já na figura 8, pode-se observar, mais detalhado, alguns fatores importantes para a análise da vulnerabilidade, como por exemplo, a presença de lona plástica e de rachadura no muro de contenção, indicando que já houve um movimento de massa.

Observa-se também a exposição do solo, com plantação de bananeiras, podendo resultar na retenção de grandes quantidades de água, pois suas raízes

não cumprem o papel de estruturação do solo, sendo comumente responsáveis pelo arrastamento do solo durante os deslizamentos, e a proximidade das moradias ao talude de corte, contribuindo conseqüentemente para o aumento do grau de vulnerabilidade.

O setor PE-OL-SR-02 é composto por 3 subsetores (Fig. 9), com o grau de risco variando de alto a muito alto.

O risco pode ser expresso em uma equação onde o Risco (R) é a Probabilidade (P) de ocorrência de um acidente associado a um determinado perigo ou Ameaça (A), podendo resultar em Consequências (C) danosas às pessoas ou bens em função da Vulnerabilidade (V) do meio exposto ao perigo e que pode ter seus efeitos reduzidos pelo grau de Gerenciamento (G) colocado em prática pelo poder público e/ou pela comunidade. Segundo a equação:

$$R \sim P(A) \times \frac{C(V)}{G}$$

Atualmente, a metodologia para determinação do grau de risco, utilizada nos levantamentos oficiais, é apresentada e consolidada na metodologia do Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (Carvalho *et al.*, 2007). Essa metodologia norteou as atividades de campo, de maneira que fora utilizada para determinação do grau de risco e subsectorização dos setores apresentados.





Figura 5 – Registro fotográfico do setor, evidenciando a ocupação desordenada na encosta, por uma moradia de baixo padrão construtivo, através de corte inadequado para sua segurança - Exemplo: Exemplo: Setor.



Figura 6 – Registro fotográfico no setor PE-OL-SR-02 evidenciando o desmatamento, além do despejo de lixo e entulhos, contribuindo ainda mais para o risco de um deslizamento - Exemplo: Setor.



Figura 7 – Registro fotográfico geral do setor PE-OL-SR-02, evidenciando a ocupação desordenada na encosta, por uma moradia de baixo padrão construtivo, através de cortes do tipo gaveta - Exemplo: Setor.



Figura 8 – Registro fotográfico do setor PE-OL-SR-02. A) moradia próxima ao talude de corte com declividade acentuada, protegida por uma lona plástica, evidenciando que já houve um movimento de massa. B) rachadura no muro de contenção evidenciado pela cicatriz de deslizamento. C) Solo exposto com plantio de bananeiras, podendo resultar no acúmulo de grandes quantidades de água. D) proximidade da moradia ao talude de corte contribuindo para o consequente aumento no grau de vulnerabilidade - Exemplo: Setor.

Desta maneira, seguindo a formulação do risco, os aspectos da condicionante da geometria e características geológico-geotécnicas do terreno, foram associados ao processo ocorrido ou esperado, às evidências de que o processo seja instalado, aos condicionantes antrópicos (presença de lixo/entulho, encaminhamento das águas pluviais e de esgoto, etc.), e por fim, à vulnerabilidade das construções.

No campo foram realizadas entrevistas em todas as residências dos setores de estudo, totalizando assim 2.161 entrevistadas. Estas entrevistas (armazenadas em um banco de dados)

aos moradores tiveram como objetivo a obtenção de informações da vulnerabilidade físico-ambiental (preenchimento do formulário 1) (Fig.10). Sendo assim, para cada unidade habitacional entrevistada, foram registradas as coordenadas espaciais, fotografadas e descritas as principais características da edificação (material, cobertura, acesso a moradia, qualidade do acesso, etc.) e do terreno (altura e declividade do talude, evidências de movimentação), importantes para a análise, conforme a Figura 10.



Figura 9 – Subsetores identificados no setor PE-OL-SR-02 definidos pela envoltória de edificações que formam uma área com características similares quanto ao padrão construtivo, não envolvendo um número superior a 25. Fonte: Iwasa *et al.* (2013).

