

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

EDUARDO BARCELOS BONTEMPO FILHO

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

RECIFE
2017

EDUARDO BARCELOS BONTEMPO FILHO

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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gorki Mariano

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Quental Coutinho

**RECIFE
2017**

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicêa Alves, CRB-4 / 1260

B722a Bontempo Filho, Eduardo Barcelos.
Análise da vulnerabilidade a desastres naturais no município de Olinda-
Pe / Eduardo Barcelos Bontempo Filho - 2017.
212folhas, Il.; Tabs.; Abr.; Sigl. e Qua.

Orientador: Prof. Dr. Gorki Mariano.
Coorientador: Prof. PhD. Roberto Quental Coutinho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação Geociências, 2017.
Inclui Referências e Anexos.

1. Geociências. 2. Vulnerabilidade. 3. Desastres naturais. 4. Olinda.
5. Pernambuco. 6. Setor de risco. I. Mariano, Gorki (Orientador).
II. Coutinho, Roberto Quental(Coorientador). III. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.) BCTG/2017-174

EDUARDO BARCELOS BONTEMPO FILHO

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

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geociências da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Mestre em Geociências.

Aprovada em: 20/04/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gorki Mariano (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Marcelo Reis Rodrigues da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (Examinador Externo)
CPRM - Rio de Janeiro

À Elizabete, minha mãe e melhor amiga, que apesar da distância que nos separa, está sempre comigo para o que der e vier e que posso afirmar que amarei pelo resto da minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

Aos meus pais Elizabete e Eduardo.

À minha irmã Luciana e a minha sobrinha Beatriz.

Ao professor Gorki Mariano pela verdadeira orientação e boa vontade de estar sempre disposto a ajudar.

Ao professor Roberto Quental Coutinho, meu tutor na Geologia de Engenharia, que me ensinou muito ao longo desse tempo.

Toda minha família, que sempre esteve do meu lado, cada um do seu jeito, à sua maneira, mostrando sempre imensa satisfação em ajudar.

Aos amigos e colegas de todas as horas, que nunca mediram esforços para ajudar na construção deste trabalho. Agradeço por tudo que foi feito, pelo incentivo, pelos bons momentos ao lado de vocês.

À equipe incansável do mapeamento de campo composta por Guilherme (Pirigute), Larissa (Pig), Pedro (Pedrogas), Everaldo (Benta), Suzana (Chupetinha) e Rafael Fhelipe Lima Farias (não tem apelido).

À Regea/Pangea – Geologia, Engenharia e Estudos Ambientais, em nomes dos geólogos Oswaldo Iwasa e Fernando Alves, pela oportunidade e confiança que me foi dada em diversos municípios espalhados pelo Brasil, e a geógrafa Mariana Fagundes, pela disponibilização de informações para a elaboração desta pesquisa.

Ao GEGEP – Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres, pela parceria e apoio.

À secretaria (Krishnamurti) e aos professores (especialmente aos professores Virgínio Neumann e Almany Santos) do Programa de Pós-Graduação em Geociências, pela preocupação e a atenção prestada.

À FACEPE, pela concessão da bolsa, a qual foi imprescindível para o desenvolvimento e conclusão dessa pesquisa.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

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: caracterizar as edificações, a infraestrutura nos setores de risco e a estrutura institucional num raio de 3 km desses setores; analisar a vulnerabilidade a desastres naturais nos setores e subsetores de risco; avaliar a capacidade de proteção a desastres naturais do município; formular propostas de intervenção para a prevenção de desastres naturais; e elaborar 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 se basearam na aplicação de 4 formulários. Em todo o município de Olinda, foram mapeados 12 setores de risco, que foram divididos em 120 subsetores. Como produto dos resultados obtidos, 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

The present 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: characterize buildings, infrastructure in risk sectors and Institutional structure within a 3 km radius of these sectors; Analyze vulnerability to natural disasters in risk sectors and subsectors; Assess the municipality's natural disaster protection capacity; Formulate proposals for intervention for the prevention of natural disasters; And to draw up sliding and flood risk maps. 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. In the entire municipality of Olinda, 12 risk sectors were mapped and divided into 120 subsectors. As a product of the results found, 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.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 2.1 - Gráficos de mortes por deslizamentos por estados entre 1988 e abril de 2015	24
Figura 2.2 - Diagrama dos processos dos fatores de causas preparatórias e acionantes dos deslizamentos	36
Figura 2.3 - Mecanismo do processo erosivo em um terreno com sulcos	46
Figura 2.4 - Erosão hídrica pluvial	46
Figura 2.5 - Combinação das classes de curvatura vertical e horizontal	49
Figura 3.1 - Esquema de uma situação normal, enchente, inundação e alagamento em uma cidade	55
Figura 4.1 - Gráfico de distribuição de mortes por deslizamento no decorrer dos anos, entre 1988 e abril de 2015	67
Figura 4.2 - Relação dos 10 municípios que apresentaram maior número de óbitos entre 1988 e abril de 2015	67
Figura 4.3 - Moradias próximas a cortes inadequados com presença de lonas plásticas evidenciando movimentação de massa no município de Ipojuca-PE, em 2015	75
Figura 4.4 - Divisão das faixas de grau de risco	85
Figura 4.5 - Roteiro metodológico para análise e mapeamento de risco	87
Figura 4.6 - Fluxograma da metodologia utilizada pela UFRJ	89
Figura 4.7 - Medidas de atuação em relação a áreas de risco	95
Figura 5.1 - Estrutura simplificada do método utilizado, apresentando os fatores considerados	112
Figura 6.1 - Localização do Município	120
Figura 6.2 - Localização da Bacia Paraíba, juntamente com as feições estruturais do Nordeste Oriental	123
Figura 6.3 - Quadro esquemático com o modelo proposto para a estratigrafia da Bacia Paraíba, destacando a Sub-Bacia Olinda	124
Figura 6.4 - Classes de solos do município de Olinda	126
Figura 7.1 - Mapa de localização dos setores de estudo dentro do município de Olinda	130

Figura 7.2 - 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: Setor PE-OL-SR-02	132
Figura 7.3 - Registro fotográfico detalhando o desmatamento, além do despejo de lixos e entulhos, contribuindo ainda mais para o risco de um deslizamento – Exemplo: Setor PE-OL-SR-02	132
Figura 7.4 - Registro fotográfico geral do setor, evidenciando a ocupação desordenada na encosta por uma moradia de baixo padrão construtivo, através de cortes do tipo gaveta – Exemplo: Setor PE-OL-SR-02	133
Figura 7.5 - Registro fotográfico detalhado. A) Moradia próxima ao talude de corte com declividade acentuada, protegida por 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 presença de bananeiras, podendo resultar no acúmulo de grande quantidade de água. D) Proximidade da moradia ao talude de corte contribuindo para o consequente aumento no grau de vulnerabilidade – Exemplo: Setor PE-OL-SR-02	133
Figura 7.6 - 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	134
Figura 7.7 - Localização Identificação dos fatores físicos e ambientais de vulnerabilidade. Exemplo: Setor PE-OL-SR-02-SS-02 (Formulário 1)	135
Figura 7.8 - Localização do Município	136
Figura 7.9 - Intervenções sugeridas no setor PE-OL-SR-02.....	137
Figura 7.10 - Identificação das capacidades de prevenção e resposta a desastres naturais de Olinda-PE	140
Figura 7.11 - Mapa de localização dos elementos de interesse do município de Olinda-PE	143
Figura 7.12 - Mapa de localização dos elementos de interesse do município de Olinda-PE	144
Figura 7.13 - Mapa de localização dos elementos de interesse do município de Olinda-PE	144
Figura 7.14 - Mapa de localização dos elementos de interesse do município de Olinda-PE	146

Figura 7.15 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-01.....	167
Figura 7.16 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-02.....	168
Figura 7.17 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-03.....	169
Figura 7.18 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-04.....	170
Figura 7.19 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-05.....	171
Figura 7.20 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-06.....	172
Figura 7.21 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-07.....	173
Figura 7.22 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-08.....	174
Figura 7.23 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-09.....	175
Figura 7.24 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-10.....	176
Figura 7.25 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-11.....	177
Figura 7.26 - Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-12.....	178

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE	62
Tabela 4.2 - Graus de risco finais para o município de Recife	83
Tabela 6.1 - Monitoramento pluviométrico entre 2011 e 2016	121
Tabela 7.1 - Classificação do grau de risco por subsetor	147
Tabela 7.2 - Porcentagem de indicadores considerados classe 3 (PI), por subsetor de risco.....	152
Tabela 7.3 - Classificação da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento e inundação/solapamento, por setor de risco.....	160

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABGE - Associação Brasileira de Geologia da Engenharia e Ambiental
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGS - Australian Geomechanics Society
AMUPE – Associação Municipalista de Pernambuco
As' - Clima tropical (chuvas de outono/inverno)
CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
CONPDEC - Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
CONDEP / FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco
CP- Corpo de Prova

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ECP- Estado de Calamidade Pública

GEGEP - Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres
HFA - Hyogo Framework Action

IA - Índice de Atividade da Argila
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDNDR - International Decade for Natural Disaster Reduction
ISDR - International Strategy for Disaster Reduction

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISRM - International Society for Rock Mechanics
ISSMGE - International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
JTC - Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes
MI - Ministério da Integração Nacional
NUDECs - Núcleo Comunitário de Defesa Civil
PIB - Produto Interno Bruto
PMRR- Plano Municipal de Redução de Risco
PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
RMR - Região Metropolitana do Recife

SDH/PR - Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República
SE - Situação de Emergência
SIG - Sistema de Informação Geográfica

SEDEC - Secretaria Nacional de Defesa Civil

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SRHE - Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos

SUCS - Sistema Unificado de Classificação de Solos

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UNDRO - Office of the United Nations Disasters Relief Co-Ordinator

UNISDR - The United Nations Office for Disaster Risk Reduction

USGS - United States Geological Survey

UTM - Universal Transversa de Mercator

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Classificação dos Movimentos Gravitacionais de Massa	26
Quadro 2.2 - Glossário para classificação de deslizamentos	26
Quadro 2.3 - Características dos principais grupos de processos de instabilização	27
Quadro 2.4 - Inventário de causas de movimentos de massa	35
Quadro 2.5 - Fatores deflagradores dos movimentos de massa	40
Quadro 3.1 - Tipos de inundações e suas causas no Planeta	54
Quadro 4.1 - Classificação dos desastres em relação à intensidade	62
Quadro 4.2 - Fatores e Atributos de Risco adotados em Camaragibe	84
Quadro 4.3 - Critérios para a determinação dos graus de risco	88
Quadro 4.4 - Matriz de risco segundo arranjo entre probabilidade de ocorrência do processo e sua gravidade	94
Quadro 4.5 - Tipos de obras sem estrutura de contenção para estabilização de encostas	96
Quadro 4.6 - Tipos de obras com estrutura de contenção para estabilização de encostas	97
Quadro 5.1 - Características da edificação: estrutura de coleta de dados	108
Quadro 5.2 - Características do terreno: estrutura de coleta de dados	109
Quadro 5.3 - Evidências de movimentação do terreno: estrutura de coleta de dados	109
Quadro 5.4 - Infraestrutura de saneamento: estrutura de coleta de dados	110
Quadro 5.5 - Características da cobertura vegetal: estrutura de coleta de dados	110
Quadro 5.6 - Estabelecimentos institucionais: estrutura de coleta de dados	111
Quadro 5.7 - Critérios de análise da vulnerabilidade a deslizamento, enxurrada e inundação	113
Quadro 5.8 - Critérios de análise da vulnerabilidade a deslizamento, enxurrada e inundação	113

Quadro 5.9 - Critérios de hierarquização da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento, enxurrada e inundação	114
Quadro 5.10 - Tipologia de intervenções voltadas à redução de riscos associados a escorregamentos em encostas ocupadas e a solapamentos de margens de córregos	116
Quadro 5.11 - Listagem básica de medidas não estruturais	118
Quadro 7.1 - Informações dos setores estudados e seus processos atuantes	130
Quadro 7.2 - Critérios de hierarquização da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento	136
Quadro 7.3 - Medidas estruturais recomendadas para o Setor PE-OL-SR-02 com os respectivos custos	138
Quadro 7.4 - Estrutura de obtenção de dados em campo	139
Quadro 7.5 - Síntese das informações levantadas a partir do Formulário 4	141
Quadro 7.6 - Instituições situadas no raio de 3 km dos setores de risco no município de Olinda-PE	142
Quadro 7.7 - Custo total das estruturas por setor	165
Quadro 7.8 - Medidas e siglas utilizadas	165
Quadro 7.9 - Detalhamento dos custos das medidas estruturais por setor	166
Quadro 7.10 - Detalhamento dos custos das medidas estruturais por setor	166
Quadro 8.1 - 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	179

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	OBJETIVOS	25
1.1.1	Objetivo geral.....	25
1.1.2	Objetivos específicos.....	25
2	MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E PROCESSOS DE TRANSPORTE DE MASSA	26
2.1	MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA.....	26
2.1.1	Tipos de movimentos e suas características	31
2.1.2	Condicionantes dos processos de movimentos de massa.....	37
2.1.2.1	Condicionantes geológicos e pedológicos.....	40
2.1.2.2	Condicionantes geomorfológicos	41
2.1.2.3	Condicionantes climáticos e pluviométricos	42
2.1.2.4	Remoção da cobertura vegetal.....	43
2.1.2.5	Ação antrópica.....	44
2.2	PROCESSOS DE TRANSPORTE DE MASSA	45
2.2.1	Erosão hídrica pluvial	46
2.2.1.1	Erosão laminar (Erosão entre sulcos ou em lençol)	47
2.2.1.2	Erosão linear (Erosão em sulcos)	47
2.2.1.3	Erosão interna (piping)	50
2.2.2	Fatores condicionantes da erosão.....	50
2.2.2.1	Chuva.....	50
2.2.2.2	Topografia	51
2.2.2.3	Geologia e propriedades do solo	52
2.2.2.4	Ação antrópica.....	54
3	INUNDAÇÃO	55
3.1	ASPECTOS CONCEITUAIS	55
3.1.1	Enchente	56
3.1.2	Inundação	56
3.1.3	Planície de inundação	58
3.1.4	Alagamento	58
3.1.5	Enxurrada	59
3.1.6	Vazão	59
3.1.7	Área de risco de enchente e inundação	59

3.1.8	Erosão marginal	59
3.1.9	Solapamento	60
3.2	FATORES CONDICIONANTES DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES.....	60
3.2.1	Fatores naturais	60
3.2.2	Fatores antrópicos	61
4	DESASTRES NATURAIS E MAPEAMENTO DE RISCO	63
4.1	DESASTRES.....	63
4.1.1	Desastres no Brasil	67
4.2	CONCEITOS GERAIS DE ANÁLISE DE RISCO E METODOLOGIAS DE AVALIAÇÕES BRASILEIRAS.....	73
4.2.1.1	Aspectos Gerais sobre Vulnerabilidade.....	79
4.2.1.2	Aspectos Gerais sobre Resiliência.....	81
4.2.2	Metodologias para Elaboração do Mapeamento de Risco	84
4.2.2.1	Metodologia de Gusmão Filho <i>et al</i> (1992) para elaboração de mapa de risco de erosão e escorregamento - UFPE	86
4.2.2.2	Metodologia adotada na realização do Mapa de Risco de erosão e escorregamento no município de Camaragibe – Experiência GEGEP/UFPE	88
4.2.2.3	Metodologia de avaliação e Mapeamento de áreas de Risco – Ministério das Cidades/IPT	90
4.2.2.4	Mapeamento (escala 1:5.000) de áreas de riscos, frente aos deslizamentos de encostas no município de Angra dos Reis, RJ - UFRJ	93
4.2.2.5	Mapeamento e análise de áreas de risco de enchentes e inundações em áreas urbanas – Ministério das Cidades/ IPT	95
4.2.2.6	Métodos e técnicas de identificação e análise de áreas de risco de enchentes e inundações – IPT	97
4.2.2.7	Métodologia de setorização de áreas de risco – CPRM	99
4.3	GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO: MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS	99
4.3.1	Medidas estruturais	100
4.3.1.1	Obras sem estrutura de contenção	102
4.3.1.2	Obras com estrutura de contenção.....	105
4.3.1.3	Obras de proteção para massas movimentadas.....	108
4.3.1.4	Obras estruturais relacionadas a enchentes e inundações.....	109

4.3.2	Medidas não estruturais.....	109
5	MÉTODOS UTILIZADOS PARA A ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NA ÁREA DE ESTUDO.....	111
5.1	INTRODUÇÃO.....	111
5.2	IDENTIFICAR A CAPACIDADE DO MUNICÍPIO DE PROTEÇÃO E RESPOSTA A DESASTRES NATURAIS.....	112
5.3	IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES FÍSICOS E AMBIENTAIS DE VULNERABILIDADE EM SETORES DE RISCO EXISTENTES NO MUNICÍPIO	113
5.3.1	Caracterização das edificações existentes no setor de risco.....	113
5.3.2	Caracterização do terreno	114
5.3.3	Identificação de evidências de movimentação	114
5.4	IDENTIFICAR A ESTRUTURA DE SANEAMENTO E A COBERTURA VEGETAL EM SETORES DE RISCO	115
5.5	IDENTIFICAR A ESTRUTURA INSTITUCIONAL EXISTENTE NUM RAIO DE 3 KM DOS SETORES DE RISCO	115
5.6	CLASSIFICAR OS SETORES/SUBSETORES QUANTO AO GRAU DE RISCO	116
5.7	ANALISAR A VULNERABILIDADE NOS SETORES/SUBSETORES DE RISCO	117
5.8	ELABORAÇÃO DE MAPAS DE RISCO.....	119
5.8.1	Mapas de risco de inundação.....	119
5.8.2	Mapas de risco de deslizamento	119
5.9	FORMULAR PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	120
5.9.1	Ações estruturais.....	120
5.9.1.1	Dimensionamento dos custos das propostas de ações estruturais	121
5.9.1.2	Mapa de localização das intervenções.....	122
5.9.2	Ações estruturais	122
6	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE OLINDA	124
6.1	LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	124
6.2	ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS	126
6.2.1	Aspectos climáticos	126
6.2.2	Vegetação.....	127
6.2.3	Hidrografia.....	127

6.2.4	Geologia	128
6.2.5	Pedologia	130
6.2.6	Saneamento	132
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	136
7.1	CONSIDERAÇÕES INICIAS SOBRE A ANÁLISE DOS RESULTADOS	136
7.2	ANÁLISE DOS INDICADORES DE VULNERABILIDADE.....	146
7.2.1	Capacidade do Município de Prevenção e Resposta a Desastres Naturais	147
7.2.2	Prevenção e Mitigação de Desastres	149
7.2.3	Planejamento e preparação para situação de emergência	149
7.3	DIVERSIDADE DAS INSTITUIÇÕES EXISTENTES NUM RAIO DE 3 KM.....	149
7.4	GRAU DE RISCO.....	150
7.5	ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DO MUNICÍPIO DE OLINDA...	158
7.6	INTERVENÇÕES PARA REDUZIR O RISCO	171
8	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS	186
	REFERÊNCIAS	190
	ANEXO I – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS SETORES DE RISCO DE DESLIZAMENTO E DE INUNDAÇÃO DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	201
	ANEXO II – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-01 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	202
	ANEXO III – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-02 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	203
	ANEXO IV – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO/INUNDAÇÃO PE-OL-SR-03 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	204
	ANEXO V – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE- OL-SR-04 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	205
	ANEXO VI – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-05 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	206

ANEXO VII – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO	
PE-OL-SR-06 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	207
ANEXO VIII – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO	
PE-OL-SR-07 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	208
ANEXO IX – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE	
DESLIZAMENTO/INUNDAÇÃO PE-OL-SR-08 DO	
MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	209
ANEXO X – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO	
PE-OL-SR-09 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE.....	210
ANEXO XI – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO	
PE-OL-SR-10 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE.....	211
ANEXO XII – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO	
PE-OL-SR-11 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	212
ANEXO XIII – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO	
PE-OL-SR-12 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE	213

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O expressivo crescimento populacional nas grandes cidades, em um curto espaço de tempo, reflete a interação negativa entre sociedade e natureza, levando a formação de centros urbanos sem planejamento. Uma consequência dessa ocupação é o aumento do número de áreas de risco com ocorrência de acidentes envolvendo perdas de vidas e de recursos econômicos. De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (1991 a 2012), o déficit habitacional urbano, que engloba as moradias sem condições de serem habitadas em razão da precariedade das construções ou do desgaste da estrutura física, correspondem a 5.546.310 domicílios, destes 4.629.832 estão localizados nas áreas urbanas.

Os números apresentados, associados ao pouco investimento em infraestrutura, resultam nas principais causas dos problemas relacionados com riscos geológicos existentes em centros urbanos urbanização. Estes fatores contribuem para geram a segregação social e o aumento da degradação dos recursos naturais como o desmatamento e a poluição dos recursos naturais (hídricos e hidrogeológicos). As consequências destes impactos produzem desequilíbrios naturais, gerando áreas que são frequentemente afetadas por enxurradas, inundações, deslizamentos e processos erosivos, provocando assim danos materiais e riscos à saúde e à vida da população.

Desastres naturais têm ocorrido com maior frequência e intensidade em grande parte das regiões densamente povoadas do planeta. Somam-se aos eventos de natureza geológica e hidrometeorológica as intervenções antrópicas que podem acarretar ou potencializar a consequência de impactos em áreas de risco, surpreendendo, até mesmo, países bem preparados e com políticas consolidadas para agir frente aos desastres. Dessa forma, a necessidade da compreensão dos fenômenos naturais quanto a sua ocorrência, seus mecanismos e sua dinâmica é fundamental para proposição de medidas preventivas e corretivas (MOURA e CANIL, 2016).

No Brasil o processo de urbanização foi intensificado em meados da década de 1950, em praticamente todo território não foram adotadas políticas de planejamento

urbano, acarretando no surgimento e expansão de assentamentos sem infraestrutura adequada, ocupando áreas de altas declividades e próximas a margens de córregos e rios, gerando um quadro urbano sujeito principalmente, a deslizamentos de encostas e inundações, colocando a população residente nestas áreas em situação de perigo.

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED UFSC, 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.

Dentro deste contexto, a pesquisa aqui descrita apresenta-se como parte integrante do produto final desenvolvido para o projeto “Levantamento de dados e análise da vulnerabilidade a desastres naturais para elaboração de mapas de risco e apresentação de propostas de intervenções para prevenção de desastres”. O desenvolvimento de tal projeto foi possível através da contratação, via Ministério da Integração Nacional/Secretaria Nacional de Defesa Civil (MI/SEDEC), da Pangea – Geologia e Estudos Ambientais para a execução dos serviços, empresa paulistana de consultoria com mais de 20 anos atuação no mercado, referência na área. De acordo com o Termo de Referência do Edital do Pregão Eletrônico Nº 29/2012, os municípios que ficaram sob a responsabilidade da Pangea foram: Cabo de Santo Agostinho, Escada, Olinda, São Lourenço da Mata e Vitória de Santo Antão. Olinda foi o município escolhido como área de pesquisa para esta dissertação, sendo aqui detalhadas suas características, com foco à análise e mapeamento dos riscos geológicos identificados. O produto desta pesquisa possibilitará à gestão municipal o conhecimento dos parâmetros influenciadores para o risco existente, subsidiando a adoção de intervenções em áreas prioritárias.

É importante ressaltar a importância do Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres (GEGEP), sob a coordenação geral do professor Roberto Quental Coutinho, para o desenvolvimento dessa dissertação, pois o autor teve o privilégio de participar do projeto “Avaliação da vulnerabilidade e do risco em áreas susceptíveis a deslizamentos e inundações em Pernambuco”, no período de Novembro de 2014 a Dezembro de 2015.

1.1 - Objetivos

Os objetivos que fundamentaram a elaboração desta pesquisa foram divididos em Objetivo Geral e Objetivos Específicos, sendo apresentados a seguir.

1.1.1 - Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar a vulnerabilidade a desastres naturais nos setores e subsetores de risco, fornecendo subsídios técnicos para o grau de risco e para a mitigação e prevenção decorrentes desses desastres naturais, no município de Olinda-PE.

1.1.2 - Objetivos Específicos

Partindo para os objetivos específicos desta dissertação têm-se:

- Analisar a vulnerabilidade a desastres naturais nos setores e subsetores de risco;
- Caracterizar as edificações e a infraestrutura nos setores de risco e a estrutura institucional existente num raio de 3 km desses setores;
- Formular propostas de intervenções para prevenção dos desastres dos desastres naturais;
- Avaliar a capacidade de proteção a desastres naturais do município de Olinda-PE; e
- Elaborar mapas de risco de deslizamento e inundação das áreas mapeadas.

CAPÍTULO 2

MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E PROCESSOS DE TRANSPORTE DE MASSA

Neste capítulo, é apresentada uma revisão bibliográfica com os principais conceitos utilizados nos estudos de riscos e desastres naturais, juntamente com as principais instituições pesquisadoras do assunto. Segundo Coutinho e Silva (2006) os movimentos de massa podem ser classificados em dois grupos. O primeiro grupo referente aos movimentos de massa devido à ação da gravidade como, por exemplo, os escorregamentos de encostas, as quedas e tombamentos de blocos rochosos. O segundo grupo trata dos movimentos de massa causados por transporte podendo ser dividida em superficial e profundo. Assim, neste capítulo é apresentado o referencial teórico com aspectos relacionados a conceitos, que irão nortear o leitor a compreender terminologias de classificação dos tipos de movimento de massa, assim como fatores que podem desencadear a ocorrência dos mesmos, buscando relacionar a estudos da dinâmica das encostas, principalmente com aqueles que ocorrem em áreas urbanas e que provocam perdas e danos para as ocupações e a população.