Formulário 01 - Identificação dos fatores físicos e ambientais de vulnerabilidade			
Profissional: Everaldo Nunes e Eduardo Bontempo		Data: 22/07/2013	
1- Identificação da área			
Código do setor de risco: PE-OL-SR-02-SS02-DA			
Código da Unidade Habitacional: PE-OL-SR-02-SS02-01			
Endereço: Rua da Comunicação			
Número: 21	Complemento:		
Bairro: Águas Compridas	Município: Olinda	Estado: PE	
Coordenadas Geográficas:		-7,985126	-34,914092
Croqui (utilizar imagens cedidas, identificando a unidade analisada)		Características da edificação - Foto da Unidade Habitacional	
			
2- Características da Edificação			
☒ Residência ☐ Edifício ☐ Comércio Outros:		Pavimentos: 1 m² 35	
2.1 - Moradores:		Quantidade: 4 (quanto não for possível usar 4.2)	
2.2 - Material:		☒ Alvenaria ☐ Madeira ☐ Misto ☐ Outro	
2.3 - Cobertura:		☒ Telha Cerâmica ☐ Fibro Cimento ☐ Laje de Concreto ☐ Outro	
2.4 - Acesso a Moradia		☐ Rua pavimentada ☒ Rua de chão ☐ Rodovia ☐ Avenida	
2.5 - Qualidade de Acesso:		☐ Servidão ☐ Escadaria ☐ Ponte	
2.6 - Margens do córrego:		☒ Precário ☐ Bom ☐ Canal Natural ☐ Canal Sinuoso ☐ Canal Retificado	
Distância da Margem (m):		H das Cheias (m): ☒ Não Aplicável	
3- Características do Terreno			
3.1 - Terreno:		☐ Área Plana ☐ Topo do Morro ☒ Talude	
3.2 - Talude:		☐ Natural ☒ Corte ☐ Aterro ☐ Extração mineral	
H do Talude (m): 4		Declividade aproximado (graus): 80 ☐ Não Aplicável	
3.3 - Evidências da movimentação:			
Trincas na Moradia:	☐ Sim	☒ Não	
Trincas no Terreno:	☐ Sim	☒ Não	
Inclinação de árvores/postes/muros:	☐ Sim	☒ Não	
Degradas de Abatimento:	☐ Sim	☒ Não	
Cicatrizes de Ecorregamentos:	☒ Sim	☐ Não	
Depósitos Pretéritos:	☐ Sim	☒ Não	
Feições Erosivas:	☒ Sim	☐ Não	
"Embarrigamento" de muros/paredes:	☐ Sim	☒ Não	

Figura 10 – Identificação dos fatores físicos e ambientais de vulnerabilidade. Exemplo: Setor PE-OL-SR-02-SS-02 (Formulário 1). Fonte: Iwasa et al. (2013).

O relatório de identificação da área mapeada foi obtido através da observação dos setores e preenchimento do Formulário 2 (Fig. 11) foi realizado por quatro geólogos, destacando a

infraestrutura de saneamento, a cobertura vegetal, além da parte institucional. Completaram a equipe de campo dois geógrafos e dois técnicos em meio ambiente.

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE A DESASTRES NATURAIS...

Município: Olinda	Estado: PE	Logradouro: Alto da Bondade
Profissional: Eduardo Bomtempo	Setor de risco: PE-OL-SR-02	
Subsetor: PE-OL-SR-02-SS02	Processo: Deslizamento	Data: 19/07/2013

Vulnerabilidade da Construção		Águas	
Ruas de interesse:	Rua da Comunicação	Lançamento de água servida em superfície:	☒
Tipo do acesso:	Rua de Chão	Destino de Esgoto:	Céu Aberto
Condições do acesso:	Precário	Sistema de drenagem de águas pluviais:	Precário
Uso:	Residencial	Evidências de Movimentação	
Material da construção:	Alvenaria	Trincas	☐
Cobertura:	Cerâmica	Degraus de abatimento:	☐
Condicionantes de risco		Inclinação / embarrigamento:	☒
Tipo de talude:	Corte	Cicatriz / Depósito Pretérito:	☒
Altura do talude:	2-5	Erosão	☒
Distância do talude:	0-1	Determinação de Grau	
Declividade do talude:	60-80	Número de moradias:	6
Presença de Aterro, Lixo e/ou Entulho:	☒	Número de moradores:	24
Altura das cheias:		Grau de Vulnerabilidade:	Alto
Distância das margens:		Grau de risco:	R3
Processo hidrológico:			
Possibilidade de Impacto:			