2.1. MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

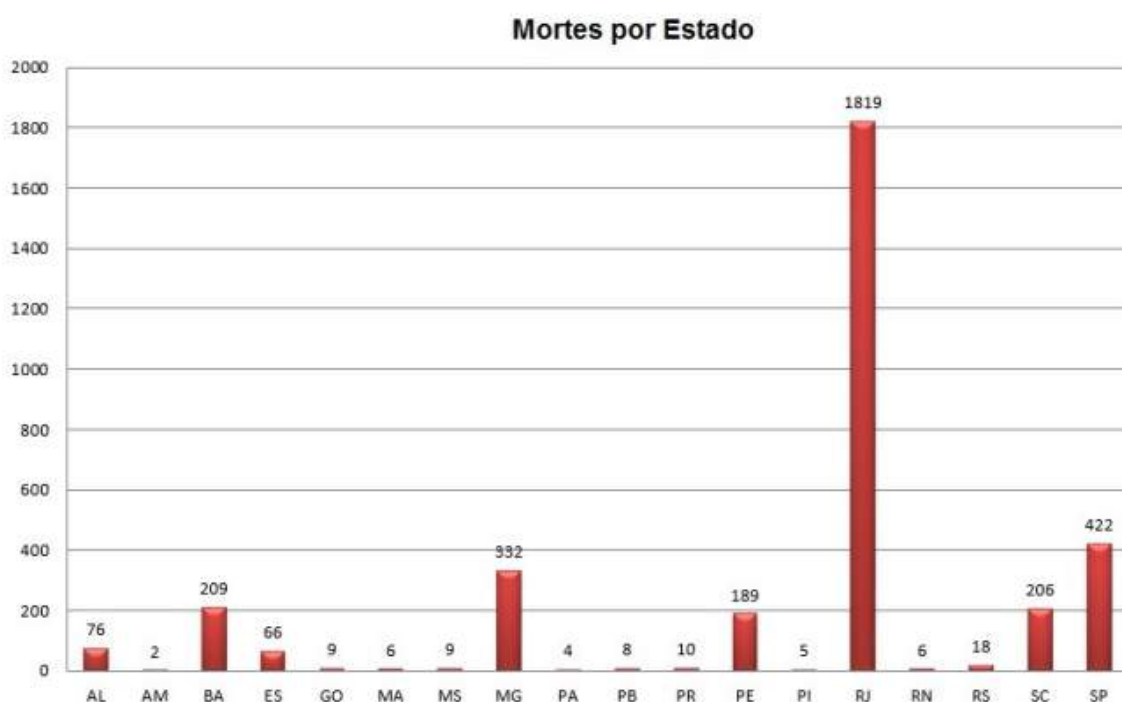
O movimento gravitacional de massa consiste em um importante processo natural que atua na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica em regiões serranas. No entanto, o crescimento da ocupação urbana indiscriminada em áreas desfavoráveis, sem o adequado planejamento do uso do solo e sem a adoção de técnicas adequadas de estabilização, favorece a ocorrência de acidentes associados a estes processos, que muitas vezes atingem dimensões de desastres (TOMINAGA, 2007).

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED UFSC, 2013) o desastre que mais teve ampliação ou aumento de incidência no país foi o movimento de massa onde na década de 1990 representava 4% de ocorrências, na década de 2000 cresceu significativamente para 96%, totalizando um aumento de 21,7 vezes.

Para Macedo e Mirandola (2016) os movimentos de massa são sem dúvida os processos geológicos induzidos, ou não, pela ocupação humana que mais causam mortes no Brasil. Mencionam que o banco de dados de mortes por deslizamentos no Brasil, organizado e mantido pelo IPT, apresentava 773 eventos catalogados em 243 municípios, em 18 estados, constituindo um total de 3396 fatalidades entre 1988 e abril de 2015. Uma atualização desses dados até março de 2016, principalmente após um verão 2015-2016 bastante chuvoso no sul e sudeste do país, elevou o número de óbitos para 3469.

Macedo e Martins (2015) consultando o mesmo banco de dados, apontam Pernambuco entre os 8 estados com maior número de óbitos devido a deslizamentos. Conforme visualizado na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Gráfico de mortes por deslizamentos por estados entre 1988 e abril de 2015.



Fonte: Macedo e Martins (2015).

O movimento gravitacional de massa é um termo geológico-geotécnico utilizado para explicar o processo de desprendimento de fragmentos de rocha e/ou solo das encostas. Ele pode ser causado por agentes exógenos ou endógenos. Entre os principais fatores naturais que contribuem para a geração de movimentos de massas nas encostas destacam-se a geometria e geomorfologia (altura, declividade e morfologia do talude, zonas de convergência e divergência de fluxo de água, ocorrência de depósitos de tálus e

colúvios), a duração e intensidade das precipitações pluviométricas, as características geológicas do material (sistema de fraturas, presença de minerais argilosos expansivos preenchendo as fraturas das rochas, etc.), geomecânicas (alterações do peso específico do solo devido à saturação, perda de coesão, etc.), cobertura vegetal, ocupação do solo, sismos naturais e induzidos ou outras situações incomuns tais como rompimento de barragens (NUNES, 2008).

A classificação dos movimentos gravitacionais de massa tem grande importância, sob o ponto de vista da aplicação, pois gera a possibilidade de associar cada tipo de movimento a um conjunto de características (profundidade, material instabilizado, raio de alcance, poder destrutivo, etc.) que em conjunto com o entendimento dos condicionantes permite formular modelos para orientar a proposição de medidas preventivas e corretivas (Brito e Oliveira, 1998).

Devido à complexidade dos processos envolvidos e à multiplicidade de ambientes de ocorrência, assim como dos diferentes enfoques dados por geólogos, engenheiros civis, geógrafos e geomorfólogos, não há na prática um sistema classificador amplamente divulgado e aceito. Assim, existem várias classificações de movimentos de massa gravitacionais que são baseadas na cinemática do movimento, como considerações sobre a massa em movimento e o terreno estável, velocidade, direção e sequência dos deslocamentos; no tipo do material envolvido, levando em conta sua estruturação, textura e conteúdo de água; assim como pela geometria, definida pela forma e tamanho das massas mobilizadas. Outras classificações, entretanto, são estritamente de abrangência local, não aplicada a outras áreas (LOPES, 2006).

É possível localizar na literatura inúmeras referências de trabalhos que propuseram classificações de movimento de massa, destacando-se Sharpe (1938), Terzaghi (1950), Varnes (1958 e 1978), Hutchinson (1988), Sassa (1989) e Cruden e Varnes (1996). Das classificações mais utilizadas internacionalmente, a de Cruden e Varnes (1996) se destaca devido à simplicidade e ao fato de ser baseada nos tipos de movimento e de material transportado.

O Quadro 2.1, apresenta a versão da classificação que foi proposta por Cruden e Varnes (1996 apud COUTINHO e SILVA, 2006), referindo-se a uma revisão da classificação proposta por Varnes (1978), nesta classificação são descritos o tipo de movimento, o tipo do material e a atividade de um movimento de massa. Cruden e Varnes (1996) recomendam que a completa identificação de um deslizamento deva ser realizada na sequência apresentada no Quadro 2.2, onde são descritas as atividades (incluindo

estados, distribuição e estilo) e a descrição dos movimentos (velocidade, teor de umidade, tipo de material e tipo do movimento).

Quadro 2.1- Classificação dos Movimentos Gravitacionais de Massa.

TIPO DE MOVIMENTO	TIPO DE MATERIAL		
	ROCHA	SOLO	
		PREDOMÍNIO DE GROSSO	PREDOMÍNIO DE FINO
Queda	Queda de rocha	Queda de detritos	Queda de solo
Tombamento	Tombamento de rocha	Tombamento de detritos	Tombamento de solo
Escorregamento	Escorregamento de rocha	Escorregamento em detritos	Escorregamento de solo
Expansões laterais	Expansões laterais de rocha	Expansões laterais de detritos	Expansões laterais de solo
Fluxo	Movimento lento /Corrida de rocha	Movimento lento /Corrida de detritos	Movimento lento /Corrida de solo

Fonte: Cruden e Varnes (1996 apud Coutinho e Silva, 2006).

Quadro 2.2- Glossário para classificação de deslizamentos.

ATIVIDADE			
ESTADO	DISTRIBUIÇÃO		ESTILO
Ativo	Avançada		Complexo
Reativado	Retrogressiva		Composto
Suspenso	Dilatada		Múltiplo
Inativo	Alargada		Sucessivo
Adormecido	Confinada		Simples
Abandonado	Diminuída		
Estabilizado	Deslocada		
Reliquiar			
DESCRIÇÃO DO PRIMEIRO MOVIMENTO			
VELOCIDADE	TEOR DE UMIDADE	MATERIAL	TIPO
Extremamente rápida (> 3 m/s)	Seco	Rocha	Queda
Muito rápida (3 m/s – 0,3 m/min)	Úmido	Solo	Tombamento
Rápida (0,3 m/min – 1,5 m/dia)	Molhado	Debris	Escorregamento
Moderada (1,5 m/dia – 1,5 m/mês)	Muito molhado		Espalhamento
Lenta (1,5 m/mês – 1,5 m/ano)			Corrida/Escoamento
Muito lenta (1,5 m/ano – 60 mm/ano)			
Extremamente lenta (< 60 mm/ano)			

Fonte: Cruden e Varnes (1996 apud Coutinho e Silva, 2006).

Dentre as classificações brasileiras, destacam-se as de Freire (1965), Guidicini & Nieble (1984), Augusto Filho (1992), IPT (1994). Segundo Lopes (2006) a classificação de Augusto Filho (1992) reúne as principais características dos movimentos gravitacionais de massa, no âmbito da dinâmica ambiental brasileira, fundamenta sua classificação em estudos realizados na Serra do Mar. O Quadro 2.3 resume os principais pontos levantados pelo autor, relacionando os processos com as características de movimento, características dos materiais mobilizados e a geometria desses.

Quadro 2.3 - Características dos principais grupos de processos de instabilização.

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO, MATERIAL E GEOMETRIA
Rastejo ou Fluência (<i>CREEP</i>)	- Vários planos de deslocamento (internos); - Velocidades de muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade; - Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; - Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada; - Geometria indefinida.
Escorregamentos (<i>SLIDES</i>)	- Poucos planos de deslocamento (externos); - Velocidades de médias (km/h) a altas (m/s); - Pequenos a grandes volumes de material; - Geometria e materiais variáveis; - Planares: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; - Circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; - Em cunha: solos/rochas com dois planos de fraqueza.
Quedas (<i>FALLS</i>)	- Sem planos de deslocamento; - Queda livre ou rolamento através de plano inclinado; - Velocidades muito altas (m/s); - Material rochoso; - Pequenos e médios volumes; - Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc; - Rolamento de matacão e tombamento.
Corridas (<i>FLAWS</i>)	- Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação); - Movimento semelhante ao de um líquido viscoso; - Desenvolvimento ao longo das drenagens; - Velocidades médias a altas; - Mobilização de solo, rochas, detritos e água; - Grandes volumes de material; - Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Fonte: Augusto Filho (1992).

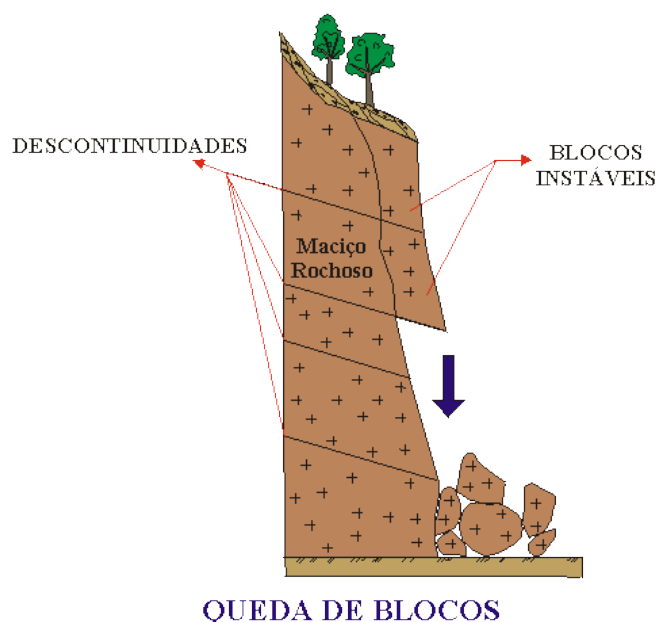
Conhecer e entender as características dos movimentos gravitacionais de massa é de grande importância para o planejamento e adoção de medidas de intervenção provisórias ou definitivas, diminuindo assim o risco de perdas e danos. Na sequência são detalhadas as características de cada um dos tipos de movimento com base nas definições de Cruden e Varnes (1996).

2.1.1 - Tipos de movimentos e suas características

QUEDAS (FALLS)

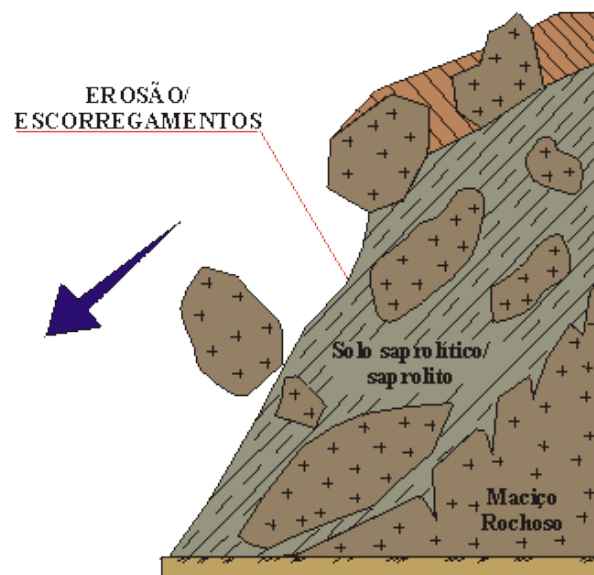
“Os materiais, rocha ou solo, se desprendem das encostas pela ação da gravidade. O movimento é do tipo queda livre ou de rolamento, com velocidade muito rápida (m/s) que pode atingir grande distância. Nas encostas íngremes o movimento geralmente é em queda livre e nas encostas com declividade 1:1 o movimento é de rolamento de matacões” (CRUDEN e VARNES, 1996).

Queda de blocos: Materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre, ou em plano inclinado (rolamento de matacões). Estes processos possuem velocidades muito altas e podem atingir grandes distâncias. Os processos de quedas possuem um forte condicionante litológico e estrutural, e sua deflagração pode estar intimamente associada a processos erosivos, como na queda de detritos em taludes de rochas sedimentares, ou rolamento de matacões em rochas graníticas (AUGUSTO FILHO, 1994).



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>.

Rolamento de blocos: Os rolamentos de blocos ocorrem quando processos erosivos ou escavação removem o apoio da base da rocha (descaçamento). É muito comum em áreas de rochas graníticas, onde existe a maior predisposição a originar matacões de rocha sã, isolados e expostos em superfície. A ação antrópica é a mais comum no seu desencadeamento devido à ocupação desordenada das encostas em que as escavações removem o apoio dessas rochas (BRASIL, 2007a).

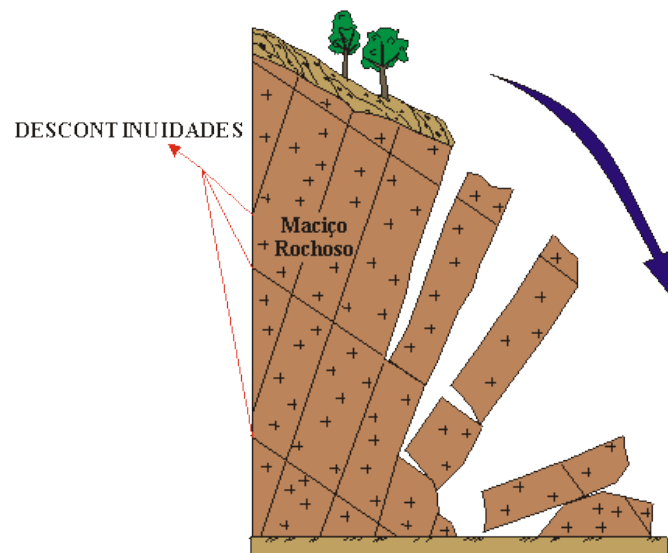


ROLAMENTO DE BLOCOS

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>.

TOMBAMENTOS (TOPPLES)

“O movimento se dá a partir da rotação de um bloco da encosta em torno de um eixo. Este movimento está condicionado à existência de planos de fraqueza” (CRUDEN e VARNES, 1996).



TOMBAMENTO

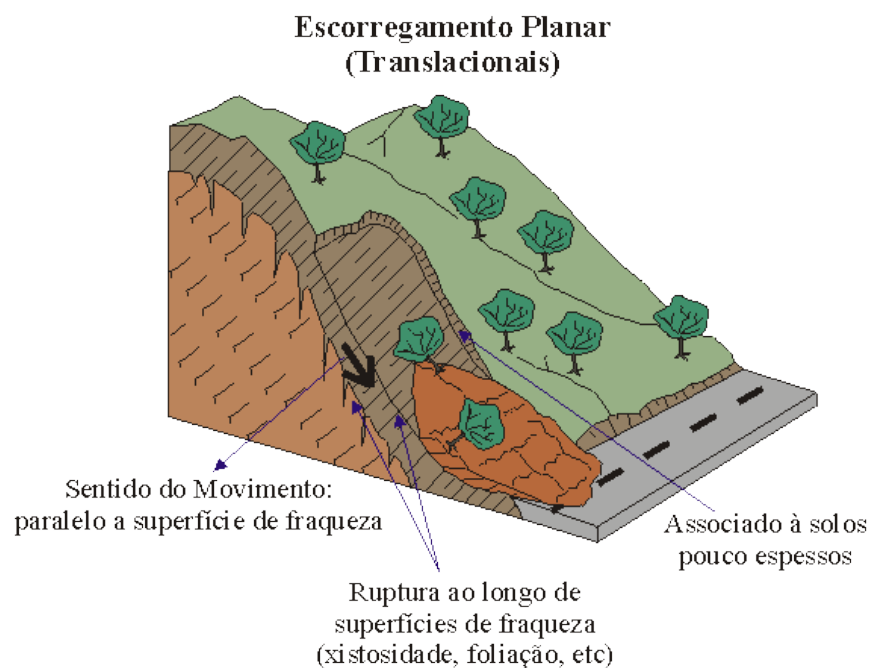
Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>.

Podem ser definidos como um tipo de movimento de massa em que ocorre a rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida. Este processo está condicionado pela ação da água ou do gelo em planos de fraqueza existentes no maciço rochoso. Os tombamentos podem conduzir a movimentos tipo quedas ou escorregamentos dependendo da geometria da massa movimentada, da geometria da superfície de separação e da orientação e extensão das descontinuidades existentes. A velocidade deste tipo de movimento pode variar de extremamente lenta a extremamente rápida (BRASIL, 2010).

ESCORREGAMENTOS (*SLIDES*)

“É o movimento que ocorre geralmente através de uma superfície de ruptura. Os primeiros sinais podem ser observados através de fissuras na superfície do solo” (CRUDEN e VARNES, 1996). Os escorregamentos podem ser subdivididos em três tipos: rotacionais ou circulares, translacionais ou planares e em cunha.

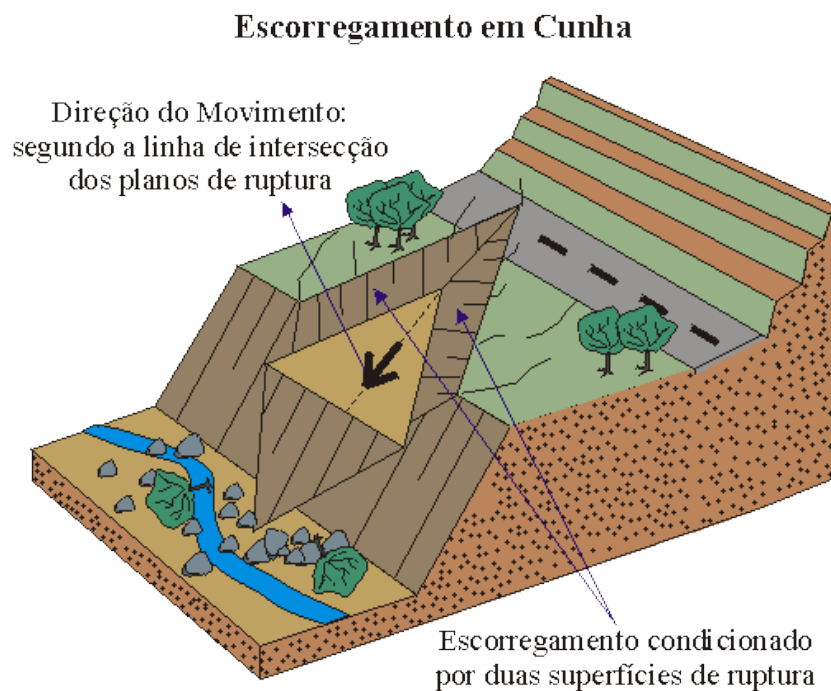
Escorregamento planar:



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>.

Segundo Brasil (2010) o movimento é predominantemente acompanhado por uma translação. Estes movimentos são condicionados às descontinuidades ou planos de fraqueza existentes. Para Brasil (2007a) os deslizamentos planares ou translacionais em solo são processos muito frequentes na dinâmica das encostas serranas brasileiras, ocorrendo predominantemente em solos pouco desenvolvidos das vertentes com altas declividades. Sua geometria caracteriza-se por uma pequena espessura e forma retangular estreita (comprimentos bem superiores às larguras). Este tipo de deslizamento também pode ocorrer associado a solos saprolíticos, saprolitos e rocha, condicionados por um plano de fraqueza desfavorável à estabilidade, relacionado a estruturas geológicas diversas (foliação, xistosidade, fraturas, falhas, etc.).

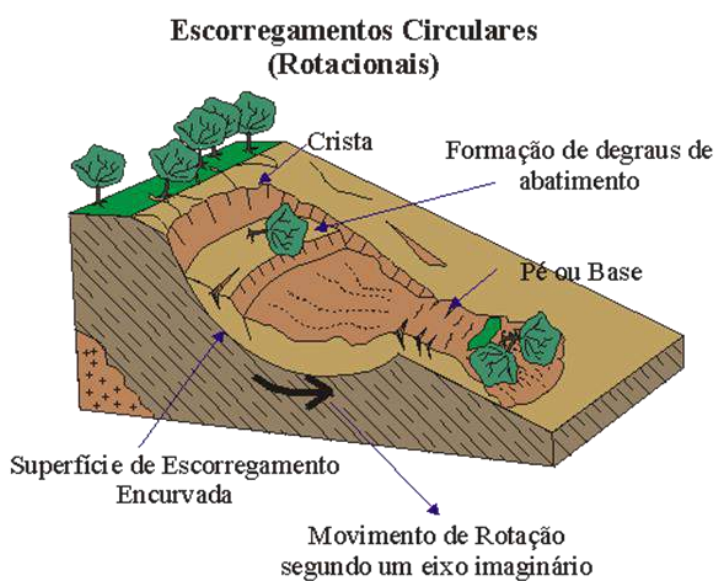
Escorregamento circular:



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>.

Os deslizamentos circulares ou rotacionais possuem superfícies de deslizamento curvas, sendo comum a ocorrência de uma série de rupturas combinadas e sucessivas. Estão associadas a aterros, pacotes de solo ou depósitos mais espessos, rochas sedimentares ou cristalinas intensamente fraturadas. Possuem um raio de alcance relativamente menor que os deslizamentos translacionais (BRASIL, 2007a).

Escorregamento em cunha:

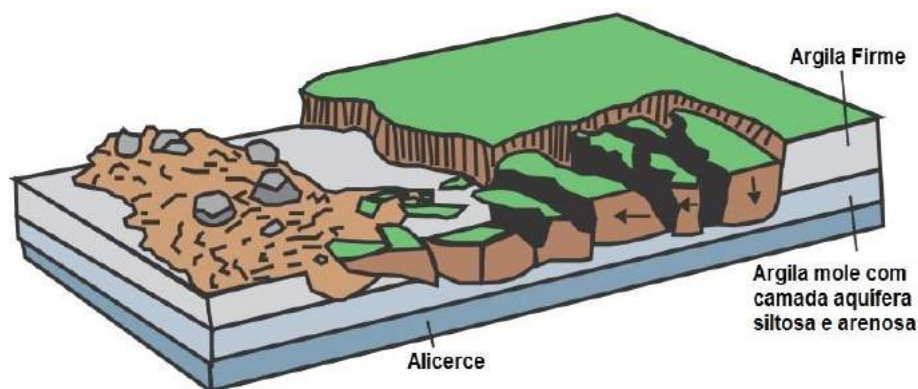


Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>.

Os deslizamentos em cunha estão associados a saprolitos e maciços rochosos, onde a existência de dois planos de fraqueza desfavoráveis à estabilidade condicionam o deslocamento ao longo do eixo de intersecção destes planos. Estes processos são mais comuns em taludes de corte ou encostas que sofreram algum processo natural de desconfinamento, como erosão ou deslizamentos pretéritos. (BRASIL, 2007a).

EXPANSÕES LATERAIS (*SPREAD*)

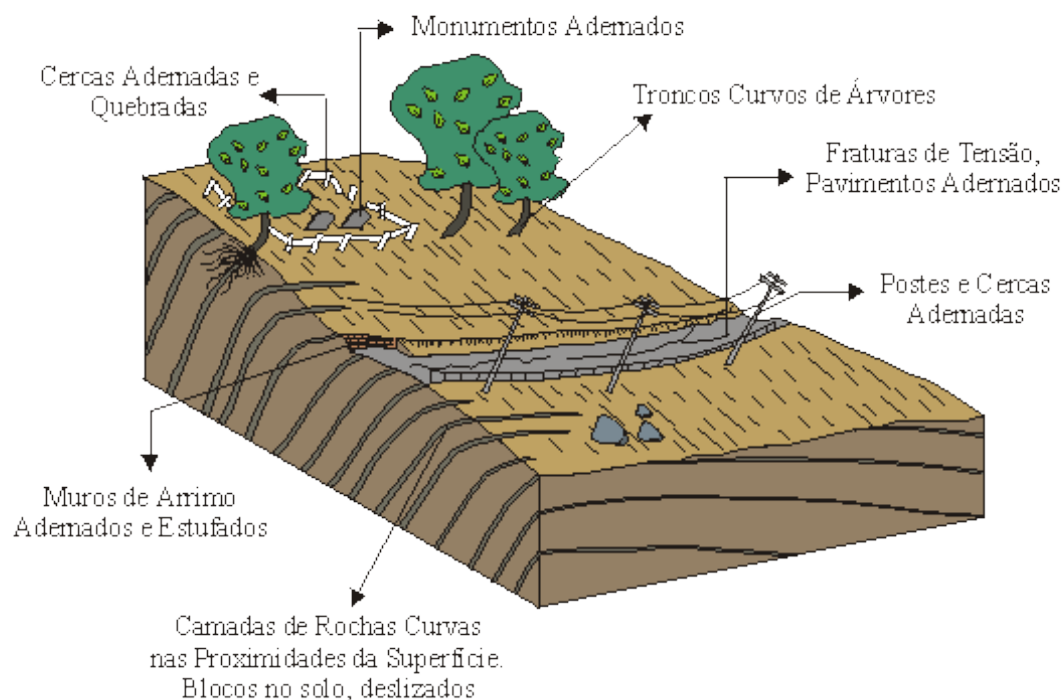
“Ocorre em materiais mais rígidos sobrejacentes a camadas menos resistentes, formando fissuras e fraturas transversais à direção do movimento. O movimento é repentino e se dá pela perda de resistência da camada subjacente, devido a ação da água, como o efeito da liquefação das areias, e pode também ocorrer devido o escoamento plástico como nas argilas sensíveis. O material sobrejacente pode sofrer movimentos de subsidência, translação, rotação, desintegração ou escoamento” (CRUDEN e VARNES, 1996).



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>.

RASTEJO (*CREEP*)

Envolve um conjunto de movimentos lentos que não apresentam uma superfície de ruptura marcante, tampouco uma geometria bem definida. Semelhante aos demais movimentos de massa, podendo mobilizar qualquer tipo de material: solo, rocha ou a mistura dos dois. Este tipo de movimento apresenta velocidades de deslocamento muito baixas, com taxas de deslocamento decrescentes gradualmente com a profundidade. Podem ser associados a mecanismos de movimentos contínuos resultantes da deformação sob uma tensão constante e a mecanismos pulsantes, avançando com velocidade não uniforme, associado a alterações climáticas sazonais (BRASIL, 2010).

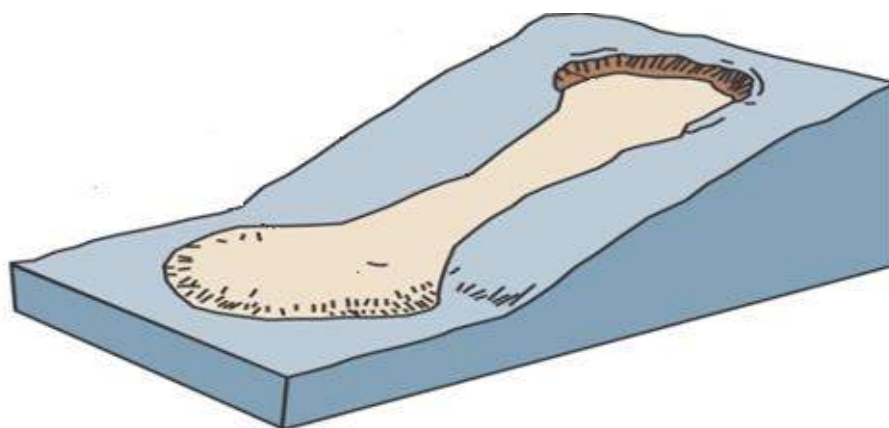


Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>.

CORRIDAS/ESCOAMENTO (*FLOWS*)

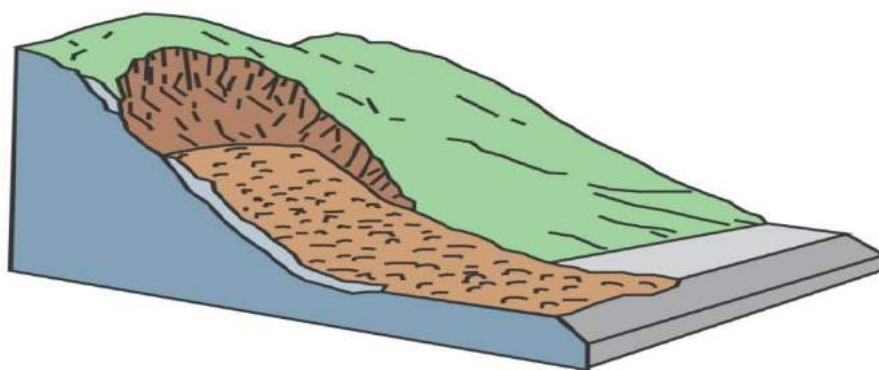
“São formas rápidas de escoamento, de caráter essencialmente hidrodinâmico, provocado pela perda de resistência do material, devido ao excesso de água. A massa se desloca semelhante a um líquido viscoso” (CRUDEN e VARNES, 1996). Considerando as características do material mobilizado, as corridas podem ser classificadas em 2 tipos básicos:

Corrida de Terra: Ocorre predominantemente com materiais de granulação fina ou argilosa em encostas moderadas e em condições saturadas. Entretanto, pode haver a possibilidade de ocorrer com fluxo de material granular seco. É um movimento rápido que ocorre em vertentes muito íngremes e envolve o transporte com fluxo intenso de lama, água ou solo, que podem ser catastróficos (RODRIGUES, 2013).



Fonte: <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>.

Corrida de detritos:



Fonte: <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>.

A corrida de detritos é formada por rocha, solo e vegetação, onde são transportados pela água através das encostas íngremes. Geralmente é provocado pelo escoamento superficial da água devido a fortes chuvas ou vazamentos de tubulações provocados pelo homem. Vale ressaltar que o desmatamento da vegetação e o acúmulo de lixo nas encostas podem intensificar a suscetibilidade deste evento (RODRIGUES, 2013).

Cabe observar que a combinação de um ou mais, dos movimentos descritos acima, também pode ocorrer. As combinações de movimentos mais frequentemente observadas são as quedas e rolamentos de blocos associados à corrida de materiais grosseiros (detritos) e ainda escorregamentos e corrida de solos e detritos (RODRIGUES, 2013).

2.1.2 - Condicionantes dos processos de movimentos de massa

Guidicini & Nieble (1984) descrevem as causas e agentes de movimentos gravitacionais de massa, considerando que um mesmo agente, ou uma mesma causa, pode ser responsável por diferentes formas de movimentos. O processo dos movimentos de encostas caracteriza uma série contínua de eventos associada ao mecanismo de causa e efeito. Em alguns casos, pode ser mais econômico reparar os efeitos de um escorregamento do que remover a sua causa. No entanto, a utilização de medidas apropriadas para estabilização requer o claro entendimento do processo que o causa (RODRIGUES, 2013).

Segundo Cruden e Varnes (1996), os fatores que contribuem para o movimento de massa em encostas podem ser listados (Quadro 2.4) através de quatro classes de causas: geológicas, morfológicas, físicas e antrópicas.

Quadro 2.4 – Inventário de causas de movimentos de massa.

CONDICIONANTES	CARACATERÍSTICAS DOS MATERIAIS OU DOS AGENTES
Causas geológicas	- Materiais enfraquecidos, intemperizados; - Materiais cisalhados, fraturados ou com fissuras; - Massa descontínua orientada adversamente (falha, contatos sedimentares, etc.); - Contrastes na permeabilidade e seus efeitos na poro-pressão; - Contrastes na rigidez (material denso sobre material plástico).
Causas morfológicas	- Reação glacial; - Carregamento no topo ou na base do talude; - Remoção da vegetação por erosão, queimadas, secas, etc.; - Erosão de margens laterais; - Erosão fluvial no pé do talude, erosão de onda/glacial de pé de talude; - Erosão subterrânea ("pipping").
Causas físicas	- Chuvas intensas em curtos períodos; - Derretimento rápido de neve; - Precipitação excepcional prolongada; - Rebaixamento rápido de inundações e marés; - Terremoto e erupção vulcânica; - Intemperismo/desgaste devido ao congelamento e descongelamento - Intemperismo/desgaste devido à contração e expansão de solos expansivos.
Causas antrópicas	- Escavação no talude ou na sua base; - Carregamento do talude ou da sua crista; - Rebaixamento de reservatórios; - Desmatamento; - Irrigação e mineração; - Vibração artificial; - Vazamento de águas servidas.

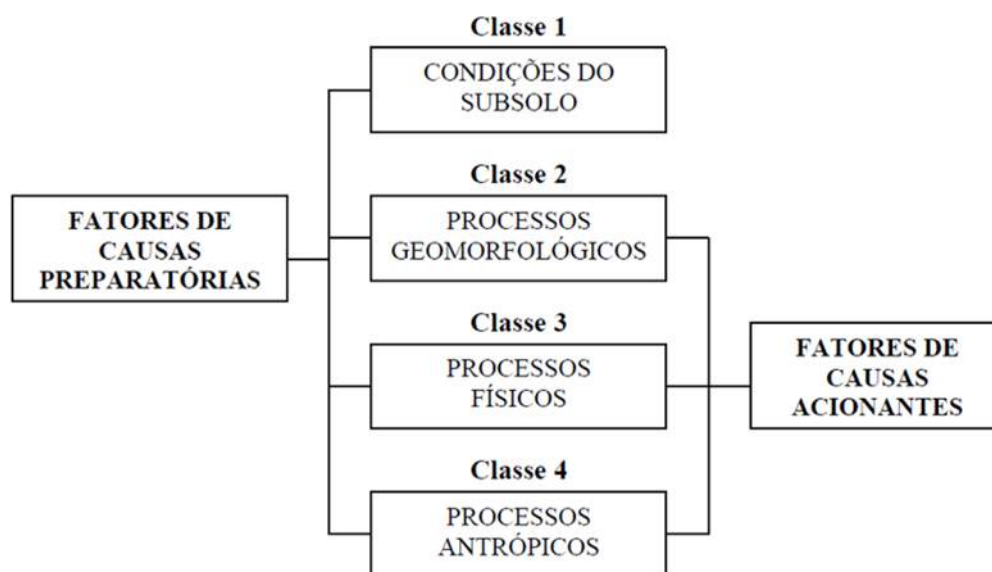
Fonte: Coutinho e Severo (2009) adaptado de Cruden e Varnes (1996).

Leroueil (2004) aponta que todos os tipos de movimentos de massa estão associados a fatores de causa específicos que podem ser divididos em três grupos:

- Fatores predisponentes: indicam a situação atual e determinam a resposta do talude seguindo a ocorrência de um fator acionante.
- Fatores acionantes ou agravantes: São os que conduzem a ruptura do talude; enquanto que os fatores agravantes produzem uma modificação significativa nas condições da estabilidade ou na velocidade do movimento;
- Fatores relevantes: Fornecem a evidência do movimento no talude, mas geralmente não participam do processo.

Segundo Bandeira (2003) os fatores de causas preparatórias/predisponentes incluem a geologia, morfologia, as características físicas e ações antrópicas, que tornam a encosta susceptível ao movimento, tendendo a colocá-la num estado de estabilidade marginal. Os fatores de causas acionantes incluem a morfologia, as características físicas e antrópicas, nos quais iniciam o movimento. Estes agentes modificam o talude de um estado de estabilidade marginal para um estado ativamente instável (Figura 2.2).

Figura 2.2- Diagrama dos processos dos fatores de causas preparatórias e acionantes dos deslizamentos.



Fonte: Leroueil (2004) modificado de Coutinho e Silva (2006).

Conforme descrição de Cruden e Varnes (1996 apud COUTINHO E SILVA, 2006), os principais mecanismos deflagradores de movimentos de massa estão relacionados ao aumento das solicitações e à redução da resistência dos terrenos, associados aos fenômenos naturais e às atividades antrópicas atuantes na área. O Quadro 2.5 apresentado posteriormente, descreve de forma sucinta os principais grupos de fatores e suas causas que influenciam na ocorrência dos movimentos de massa. Estes fatores são externos à condição natural do talude e são os principais responsáveis pelo volume de massa movimentada e a velocidade do movimento. O Quadro 2.5 apresenta os fatores de acordo com o aumento da solicitação e a redução da resistência.

Quadro 2.5 – Fatores deflagradores dos movimentos de massa.

AÇÃO	FATORES	FENÔMENOS GEOLÓGICOS/ANTRÓPICOS
AUMENTO DA SOLICITAÇÃO	REMOÇÃO DE MASSA (lateral ou da base)	- Erosão, escorregamentos - Cortes
	SOBRECARGA	- Peso da água de chuva etc. - Depósito de material - Peso da vegetação - CONTENÇÃO de estruturas, aterros, etc.
	SOLICITAÇÕES DINÂMICAS	- Terremotos, ondas etc. - Explosões, tráfego, sismos induzidos.
	PRESSÕES LATERAIS	- Água em trincas, congelamento, material expansivo.
REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA	CARACTERÍSTICA INERENTE AO MATERIAL (textura, geometria, estrutura, etc.)	- Características geomecânicas do material, tensões iniciais.
	MUDANÇAS OU FATORES VARIÁVEIS	- Intemperismo – redução da coesão, ângulo de atrito. - Elevação do nível de água- aumento da umidade com redução da sucção.

Fonte: Varnes (1978 apud Coutinho e Silva, 2006)

O conhecimento das causas e dos agentes condicionantes dos movimentos é fundamental para a adoção de medidas preventivas e corretivas voltadas a minimizar ou evitar consequências negativas resultantes desses tipos de processos.

2.1.2.1 - Condicionantes geológicos e pedológicos

Dentre os aspectos geológicos, considera-se a composição mineralógica ou físico-química das diferentes litologias, suas propriedades mecânicas, estruturas geológicas e grau de intemperismo, como importantes fatores no desencadeamento de movimentos de massa (TOMINAGA, 2007).

Segundo Fernandes e Amaral (1996) as fraturas e falhas representam importantes discontinuidades, tanto em termos mecânicos quanto hidráulicos. São identificados dois tipos principais de fraturas, as de origem tectônica, como as geradas durante fases de deformação de caráter rúptil e as atectônicas, por exemplo aquelas formadas por alívio de tensão. Quando estas fraturas se encontram subverticais e próximas entre si, propiciam movimentos de blocos do tipo tombamento. Assim como as fraturas, as falhas também atuam como caminhos preferenciais de percolação de água e ocorrência de alteração, pois através das falhas o intemperismo avança para o interior do maciço rochoso de modo muito mais efetivo. A orientação da foliação e/ou bandamento composicional, estruturas comuns nas rochas metamórficas, também influenciam a estabilidade das vertentes e principalmente de taludes de corte, em estradas.

O solo residual ou saprolito também pode apresentar várias discontinuidades originadas, principalmente por feições estruturais reliquias do embasamento rochoso (falhas, fraturas, foliação, etc.) e por horizontes de solo formados por processos pedogenéticos (RODRIGUES, 2013). Conforme Selby (1993), estas fraturas reliquias podem favorecer a ocorrência de escorregamentos, principalmente, se um ou mais destes sistemas mergulha para fora da vertente, ou quando estiver preenchida por material argiloso formando barreiras ao fluxo de água, ou ainda se houver redução no ângulo de atrito e na coesão, devido ao avanço do intemperismo ao longo da fratura.

A presença destas discontinuidades nos solos saprolíticos tem influência sobre o tipo de movimento de massa a ser gerado. Escorregamentos rotacionais podem predominar em vertentes onde as fraturas no embasamento rochoso encontram-se pouco espaçadas e a alteração produz um saprolito mais homogêneo com característica granular. Nas vertentes, em que o saprolito apresenta juntas reliquias decorrentes da alteração de fraturas de alívio de tensão ou do bandamento composicional, predominam os escorregamentos translacionais (FERNANDES e AMARAL, 1996).

2.1.2.2 - Condicionantes geomorfológicos

O movimento gravitacional de massa é influenciado pela morfologia da vertente. A altura desta, bem como a sua inclinação constituem fatores importantes a serem considerados na análise do problema. No Brasil, todos os eventos catastróficos relacionados com os movimentos de massa ocorreram em áreas de forte/intensa declividade. As áreas críticas são aquelas dos terrenos montanhosos, como os da Serra do Mar. Em vertentes com declividades superiores a 40° formam-se grandes escamas rochosas protegidas em parte da meteorização pelo próprio declive. Entretanto, nos planos de diaclasamento e de fratura a ação do intemperismo se faz sentir, originando faixas de materiais alterados separando fatias rochosas inalteradas ou pouco intemperizadas. Nesses locais, o excesso de água e a ação da gravidade desempenham um papel importante no deslocamento maciço veloz, quase seco de material de baixíssima plasticidade. (BIGARELLA et al., 2003)

Bigarella et al. (2003) reportam-se ao trabalho de Aguiar e Silva (1991) referente à ocorrência de escorregamentos em Cubatão-SP. Aguiar e Silva (1991) verificaram que a maior frequência de escorregamentos se situava entre 150 e 750m de altitude/ de cota

topográfica, com maior predominância entre 300 e 450m, sendo que abaixo e acima destas altitudes, os movimentos teriam sido poucos frequentes.

Em relação aos perfis das encostas, dividido em três tipos distintos, convexo, côncavo e retilíneo, este também é considerado um aspecto geomorfológico que tem influência direta na estabilidade das encostas. Para o IPT (1991) a influência na estabilidade da encosta de acordo com os perfis funciona da seguinte forma: as encostas retilíneas tendem a apresentar maiores declividades em geral, que as convexas, assim são mais suscetíveis a escorregamentos. Encostas convexas apresentam, em média, maiores espessuras de solos, o que pode influenciar na instabilidade, potencializando uma ruptura mais profunda. No entanto, para Fernandes e Amaral (1996) os perfis côncavos, por serem zonas de convergência de sedimentos e de fluxos d'água, são mais favoráveis aos movimentos de massa.

Quanto à orientação, leva-se em consideração aspecto da encosta relacionados a maior ou menor exposição aos elementos climáticos como ventos, chuvas e insolação, que interferem na estabilidade das encostas. Dai e Lee (2002) destacam que a orientação das encostas afeta indiretamente a resistência ao cisalhamento em virtude de estar intimamente relacionada à presença de umidade e de cobertura vegetal. Outro aspecto considerável é que as precipitações estão relacionadas à direção predominante dos ventos, ou seja, a quantidade de chuva é maior nas encostas expostas a estes eventos.

2.1.2.3 - Condicionantes climáticos e pluviométricos

Embora existam diferentes agentes deflagradores de deslizamentos, as chuvas constituem o principal deles, em especial para as condições climáticas e geológico-geotécnicas do Brasil (VEDOVELLO e MACEDO, 2007). Segundo Bandeira (2003) os movimentos de massa tendem a apresentar uma forte correlação com as chuvas intensas e duradouras. As chuvas agem com os seguintes mecanismos para instabilizar as encostas:

1. Elevação do lençol freático, reduzindo a pressão efetiva e gerando forças de percolação;
2. Preenchimento temporário das fendas, trincas e/ou estruturas em solos saprolíticos e rochas (fraturas, juntas, etc.), com geração de pressões hidrostáticas; algumas vezes gerando artesianismo e, por consequências, rupturas hidráulicas;
3. Aumento da umidade sem a elevação/formação de nível d'água (solos não saturados), reduzindo a resistência dos solos pela perda de sucção - “coesão aparente”.

Brasil (2010) descreve que os índices pluviométricos críticos para a ocorrência dos movimentos de massa, variam com o regime de infiltração no solo, a dinâmica das águas subterrâneas no maciço e o tipo de instabilização, como por exemplo:

- a) Os escorregamentos em rocha tendem a ser mais suscetíveis a chuvas concentradas, pois as forças de percolação geram maiores pressões neutras nas fraturas e descontinuidades dos materiais rochosos;
- b) Os processos em solo dependem também dos índices pluviométricos acumulados, já que o processo de saturação diminui a coesão e o ângulo de atrito interno dos solos;
- c) Os processos tipos corridas estão associados a índices pluviométricos muito intensos (acima de 50 mm/hora), pois as elevadas forças de percolação provocam rupturas internas e anulam a resistência ao cisalhamento dos materiais;
- d) As rupturas em áreas modificadas pelo homem com desmatamentos, cortes ou aterros, chamados de escorregamentos induzidos, podem ocorrer com valores de precipitações considerados normais.

A correlação entre chuva e os escorregamentos é utilizada em vários municípios brasileiros como critério técnico para a implantação de planos de contingência. A principal aplicação destas correlações é tentar se antecipar à deflagração dos movimentos de massa, a partir do acompanhamento dos índices pluviométricos de uma região, sendo possível alertar, antecipadamente, a população da possibilidade de deslizamentos. É mais fácil e barato monitorar o parâmetro chuva do que monitorar o grau de saturação dos taludes e encostas, principalmente em grandes áreas. Apesar das limitações e imprecisões, essas correlações podem fornecer um importante instrumento de baixo custo de implantação para o monitoramento e gerenciamento de riscos associados a escorregamentos em áreas urbanas (BRASIL, 2010).

2.1.2.4 - Remoção da cobertura vegetal

Segundo Gray e Leiser (1982), a cobertura vegetal apresenta efeitos favoráveis e desfavoráveis em relação à estabilidade das encostas, apresentados a seguir.

Efeitos favoráveis:

Redistribuição da água proveniente das chuvas: as copas das árvores impedem, em parte, o impacto direto da chuva na superfície do terreno e retardam e diminuem a quantidade

efetiva de água que penetra no solo, além disso, a evapotranspiração também retira água do solo, atuando favoravelmente à estabilidade;

Acréscimo da resistência do solo devido às raízes: As raízes da vegetação de porte arbóreo podem aumentar a resistência ao cisalhamento do solo de duas formas principais: pelo reforço mecânico do solo, onde existe uma transferência parcial da tensão de cisalhamento atuante no solo para as raízes; e por escoramento, quando as raízes são profundas de sustentação dos horizontes superficiais;

Efeitos desfavoráveis:

Efeito de alavanca: força cisalhante transferida pelos troncos das árvores ao terreno, quando suas copas são atingidas por ventos;

Efeito de cunha: pressão causada pelas raízes ao penetrar em fendas, fissuras e canais do solo ou rocha;

Sobrecarga vertical: causada pelo peso das árvores.

Ainda em relação aos efeitos favoráveis Guidicini e Nieble (1984) salientam que a cobertura vegetal é considerada como fator de estabilidade de encosta não somente em relação a escorregamentos, como também em relação a movimentos lentos de rastejo. Outro efeito benéfico da cobertura vegetal é a limitação de áreas atingidas por escorregamentos, através da retenção da massa mobilizada. A vegetação atua também como dissipador de energia, diminuindo a velocidade do material em deslocamento e a área afetada, minimizando os danos em terrenos situados à jusante. A importância da cobertura vegetal na manutenção da estabilidade das encostas é indiscutível. Segundo Araújo (2004), ela é único fator externo inibidor do movimento superficial dos terrenos.

2.1.2.5 - Ação antrópica

Muito embora os movimentos gravitacionais de massa sejam parte da dinâmica natural de áreas com encostas íngremes, a ação do homem, através de suas mais variadas formas de uso e ocupação do solo, interfere na evolução natural desses processos, ora induzindo, ora diminuindo os seus efeitos (ARAÚJO, 2004).

Atividades realizadas pelo homem, como, remoção da vegetação, a execução de cortes e aterros instáveis para construção de moradias e vias de acesso, a deposição de lixo nas encostas, a ausência de sistemas de drenagem de águas pluviais e coleta de esgotos, a elevada densidade populacional, lançamento de águas servidas, a fragilidade

das moradias, entre outros aspectos aumentam tanto a frequência das ocorrências como a magnitude dos acidentes (BRASIL, 2006).

Para Bigarella et al. (2003) a ação antrópica tem tido uma participação ponderável na desestabilização das vertentes da paisagem moderna. O homem ultimamente está alterando as vertentes de tal forma que ocasionalmente vastas áreas procuram um novo equilíbrio através de extensas movimentações de massa.

2.2. - PROCESSOS DE TRANSPORTE DE MASSA

O termo erosão provém do latim (erodere) e significa “corroer”. Nos estudos ligados à ciência da terra, o termo é aplicado aos processos de desgaste da superfície terrestre (solo ou rocha) pela ação da água, do vento, de queimadas, do gelo e de organismos vivos (plantas e animais), além da ação do homem (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Foi na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo em 1972, o primeiro momento em que o tema erosão, suas causas e consequências foi abordado pela comunidade internacional. Desde então, a erosão, juntamente com a erodibilidade, vem sendo estudada em diversas áreas de conhecimento, como Agronomia, Geologia, Geografia e Engenharia Civil (Hidráulica e Geotecnia) (FERNANDES, 2011).

A erosão e, conseqüentemente, o desgaste do solo, são assuntos de grande preocupação mundial, em razão da rapidez com que se processam e por acarretarem enormes prejuízos de ordem física, financeira e social (AMORIM, et al., 2010)

É um processo que resulta em transporte de massa devido à dinâmica superficial das encostas. Formada em decorrência do arraste de partículas em taxas variáveis, mas com efeitos duradouros sobre a paisagem, modificando o relevo e os continentes, como no caso da erosão geológica, ou podendo atingir taxas de transporte muito acentuadas em áreas agrícolas ou zonas urbanas com intensa mobilização de solos (MARTINI, 2006).

O processo erosivo depende de fatores externos, como o potencial de erosividade da chuva, as condições de infiltração e escoamento superficial, a declividade e comprimento do talude ou encosta e, ainda, de fatores internos, como gradiente crítico, desagregabilidade e erodibilidade do solo. A evolução da erosão ao longo do tempo depende de fatores tais como características geológicas e geomorfológicas do local, presença de trincas de origem tectônica, evolução físico-química e mineralógica do solo,

do tipo de vegetação e da porcentagem do solo coberto por vegetação (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Ainda segundo Camapum de Carvalho et al. (2006), as erosões se classificam quanto à forma como surgiram, e podem se dividir em dois grandes grupos: a erosão natural ou geológica e a erosão antrópica ou acelerada, sendo a geológica ocasionada por fatores naturais (ação da chuva, cobertura vegetal, relevo, tipos de solo e substrato rochoso), enquanto a antrópica está relacionada à ação humana (desmatamento e formas de uso e ocupação do solo). No entanto, é mais comum classificar a erosão a partir do agente deflagrador (hídrica, eólica, glacial e marinha) destacando-se a erosão hídrica subdividida em costeira, fluvial e pluvial.

De acordo com Bandeira (2003), com relação ao agente deflagrador destacam-se dois tipos de erosão: eólica e hídrica (costeira, fluvial e pluvial). A erosão eólica ocorre quando o desgaste e transporte das partículas se dão pela ação dos ventos, enquanto a erosão hídrica se dá pela ação das águas. A erosão costeira se caracteriza por uma série de processos complexos que resultam no recuo da linha de costa em direção ao continente. A erosão fluvial se caracteriza pela ação das águas na calha de rios e nas suas margens. A erosão pluvial está associada ao escoamento imediato de água proveniente de precipitações pluviométricas e será tema desta revisão bibliográfica por apresentar uma ocorrência representativa na área de estudo.

2.2.1 - Erosão hídrica pluvial

Dentre as diversas formas de erosão, aquela causada pela água é a mais comum, e de maior distribuição territorial no Brasil e no mundo (FLAUZINO, 2012). Sendo considerada por Cogo et al. (2003) como a forma mais intensa/forte de degradação do solo.