Figura 11 – Identificação da área mapeada. Exemplo: Setor PE-OL-SR-02-SS-02 (Formulário 2). Fonte: Iwasa et al. (2013).

Analisando-se os dados obtidos em campo observa-se que em todos os subsetores, os indicadores de vulnerabilidade de ocupação classe 3 são superiores a 50%. Considerando-se os critérios estabelecidos, tem-se que o setor em questão a vulnerabilidade da ocupação a deslizamentos é Alta (DA), conforme o Quadro 4.

Com relação à formulação de propostas de intervenções para a mitigação dos riscos, a Figura 12 exemplifica os tipos de intervenções sugeridas para o setor.

O custo total das medidas estruturais recomendadas para esse setor foi de R\$ 727.909,82 (Quadro 5).

Quadro 4 – Critérios de hierarquização da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento. Fonte: Iwasa et al. (2013).

Grau de risco	Porcentagem de indicadores aplicáveis à situação na classe 3 $\geq$ 50%	25% $\leq$ Porcentagem de indicadores aplicáveis à situação na classe 3 < 50%	Porcentagem de indicadores aplicáveis à situação na classe 3 < 25%
Muito Alto	Alta (DA/IA)	Alta (DA/IA)	Alta (DA/IA)
Alto	Alta (DA/IA)	Alta (DA/IA)	Média (DB/IB)
Médio	Alta (DA/IA)	Média (DB/IB)	Baixa (DC/IC)
Baixo	Baixa (DC/IC)	Baixa (DC/IC)	Baixa (DC/IC)



Figura 12 – Intervenções sugeridas no setor PE-OL-SR-02. Fonte: Fonte: Iwasa et al. (2013).

Quadro 5 – Medidas estruturais recomendadas para o Setor PE-OL-SR-02 com os respectivos custos. Fonte: Fonte: Iwasa et al. (2013).

Medida	Custo
Reconstituição do talude	108.652,50
Canaleta de drenagem meia cana	137.875,50
Caixa de passagem	32.542,42
Escada d'água	412.110,40
Guia	14.559,10
Sarjeta	22.169,90
Pavimentação	-
Total	727.909,82

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No município de Olinda foram estudados 12 setores de risco. Ao todo, esses setores abrigam 2.161 edificações e cerca de 8.625 moradores (2,28% da população total do município). Os custos das medidas estruturais recomendadas perfazem R\$ 341.593.147,39, conforme o Quadro 6.

No que tange à capacidade de prevenção e resposta do município a desastres naturais, Olinda apresentou insuficiência em duas capacidades: (1) sistema de abrigo e estoque estratégico mínimo; e (2) Informação, organização e mobilização da sociedade civil. Para as demais capacidades avaliadas, o município apresentou condições de suficiência ou suficiência parcial.

Entre as medidas que o município de Olinda deve tomar, enumera-se:

- 1) Revisão do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR);
- 2) Elaboração de uma carta geotécnica de riscos abrangendo toda área urbana;
- 3) Implementação de um programa de capacitação de servidores visando à gestão de riscos; criação de uma rede de Núcleos Comunitários de Defesa Civil (Nudecs);
- 4) Elaboração e aplicação de um plano de ações de medidas não estruturais destinadas à prevenção e mitigação dos riscos; realização de intervenções estruturais

para a mitigação dos riscos, conforme propostas do Formulário 3;

- 5) Aplicação do sistema de monitoramento, alerta prévio e de rede de comunicação; com treinamento da população;
- 6) Realização de simulados para preparar as comunidades para situações de emergência;
- 7) Revisão do Plano Diretor Municipal incorporando o mapeamento das áreas suscetíveis e o planejamento de ações de intervenção preventiva;
- 8) Cartilhas educativas para a população;
- 9) Melhoria no sistema de coleta de lixo; trabalho de educação nas comunidades
- 10) Em áreas de risco alto a muito alto estabelecer áreas para depósito de lixo em containers fechados para posterior coleta.
- 11) Mapeamento geológico das áreas de risco.