A erosão hídrica é um processo originado pela ação da água da chuva, em que a força de escoamento superficial e subsuperficial são capazes de proceder ao arranque e o arraste das partículas do solo (ZUQUETTE et al., 2007).

Para Flauzino (2012) o processo se inicia com o impacto das gotas de chuva sobre o solo desnudo que, por meio da quebra dos agregados, causa o desprendimento das partículas e o transporte por salpicamento (*splash*). Quando o solo tem sua capacidade de infiltração reduzida e torna-se saturado, a água começa a escorrer pela superfície do terreno, dando origem ao escoamento superficial que, segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), é o maior agente de transporte de partículas no solo. De acordo com Camapum

de Carvalho et al. (2006) o destacamento das partículas cessa quando o solo passa a resistir aos esforços de arrancamento e o fluido satura a sua capacidade de transporte de sedimento.

De acordo com Santos et al. (2008), há dois grandes tipos de erosão: a laminar, produto do escoamento superficial difuso, e a linear, produto do escoamento superficial concentrado (em linhas e eixos) que promove a formação de sulcos, ravinas e voçorocas.

2.2.1.1 - Erosão laminar (Erosão entre sulcos ou em lençol)

A erosão laminar é a remoção de camadas delgadas do solo, por meio de filetes e lâminas d'água difusos que serpenteiam sobre a superfície do terreno sem formar canais, mas capazes de remover quantidades significativas de solo, é a forma de erosão menos notada, contudo perigosa. (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

O fluxo em lençol é capaz de transportar somente partículas muito finas e a efetividade da erosão laminar é controlada fortemente pelas características da superfície, como o tamanho das partículas e o grau de coesão entre elas, à extensão e natureza da cobertura vegetal e a declividade do terreno. Este processo ocorre especialmente em solos arenosos, onde grandes porções das encostas são cobertas pelo lençol de água (GUERRA, 1999).

Esse tipo de erosão se desenvolve quando há poucos obstáculos no caminho das águas, permitindo que a lâmina d'água escoe, sendo um fenômeno muito comum em regiões semiáridas. Sua observação é difícil, mas pode ser percebida pelo aparecimento de raízes de plantas ou marcas nas estruturas (GOMES, 2001).

2.2.1.2 - Erosão linear (Erosão em sulcos)

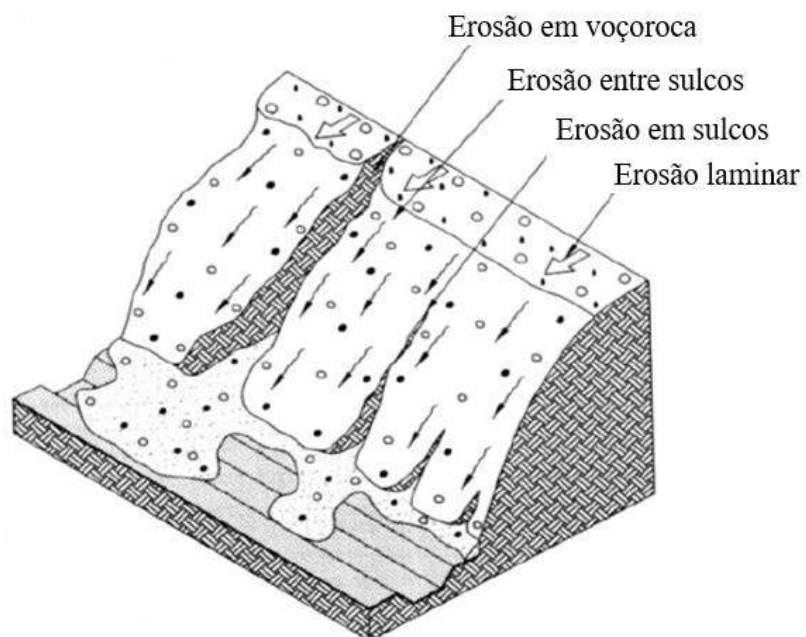
A erosão em sulcos constitui a segunda fase evolutiva do processo físico da erosão hídrica do solo que é marcada pela mudança da forma de escoamento. De difuso, sobre a superfície do solo na fase inicial da erosão entre sulcos, tal processo se concentra, na segunda fase, em pequenas depressões da superfície do solo chamadas de sulcos de erosão. Quando isso ocorre, a lâmina de escoamento desenvolve maior tensão de cisalhamento pelo aumento da espessura, elevando, portanto, a capacidade do escoamento em desagregar o solo (LAFAYETTE et al., 2011). Como resultado da erosão linear, podem-se observar três tipos de feições erosivas: sulcos, ravinas e voçorocas.

Segundo Fernandes (2011) os conceitos de sulcos, ravinas e voçorocas diferem com relação às dimensões da incisão, com a geometria da feição erosiva, com o

afloramento do lençol freático na incisão ou com o tipo de fluxo do escoamento. Mesmo não havendo um consenso entre conceitos, as classificações mais utilizadas internacionalmente são aquelas relacionadas às dimensões das incisões erosivas.

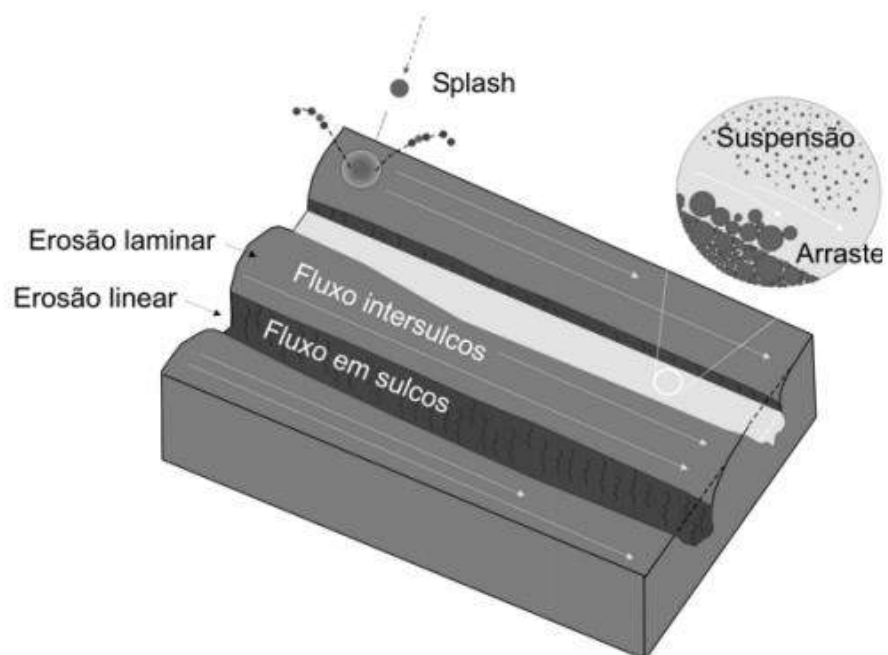
Camapum de Carvalho et al. (2006) coloca que sulcos são pequenos canais, de até 10cm de profundidade. O aumento da concentração de água em determinados sulcos faz com que eles evoluam progressivamente devido a ocorrência de pequenas rupturas, aumentando assim suas dimensões e evoluindo para as ravinas. Segundo Oliveira (1999), nas ravinas deve ser considerado mecanismos de erosão que envolve movimento de massa, representados pelos pequenos deslizamentos de suas bordas, que contribuem para o aumento de suas dimensões. Oliveira (1999) coloca ainda que as ravinas são normalmente de forma alongada, com profundidades variáveis, raramente são ramificadas e não atingem o nível d'água subterrânea. Ao atingir o lençol freático, ocorre então a contribuição das águas subterrâneas no processo erosivo, passando assim ao estágio de voçoroca. Camapum de Carvalho et. al. (2006) coloca que a voçoroca é o estágio mais avançado e complexo do processo erosivo, seu potencial depende da concentração do fluxo de água e do gradiente hidráulico, promovido pela água subterrânea com o desenvolvimento de *piping*. Para as voçorocas, o poder destrutivo local é superior aos dos outros estágios e, portanto, de mais difícil controle e mais elevado custo de recuperação da área degradada. As Figuras 2.3 e 2.4 ilustram os processos erosivos laminares e lineares e seus mecanismos.

Figura 2.3 – Mecanismo do processo erosivo em um terreno com sulcos.



Fonte: Camapum de Carvalho et al. (2006).

Figura 2.4 - Erosão hídrica pluvial.



Fonte: Llopis Trillo (1999).

2.2.1.3 - Erosão interna (piping)

Segundo Camapum de Carvalho et al. (2006) erosão subterrânea ou *piping* é o processo de formação de tubos ou canais a partir da face de um talude através do transporte de partículas do solo, podendo evoluir para grandes cavidades no subsolo. A presença de terrenos estratificados é um condicionante geológico geralmente favorável à ocorrência de *piping*, pois concentra o fluxo em uma determinada camada em função da diferença de textura e, aliada ao relevo ondulado, é um fator determinante para a erodibilidade do solo/rocha.

2.2.2 - Fatores condicionantes da erosão

O processo erosivo possui diversos condicionantes, tornando-o dessa forma, um sistema complexo, que dependendo de seu grau de evolução, pode ser de difícil entendimento. Para Coutinho e Silva (2006), os processos erosivos são resultantes de um conjunto de fatores condicionantes naturais e antrópicos que influenciam no seu desenvolvimento. Os principais fatores naturais são: chuva, topografia, geologia, solos e cobertura vegetal. Como fatores antrópicos, podemos destacar o desmatamento e as construções inadequadas.

2.2.2.1 - Chuva

A precipitação pluviométrica é o fator climático de maior importância no desenvolvimento dos processos erosivos. De acordo com Dias e Herrmann (2002), um episódio de chuva intensa e prolongada favorece a elevação do grau de saturação dos solos, provocando a redução da resistência ao cisalhamento, especialmente as parcelas de resistência relacionadas às tensões capilares. Para Bigarella (2007), o excesso de água no subsolo afeta os materiais coloidais que, ao invés de conferirem resistência ao solo, tendem a sua “liquefação”. A superfície impermeável ou de cisalhamento torna-se “lubrificada”, facultando o deslocamento.

Para Fendrich et al. (1991) locais de climas úmidos, tropical quente e temperado, com inverno seco e verão chuvoso, são mais propícios de serem afetados pelos processos erosivos. A temperatura também influencia nos processos erosivos e juntamente com a insolação ambas provocam dilatações e contrações sucessivas que enfraquecem o solo, facilitando a remoção de partículas (GOMES, 2001).

A habilidade da chuva em causar erosão é denominada de erosividade e para Guerra e Mendonça (2004) fatores como a intensidade, duração, frequência,

particularidades das gotas de chuva (velocidade de queda, diâmetro da gota e efeito splash) e a energia cinética da chuva natural, influenciam diretamente na erosão. Segundo eles, chuvas de maior intensidade e com alta frequência possuem uma grande energia cinética armazenada durante a sua queda e um grande poder erosivo.

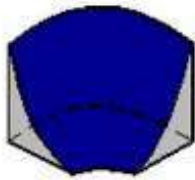
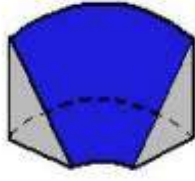
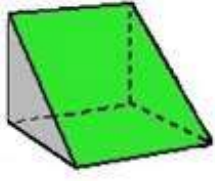
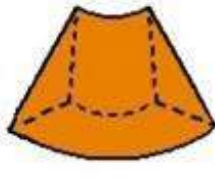
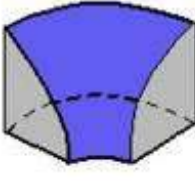
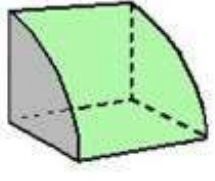
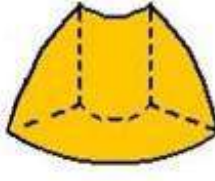
2.2.2.2 - Topografia

A declividade do terreno, o comprimento de rampa e a forma da encosta, constituem os principais fatores topográficos que regulam o processo erosivo (SANTOS, et al. 2008).

A velocidade do escoamento superficial, resultante da interação entre declividade e comprimento da encosta, influencia no tamanho e na quantidade do material em suspensão transportado pela água (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999). Em baixas declividades, a velocidade do escoamento é pequena, tendo o solo mais tempo para absorvê-lo. Por outro lado, em altas declividades a velocidade do escoamento é maior, assim como seu volume, e consequentemente, a erosão (SANTOS, et al. 2008).

A forma da encosta determina as diferentes trajetórias do escoamento superficial, fundamental para o entendimento e quantificação da erosão (SANCHEZ, et al., 2009). Com relação à forma de encosta, Valeriano (2003) aponta a diferença entre a curvatura vertical e a curvatura horizontal, onde a primeira se expressa na direção da declividade e a segunda se expressa ao longo da curva de nível. As classes de curvaturas horizontais (convergente, planar ou divergente) e verticais (côncavos, retilíneos ou convexos) podem ser combinadas para fornecer a indicação da forma do terreno (Figura 2.5). Os casos extremos de combinação entre as curvaturas do terreno podem ser representados pela forma côncavo-convergente (máxima concentração e acúmulo de escoamento) e pela forma convexa-divergente (máxima dispersão do escoamento).

Figura 2.5 - Combinação das classes de curvatura vertical e horizontal.

		Curvatura Horizontal		
		Convergente	Planar	Divergente
Curvatura Vertical	Côncava			
	Retilínea			
	Convexa			

Fonte: GEGEP/UFPE, (2014) a partir de Dikau (1990).

2.2.2.3 - Geologia e propriedades do solo

A natureza do solo/rocha determina a susceptibilidade dos terrenos à erosão (propriedade do solo chamada de erodibilidade). Segundo Suguio (2003) a erosão é influenciada pela litologia e estruturas das rochas como a presença de estratificações, foliações, xistosidade e gnaissificação, como também por fatores tectônicos, tais como: falhas, dobras e juntas.

Autores como Fendrich et al. (1991) são específicos na descrição das características do solo condicionantes do processo erosivo como sua textura, estrutura, estratificação, permeabilidade, teor de umidade, e sua composição. A textura (características granulométricas), ou seja, a relação ao tamanho das partículas do solo influi na capacidade de infiltração e absorção d'água, interferindo na energia das enxurradas e na coesão dos solos.

Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), solos de caráter arenoso são mais vulneráveis ao processo erosivo, mesmo sendo normalmente porosos, permitindo rápida infiltração das águas e retardando o escoamento superficial. Para estes autores, os solos com uma pequena quantidade de partículas tamanho argila, possuem baixa coesão, tendo uma menor resistência à erosão, sendo esta verificada mesmo em pequenas enxurradas. Consideram importante, no controle da erosão, a quantidade de matéria orgânica (MO) no solo, pois esta retém de duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a infiltração, resultando numa diminuição nas perdas de erosão.

Os fatores mais importantes que regem a infiltração de água no solo são o tamanho e a disposição dos espaços porosos; a umidade do solo no começo da chuva e/ou grau de saturação; sucção e o grau de agregação do solo. Solo arenoso, com grandes espaços porosos, pode-se esperar maior velocidade de infiltração quando comparados com os solos argilosos. O material coloidal do solo tende a se expandir quando saturado, reduzindo o tamanho, o espaço poroso, e conseqüentemente, a infiltração. As partículas finas do solo, quando estão bem agregadas, possuem espaços porosos maiores, proporcionando, maior velocidade de infiltração (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

A espessura do solo e o contato com o substrato rochoso interferem na rapidez de saturação do solo e no início do escoamento superficial. Solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superficiais, contribuindo para a formação das enxurradas. Estes solos se apresentarem uma camada argilosa subjacente a ele, estão mais vulneráveis à erosão (solos com horizonte B textural – Argissolos). Entretanto, os solos profundos apresentam maior capacidade de infiltração das águas pluviais (FENDRICH et al., 1991)

Sant’Ana (2011) ressalta que a estrutura do solo envolve características como, por exemplo, a ligação entre suas partículas e a resistência à dispersão pela água e sua associação à textura do solo define a porosidade, cuja propriedade influi na permeabilidade, na capacidade de armazenamento de água e conseqüentemente no processo erosivo.

2.2.2.4 - Ação antrópica

Segundo Bandeira (2003) a ação antrópica pode ser danosa à natureza e ao homem. A interferência humana altera o processo natural da erosão, em geral acelerando sua ação e aumentando sua intensidade. Entre as ações causadas pela ação antrópica pode-se destacar: desmatamento, cultivo de terras, queimadas, construção de estradas, criação/expansão de vilas e cidades, execução inadequada de cortes e aterros, execução deficiente do sistema de drenagem (concentração de águas pluviais, servidas, etc.).

CAPÍTULO 3

INUNDAÇÃO

As enchentes e inundações representam um dos principais tipos de desastres naturais que afligem constantemente diversas comunidades em diferentes partes do planeta, sejam áreas rurais ou metropolitanas (BRASIL, 2007a). Este capítulo visa apresentar aspectos de interesse ao estudo de enchentes e inundações, com base no entendimento dos diferentes tipos de processos e seus fatores condicionantes, bem como, abordar os impactos no meio físico e sobre a população afetada.

3.1 - ASPECTOS CONCEITUAIS

Uma vez que encontram e impactam populações vulneráveis, as inundações acabam geralmente associadas a imagens de destruição, sendo itens recorrentes em listas como as que enumeram anualmente os eventos naturais mais nocivos ao ser humano. Em 2009, dos desastres mundiais relacionados a eventos de caráter hidrológico, 80% foram inundações, com aproximadamente 50 milhões de pessoas afetadas. Nos dois anos seguintes, tanto em 2010 quanto em 2011, dos dez eventos com maior número de vítimas, seis foram classificados como inundações. Esta última foi o evento anual mais abrangente também em 2012, tendo atingido 17,4 milhões de pessoas no mês de junho na China. Nesse mesmo ano, a Austrália calculou prejuízo de aproximadamente US\$ 500 milhões, enquanto que o Reino Unido somou mais de US\$ 2 bilhões em perdas relacionadas em ambos os casos à ocorrência de inundações (VOS et al., 2010; GUHA-SAPIR et al., 2011; GUHA-SAPIR et al., 2012; GUHA-SAPIR ET AL., 2013 apud BATISTA, 2015).

No Brasil, o cenário não é muito diferente, o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED UFSC, 2013) mostra através de números e mapas temáticos um panorama nacional dos desastres entre os anos 1991 e 2012. Nesse intervalo de vinte e um anos, o aumento da frequência de tal evento foi evidente, com 20% das ocorrências registradas na década de 1990, e 80% correspondendo à década de 2000.

Segundo Batista (2015) em Pernambuco, o registro de eventos de enchentes e inundações é extenso e com amplo histórico de destruição. Neste século, chuvas fortes

deixaram sua marca nos anos 2000, 2004, 2005, 2010 e 2011, levando diversos municípios a decretarem situação de emergência.

A seguir serão apresentados aspectos conceituais retirados do Curso de Capacitação Gestão e Mapeamento de Riscos Socioambientais (BRASIL, 2010) sobre os processos e termos relacionados ao entendimento desses fenômenos tão recorrentes em todo o planeta.

3.1.1 - Enchente

Enchente ou cheia pode ser definida como elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga (BRASIL, 2010).

Enchente é um fenômeno natural que ocorre nos cursos de água em regiões urbanas e rurais. Ela consiste na elevação dos níveis de um curso de água, seja este de pequena (córrego, riacho, arroio, ribeirão) ou de grande (rio) dimensão. Não existe rio sem ocorrência de enchente (BRASIL, 2007b).

3.1.2 - Inundação

Inundação pode ser definida como o fenômeno de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio (BRASIL, 2010).

As inundações afetam assentamentos urbanos de todos os tipos, desde pequenos vilarejos e cidades de médio porte e centros de negócios. Entretanto, há diferenças fundamentais entre inundações rurais e urbanas. Embora a inundação rural possa afetar áreas muito mais extensas e atingir segmentos mais pobres da população, as inundações urbanas são mais onerosas e difíceis de gerenciar (JHA et al., 2012)

Para Ramos (2009) as cheias e inundações são fenômenos hidrológicos que não é possível evitar, e que podem ser potencialmente perigosos, dependendo da magnitude atingida (altura da água), da velocidade com que progridem e da frequência com que ocorrem. Contudo, só provocam situações de risco se houver elementos a elas expostos

(população, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades econômicas), ou seja, localizados em áreas inundáveis, que possam ser destruídos ou gravemente danificados.

Ainda segundo Ramos (2009) as inundações podem ser devidas a várias causas e podem ser divididas em diversos tipos (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 - Tipos de inundações e suas causas no Planeta.

Tipo	Causa
Inundação fluvial	• Chuvas abundantes e/ou intensas • Fusão da neve ou do gelo • Efeito combinado chuva + efeito das marés e/ou + storm surge • Obstáculos ao escoamento fluvial ou derrocada dos obstáculos
Inundação de depressões topográficas	• Elevação do lençol freático (natural ou artificial*) • Retenção da água da precipitação por um solo ou substrato geológico de permeabilidade muito reduzida • Enchentes
Inundação costeira	• Storm surge • Tsunami ou maremoto • Subida eustática do nível do mar • Sismos com fenómenos de subsidência tectónica
Inundação urbana	• Chuva intensa + sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais • Elevação do lençol freático (natural ou artificial*) • Enchentes • Fortes chuvas + marés de sizígia

* A inundação devida à elevação do lençol freático de origem artificial deve-se, neste caso, essencialmente à irrigação e a fins da atividade de indústrias extrativas.

Fonte: Ramos (2009).

Para Castro (2003) existem dois tipos de inundações que devem ser levadas em consideração, as inundações bruscas e as graduais. As inundações graduais ocorrem quando a água se eleva de forma lenta e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo, e a seguir escoam-se gradualmente. Citando os rios Amazonas, Nilo, e Mississipi como exemplos, o mesmo autor mencionou que este tipo de inundação possui uma sazonalidade (periodicidade). Aparentemente, essa inundação não é tão violenta, mas sua área de impacto é extensa. Por outro lado, popularmente conhecida como enxurrada, a inundação brusca ocorre devido a chuvas intensas e concentradas, principalmente em regiões de relevo acidentado. A elevação dos caudais é súbita e seu escoamento é violento. Ela ocorre em um tempo próximo ao evento da chuva que a causa. A elevação das águas ocorre repentinamente, causando mais mortos, apesar da área de impacto ser bem menor do que as inundações graduais.

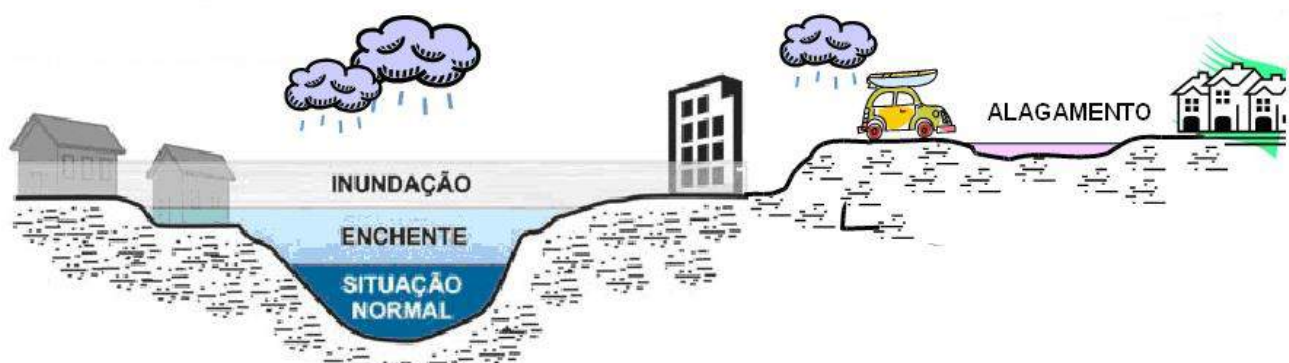
3.1.3 - Planície de inundação

Definem-se como planície de inundação as áreas relativamente planas e baixas que, de tempos em tempos, recebem os excessos de água que extravasam do seu canal de drenagem. Tecnicamente, o canal de drenagem que confina um curso d'água denomina-se leito menor e a planície de inundação representa o leito maior do rio. Emprega-se o termo várzea para identificar a planície de inundação de um canal natural de drenagem (BRASIL, 2010).

3.1.4 - Alagamento

Define-se alagamento como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial (BRASIL, 2010).

Figura 3.1 – Esquema de uma situação normal, enchente, inundação e alagamento em uma cidade



Fonte: Defesa Civil de São Bernardo do Campo (2015).

Segundo Graciosa (2010) alagamento é o fenômeno caracterizado pelo extravasamento das galerias da rede de drenagem, sem a ocorrência de inundação no canal principal. O alagamento ocorre quando estas galerias não são capazes de veicular as vazões afluentes, resultando no extravasamento, ainda antes que o escoamento chegue ao canal principal. Os alagamentos são consequência do subdimensionamento da rede de

drenagem, obstrução das galerias por lixo e entulho, ou ainda, ligações irregulares de esgoto na rede de drenagem pluvial, ocasionando vazão afluyente superior à dimensionada em projeto.

3.1.5 - Enxurrada

Define-se enxurrada o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. É comum a ocorrência de enxurradas ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d'água com alto gradiente hidráulico em terrenos com alta declividade natural (BRASIL, 2010).

3.1.6 - Vazão

Quantidade de água que passa por uma dada seção em um canal de drenagem num período de tempo. A vazão depende da velocidade de escoamento e da área da seção transversal. (vazão = velocidade x área) (BRASIL, 2010).

3.1.7- Área de risco de enchente e inundação

No contexto urbano, definem-se como área de risco de enchente e inundação os terrenos marginais a cursos d'água ocupados por núcleos habitacionais precários sujeitos ao impacto direto desses fenômenos. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais (BRASIL, 2010).

*Obs: Embora esta seja uma definição oficial do Ministério das Cidades, devem ser consideradas todas as moradias, e não só os núcleos habitacionais precários existentes em uma determinada área.

3.1.8 - Erosão marginal

Remoção e transporte de solo dos taludes marginais dos rios provocados pela ação erosiva das águas no canal de drenagem (BRASIL, 2010).

3.1.9 - Solapamento

Ruptura de taludes marginais do rio por erosão e ação desestabilizadora das águas durante ou logo após processos de enchentes e inundações (BRASIL, 2010).

3.2 - FATORES CONDICIONANTES DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES

Segundo Brasil (2010) os processos de enchentes e inundações têm como fatores condicionantes os fatores naturais e antrópicos. A frequência de ocorrência depende da tipologia e da dinâmica do escoamento superficial. Os fatores naturais podem ser: climáticos (pluviometria) e; geomorfológicos (relevo, tamanho e forma da bacia e dos vales, gradiente hidráulico do rio). Os fatores antrópicos, principalmente em áreas urbanas, têm sido um grande determinante da ocorrência de enchentes e inundações, são eles: desmatamento; exposição dos terrenos à erosão, o que provoca por sua vez o assoreamento dos cursos de água; intervenções nos cursos de água; ocupação desordenada dos terrenos marginais.

3.2.1 - Fatores naturais

A precipitação, principal fenômeno gerador de enchentes, é gerada por condições meteorológicas que não podem ser controladas e podem ocorrer de forma aleatória no tempo e no espaço. Em longo prazo, a sua ocorrência e sua magnitude não podem ser previstas, mas estimadas em função dos dados históricos disponíveis e das alterações que ocorrem no uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica (BRASIL, 2007b).

De acordo com Ramos (2009) as chuvas podem ser de dois tipos: ou são contínuas e prolongadas, podendo até não atingir grande intensidade (originam neste caso cheias lentas e a subida do lençol freático, com inundação de áreas deprimidas), ou são concentradas no tempo e no espaço, mas de grande intensidade (dando origem às cheias rápidas e às inundações urbanas).

Mudança climática é outra tendência global de larga escala percebida como tendo impacto significativo sobre o risco de inundação. As alterações nos padrões meteorológicos que estão associados com um clima mais quente são potencialmente causadoras de maiores inundações bem como impactos diretos e indiretos associados (JHA et al., 2012).

Tucci (2003) elenca que a cobertura vegetal tem como efeito a interceptação de parte da precipitação que pode gerar escoamento e assim protege o solo contra a erosão. A perda desta cobertura tem produzido como consequência processos erosivos, assoreamento dos rios que repercutem no aumento da frequência de inundações.

As características do solo também influenciam neste processo, para uma dada chuva, quanto maior a capacidade de infiltração do solo, menor o escoamento superficial resultante. A permeabilidade do solo influi diretamente na capacidade de infiltração, isto é, quanto mais permeável for o solo, maior será a velocidade do escoamento da água subterrânea e, em consequência, maior a quantidade de água que ele poderá absorver pela superfície por unidade de tempo. Assim, ao aumento da permeabilidade do solo corresponde uma diminuição do volume do escoamento superficial e consequentemente diminui a probabilidade de uma inundação (Lima, 2010).

Vedovello (1993) cita que o conhecimento das características do relevo, como amplitude, declividade e a forma das encostas, é essencial para a compreensão dos processos de inundação. Botelho (2005) destaca que algumas características essenciais da paisagem devem ser identificadas, pois influenciam no processo, tais como ambientes de acumulação e transporte, afloramentos rochosos, depósitos de talús, rampas de colúvio, terraços, planícies de inundação, feições antrópicas, etc.

Os rios normalmente drenam nas suas cabeceiras, áreas com grandes declividades produzindo escoamento de alta velocidade. A variação de nível durante a enchente pode ser de vários metros em poucas horas. Quando o relevo é acidentado as áreas mais propícias à ocupação são as planas e mais baixas, justamente aquelas que apresentam maior risco de inundação. A várzea de inundação de um rio cresce significativamente nos seus cursos médio e baixo, onde a declividade se reduz e aumenta a incidência de áreas planas (TUCCI, 2003).

3.2.2 - Fatores antrópicos

A urbanização mal planejada e mal gerida também contribui para o perigo crescente de inundação devido à mudança inadequada do uso do solo. Enquanto as cidades incham e crescem para acomodar o aumento populacional, a expansão urbana em larga escala ocorre frequentemente na forma de desenvolvimento não planejado, em áreas alagáveis costeiras e para o interior dos países, bem como em outras áreas sujeitas a inundações (JHA et al., 2012).

De acordo com Neves (2008) o crescimento urbano brasileiro, no qual o planejamento territorial tem sido falho, produziu um aumento caótico na frequência das inundações, à medida que a cidade se urbaniza, ocorre o aumento das vazões máximas (em até sete vezes) devido à impermeabilização e canalização de rios e córregos.

As interferências e intervenções marcantes do ser humano nas áreas urbanas produzem impactos diretos tanto para o próprio local como para a população. Tais impactos, segundo Moretti (2004, segundo Silveira, 2007), são o aumento da vazão, em decorrência da impermeabilização; redução da vazão dos cursos d'água nos períodos de estiagem; aumento da erosão; aumento da quantidade de sedimentos presentes na água; presença de lixo diretamente nos cursos d'água ou carreado pelos sistemas de captação das águas pluviais; e presença de esgotos, oriundos das redes de coleta e de lançamentos irregulares nos sistemas de drenagem de águas pluviais. Dessa maneira, as ocorrências de enchentes, inundações e alagamentos se manifestam mais frequentemente e com maiores consequências.

Para Tucci (2003) além de todos os impactos acima citados há diversas outras ações humanas que podem favorecer o extravasamento dos rios, tais como a formação de aterros, as canalizações e as construções de pontes. As próprias obras de controle de drenagem muitas vezes se tornam prejudiciais, resolvendo o problema no local, mas transferindo para outro ponto da bacia.

Os níveis atuais e projetados de impactos de inundações implicam na necessidade de tornar a gestão de risco de inundações em assentamentos urbanos uma prioridade na agenda política assim como a elaboração de políticas. Compreender as causas e efeitos dos impactos das inundações e projetar, investir e implementar medidas que os minimizem devem tornar-se parte do pensamento corrente de desenvolvimento e estar incluídos nos objetivos mais amplos de desenvolvimento (JHA et al., 2012).

DESASTRES NATURAIS E MAPEAMENTO DE RISCO

Neste capítulo são apresentadas às definições dos principais termos utilizados em estudos relacionados a desastres naturais, bem como, um panorama desses desastres no Brasil e o aumento de ocorrências nos últimos 20 anos, denotando a necessidade de mapeamentos de risco a serem mais efetivos e disseminados no país. Desta forma é apresentada uma revisão das metodologias de mapeamentos difundidas no Brasil, bem como, experiências metodológicas anteriores desenvolvidas pela UFPE. Além da abordagem do gerenciamento do risco através de medidas estruturais e não estruturais.

4.1 - DESASTRES

Os desastres são responsáveis por expressivos danos e perdas, de caráter social, econômico e ambiental, e têm apresentado uma recorrência e impactos cada vez mais intensos, o que os cientistas sugerem já ser resultado das mudanças climáticas globais. Fenômenos, tais como, inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros, juntamente ao acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, em várias partes do mundo, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais (TOMINAGA, et al., 2009).

Segundo a UNISDR (2009) se considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos.

Observou-se uma tendência global para o significativo incremento do número de desastres a partir da década de 70. Diante deste quadro a década de 1990 foi declarada pelas Nações Unidas, como a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (International Decade for Natural Disaster Reduction – IDNDR), dedicada à promoção de soluções para redução do risco decorrente de perigos naturais, fortalecendo os

programas de prevenção e redução de acidentes naturais. Uma das ações derivada da IDNDR foi a implantação da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (International Strategy for Disaster Reduction – ISDR), voltada para promover maiores envolvimento e comprometimentos públicos, disseminação de conhecimentos e parcerias para implementar medidas de redução de riscos (KOBİYAMA et al., 2006).

Em 1994, ocorreu a Primeira Conferência Mundial sobre Redução de Desastres em Yokohama, Japão; onde foi aprovado um Plano de Ação 1994-2004 para dar continuidade nos avanços gerados pela IDNDR. A Segunda Conferência, em Kobe (no ano de 2005), aprovou o Marco de Ação de Hyogo “Construindo a resiliência das nações e comunidades frente aos desastres 2005-2015”, almejando reduzir consideravelmente as perdas em termos de vidas e de bens sociais, econômicos e ambientais das comunidades. Em março de 2015, na Terceira Conferência em Sendai, foi aprovado o “Marco de Sendai para a Redução de Riscos de Desastres 2015-2030”, tendo como prioridades: compreender os riscos de desastres; fortalecer a governança dos riscos para seu gerenciamento; investir na redução dos riscos para resiliência; e melhorar a preparação para desastres a fim de obter resposta eficaz de recuperação, reabilitação e reconstrução (CANIL, 2016).

Quanto à classificação as mais utilizadas distinguem os desastres quanto à origem e à intensidade. A origem ou causa primária do agente causador, os desastres podem ser classificados em: naturais ou humanos (antropogênicos). *Desastres Naturais* são aqueles causados por fenômenos e desequilíbrios da natureza que atuam independentemente da ação humana. Em geral, considera-se como desastre natural todo aquele que tem como gênese um fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana. Exemplo: chuvas intensas provocando inundação, erosão e escorregamentos; ventos fortes formando vendaval, tornado e furacão; etc. *Desastres Humanos ou Antropogênicos* são aqueles resultantes de ações ou omissões humanas e estão relacionados com as atividades do homem, como agente ou autor. Exemplos: acidentes de trânsito, incêndios urbanos, contaminação de rios, rompimento de barragens, etc. (MARCELINO, 2008).

Em relação a intensidade segundo Kobiyama et al., (2006) são apresentados os seguintes níveis de intensidade no Quadro 4.1.

Quadro 4.1. Classificação dos desastres em relação à intensidade.

NÍVEL	INTENSIDADE	SITUAÇÃO
I	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízos entre 5% e 10% PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10% e 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE)
IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízos maiores que 30% PIB municipal)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP)

Fonte: Kobiyama et al., (2006).

Um ponto de grande controvérsia entre os especialistas está relacionado com os parâmetros utilizados para mensurar a magnitude de um desastre. Considerar números absolutos, como mortes e pessoas afetadas, mostra claramente uma situação, porém quando os impactos são elevados observa-se a continuidade do desastre. Neste sentido, o desastre se perpetua por um tempo, por meio de situações como ausência de opções de moradia para desabrigados; abrigos temporários em condições precárias e que se tornam uma solução habitacional por anos; problemas de saúde como doenças de veiculação hídrica; problemas psicossociais; e capacidade de reconstrução limitada pela recorrência de determinados desastres, como é o caso de municípios que sofrem inundações anuais nos mesmos pontos (SAUZEN E LACRUZ, 2015).

O conhecimento dos tipos de desastres e de suas classificações facilita a tomada de decisões específicas e direcionadas, assim como o encaminhamento rápido e eficiente de profissionais para atender a população em uma situação de desastre. Para tanto, é necessário compreender os desastres naturais que afetam as populações no intuito de serem propostas medidas efetivas para reduzir os danos materiais, humanos e ambientais. (TOMINAGA *et al.*, 2009).

Em escala mundial, destaca-se o banco de dados desenvolvido pelo Centro de Pesquisa de Epidemiologia em Desastres (CRED), da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU), conhecido como Emergency Events Database (EM-DAT), que organiza

dados de desastres naturais e tecnológicos de países de todos os continentes. Para ser computado no EM-DAT, pelo menos um destes critérios deve ser atendido: 10 ou mais vítimas fatais; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência; e pedido de auxílio internacional (BANDEIRA, 2010). Para adequar a classificação brasileira aos padrões estabelecidos pela ONU e acompanhar a evolução internacional e o nivelamento do país aos demais organismos de gestão de desastres, foi instituída em agosto de 2012 a COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (BRASIL, 2012). A Tabela 4.1 apresenta esta classificação para os riscos geológicos e hidrológicos (temas deste trabalho), porém esta codificação ainda inclui os grupos meteorológico, climatológico e biológico.

Tabela 4.1 – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE
1. Geológico	1.Terremoto	1. Tremor de Terra	0	1.1.1.1.0
		2. Tsunami	0	1.1.1.2.0
	2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0
	3. Movimentos de Massa	1. Quedas, Tombamentos e Rolamentos	1. Blocos	1.1.3.1.1
			2. Lascas	1.1.3.1.2
			3. Matacões	1.1.3.1.3
			4. Lajes	1.1.3.1.4
		2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	1.1.3.2.1
		3. Corridas de massa	1. Solo/Lama	1.1.3.3.1
			2. Rocha/Detrito	1.1.3.3.2
		4. Subsídências e colapsos		1.1.3.4.0
	4.Erosão	1.Erosão Costeira/Marinha	0	1.1.4.1.0
		2. Erosão de Margem Fluvial	0	1.1.4.2.0
		3. Erosão Continental	1. Laminar	1.1.4.3.1
			2. Ravinas	1.1.4.3.2
			3. Boçorocas	1.1.4.3.3
	1. Inundações	0	0	1.2.1.0.0
	2. Enxurradas	0	0	1.2.2.0.0
	3. Alagamentos	0	0	1.2.3.0.0

Fonte: SEDEC (2012).

Macedo (2008) aponta que o foco dos trabalhos em desastres deverá ser o da adaptação das nossas ações e da realidade de nossas cidades às mudanças climáticas. Que esta adaptação deve ser entendida como avanço e melhoria nas medidas adotadas para minimizar os efeitos adversos na economia, saúde pública e na qualidade ambiental. No caso dos processos que afetam as áreas urbanas, principalmente inundações e deslizamentos, está se falando em adaptações no ambiente construído e na infraestrutura das nossas cidades.

4.1.1 - Desastres no Brasil

Segundo Brasil (2006) os escorregamentos e inundação são os principais fenômenos associados a desastres no Brasil, e estão ligados a intensas e prolongadas chuvas, como também ao aumento da vulnerabilidade das habitações, decorrente de causas econômicas e sociais. As inundações são os processos que causam maiores impactos na economia e saúde pública, no entanto são os escorregamentos que envolvem o maior número de vítimas fatais.

No mundo inteiro, verificam-se anualmente perdas de vidas humanas em decorrência tanto de escorregamentos de grande porte como de eventos mais localizados. No Brasil, as perdas dessa natureza ocorrem predominantemente em áreas urbanas tendo tido um incremento considerável a partir da década de 80 (VEDOVELLO e MACEDO, 2007). Além das perdas de vidas, a ocorrência de deslizamentos em áreas urbanas acarreta danos às propriedades e aos equipamentos de infraestrutura urbana. Consequentemente, ocorrem efeitos sociais e econômicos adversos que incluem: interrupção de atividades sociais e econômicas, interrupção de vias públicas e rotas de transporte; custos com obras para reparação de estruturas viárias e de abastecimento; sobrecarga dos setores de saúde, de assistência social, de atendimento emergencial, e custos médicos, entre outros.

De acordo com Brasil (2010) em linhas gerais, o problema de áreas de risco geológico e hidrogeológico nas cidades brasileiras podem ser sintetizados pelos itens abaixo:

- Crise econômica e social com solução em longo prazo;
- Política habitacional para baixa renda historicamente ineficiente;
- Ineficácia dos sistemas de controle do uso e ocupação do solo;
- Inexistência de legislação adequada para as áreas suscetíveis;
- Inexistência de apoio técnico para as populações;
- Cultura popular de “morar no plano”.

Quanto à organização dos desastres ocorridos no Brasil pela SEDEC, a primeira edição do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (SANTA CATARINA, 2012) apresenta os dados consolidados da ocorrência de desastres registrados em documentos oficiais produzidos por Estados e Municípios Brasileiros, de 1991 a 2010. O documento permite identificar os desastres mais incidentes em cada região brasileira, conhecer a quantidade de pessoas afetadas e comparar as ocorrências no decorrer dos anos. O registro destes desastres realizou-se da seguinte maneira: emissão do NOPRED (Formulário de Notificação Preliminar de Desastre) e/ou AVADAN (Formulário de Avaliação de Danos) pelo município; oficialização do desastre pelo prefeito, por meio de um Decreto Municipal; homologação do Decreto Municipal pelo Ministério da Integração Nacional ou pela Secretaria Nacional de Defesa Civil; e publicação de uma Portaria no Diário Oficial da União a fim de tornar pública e reconhecida uma situação de emergência ou estado de calamidade pública (SANTA CATARINA, 2012).

De acordo com as informações compiladas no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (SANTA CATARINA, 2012), de 1991 a 2010 verificou-se que: a) A região Sul foi a mais afetada por inundações bruscas e alagamentos, responsável por 36,57% das ocorrências deste tipo de desastre no Brasil, com pico nos meses de janeiro; b) Em termos de inundação gradual, 31,55% das ocorrências foram registradas na região Sudeste, seguidas pela região Nordeste (28,04%) e Sul (22,65%); c) Quanto aos movimentos de massa, a região Sudeste apresentou 81,72% das ocorrências, seguida pela região Sul (12,33%). No Sudeste foram registrados 500 óbitos e mais de 1,8 milhões de pessoas afetadas.

No ano de 2011, 69,01% das ocorrências de movimentos de massa foram registrados na região Sudeste, seguido pela região Sul com 25,35% dos acontecimentos. Os números estão concentrados nos meses de janeiro e fevereiro, no verão, que é a estação caracterizada por ter níveis mais elevados de precipitação nestas regiões. Quanto às inundações, 46,75% foram registradas no Sudeste, 21,30% no Sul e 16,57% na região Nordeste com 71 óbitos na região Sul, de um total de 79. 62.

De acordo com o anuário referente ao ano de 2012, 91,89% das ocorrências vinculadas aos movimentos de massa foram registradas na região Sudeste, com 59,46% dos casos no estado de Minas Gerais; 39,47% das inundações foram registradas no Norte e 47,31% das enxurradas no Sudeste. Em 2013, constatou-se que a região Sudeste incorporou 84,62% da totalidade dos deslizamentos de terra, sendo 53% das ocorrências no estado de Minas Gerais, seguindo a tendência verificada em 2012. O maior número de

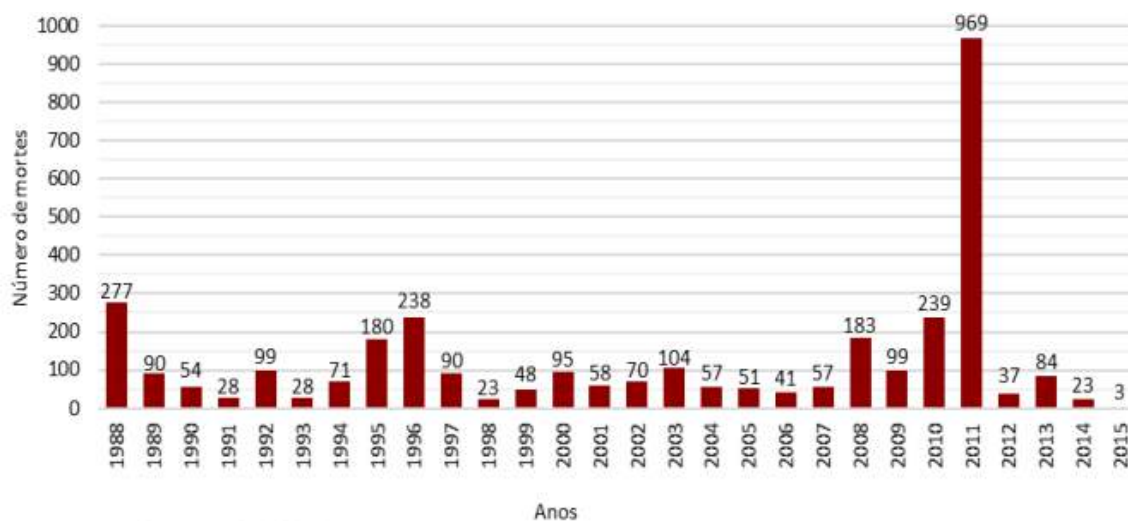
registros de inundações deu-se na região Sul (33,33%), seguida pelas regiões Norte (27,45%) e Sudeste (25,98%).

Em quase todos os registros, a quantificação de danos humanos prevaleceu em número maior no Sudeste, justificado pela alta densidade demográfica da região. De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (SANTA CATARINA, 2012), é possível afirmar que a densidade populacional caminha na mesma proporção de mortos por milhão de habitantes

Em 2010, a cheia do Rio Mundaú atingiu 67 municípios nos Estados de Pernambuco e 9 de Alagoas (12 em estado de calamidade pública e 30 em situação de emergência), desabrigou ou desalojou mais de 150 mil habitantes e provocou a morte de 47 pessoas. No ano seguinte, os deslizamentos e enxurradas ocorridos na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro provocaram o maior desastre do país em número de mortes, foram cerca de 900, além de aproximadamente 350 pessoas desaparecidas (BERTONE E MARINHO, 2013).

Diante da necessidade de se ter uma base de dados atualizada sobre os eventos que já ocorreram, conhecendo a localização geográfica, época/período, número de fatalidades e outros dados relevantes, o IPT iniciou em 1988 um projeto para catalogar os eventos de movimentos de massa para se ter uma ideia da realidade brasileira e fornecer números para auxiliar na gestão de riscos. Segundo Macedo e Martins (2015), este banco de dados é pioneiro no país e o único nestes moldes, sendo utilizado pelo poder público para analisar a distribuição de recursos para a prevenção de desastres nos municípios. Conforme os autores, a Figura 4.1 apresenta os dados cadastrados no Banco de Mortes por ano de ocorrência. Nota-se que existem casos anômalos ao longo do tempo e entre toda a distribuição o ano de 2011 é o mais relevante, com número de mortes muito superior. Isto se deve ao evento extremo que atingiu a região Serrana do Rio de Janeiro.

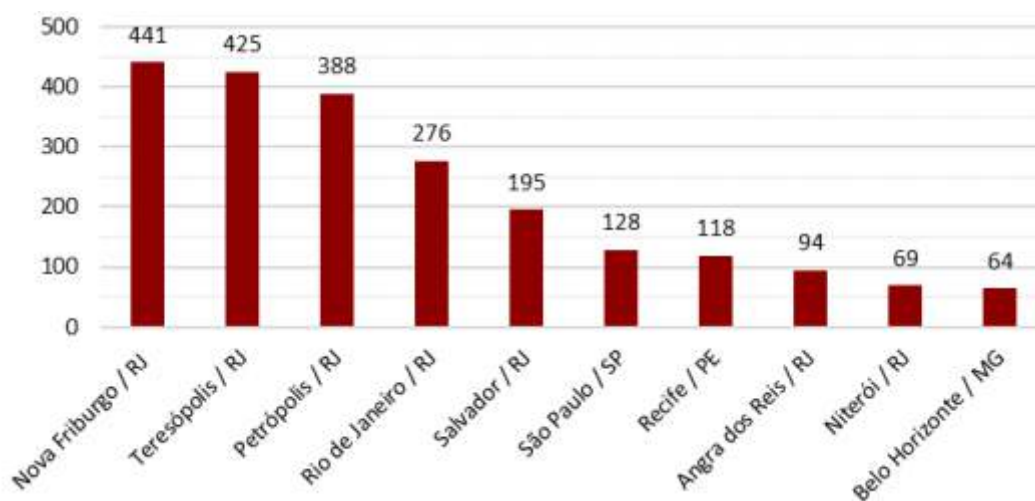
Figura 4.1 – Gráfico de distribuição de mortes por deslizamento no decorrer dos anos, entre 1988 e abril de 2015.



Fonte: Macedo e Martins (2015).

São contabilizados, também, os óbitos em deslizamentos por estados. Em ordem decrescente, tem-se os oito primeiros: Rio de Janeiro (1819), São Paulo (422), Minas Gerais (332), Bahia (209), Santa Catarina (206), Pernambuco (189), Alagoas (76) e Espírito Santo (66). Quanto aos municípios, os dez que apresentam maior número de fatalidades entre 1988 e abril de 2015 são os apresentados na Figura 4.2. O Estado de Pernambuco é o 6º em número de mortes por deslizamentos e dentre os municípios brasileiros Recife encontra-se em 7º lugar.

Figura 4.2 – Relação dos 10 municípios que apresentaram maior número de óbitos entre 1988 e abril de 2015.



Fonte: adaptado de Macedo e Martins (2015).

Para Macedo e Martins (2015), os eventos de movimentos de massa que geram mortes apresentam distinção entre si, como por exemplo a frequência em que ocorrem em determinadas regiões. Como exemplo, em alguns estados os eventos são frequentes e possuem um pequeno número de vítimas (Minas Gerais); em outros ocorrem eventos extremos de menor frequência e grande número de vítimas (Santa Catarina); e ainda há localidades em que ocorrem ambos os tipos de eventos, alta frequência e poucas fatalidades e frequência menor com grande número de vítimas (Rio de Janeiro). Os autores mencionam a tendência de a cada 6 ou 7 anos ocorrerem eventos mais críticos, relacionando-os com o El Niño ou La Niña.

4.1.1.1 Movimentos de massa e inundações na Região Metropolitana do Recife

Segundo dados de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a Região Metropolitana do Recife (RMR) possui uma área de 2766,9 km² com aproximadamente 3,7 milhões de habitantes sendo 94% residentes em área urbana, composta por 14 municípios: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata.

A partir de 1940, a paisagem da RMR começou a passar por transformações urbanísticas devido à explosão demográfica e a consequente ocupação dos espaços vazios entre as principais vias de ligação. A urbanização acelerada fez com que os bairros e municípios perdessem seus limites, ligando-se por contínuas composições de quadras, ruas e edificações, se espalhando na planície e sobre os morros, desordenadamente, constituindo nos altos e nos córregos grandes assentamentos populacionais das cidades. Conforme Bandeira (2010), os municípios de Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes apresentam os maiores números do Nordeste do Brasil de pessoas que moram em áreas de risco a deslizamento e inundação.

A ocupação dos morros da RMR é um processo que se desenvolve desde o período colonial e que se iniciou nas cidades de Recife e Olinda e, em geral, pela população de baixa renda. Há muitos anos a região sofre com a ocorrência de deslizamentos, porém, esse problema se tornou mais grave a partir da década de 80, quando foram registradas dezenas de escorregamentos na zona norte da cidade de Recife. Tem sido observado que os deslizamentos de encostas na RMR são rasos, em sua maioria, e a superfície de ruptura

é translacional, paralela ao talude. A chuva e a forma de ocupação das encostas são os principais fatores que contribuem para as ocorrências dos movimentos de massa e dos processos erosivos, sendo a erosão hídrica pluvial e os escorregamentos planares os principais processos de instabilização das encostas (Gusmão, 1997).