Além dessas recomendações, seria de extrema importância para o município um maior estreitamento na relação com o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), com sede em Brasília-DF, além do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), vinculado ao Ministério da Integração Nacional.

Quadro 6 – Setores e subsetores de risco, quantidade de edificações, quantidade de pessoas, tipo e grau de risco, vulnerabilidade da ocupação e custos das medidas estruturais recomendadas. Fonte: Fonte: Iwasa et al. (2013).

Setor de risco	Quantidade			Risco		Vulnerabilidade da ocupação	Custo das medidas estruturais (R\$)
	Subsetores	Edificações	Pessoas	Tipo	Grau		
PE-OL-SR-01	5	92	368	Deslizamento	Médio a Muito Alto	Alta	5.505.851,92
PE-OL-SR-02	3	39	156	Deslizamento	Alto a Muito Alto	Alta	727.909,82
PE-OL-SR-03	3	39	155	Deslizamento/ inundação	Baixo a Alto	Média a Alta	681.245,82
PE-OL-SR-04	1	17	68	Deslizamento	Muito Alto	Alta	6.086.805,90
PE-OL-SR-05	1	6	24	Deslizamento	Muito Alto	Alta	481.167,52
PE-OL-SR-06	10	188	764	Deslizamento	Médio a Muito Alto	Alta	13.096.391,68
PE-OL-SR-07	25	380	1520	Deslizamento	Médio a Muito Alto	Alta	12.971.166,28
PE-OL-SR-08	20	460	1840	Deslizamento	Médio a Muito Alto	Alta	112.205.481,97
PE-OL-SR-09	14	246	984	Deslizamento	Médio a Muito Alto	Alta	12.140.222,18
PE-OL-SR-10	20	353	1412	Deslizamento	Alto a Muito Alto	Alta	172.000.948,66
PE-OL-SR-11	10	230	890	Deslizamento	Baixo a Muito Alto	Alta	4.306.853,54
PE-OL-SR-12	8	111	444	Deslizamento	Médio a Muito Alto	Alta	1.389.102,10
Total	120	2.161	8.625				341.593.147,39

Agradecimentos

Ao Grupo Regea/Pangea – Geologia Engenharia e Estudos Ambientais. Ao Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres e ao Departamento de Geologia da UFPE. A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco e a Prefeitura Municipal de Olinda.

REFERÊNCIAS

- Bertone, P; Marinho, C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: A visão do planejamento. In: CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA. Anais. Brasília, DF. 2013.
- Carvalho, C. S.; Macedo, E. S; Ogura, A. T., 2007. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176p.
- Higashi, R. R.; Oiveira, O. M.; Sbroglia, R. M.; Parizoto, D. G. V.; Goerl, R. F.; Bim, R. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Brasil. 2ª Ed. Revisada e ampliada. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 126p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Infográficos: evolução populacional. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=260960&search=pernambuco|olinda|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>. Acesso em: 24/10/2016.
- Iwasa, O. Y.; Alves, C. F. C.; Magro, S. A.; Alves, F. M.; Fontanella, G.; Almeida, N. R.; Assato, A. N.; Bernardino, J. C.; Fagundes, M. G.; Shiata, E.; Manoel, M. C; Bezerra, J. S. B.; Bernardes, T. A. 2013. Levantamento de dados e análise da vulnerabilidade a desastres naturais para elaboração de mapas de risco e apresentação de proposta de intervenções para prevenção de desastres para o Ministério da Integração Nacional. São Paulo-SP. 86p.
- Silva, I. S. 2015. Desastres naturais no Brasil: ações adotadas pelo governo federal após 2011. Especialização em Análise Ambiental. Departamento de Geografia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 21p.