Além dos deslizamentos, a RMR sofre com problemas de inundação, alagamentos e enchentes devido a diversos fatores, entre eles: áreas planas fortemente urbanizadas; regiões situadas a nível do mar; ocupação das áreas de risco à inundação e de encostas, aumentando a descarga da inundação; ocorrência de chuvas intensas; lençol freático elevado; redução da capacidade de escoamento dos corpos d' água; deficiência de projeto, construção e manutenção da rede de drenagem; risco de operação das barragens de contenção de cheias; e falta de educação ambiental por parte da população.

Na RMR, desde a década de 60, foram as inundações que causaram maior número de vítimas fatais, apesar de os escorregamentos acontecerem com mais frequência, normalmente em locais isolados e atingindo poucas edificações e pessoas em uma mesma ocorrência. Bandeira (2010) apresenta que a região possui registros de deslizamentos com vítimas em maior concentração nos municípios de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes. Em Olinda, os deslizamentos colocam em risco também os patrimônios históricos e artísticos, representados por igrejas e monumentos localizados em áreas de encostas e topos de colinas.

Devido a elevada quantidade de vítimas por estes processos, o poder público deu início a implantação de sistemas de gerenciamento de risco, dentre os quais podem ser citados o “Programa Metropolitano Viva o Morro”, criado em 1997 pela CONDEPE-FIDEM, gerenciando ações estruturais e não estruturais nas encostas e alagados; o “Programa Guarda Chuva”, implantado em 2001 pela Defesa Civil, gerenciando os riscos da cidade; e o programa “Parceria nos Morros” (2001), uma das frentes de trabalho das operações de inverno que disponibiliza material de construção e acompanhamento técnico para que os próprios moradores entrem com a mão de obra para construções de pequeno porte.

4.2 - CONCEITOS GERAIS DE ANÁLISE DE RISCO E METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO BRASILEIRAS

No processo de gerenciamento de risco, a nível internacional a UNDRO (1991) deu importante contribuição sugerindo quatro principais etapas para a gestão do risco (Bandeira e Coutinho, 2012b):

- Identificação e análise de riscos;
- Adoção de medidas estruturais para a prevenção de acidentes e a redução dos riscos;
- Adoção de medidas não estruturais com implantação de planos preventivos de defesa civil para os períodos das chuvas mais intensas, monitoramento e atendimento das situações de emergência;
- Informação pública e capacitação para prevenção e autodefesa.

Os principais anais internacionais de conferência sobre gerenciamento de áreas de riscos de deslizamentos de encostas (Landslide Risk Management) apresentam três grandes principais etapas no processo de gerenciamento (Fell Hartford, 1995; Coutinho e Bandeira, 2012a):

- Análise de risco (Risk Analysis);
- Avaliação do risco (Risk Assessment);
- Gerenciamento do risco (Risk Management).

Estas etapas de gerenciamento foram absorvidas por vários países, inclusive pelo Brasil, onde era evidente que o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil se encontrava inadequado para atender aos desastres que vinham ocorrendo.

Uma iniciativa importante a nível nacional foi a criação do Ministério das Cidades (2003), onde a análise de risco se tornou uma estratégia política que vem disponibilizando subsídios aos municípios para a elaboração de Planos Municipais de Redução de Risco (PMRR), que constam da análise e mapeamento, proposta de intervenção e estimativa de recursos necessários para mitigar ou reabilitar áreas de risco a movimentos de massa (ALHEIROS, 2011).

Em 10 de abril de 2012 foi criada a Lei Federal Nº 12.608 (novo marco legal para o Sistema Nacional de Defesa Civil), que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), a qual dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CENPDEC), sendo um instrumento de redução de risco de desastres.

Dentre as diretrizes e objetivos da PNPDEC, destaca-se:

- a) Atuação articulada entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios para redução de desastres e apoio às comunidades atingidas;
- b) Ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação;
- c) Reduzir os riscos de desastres;
- d) Prestar socorro e assistência à população atingida por algum desastre;
- e) Promover a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, de modo a evitar ou reduzir a sua ocorrência;
- f) Monitorar os eventos meteorológicos, hidrológicos, geológicos, biológicos, nucleares, químicos e outros potencialmente causadores de desastres.

De acordo com Bertone e Marinho (2013), paralelamente aos ajustes para a publicação do novo marco da Defesa Civil, elaborava-se o Programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres do PPA 2012-2015 (Programa 2040), ressaltando-se a importância de voltar os esforços para o campo da prevenção. A estruturação dos trabalhos pautou-se na identificação dos principais desastres que ocorrem no país e na seleção de municípios mais críticos a esses eventos, de modo a priorizar a ação pública. Chegou-se ao número de 821 municípios que representam 94% das mortes e 88% das pessoas afetadas por algum desastre.

A fim de implementar as diretrizes é que surgiram as parcerias e convênios junto ao Ministério da Integração Nacional, para o mapeamento das áreas de risco a movimentos de massa e inundação dos municípios, contemplando estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades, riscos de desastres e proposta de ações de mitigação, preparação, resposta e recuperação.

Com o crescente registro de incidentes de movimentos de massa e inundações decorrentes do ritmo acelerado de ocupação em áreas de encostas e várzeas, há uma enorme demanda por trabalhos de mapeamento destes locais. É essencial que autoridades tenham à sua disposição mapas adequados descrevendo as áreas de risco e também é importante que estejam cientes dos processos que levam à identificação destes locais (JTC-1, 2008).

Conforme Brasil (2007), o gerenciamento de áreas urbanas com risco de deslizamentos, enchentes e inundações tem como base quatro questões, a partir das quais o trabalho é desenvolvido. A primeira é relativa ao tipo de processo a ser mapeado, deve-se verificar quais são presentes e como eles ocorrem, identificando os seus condicionantes naturais e/ou antrópicos. Definidos os processos, o mapeamento sinalizará onde estes

ocorrem e, por meio de estudos de correlação e monitoramento, serão definidos os momentos de maior probabilidade de deflagração do processo. Sabendo o tipo de processo, como, onde e quando ele poderá ocorrer, serão definidas as medidas a serem tomadas, sejam de caráter estrutural ou não e quem será o responsável por elas.

O mapa de risco é um importante instrumento de política pública de gerenciamento para o governo, que permite hierarquizar os problemas, avaliar os custos de investimentos e dar suporte às negociações com a comunidade. O Plano Diretor e a Lei de Uso e Ocupação do Solo podem definir o destino das áreas de risco através das diretrizes para uma urbanização controlada, garantindo segurança e bem-estar social, impedindo o aumento da vulnerabilidade da área. O mapa pode ser utilizado com os seguintes propósitos: instrumento de planejamento urbano; definição de áreas prioritárias para intervenções em base técnica, e não política; definição do sistema de controle nos pontos críticos; definição do tipo de tratamento da área em função do processo atuante; instrumento de negociação com as comunidades e órgãos de financiamento e orçamento de intervenções estruturais (BRASIL, 2010).

4.2.1 - Definições e terminologias adotadas na avaliação do risco

A partir da nomenclatura internacionalmente aceita, vários conceitos básicos a respeito de risco têm sido testados e colocados em prática em diferentes contextos, por mais de 30 anos. Varnes (1984) definiu os seguintes termos:

- Perigo Natural (Natural Hazard - H): probabilidade de ocorrência de um fenômeno dentro de um certo período de tempo e de uma determinada área (susceptibilidade);
- Vulnerabilidade (Vulnerability - V): grau de perda de um determinado elemento ou um conjunto de elementos em risco, resultante da ocorrência de um fenômeno natural;
- Risco Específico (Specific Risk - RS): que corresponde ao grau esperado de perda devido a um fenômeno natural ($RS = V \times H$);
- Elementos em Risco (Elements at Risk - E): são relativos à população, propriedades e atividades econômicas, incluindo serviços públicos em risco em uma dada área;
- Risco (Risk - R), refere-se ao número esperado de perdas de vidas, de pessoas afetadas, danos a propriedades ou interrupção de atividades econômicas devido a um fenômeno natural específico. ($R = E \times RS$).

Portanto, o Risco pode ser expresso pela Equação 4.1 (Varnes, 1984):

$$R = E * H * V \quad (\text{Equação 4.1})$$

Na avaliação do risco em uma determinada situação, devem ser considerados a suscetibilidade da área ao tipo de desastre em questão, o perigo potencial, o grau de exposição e a vulnerabilidade dos sistemas encontrados (BANDEIRA, 2003). Para Augusto Filho et al. (1990), os conceitos de análise de risco podem ser expressos por uma relação simples: $R = P \times C$, onde R é o risco; P é a probabilidade (se quantificada) ou frequência (F) ou possibilidade da ocorrência de um evento; ou seja, P é a suscetibilidade (S) de uma área à ocorrência de um determinado evento; e C representa as consequências sociais ou econômicas potenciais (vulnerabilidade). Para Einstein (1997), o risco é declarado através da seguinte expressão analítica (Equação 4.2):

$$R = P [\text{perigo}] * u (X) \quad (\text{Equação 4.2})$$

R = Risco;

P [perigo] = Probabilidade de ocorrência do perigo;

u (X) = Função utilidade que expressa os custos das consequências, estas sendo função do vetor atributo X que relaciona as consequências como a perda de vidas, destruição de moradias, alojamento de desabrigados, etc.

Oliveira (2004) define risco conforme a Equação 3.3:

$$R = p [\text{perigo}] * V * E \quad (\text{Equação 4.3})$$

R = Risco;

p [perigo] = Probabilidade de ocorrência do perigo numa situação de risco;

V = Vulnerabilidade dos elementos em risco; E = Elementos em risco. O risco individual foi definido como a probabilidade anual de um indivíduo identificável, que vive num setor de risco, ou seja, encontra-se exposto às consequências de uma situação de risco vir a se tornar vítima fatal de um acidente. Neste caso, o valor de E é igual à unidade.

O Comitê Técnico de Escorregamentos e Encostas Artificiais das Associações Internacionais ISSMGE, IAEG e ISRM – Joint Technical Committee 1 – JTC-1 (2008) reconhece que existe a necessidade de uma terminologia unificada em zoneamento de

suscetibilidade, perigo e risco para assegurar que processos fundamentais de avaliação sejam considerados e aplicados em áreas propensas a processos do meio físico.

Para tanto, algumas das definições e terminologias adotadas pelo JTC-1 (2008) e atualmente aceitas são:

- Evento: Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registradas no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais;
- Perigo: Condição cujo potencial pode causar uma consequência indesejável. A descrição de um perigo de escorregamento deve incluir o local, volume (ou área), classificação e velocidade dos escorregamentos em potencial e materiais destes resultantes, e a probabilidade de sua ocorrência dentro de um período de tempo determinado;
- Vulnerabilidade: Grau de perda para um dado elemento ou grupo de elementos dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo. É expressa numa escala de zero (sem perda) a um (perda total). Para propriedades, a perda será o valor do dano relativo ao valor da propriedade; para pessoas, será a probabilidade de uma vida em particular (elemento em risco) ser perdida, dado que a pessoa seja afetada pelo processo;
- Suscetibilidade: Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência. É uma análise quantitativa ou qualitativa da classificação, volume (ou área) e distribuição espacial de escorregamentos que existem ou podem ocorrer em uma área, podendo também incluir uma descrição da velocidade e intensidade do escorregamento existente ou em potencial. Embora sejam esperados que escorregamentos ocorrerão com mais frequência em áreas mais suscetíveis, na análise de suscetibilidade o período de tempo não é levado em conta. A suscetibilidade de escorregamentos inclui aqueles cuja origem é em sua própria área ou fora dela, mas pode se mover ou regressar para a área de origem;
- Elementos em risco: População, prédios e construções, atividades econômicas, serviços públicos, outros tipos de infraestrutura e valores do meio ambiente na área que é potencialmente afetada pelo perigo;
- Risco: Uma medida da probabilidade e severidade de um efeito adverso à saúde, propriedade ou meio ambiente. O risco é frequentemente estimado pelo produto da probabilidade de um fenômeno de uma dada magnitude multiplicado por suas consequências. No entanto, uma interpretação mais geral de risco envolve uma

comparação da probabilidade e consequências numa forma que não calcule o produto. Para Análise Quantitativa de Risco o uso da intensidade do processo é recomendado. O risco é definido para a perda de vida (probabilidade anual que pessoas em risco irão perder suas vidas levando em conta o perigo do processo, a probabilidade espaço temporal e a vulnerabilidade da pessoa) e para a perda de propriedade (a probabilidade anual de um dado nível de perda ou da perda por ano levando em conta os elementos em risco, sua probabilidade e vulnerabilidade espaço-temporal);

- Consequência: Os resultados ou resultados potenciais que surgem da ocorrência de um escorregamento, expresso quantitativa ou qualitativamente, em termos de perda, desvantagens ou ganho, danos, lesões ou perda de vida;
- Probabilidade: Utilizada como a descrição qualitativa de probabilidade ou frequência. Uma medida do grau de certeza, que tem um valor entre zero (impossibilidade) e um (certeza). É uma estimativa da probabilidade da magnitude de uma quantidade incerta ou a probabilidade de ocorrência de um evento no futuro;
- Controle ou Tratamento de Risco: O processo de tomada de decisão para gerenciamento de risco e a implementação de medidas de mitigação de risco e reavaliação de sua eficácia de tempos em tempos, utilizando os resultados da avaliação de risco como um dado.

Para complementar, além das terminologias citadas pelo JTC-1 (2008), adota-se a conceituação de “desastre” da UNISDR (2009), apresentada no início deste Capítulo. Quanto ao conceito de “vulnerabilidade”, Cardona (2008) aborda que não deve ser considerada somente através da exposição dos elementos, mas juntamente com as fragilidades sociais e a capacidade da sociedade atingida por um fenômeno perigoso responder ao seu impacto.

A partir dos conceitos abordados, neste trabalho a definição de risco adotada apresenta-se na Figura 4.3, onde o risco é resultado da associação entre perigo e consequências (COUTINHO, 2015). Devido à dificuldade de se obter alguns parâmetros relacionados a perigo (como por exemplo a intensidade, probabilidade e recorrência – que necessita de bases históricas), usualmente adota-se a identificação da suscetibilidade a determinado processo, de acordo com suas condicionantes. Para a obtenção das consequências, são associados os fatores de vulnerabilidade (físico-ambientais, socioeconômicos e culturais e falta de resiliência) aos elementos expostos (edificações e arredores, infraestrutura, população, etc.).

Figura 4.3 – Moradias próximas a cortes inadequados com presença de lonas plásticas evidenciando movimentação de massa no município de Ipojuca-PE, em 2015.



- **RISCO: PERIGO X CONSEQUÊNCIAS f (V – E)**
- **VULNERABILIDADE = f** [fatores físico-ambientais + fatores socioeconômicos e culturais e falta de resiliência]
- **ELEMENTOS EXPOSTOS = E** [características e localização: edificações e arredores, população, infraestrutura, etc...]

Coutinho (2015)

4.2.1.1 - Aspectos Gerais sobre Vulnerabilidade

Quando se trata de mapeamento de risco muitos trabalhos estão relacionados apenas a fatores de suscetibilidade e como este, tem como um dos seus objetivos determinar a vulnerabilidade na área de estudo, para isto se faz conveniente uma maior abordagem acerca deste assunto como também um melhor entendimento das relações intrínsecas à vulnerabilidade e à importância de metodologias ligadas ao tema.

De acordo com Saito (2011), originalmente, o termo vulnerabilidade foi desenvolvido pela engenharia de estrutura para mostrar como as características construtivas poderiam fazer as edificações mais propensas a sofrerem danos. Nas últimas décadas, esse conceito tomou caráter multidisciplinar, ao contemplar não apenas aspectos estruturais, como humanos e sociais (CEPREDENAC-PNUD, 2003).

Para O’Riordan (2002) a vulnerabilidade a desastres naturais pode ser descrita como a incapacidade de uma pessoa, sociedade ou grupo populacional, de evitar o perigo relacionado a catástrofes naturais ou a condição de ser forçado a viver em tais condições

de perigo. Tal situação decorre de uma combinação de processos econômicos, sociais, ambientais e políticos.

Para Busso (2002) cinco dimensões da vulnerabilidade são as mais importantes:

- Habitat: condições habitacionais e ambientais, tipo de moradia, saneamento, infraestrutura urbana e equipamentos;
- Capital humano: escolaridade, alfabetização, assistência escolar, saúde, desnutrição, ausência de capacidade e experiência de trabalho;
- Econômica: inserção de trabalho e renda;
- Proteção social: cotização a sistema de aposentadoria e cobertura de seguros sociais;
- Capital social: participação política, associativismo, inserção em redes de apoio.

Segundo Cardona (2003), a vulnerabilidade é uma condição, circunstância ou predisposição para sofrer danos e não uma propriedade propensa a eles. Para o autor, a vulnerabilidade não deve ser considerada somente através da exposição dos elementos, mas também com as fragilidades sociais, com a capacidade da sociedade atingida por um fenômeno perigoso de responder ou de absorver o seu impacto. O autor afirma que as consequências do evento não estão somente relacionadas ao seu impacto, mas com a capacidade de resistir ao impacto e suas implicações na área/sociedade atingida. Isto pressupõe que cada pessoa, cada comunidade ou cada instituição social possui diferentes tipos de vulnerabilidade.

Alcántara-Ayala (2002) indica que cada entidade social possui diferentes tipos de vulnerabilidade e que ela não é somente o resultado de ações humanas. É o resultado da interação do contexto econômico, social, cultural e político do local onde as pessoas vivem. Desta forma, vulnerabilidade não pode ser tratada como um termo geral e homogêneo, mas sim dinâmico e determinado por cada sociedade.

Para Saito (2011), algumas palavras-chave como exposição e capacidade de resposta são muito presentes na discussão que envolve vulnerabilidade. Os elementos em risco podem estar expostos de diferentes maneiras a uma mesma ameaça e o exemplo comumente associado é o padrão construtivo, a qualidade das edificações presentes. Partindo desta concepção se atrela à ideia de capacidade desses mesmos elementos, a partir de todos os seus esforços e recursos, em lidar com os efeitos de um desastre. Sendo assim, a vulnerabilidade é diretamente ligada a aspectos físicos, sociais, de infraestrutura e capacidade de resposta.

A vulnerabilidade a desastres possui um caráter multifacetado, abarcando diferentes dimensões, a partir das quais se podem identificar condições de vulnerabilidade dos indivíduos, famílias ou comunidades. Estas condições estão ligadas tanto às características próprias dos indivíduos ou grupos, como relativas ao meio social nas quais estão inseridos (CEPED / UFSC, 2014).

Desta forma, há fortes argumentos para que se considere como urgente o aprofundamento do conhecimento científico sobre as causas dos efeitos desiguais de tais desastres sobre a população, bem como o desenvolvimento de metodologias de mensuração da vulnerabilidade aos mesmos. O desenvolvimento de metodologias e análises formais que permitam mensurar e qualificar os diferentes graus de vulnerabilidade é apontado como crucial nesse processo, visto que possibilitariam a identificação precisa das áreas de maior risco e vulnerabilidade, complementando a informação qualitativa advinda da experiência acumulada nos órgãos de defesa civil (BRAGA et al., 2006).

4.2.1.2 - Aspectos Gerais sobre Resiliência

A resiliência é definida como: "Capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposto a riscos de resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se dos efeitos de um perigo de maneira tempestiva e eficiente, através, por exemplo, da preservação e restauração de suas estruturas básicas e funções essenciais", Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNISDR, 2015).

A Segunda Conferência Mundial sobre Redução de Desastres em Kobe, no Japão, em 2005, discutiu uma agenda e uma campanha global para construção de comunidades e nações resilientes por meio da aprovação por unanimidade do Marco de Ação de Hyogo: Construindo a resiliência das nações e comunidades frente aos desastres 2005-2015 – (Hyogo Framework Action – HFA). Almejou-se com o Marco de Ação de Hyogo reduzir substancialmente as perdas em termos de vidas e de bens sociais, econômicos e ambientais das comunidades (UNISDR, 2012).

Ainda de acordo com UNISDR (2012) um dos reflexos do Marco de Ação de Hyogo foi a Campanha Global 2010-2015 “Construindo Cidades Resilientes – Minha Cidade está se preparando”, com a publicação de um guia para gestores públicos locais, que aponta os 10 passos essenciais para construir cidades resilientes, que são:

1. Quadro Institucional e administrativo;
2. Recursos e Financiamento;
3. Avaliações de Risco e Ameaças Múltiplas – Conheça seu Risco;
4. Proteção, Melhoria e Resiliência de Infraestrutura;
5. Proteção de Serviços Essenciais: Educação e Saúde;
6. Construção de Regulamentos e Planos de Uso e Ocupação do Solo;
7. Treinamento, Educação e Sensibilização Pública;
8. Proteção ambiental e Fortalecimento de Ecossistemas;
9. Preparação, Sistemas de Alerta e Alarme, e Resposta Efetivos;
10. Recuperação e Reconstrução de Comunidades.

De acordo com Moura e Canil (2016) o Brasil é um dos países que mais aderiu à campanha Construindo Cidades Resilientes, porém a simples aderência está longe de ser suficiente para a construção da resiliência. É fundamental traçar estratégias de ação que envolvam a política governamental, o apoio técnico e as comunidades, considerando as trocas de experiências em âmbito nacional e internacional, para criar condições para que áreas de risco de desastres tornem-se resilientes.

O Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015 - 2030 foi aprovado na Terceira Conferência Mundial das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres em 2015. Representa um grande avanço sobre o Marco anterior (o Marco de Ação de Hyogo). O novo Marco tem como meta alcançar nos próximos 15 anos: a redução substancial dos riscos de desastres e perdas de vida, meios de subsistência e saúde e dos ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais das pessoas, empresas, comunidades e países. Apresentando como um dos seus principais focos a construção de cidades resilientes.

“Os programas de redução de riscos devem também ter o foco em ensinar/preparar as comunidades sociais da cidade e instituições a reduzir os “hazard risks” e responder de forma efetiva aos desastres, pois elas serão as grandes responsáveis em construir e efetivar a resiliência urbana”. (BARBOSA, 2013, p. 02,03). Ainda de acordo com a autora, a maioria dos estudos sobre cidades resilientes tem concentrado o foco na produção de sistemas físicos resistentes a desastres e outras adversidades. No entanto, os grandes responsáveis em efetivar a resiliência urbana serão as comunidades resilientes, que também devem ser o foco de estudos e pesquisas, pois cidades sem comunidades resilientes seriam extremamente vulneráveis e pouco sustentáveis.

Para Twigg (2009) o foco das comunidades mediante a resiliência significa enfatizar fortemente o que elas podem fazer por si próprias e como fortalecer suas capacidades, mais do que concentrar-se em sua vulnerabilidade ao desastre, nos seus impactos e tensões, ou em suas necessidades durante uma emergência. Silva (2013) elenca que atitudes as comunidades devem tomar para o enfrentamento dos desastres e se tornarem mais resiliente:

1. *Reconhecer seus problemas e suas fortalezas:* os componentes da comunidade devem reconhecer suas fraquezas e fortalezas, a fim de utilizar essas últimas como ferramentas para mitigar os primeiros. Exemplos de problemas: morar em encosta, com riscos de deslizamento de terra; morar próximo a córregos, com risco de transbordamento e enchentes; morar próximo a represas de água, com risco de rompimento das barreiras. Exemplos de fortalezas: contar com uma política pública séria de prevenção de desastres; contar com sistema de alerta eficiente de ocorrência de desastres; contar com uma equipe local preparada para uma resposta rápida e eficiente caso o desastre ocorra, etc.
2. *Organização comunitária:* oficializar uma associação de moradores é um passo interessante para uma maior proximidade com todos os moradores e com os órgãos governamentais e as políticas públicas. Exemplo: organizar-se como NUDEC.
3. *Ter listado todos os recursos humanos, físicos e sociais da comunidade:* precisam saber com quem contar para realizar a prevenção, o enfrentamento e a recuperação caso ocorra um desastre. Por exemplo, para a prevenção é preciso conhecer as políticas públicas (defesa civil, secretárias de saúde, educação, assistência social, habitação), a quem pode recorrer para realizar avaliação de risco e resolver os problemas que o causam (canalizar o córrego, reforçar uma encosta, localizar área mais segura para morar, entre outras ações). Para se preparar para a ocorrência do desastre pode-se contar com simulações realizadas por órgãos públicos, com a criação de um sistema de alerta efetivo e uma rota de fuga adequada, obedecendo aos alertas quando os mesmos forem enviados.
4. *Cobrar os recursos governamentais:* a comunidade precisa estar ciente dos recursos governamentais (nos três níveis de governo: municipal, estadual e federal) para prevenção, enfrentamento e recuperação dos desastres, como ter acesso a esses recursos e cobrar das autoridades a sua utilização adequada. Por exemplo: auxílio moradia, bolsa aluguel, verba para obras de intervenção etc.

5. *Inclusão do tema na escola:* a comunidade pode propor que o tema sobre desastres seja tratado na escola, em aulas como ciências, português, matemática, etc., proporcionando que os alunos conheçam o tema sobre diversos aspectos e leve essas informações para seus familiares e para a comunidade. A eles também podem ser fornecidas informações sobre como reagir na hora do desastre e realizar o enfrentamento de seu impacto. A iniciativa na escola pode servir como um estímulo para que toda a comunidade seja envolvida na ação.

Uma cidade se beneficia com a adoção de estratégias de resiliência ao permitir, por um lado, a diminuição de mortos, desabrigados e desalojados durante a ocorrência de catástrofes naturais (dentre outras) e, por outro lado, a redução dos prejuízos materiais decorrentes destas situações. Aumenta as capacidades de resistência da infraestrutura física, dos meios de produção e do tecido social e permite o retorno à “normalidade” mais rapidamente após a catástrofe (FREIRE, 2013).

De acordo com Cardona (2001) a falta de resiliência para enfrentar desastres e se recuperar, contribuem também para o risco, sendo fator de impacto sobre as comunidades e organizações.

4.2.2 - Metodologias para Elaboração do Mapeamento de Risco

Segundo Brasil (2010) o mapa de risco é um importante instrumento de política pública de gerenciamento para as três esferas de governo, municipal, estadual e federal, na medida em que permite hierarquizar os problemas, avaliar os custos de investimentos e dar suporte técnico às negociações com a comunidade. O mapa de risco tem valiosa utilização técnica, social e política, podendo ser utilizado com os seguintes propósitos:

- i. Instrumento de planejamento urbano;
- ii. Definição de áreas prioritárias para intervenção em base técnica e não política;
- iii. Definição do sistema de controle nos pontos críticos;
- iv. Definição do tipo de tratamento da área em função do processo atuante;
- v. Instrumento de negociação com as comunidades e órgãos de financiamento;
- vi. Orçamento de intervenção estrutural (obras de engenharia).

O mapa de risco geológico/geotécnico é um instrumento cartográfico que apresenta a distribuição, o tipo e o grau dos riscos geológico/geotécnicos, visando a definição de medidas de prevenção de acidentes. A sua representação pode ser de dois tipos: por cadastramento de risco, consta da apresentação dos pontos notáveis sujeitos ao risco, com indicação de seu grau; e por zoneamento de risco, onde são delimitadas zonas homogêneas em relação ao grau de risco geológico/geotécnico, estabelecendo as classes de áreas de risco. A codificação dos graus de risco pode utilizar números (1,2,3, etc.), termos linguísticos (baixo, médio, etc.), cores ou hachuras. O uso de cores semafóricas (verde, amarelo, vermelho) vem sendo recomendado, tendo em vista sua relação imediata com a noção implícita de referencial de perigo (BANDEIRA, 2003).

De acordo com Brasil (2010) a análise do grau de risco de uma determinada área pode ser realizada através de dois tipos:

Análise probabilística (quantitativa): Na análise probabilística, o risco é determinado através da apresentação da probabilidade de ocorrência do acidente, em determinado intervalo de tempo. Os mapeamentos de risco quantitativos ainda são pouco testados em nosso país, pois necessitam de um banco de dados consistente sobre os deslizamentos ocorridos ao longo do tempo. Nestes casos, estando disponíveis: dados sobre intensidade das chuvas, causas do acidente, volumes deslizados, recorrência dos processos, entre outras informações, é possível adotar modelos de mapeamento quantitativo, definindo a probabilidade de ocorrência dos processos destrutivos.

Uma das principais vantagens da obtenção de um Índice Quantitativo de Risco é o estabelecimento de um parâmetro para a alocação de investimentos em obras de estabilização a partir de critérios bem definidos que permitem a comparação entre situações distintas. Quanto mais rico e preciso for o banco de dados de um determinado local, mais representativos serão os resultados da quantificação.

Análise relativa (qualitativa): O risco é determinado através da simples comparação entre as situações de riscos identificadas, sem cálculos probabilísticos quanto à ocorrência. O grau de risco é estabelecido por níveis literais, ou seja, por termos linguísticos (baixo, médio, alto e muito alto). As consequências podem ser definidas de forma similar, englobando intervalos de valores relacionados ao número de moradias expostas ao risco. Estas análises são adequadas para o levantamento preliminar do quadro de risco de uma região, onde o importante é estabelecer uma hierarquia de setores que sirva de base para implantação de ações não estruturais como os planejamentos urbanos.

De acordo com Brasil (2006), no Brasil, como em muitos países, os mapeamentos de risco são predominantemente realizados por meio de avaliações qualitativas, ou seja, os riscos são identificados com base na opinião técnica da equipe que realiza o mapeamento com o apoio de informações dos moradores da área mapeada.

Abaixo seguem experiências metodológicas elaboradas pela UFPE, em mapeamentos de risco executados na Região Metropolitana do Recife e experiências desenvolvidas pela UFRJ em Angra dos Reis-RJ. Bem como, apresenta metodologias do Ministério das Cidades e do IPT por se tratarem de metodologias amplamente adotadas em todo o país. Serão apresentadas de forma sucinta e abordando exemplos tanto para movimento de massa como para inundação.

4.2.2.1 - Metodologia de Gusmão Filho *et al* (1992) para elaboração de mapa de risco de erosão e escorregamento - UFPE

Segundo BANDEIRA (2003) a metodologia desenvolvida por Gusmão Filho *et al.* (1992) é um método índice, por que utiliza um índice numérico associado a cada fator e de análise relativa, onde se compara as situações de riscos sem a utilização de cálculos probabilísticos, obtendo assim resultados de forma qualitativa. Esta metodologia é destinada a setores de encostas individualizadas, onde em campo é feita uma análise de uma determinada área, verifica-se sua característica de ocupação e infraestrutura e divide-a em setores homogêneos de encostas. A utilização de uma ficha permite assim uma uniformidade nos dados a serem coletados, levando em consideração fatores topográficos, geológicos e ambientais, os quais estão relacionados a atributos que afetam a estabilidade das encostas.

São atribuídos aos fatores topográficos e geológicos os elementos da suscetibilidade da área em estudo; e ao fator ambiental são atribuídos os elementos de suscetibilidade e vulnerabilidade da área em estudo. O fator meteorológico, nesta metodologia, é considerado uniforme para toda a área de estudo, considerando-se os mesmos índices pluviométricos para toda região. Tendo em mãos a ficha para o levantamento dos fatores, avaliam-se tanto em campo quanto em escritório os valores e características dos atributos. Logo após a coleta das informações necessárias de todos os setores de encostas, cada atributo recebe uma avaliação quantitativa devidamente associada com o grau de risco (muito baixo -1, baixo - 2, médio - 3, alto - 4 e muito alto -5).

Após a obtenção do grau de risco para cada atributo, calcula-se o grau de risco para cada fator (topográfico, geológico e ambiental) através da média aritmética dos valores dos seus atributos. Por fim, calcula-se o grau de risco de cada setor de encosta através da média aritmética ou ponderada (dependendo dos pesos que lhe são atribuídos) dos fatores, conforme a Equação 4.4

$$GRF_{ENC} = \left[\frac{(P1 * GRT) + (P2 * GRG) + (P3 * GRA)}{(P1 + P2 + P3)} \right] \quad (\text{Equação 4.4})$$

Na qual:

GRF_{ENC} = Grau de risco de cada setor de encosta;

GRT = grau de risco topográfico (média aritmética dos atributos topográficos);

GRG = grau de risco geológico (média aritmética dos atributos geológicos);

GRA = grau de risco ambiental (média aritmética dos atributos ambientais);

P1, P2 e P3 são respectivamente os pesos atribuídos entre os fatores topográfico, geológico e ambiental.

Nas encostas do Recife, com o intuito de ressaltar a importância relativa dos fatores de risco na deflagração dos acidentes de deslizamentos, o grau de risco final nesse município foi calculado através de uma média ponderada, com peso 2 para topografia, 1 para geologia e 3 para o ambiente. Nas encostas de Jaboatão dos Guararapes e Olinda, o autor considerou a média aritmética entre os três fatores para o cálculo do grau de risco final. Com o valor do grau de risco de cada setor de encostas, observa-se a faixa de seus valores, para então distribuí-los em 05 intervalos, atribuindo-lhe seus equivalentes numéricos (de 1 a 5), que serão associados aos termos linguísticos (Tabela 4.1), para a definição do grau de risco final.

Tabela 4.1 - Graus de risco finais para o município de Recife.

CLASSIFICAÇÃO	GRAU DE RISCO	RISCO OBTIDO
Muito Baixo	1	< 1,74
Baixo	2	1,74 – 2,24
Médio	3	2,25 – 2,74
Alto	4	2,75 – 3,24
Muito Alto	5	> 3,24

Fonte: ALHEIROS, 1998.

4.2.2.2 - Metodologia adotada na realização do Mapa de Risco de erosão e escorregamento no município de Camaragibe – Experiência GEGEP/UFPE

Ao realizar o mapeamento das áreas de risco de erosão e escorregamento das ocupações desordenadas nas encostas do Município de Camaragibe, Bandeira (2003) adotou como base a metodologia de Gusmão Filho et al. (1992), realizando ajustes necessários à adequação ao modelo de avaliação de risco sugerido pelo Programa de Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários, da Secretaria Nacional de Programas Urbanos do Ministério das Cidades. A autora também considerou ajustes recomendados por Gusmão Filho et al. (1993) e Alheiros (1998). O trabalho adotou um método índice de análise relativa, que dá resultados qualitativos, aplicado a setores individualizados de encostas.

Na metodologia adotada por Bandeira (2003), foi elaborada uma ficha de dados que permite uniformizar e comparar os dados a serem coletados, levando em conta os fatores geológico, topográfico e ambiental. Para cada um deles, foram considerados os principais grupos de atributos que levam a instabilização das encostas. O Quadro 4.2 contém os fatores que foram analisados na identificação dos graus de risco em Camaragibe.

Quadro 4.2 - Fatores e Atributos de Risco adotados em Camaragibe.

TOPOGRÁFICO	GEOLÓGICO	AMBIENTAL
- Altura da encosta; - Perfil; - Morfologia; - Extensão da encosta; - Declividade da encosta; - Altura do corte; - Largura do corte.	- Litologia; - Textura; - Estrutura; - Evidências de movimento.	- Vegetação; - Drenagem; - Cortes; - Densidade demográfica (hab/ha); - Tratamento.

Fonte: Bandeira (2003).

No Município de Camaragibe, os atributos foram analisados segundo uma escala composta por quatro termos, associados aos números: 1 (baixo), 2 (médio), 3 (alto), 4 (muito alto). O risco muito alto – R4 é a condição mais crítica possível, caracterizada por apresentar feições de instabilidade (trincas nas edificações, fissuras no solo, voçorocas...), determinada pela alta possibilidade de ocorrência de acidentes. A situação iminente não foi cartografada, uma vez que na iminência de acidentes, o caso deve ser objeto imediato da ação corretiva da Defesa Civil, no sentido da sua redução ou remoção, não sendo justificada, assim, a criação de uma entidade cartográfica tão efêmera (BANDEIRA, 2003).

Para avaliar o grau de risco dos atributos associando-os aos quatro números, observou-se seus valores extremos (X_1 e X_2), obtidos em todos os setores de encosta, e dividiu-se o intervalo em quatro faixas para encontrar o incremento (i). Por exemplo: se as alturas dos setores de encostas variaram de 6 a 58 metros, a variação é de 52 metros ($58-6=52$). Dividindo esta variação em 04 faixas obtém-se um incremento (i) de 13 metros ($i=52\div 4$). Então os valores de graus de risco serão: <19 (baixo -1), 19-32 (médio -2), 32-45 (alto -3), >45 (muito alto -4), associados aos números de 1 a 4 respectivamente. A Figura 4.4 ilustra esta situação.

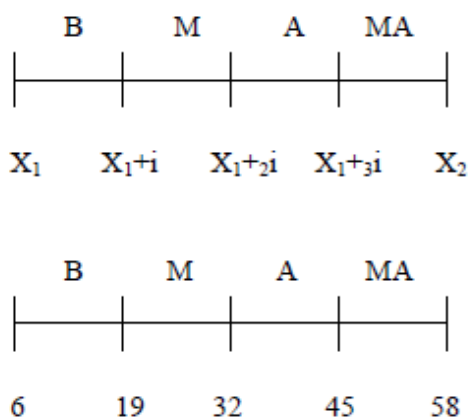
Figura 4.4 – Divisão das faixas de grau de risco.

FATOR TOPOGRÁFICO	VARIAÇÃO NOS SETORES
Altura da encostas	de 6 a 58 metros

$$X_1 = 6,0$$

$$X_2 = 58,0$$

$$i = \frac{X_2 - X_1}{4} \Rightarrow i = \frac{58 - 6}{4} \Rightarrow i = 13$$



Fonte: Bandeira (2003).

Neste modelo, a escala de graus de risco é usada com “valores” de 1 a 4, associada a cada atributo de risco isoladamente, sendo o risco final do setor estudado, obtido através de média aritmética, entre os graus de risco dos fatores topográfico, geológico e ambiental.

Como as encostas do município de Camaragibe encontram-se em área de tabuleiros, que representam um relevo ainda imaturo, com vales verticalizados, observa-

se que, mesmo sem a ação antrópica, as encostas tendem a sofrer processos de instabilização, procurando seu equilíbrio natural. Neste caso, o risco geológico tem grande importância nos movimentos, assim como o risco topográfico. Por este motivo foram atribuídos pesos iguais (2) para a topografia e para a geologia; para o fator ambiental atribuiu-se peso 3, por ser ainda o mais importante na composição do risco devido a ação antrópica. Para ressaltar a importância diferenciada dos fatores de risco frente à ocorrência de acidentes, GUSMÃO FILHO et al. (1993) propuseram atribuir pesos, onde o grau de risco final é calculado por meio de uma média ponderada (BANDEIRA, 2003).

Assim, no município o grau de risco final foi calculado através da Equação 4.5:

$$GRF = \left[\frac{(2 * GRT) + (2 * GRG) + (3 * GRAt)}{7} \right] \quad (\text{Equação 4.5})$$

GRF = Grau de risco final;

GRT = Grau de risco topográfico;

GRG = Grau de risco geológico;

GRAt = Grau de risco ambiental incluindo a nota do tratamento.

Obtidos os valores de graus de risco de todos os setores de encostas e observando os seus valores extremos, divide-se linearmente o intervalo em quatro faixas para o termo linguístico do grau de risco final. A grande diferença entre o mapeamento realizado em Camaragibe por Bandeira (2003), para os atuais, é devido ao fato que o GEGEP/UFPE passou a dar mais ênfase a aspectos relacionados a vulnerabilidade em seus estudos.

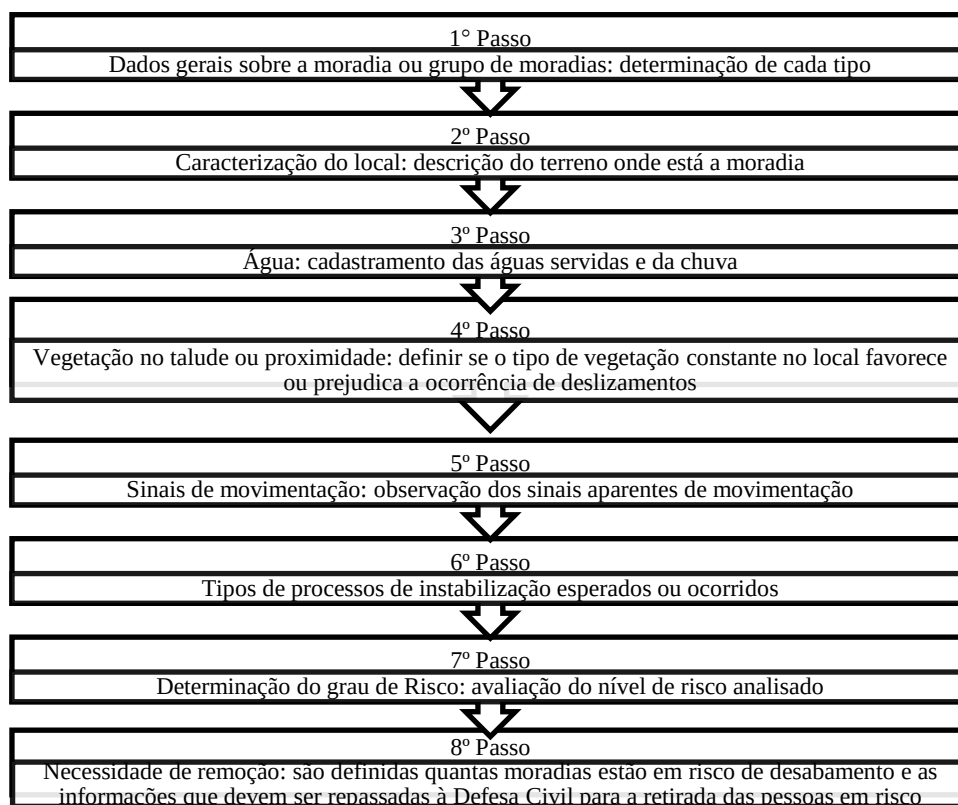
4.2.2.3 - Metodologia de avaliação e Mapeamento de áreas de Risco – Ministério das Cidades/IPT

A metodologia do Ministério das Cidades/IPT propõe utilizar escala de hierarquização com classificação distribuída em quatro graus (níveis) de probabilidade de ocorrência de processos de escorregamentos. Esta metodologia tem por objetivo a avaliação qualitativa, a partir da observação dos indicadores de instabilidade obtidos através do preenchimento de fichas cadastrais que permitem ao avaliador determinar a potencialidade de ocorrência de acidentes por meio da investigação de campo, identificando os condicionantes naturais e induzidos (MARQUES, 2011).

Ainda de acordo com Marques (2011) registra-se na comunidade científica, através das publicações apresentadas em eventos, que a metodologia do Ministério das Cidades tem sido a mais utilizada a nível nacional na elaboração dos mapeamentos para gerenciamento de risco. Em trabalhos publicados em eventos científicos nacionais, se percebe que há uma predominância desta metodologia na temática de áreas de risco (por exemplo: BANDEIRA e COUTINHO, 2008; BANDEIRA et al, 2008; GOBBI et al, 2008; CORREIA e BONAMIGO, 2008; PEREIRA et al, 2008; VARANDA et al, 2008; BRESSANI e BERTUOL, 2010; FARIA e FILHO, 2010; XAVIER et al, 2010; BROLLO et al, 2010; MENDONÇA et al, 2010; NOGUEIRA et al, 2011; ALHEIROS, 2011; CANIL et al, 2011; MACEDO et al, 2011; BROLLO et al, 2011).

A Figura 4.5 apresenta o roteiro metodológico de 8 passos, proposto pelo Ministério das Cidades para a análise de áreas de risco. O Quadro 4.3 detalha os critérios para a determinação dos graus de risco. Na etapa de identificação e análise de risco é realizado um diagnóstico dos riscos existentes nas áreas aos quais são atribuídos diferentes graus de risco, objetivando apresentar as prioridades de intervenção: R1 (risco baixo), R2 (risco médio), R3 (risco alto) e R4 (risco muito alto).

Figura 4.5 - Roteiro metodológico para análise e mapeamento de riscos.



Fonte: BRASIL (2007a)

Quadro 4.3 – Critérios para a determinação dos graus de risco.

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R1 Baixo	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. 3. Mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
R2 Médio	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/ evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porem incipiente(s). Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R3 Alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de significativo(s) sinal/ feição/evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 3. Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R4 Muito Alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação a margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e intensidade. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

Fonte: BRASIL (2007a)

A operacionalidade desta metodologia inicia-se com a aquisição da imagem de satélite (3D) e envolve levantamentos de campo para geração de uma base de dados adequada à elaboração de cartas hidro-geomorfológica, geológico-geotécnica, vegetação e uso-ocupação do solo. Faz-se o georreferenciamento da imagem e manipulação de dados com Sistema de Informação Geográfica (SIG) e as legendas das cartas temáticas são definidas segundo a relevância de suas respectivas categorias, ou através de índices funcionais que sintetizam parâmetros relevantes frente aos deslizamentos característicos da área de estudo (translacional, rotacional, rastejo e queda de blocos).

Faz parte da metodologia a elaboração das seguintes cartas: hidro-geomorfológica, de posição das encostas, geológica, de solos e de vegetação. Elementos julgados relevantes para a avaliação do potencial de deslizamentos foram observados em campo e localizados com auxílio de GPS (exemplos: escadarias de acesso, canaletas e bueiros em mau estado, cicatrizes de deslizamentos, sulcos, ravinas, afloramento rochoso, etc.). Estes dados serviram de referência na análise qualitativa e definição do nível de suscetibilidade.

O cruzamento dos arquivos de hidro-geomorfologia, geologia e solos gerou uma carta síntese que subsidiou a classificação do grau de suscetibilidade frente a determinado mecanismo preponderante de movimentação de massa. Este produto foi sobreposto pela carta de Vegetação e Uso-Ocupação do Solo, o qual manteve ou alterou o grau de suscetibilidade, sem modificar o tipo de mecanismo definido anteriormente. Foram definidas quatro classes de suscetibilidade (muito alta, alta, média e baixa) que foram associadas aos cinco mecanismos de deslizamentos (translacional, rotacional, rastejo, fluxo detrítico e queda de blocos). Com o cruzamento destas informações junto aos elementos sob risco, foi feita a análise de risco. Este cruzamento utilizou dados dos setores censitários do IBGE (2010) e foram realizados cálculos dos números de pessoas e de domicílios sob diferentes graus de riscos frente aos diferentes níveis de suscetibilidade a deslizamento. A densidade populacional destas áreas foi definida em três classes: baixa, média e alta. O último cruzamento foi realizado com os dados da população (3 classes) e o grau de suscetibilidade (4 classes), resultando em 12 classes de risco.

Com a aplicação desta metodologia na área central de Angra dos Reis (RJ) e consequente elaboração da carta de risco, foi possível hierarquizar as prioridades de intervenções em áreas suscetíveis a eventos adversos. Porém, a ausência de dados básicos acarretou num tempo longo de desenvolvimento do estudo (um ano). Todas as

informações apresentadas nesta seção tiveram como referência a publicação de Coelho Netto et al. (2013).

4.2.2.5 - Mapeamento e análise de áreas de risco de enchentes e inundações em áreas urbanas – Ministério das Cidades/ IPT

O Ministério das Cidades (BRASIL, 2007a) propõe uma metodologia para mapeamento de áreas de risco de enchentes e inundações elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT na qual aborda parâmetros e critérios de análise e classificação de riscos para ocupações urbanas sujeitas a processos de enchentes e inundações. Que segue os seguintes passos:

- a) Identificação e delimitação preliminar de área de risco em fotos aéreas de levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite, mapas, guias de ruas, ou outro material disponível compatível com a escala de trabalho;
- b) Identificação de área de risco e de setores de risco (setorização preliminar) em fotos aéreas de baixa altitude (quando existir);
- c) Levantamentos de campo para setorização (ou confirmação, quando existir a pré-setorização), preenchimento da ficha de cadastro e uso de fotos de campo.

Assim, para Brasil (2007a) existem 3 critérios que devem ser observados no campo, tais como:

I. Análise dos cenários de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes.

O primeiro critério de análise refere-se à identificação do cenário hidrológico presente em cada área a ser investigada. Nesse sentido, e de forma orientativa, pode-se considerar as tipologias de processos hidrológicos referentes aos respectivos cenários de risco anteriormente descritos:

- a) Processo hidrológico 1: enchente e inundação lenta de planícies fluviais - C1;
- b) Processo hidrológico 2: enchente e inundação com alta energia cinética - C2;
- c) Processo hidrológico 3: enchente e inundação com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido - C3.

Cada um dos processos hidrológicos comumente ocorrentes será utilizado como critério de análise e de periculosidade na medida em que consistem em processos com diferente capacidade destrutiva e potencial de danos sociais e econômicos em função da

sua magnitude, energia de escoamento, raio de alcance lateral e extensão e impacto destrutivo.

II. Vulnerabilidade da ocupação urbana

O segundo critério para análise de risco refere-se à vulnerabilidade da ocupação urbana presente em cada área de risco. A avaliação da vulnerabilidade compreende a análise do padrão construtivo considerando basicamente 2 tipologias construtivas:

- a) alta vulnerabilidade de acidentes (V1): baixo padrão construtivo onde predominam moradias construídas com madeira, madeirit e restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos;
- b) baixa vulnerabilidade de acidentes (V2): médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.

III. Distância das moradias ao eixo da drenagem

O terceiro critério para análise de risco refere-se à distância das moradias ao eixo da drenagem, logicamente considerando o tipo de processo ocorrente na área e o raio de alcance desse processo. Intrinsecamente neste critério há embutida a frequência de ocorrência: fenômenos com maior raio de alcance estão associados a eventos de maior magnitude e de menor tempo de retorno em termos estatísticos tendo as chuvas como agente deflagrador do processo.

- a) alta periculosidade (P1): alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo;
- b) baixa periculosidade (P2): baixa possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo.

A definição de níveis relativos de risco considerando os 3 critérios e parâmetros de análise de risco pode ser desenvolvida considerando diferentes arranjos entre os mesmos. São definidos nessa análise 4 níveis de risco: risco muito alto (MA), risco alto (A), risco médio (M) e risco baixo (B). Assim o cruzamento das informações coletadas, através de uma matriz permite determinar o risco preliminar e posteriormente o risco final das áreas estudadas.

4.2.2.6 - Métodos e técnicas de identificação e análise de áreas de risco de enchentes e inundações – IPT

Por solicitação da Casa Militar do Governo de São Paulo, municípios do estado foram mapeados no ano de 2013 de acordo com metodologia simplificada a partir daquela desenvolvida pelo IPT para o Ministério das Cidades (metodologia que foi apresentada acima) e adotada em todo o país. Nessa metodologia são descritos parâmetros e critérios de análise e classificação de riscos para ocupações urbanas sujeitas a processos de enchentes e inundações

De acordo com o IPT (2013) para o mapeamento é utilizada uma ficha de campo na forma de um *check-list*, com diversos condicionantes geológicos, geotécnicos e hidrológicos importantes para a caracterização dos processos de inundação: tipologia do canal, distância das moradias, assoreamento do canal, solapamento de margens, intervenções, obstruções e dados históricos de eventos de inundação (raio de alcance máximo, altura máxima de inundação e quantidade de chuva registrada). Também são considerados aspectos específicos, tais como o padrão construtivo das habitações (madeira, alvenaria e misto) e o estágio de ocupação atual incluindo aspectos gerais sobre a infraestrutura urbana implantada, tais como: condições das vias (pavimentada, terra, escadarias) e sistemas de drenagem.

Os critérios observados em campo para a realização do mapeamento de áreas de inundação são os seguintes:

I. Análise dos cenários de risco, probabilidades de ocorrência e tempo de recorrência

O primeiro critério refere-se à identificação do cenário hidrológico presente em cada área a ser investigada, podendo considerar as tipologias conforme o cenário de risco:

- a) Enchente e inundação lenta de planícies fluviais;
- b) Enchente e inundação com alta energia cinética;
- c) Enchente e inundação com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido.

Cada um dos processos comumente ocorrentes será utilizado como critério de análise e periculosidade, já que consistem em processos de diferentes capacidades

destrutivas e potencial de danos sociais e econômicos em função da magnitude, energia de escoamento, raio de alcance lateral, expansão e impacto destrutivo.

Cada cenário possui suas particularidades e, portanto, possibilidades diferentes de ocorrência, o que pode ser medido a partir do tempo de retorno das chuvas e para a presente metodologia foi adotado:

- a) Probabilidades muito altas: recorrência a partir de duas vezes a cada ano;
- b) Probabilidades altas: recorrência de uma vez a cada dois anos;
- c) Probabilidades médias: recorrência de uma vez a cada cinco anos;
- d) Probabilidades baixas: recorrência de uma vez a cada dez anos.

II. Gravidade do processo sobre os elementos sob risco

O segundo critério refere-se à gravidade do processo sobre a ocupação urbana presente em cada área de risco. A avaliação da gravidade compreende às possibilidades de perdas causadas pelo processo. Assume-se que os níveis de perdas devem variar entre aquelas que o município julgar absolutamente absorvíveis e que causam muito pequeno impacto social e nas contas públicas, até as perdas de tal valor que ultrapassam a capacidade do próprio município responder a elas, configurando-se num desastre. Tem-se assim:

- a) Gravidade negligenciável (baixa): é absolutamente absorvível pela municipalidade e de pequeno impacto social;
- b) Gravidade média: pode causar algum impacto social e ser ainda gerenciado localmente;
- c) Gravidade alta: altos impactos sociais e que pode comprometer os recursos municipais;
- d) Desastre (muito alta): onde o município não tem condições de responder sem recorrer à ajuda externa.

A definição de níveis de risco considerando os dois critérios e os parâmetros de análise de risco podem ser desenvolvidos considerando diferentes arranjos. São definidos nesta análise quatro riscos: Muito Alto (MA), Alto (A), Médio (M) e Baixo (B).

A matriz de risco obtida a partir do cruzamento entre a probabilidade de ocorrência (com tempo de recorrência) e a gravidade do processo sobre os elementos sob risco é apresenta no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Matriz de risco segundo arranjo entre probabilidade de ocorrência do processo e sua gravidade.

PROBABILIDADE	GRAVIDADE			
	BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO ALTA
BAIXA	Baixo	Baixo	Médio	Muito alto
MÉDIA	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
ALTA	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
MUITO ALTA	Baixo	Médio	Alto	Muito alto

Fonte: IPT (2013)

4.2.2.7 – Metodologia de setorização de áreas de risco – CPRM

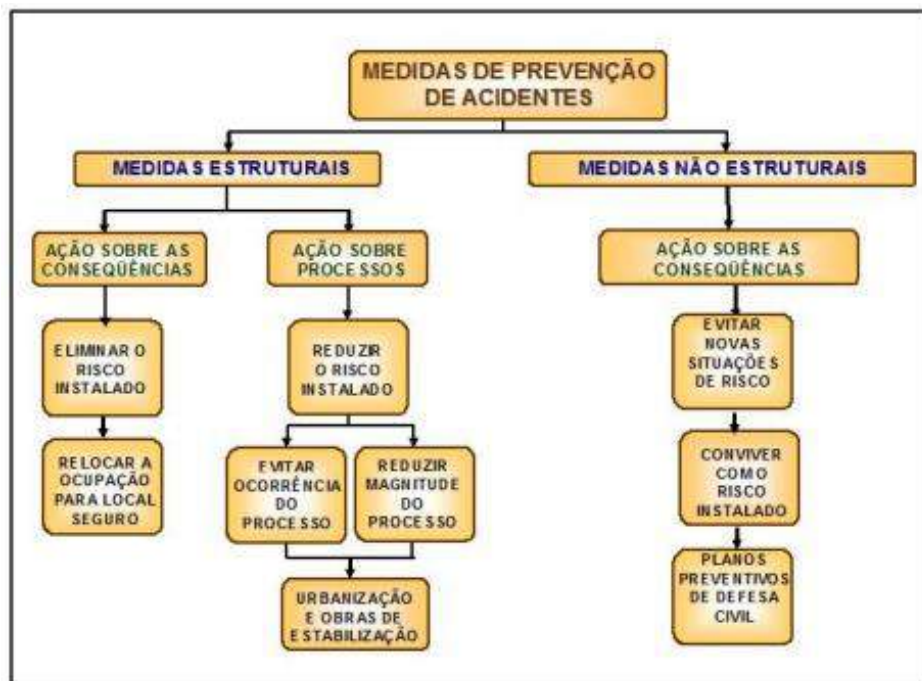
O Serviço Geológico do Brasil - CPRM integra o Programa Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres do Governo Federal (PPA 2012-2015), tendo como atribuição mapear áreas de risco geológico, classificadas como de muito alto e alto, relacionadas principalmente com movimentos de massa e inundações, em 821 municípios brasileiros prioritários. As informações levantadas pela CPRM são disponibilizadas para o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN (MCTI), a fim de subsidiar a emissão de avisos e alertas meteorológicos; e para o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD (MI), para a emissão de alertas às Defesas Civas estaduais e municipais, visando ações de prevenção e resposta frente aos desastres naturais. A setorização de riscos geológicos tem por finalidade a identificação, a delimitação e a caracterização de áreas ou setores de uma encosta ou planície de inundação sujeitas à ocorrência de processos destrutivos de movimentos de massa, enchentes de alta energia e inundações. Todo o acervo de dados é disponibilizado para órgãos e instituições do governo federal, de estados e de municípios que atuam na prevenção e no monitoramento de eventos climáticos catastróficos, visando contribuir para a redução dos danos e para a diminuição das perdas, de vidas e materiais, relacionadas aos desastres naturais.

4.3 - Gerenciamento de áreas de risco: medidas estruturais e não estruturais

Após a identificação e análise dos riscos segue-se com a etapa de ações estruturais e não estruturais. As ações estruturais apontam para a execução de um plano voltado para a redução dos riscos, através de implantação de obras de engenharia de forma planejada

(muros de arrimo, sistema de drenagem, revegetação de taludes, remoção de moradias, etc.). Em muitos casos o problema é tão complexo que não dá tempo para executar a obra, sendo necessário planejar formas de monitoramento permanente e prevenção de acidentes (ações não estruturais) nas áreas de risco (BRASIL, 2010). A Figura 4.7 ilustra um esquema das medidas de prevenção de acidentes.

Figura 4.7- Medidas de atuação em relação a áreas de risco.



Fonte: Carvalho et. al. (2007).

4.3.1 - Medidas estruturais

As medidas estruturais são aquelas onde se aplicam soluções da engenharia, executando-se obras de estabilização de encostas, sistemas de micro e macro drenagem, obras de infraestrutura urbana, relocação de moradias, etc. Essas ações são normalmente muito custosas, sobretudo quando é necessário conter deslizamentos de grande magnitude, estabilizar grandes blocos de rocha ou evitar enchentes e inundações, e processos correlatos de erosão e solapamento de margens de córregos em extensas áreas ocupadas (Henrique, 2014).

Para Coutinho e Silva (2006) para a escolha de uma determinada obra de estabilização é necessário conhecer os principais tipos de obras existentes, a sua forma de atuação, as solicitações que impõem ao terreno e a relação custo-benefício. A adoção de um determinado tipo de obra de estabilização deve ser o resultado final do estudo de

caracterização geológico-geotécnico do talude ou da encosta e do estudo da viabilidade financeira. Uma obra de estabilização deverá atuar diretamente nos agentes e causas da instabilização investigada, e as alternativas de projeto deverão sempre partir das soluções mais simples e baratas.

Segundo Brasil (2010) os principais grupos e tipos de obras de estabilização de taludes são: Obras sem estrutura de contenção (Quadro 4.5), obras com estrutura de contenção (Quadro 4.6), obras de proteção para massas movimentadas (barreiras vegetais, muros de espera). É importante lembrar que o conhecimento da tipologia do movimento de massa e a sua magnitude também deve ser conhecida para definição do tipo de obra.

Quadro 4.5- Tipos de obras sem estrutura de contenção para estabilização de encostas.

SUBGRUPOS		TIPOS DE OBRAS
Retaludamento	Cortes	- Talude contínuo e escalonado
	Aterro compactado	- Carga de fase de talude (muro de terra)
Proteção superficial	Materiais naturais	- Gramíneas - Grama armada com geossintético - Vegetação arbórea - Selagem de fendas com solo argiloso
	Materiais artificiais	- Cimentado - Geomantas e gramíneas - Geocélula e solo compactado - Tela argamassada - Pano de pedra ou lajota - Alvenaria armada - Asfalto ou polietileno - Lonas sintéticas
Drenagem	Interna	- Drenos sub-horizontais, trincheiras, etc.
	Externa	- Canais, canaleta de borda, de pé e de descida
Estabilização de blocos	Retenção	- Tela metálica e tirante
	Remoção	- Desmonte

Fonte: Brasil (2010).

Quadro 4.6 - Tipos de obras com estrutura de contenção para estabilização de encostas.

SUBGRUPOS		TIPOS DE OBRAS
Muro de arrimo	Solo-cimento	- Solo-cimento ensacado
	Pedra-rachão	- Pedra seca - Alvenaria de pedra
	Concreto	- Concreto armado - Concreto ciclópico
	Gabião	- Gabião-caixa
	Bloco de concreto articulado	- Bloco de concreto articulado; (pré-fabricado, encaixado sem rejunte).
	Solo-pneu	- Solo-pneu
Outras soluções de contenção	Terra armada	- Placa pré-fabricada de concreto, ancoragem metálica ou geossintéticos
	Micro ancoragem	- Placa e montante de concreto, ancoragem metálica ou geossintéticos
	Solo compactado e reforçado	- Geossintético - Paramento com pré-fabricados
	Cortina atirantada	- Cortina atirantada
	Solo grampeado	- Solo grampeado
Contenção de massas movimentadas	Materiais naturais	- Barreira vegetal
	Materiais artificiais	- Muro de espera

Fonte: Brasil (2010).

4.3.1.1 - Obras sem estrutura de contenção

I. Limpeza da área

O lixo acumulado nas encostas absorve grande quantidade de água e desenvolve seu processo bioquímico de degradação e produção de chorume, favorecendo sua interação com o solo. À medida que o volume aumenta e absorve água, a massa de lixo pode perder o equilíbrio e se deslocar, arrastando consigo grande volume de solo. Em encostas instáveis, a massa de lixo pode induzir deslizamentos de encostas e, ainda, provocar deslizamento apenas da massa de lixo, provocando acidentes consideráveis, dependendo do seu volume. O lixo lançado nas canaletas de drenagem impede o escoamento das águas, permitindo extravasamentos e o aumento de infiltração no solo. Para minimizar as consequências provocadas pelo acúmulo do lixo, podem-se realizar algumas atividades, entre elas: Serviços de limpeza de entulho, lixo etc.; recuperação e/ou limpeza de sistemas de microdrenagem, esgotos e acessos; limpeza de canais de drenagem (macrodrenagem) através de serviços manuais e/ou utilizando maquinário de pequeno porte (BRASIL, 2010).

II. Retaludamento

O retaludamento é um tipo de obra considerada barata, que consiste em estabilizar o talude através da mudança de sua geometria, podendo ser realizado em um talude isolado ou em todo o perfil de uma encosta. Muitas vezes combinam-se os cortes superiores com os aterros compactados na base da encosta para funcionar como carga estabilizadora. Indispensavelmente os retaludamentos devem ter proteção superficial, natural ou artificial e devem ser associados a um sistema de drenagem eficiente (ALHEIROS et al., 2003).

A remoção de parte do material do talude é um dos processos mais antigos e mais simples de estabilizar talude, pois a suavização de sua inclinação resulta na alteração do estado de tensões atuantes no maciço, ou seja, há uma redução das tensões de cisalhamento (WOLLE, 1980).

III. Proteção Superficial

A proteção superficial dos taludes tem como objetivo impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração de água no maciço. Os terrenos expostos a erosão e a infiltração devido à remoção da vegetação e das camadas superficiais são uma das principais causas dos deslizamentos que ocorrem nos morros. Para proteger os taludes pode se utilizar materiais naturais ou artificiais. A escolha do tipo de material deverá ser feita em relação aos critérios técnico-econômicos, em função das características dos solos, topografia do local, disponibilidade de material e qualificação da mão de obra (SILVA, 2010).

Materiais Naturais

Entre os tipos de materiais naturais para proteção superficial das encostas temos: vegetação arbórea (mata), gramíneas, grama armada com geossintético, telas vegetais compostas por materiais biodegradáveis e as geomembranas (geomantas, biomantas e geocélulas). A vegetação interfere tanto no aspecto mecânico de uma encosta quanto no aspecto hidrológico. A interceptação da água precipitada reduz o volume de escoamento superficial e a infiltração. Quanto ao aspecto mecânico, a malha das raízes reforça o solo, atuando como agente estabilizador (HENRIQUE, 2014). Porém Alheiros et al (2003) afirma, não se observa por parte da população dos morros, os cuidados necessários para a manutenção da vegetação nos taludes, alegando que, em razão da grande proximidade da moradia para com a barreira, a vegetação traz, para dentro das casas, insetos e ratos.

Materiais artificiais

Para Bandeira (2003), a impermeabilização superficial mostra melhor resultado quando executada em conjunto com o retaludamento e a microdrenagem, tratando o talude de modo completo. Ainda segundo Bandeira (2003), a impermeabilização deve ser executada em toda a superfície a ser protegida, estendendo-a para além do topo do talude até o sistema de drenagem implantado na crista. Recomenda-se a instalação de drenos (barbacãs) que permitam a dissipação de excessos de poro-pressão que possam ocorrer no interior da placa de impermeabilização.

Entre os tipos de materiais artificiais para proteção superficial das encostas podemos citar os seguintes tipos (ALHEIROS et al. 2003):

- Impermeabilização com cimentado: constitui-se de uma mistura de cimento e areia, no traço 1:3, aplicada sobre o talude a partir do pé até a crista. A superfície deve ser preparada, limpa e aplainada. No final, executa-se uma compactação da mistura. Esse tipo de revestimento deve ser acompanhado por barbacãs.

- Impermeabilização com tela argamassada: consiste no preenchimento e revestimento e uma tela galvanizada com argamassa de cimento e areia no traço 1:3. A tela galvanizada é fixa no solo com ganchos de ferro instalados a cada 1,0 m, nas duas direções, sendo necessário colocar drenos de PVC com filtro de geotêxtil na parte interna.

- Impermeabilização com lonas plásticas: utilizadas no inverno, em caráter emergencial, nos morros da Região Metropolitana do Recife. Elas devem ser aplicadas antes da saturação total da encosta e corretamente colocadas, devendo ser retiradas quando as condições de segurança forem adequadas. A encosta deve ser preparada com roçagem, remoção de arbustos e destocamento, deixando apenas gramíneas e vegetação rasteira. Na crista da encosta deve-se escavar uma valeta, servindo de canaleta e de fixação superior da lona. A lona deve ser fixada com estacas de madeira a cada 2,0 m, no máximo, na parte superior e em suas laterais.

- Outra técnica que está sendo bastante difundida em áreas de risco, principalmente na Região Metropolitana do Recife de forma experimental, é gel impermeabilizante. Composto por bio-óleo vegetal e polímero acrílico. Tem a função de evitar a degradação dos solos e proteção contra erosão. O produto tem a capacidade de agregar as partículas de solo impedido a desfragmentação e evitando a infiltração de água no talude (SILVA 2010). Tem como vantagens a aparência mais agradável, quando comparado a lona plástica, maior aceitação da comunidade das áreas de risco, maior custo

benefício, devido ao tempo de duração, apresenta vida útil de 2 anos, precisando de reaplicação anualmente.

IV. Drenagem

O ordenamento do escoamento das águas superficiais é uma das medidas estruturais mais importantes para a prevenção de acidentes de deslizamentos em áreas de risco. As obras de drenagem têm por objetivo captar e conduzir as águas superficiais e subterrâneas das encostas, evitando a erosão, infiltração e o acúmulo da água no solo, responsáveis pela deflagração de deslizamentos. Essas águas podem ter origem natural (chuvas, minas e fontes), sendo, em geral, concentradas por diversos tipos de intervenção nas encostas (sistemas viários, escadarias de acessos e as próprias edificações), e podem se originar também das águas servidas e descartadas na forma de esgoto lançadas de forma desordenada encosta abaixo. Todas as obras de contenção têm a drenagem como uma das suas mais importantes medidas complementares. Em muitos casos, envolvendo áreas de risco de deslizamento com núcleos habitacionais de ocupação precária nas encostas, os sistemas de ordenação do escoamento da drenagem superficial são as medidas mais importantes para a estabilidade das encostas. Existem diversos tipos de obras de drenagem. A drenagem superficial pode utilizar valas revestidas, canaletas, canaletas pré-moldadas, guias e sarjetas, tubos de concreto, escadas d'água, caixas de dissipação, caixas de transição. A drenagem das águas subterrâneas pode ser realizada por trincheiras drenantes ou por drenos profundos. Todos esses tipos de obras de drenagem devem ser devidamente dimensionados em função da vazão e da quantidade de água que o sistema deve conduzir (BRASIL, 2007a).

4.3.1.2 - Obras com estrutura de contenção

Obras de contenção são estruturas alocadas numa encosta ou talude, que oferecem resistência à movimentação ou à ruptura dessas vertentes, podendo reforçar parte do maciço. São obras, que normalmente são mais caras do que as obras sem estrutura de contenção.

Muros de gravidade

Os muros de gravidade, também chamados de muro de arrimo, podem ser executados a partir do uso de diversos materiais (pedra, concreto, pneus etc.) e são utilizadas quando as solicitações são reduzidas, já que para solicitações maiores é necessário um maior espaço para implantação, elevando o custo de sua execução. A

principal característica dessa obra é a utilização do próprio peso do muro para garantir a estabilidade de um talude, sendo necessária a instalação de sistemas de drenagem para evitar o surgimento de pressões hidrostáticas. A escolha de um muro depende dos seguintes fatores: condição da fundação; tipo de solo do aterro; disponibilidade de espaço e acessos; sobrecarga; altura do muro; custo dos materiais disponíveis; e qualificação da mão-de-obra (HENRIQUE, 2014).

Silva (2010) aponta tipos de muros de gravidade para contenção de taludes, tais como:

- a) Muro de Pedra Rachão: Apresenta uma estrutura rígida e de fácil execução, sendo uma das técnicas bem difundidas na região e que necessita de mão de obra pouco especializada. Esse tipo de muro é executado com o emprego de alvenaria com argamassa de cimento e areia e de pedras graníticas. Os espaços internos da estrutura devem ser preenchidos com argamassa e a superfície do topo deverá ser revestido com o mesmo material, com espessura mínima de 2 cm. Vale ressaltar, que esse muro não é adequado para terrenos com baixa capacidade de suporte, já que não suportam deformações.
- b) Muro Gabião: As principais características dos muros de gabhões são: a alta flexibilidade, o que permite deformações diferenciais do retro aterro e do terreno de fundação do muro; a alta resistência; e a alta permeabilidade, que garante a drenagem da encosta e a ausência de empuxo hidrostática no tardo do muro. São muros indicados para terrenos com baixa capacidade suporte e podem ser executados com mão de obra com um mínimo de treinamento. Em áreas urbanas, sua implantação deve estar acompanhada de campanhas sociais, objetivando uma conservação adequada do muro e evitando a retirada das pedras por parte da população.
- c) Muro de Concreto Ciclóptico: Esse muro não é recomendável para a contenção de taludes com altura máxima entre 4 e 5 metros e a mão de obra para sua execução exige alguma qualificação. O concreto ciclóptico utilizado deve ser formado por 70% de concreto estrutural e 30% de pedra rachão granítica (isenta de impurezas), não intemperizada. O concreto, seus componentes e formas devem atender as especificações do projeto.
- d) Muro de Concreto Armado: Podem ser de vários tipos e sua principal característica é a diminuição do volume da estrutura de arrimo. Sua estabilidade é garantida pelo peso do retro aterro, que age sobre a laje da base, fazendo com que o conjunto muro-aterrro funcione como uma estrutura de gravidade. Os principais tipos utilizados são: muros em

- L (ou T invertido); muros com contrafortes no interior do retro aterro (trabalham à tração); e muros com gigantes em sua face externa (trabalham à compressão).
- e) Muro de Solo Cimento Ensacado: Também conhecido como rip-rap, esse tipo de muro faz o uso de sacos de solo estabilizado com cimento para a contenção de encostas. São utilizados para solos que apresentam baixa capacidade de carga, pois sua estrutura é flexível; e também para a recomposição de taludes degradados pela erosão. Algumas vantagens dessa obra são a facilidade de execução do muro com forma curva (adaptada à topografia local) e a adequabilidade do uso de solos residuais de rocha granítico-gnáissica. A mão de obra utilizada, nesse caso, necessita de um treinamento mínimo.
 - f) Muros de Solo-pneu: De fácil execução e baixo custo, é um tipo de muro com boa drenagem e que utiliza o solo da própria encosta associado com uma estrutura montada de pneus descartados, amarrados uns aos outros segundo um arranjo conforme a altura da encosta e dimensões do muro;

Solo reforçado

Genericamente, se pode dizer que os solos reforçados são a combinação de dois materiais que se juntam, dotando o material resultante da capacidade de resistência a compressão de um (solo), com a capacidade de resistência a tração do outro (reforço) (SILVA & EHRLICH, 1992). De acordo com EHRLICH & SILVA (1992 a), a técnica de reforço do solo tem um potencial de utilização bastante extenso. Atualmente é amplamente empregada em sistemas de contenção. A principal vantagem dos sistemas de solo-reforçado relativamente aos convencionais está no baixo custo e nas facilidades executivas. Este sistema apresenta como vantagens não necessitar de equipamentos pesados para a sua execução; há boa tolerância em relação às deformações; o revestimento da face não tem função estrutural; e a estabilidade é feita localmente. Entre as formas de solo reforçado, Santana (2006) destacou as seguintes técnicas:

- a) Terra Armada: Consiste em reforçar o solo com fitas metálicas ou geossintéticos, em que o maciço reforçado fica faceado por painéis pré-fabricados de concreto. Atualmente os geossintéticos são os mais utilizados, podendo ser incorporados aos muros de arrimo, aterros e em todas as obras onde se faz necessário estabilizar o material inconsolidado. Como vantagens deste sistema cita-se a utilização do material local (solo) e estrutura flexível tolerante a recalques diferenciais e como desvantagem pode-se mencionar a durabilidade;

- b) Cortina Atirantada: É o reforço do maciço com a inclusão de barras ancoradas no terreno e por meio de injeção de calda de cimento na parte inferior dos elementos, forma o bulbo de ancoragem ligado, à parede estrutural por meio da cabeça do tirante. Este sistema vence qualquer altura, porém possui alto custo e execução lenta;
- c) Solo Grampeado: Técnica de melhoria de solos que permite a contenção de taludes com execução de chumbadores, concreto projetado e drenagem. Os chumbadores promovem a estabilização geral do maciço, o concreto projetado dá estabilidade local junto ao paramento. A estabilização do maciço ocorre passivamente, é necessário que haja uma deformação do maciço para que o grampo comece a trabalhar. Possui baixo custo, é executado com equipamentos leves, adapta-se às condições locais, suporta deformações e rápida execução.

4.3.1.3 - Obras de proteção para massas movimentadas

Para Brasil (2010) as obras de proteção para massas movimentadas consistem em permitir a ocorrência do processo, ou seja, não são obras que impedem a ocorrência dos deslizamentos ou erosões, mas que os deixam acontecer, protegendo o que está vulnerável. Ainda segundo os mesmos autores as obras de proteção são as seguintes:

Proteção com Barreiras Vegetais

As barreiras vegetais têm como finalidade reter massas escorregadas ou transportadas por processos de erosão de montante, que pode trazer risco de acidentes para ocupações ou infraestruturas a jusante. A retenção desses materiais cumpre ainda um importante papel de redução de solos no processo de assoreamento das áreas baixas e das calhas de rios e canais, atenuando as inundações.

Proteção com Muro de Espera

Os muros de espera são obras similares aos muros de arrimo já apresentados, porém com a finalidade de impedir a passagem de massas escorregadas ou transportadas por processos de erosão, que podem ocorrer a montante. Eles podem ser de pedra rachão, solo-cimento, solo-pneu, etc. Em virtude do alto custo de execução, eles aplicam-se apenas às situações em que outras barreiras (como as vegetais, por exemplo), não têm capacidade de contenção do material, e representam um risco para ocupações ou infraestruturas a jusante. Uma vantagem em relação às barreiras vegetais é o menor tempo para sua execução, podendo ser usada como solução emergencial.

4.3.1.4 - Obras estruturais relacionadas a enchentes e inundações

Obras de controle e prevenção de enchentes e inundações incluem a recomposição da cobertura vegetal, o controle das áreas de produção de sedimentos, a redução da rugosidade dos canais por desobstrução, a construção de reservatórios para controle de inundação, construção de diques, modificações na morfologia dos rios (retificação da calha do rio) e canalização. Medidas estruturais de prevenção de acidentes contra enchentes e inundações compreendem obras de engenharia de macro e micro drenagem, em função basicamente da escala de abordagem e enfrentamento do problema. Compreendem, a grosso modo, obras de canalização, retificação, alargamento, aprofundamento, estabilização e proteção de taludes marginais, e obras de retenção ou retenção (piscinões). Grande maioria dos projetos visam apenas os problemas pontuais, sendo esquecida a necessidade de se estudar a bacia de uma maneira mais ampla. Cada problema precisa ser avaliado para se determinar qual a obra mais eficaz, principalmente em relação aos processos e custos envolvidos. Todas estas obras necessitam de acompanhamento técnico especializado (BRASIL, 2007a).

4.3.2 - Medidas não estruturais

As ações não estruturais são parte das atividades de gerenciamento de risco e compreendem um conjunto de medidas estratégicas, sem envolver obras de engenharia, voltadas para a redução do risco e de suas consequências, utilizando-se de ferramenta de gestão e mudança de comportamento pelo poder público, pelos moradores das áreas de risco e pela sociedade no geral. São aquelas em que se aplica um rol de medidas relacionadas a políticas urbanas, planejamento urbano, legislação, planos de defesa civil, formas monitoramento permanente e educação. São consideradas tecnologias brandas e normalmente, tem custo muito mais baixo que as medidas estruturais, além de apresentar bons resultados, principalmente na prevenção de desastres (COUTINHO E BANDEIRA, 2012)

Segundo Vedovello e Macedo (2007), a participação da comunidade deve se dar tanto no sentido de compreender globalmente a relação entre deslizamentos e inundações – interferência antrópica – perigos– riscos (para colaborar com a prevenção), como no sentido de participar da definição e operacionalização dos mecanismos de gerenciamento e mitigação, para envolver-se na minimização de desastres. Assim, ações de caráter educativo e de capacitação técnica são fundamentais para que a compreensão, a cooperação e o consenso sejam obtidos.

Brasil (2010) cita algumas medidas não estruturais, onde podemos destacar:

1. Definir e implementar o modelo de gestão de risco que atenda aos problemas do município;
2. Fortalecer a Defesa Civil e o Controle Urbano Municipal através da ampliação e capacitação dos quadros técnicos, da melhoria das condições de infraestrutura e do respaldo político da gestão municipal;
3. Conhecer os processos destrutivos e o mapeamento das áreas de risco, bem como propor medidas de mitigação e redução de risco;
4. Garantir o monitoramento permanente dos setores de risco alto e muito alto, atualizando os cadastros das famílias que ocupam estes setores;
5. Considerar a redução de risco nos Planos Diretores Municipais;
6. Realizar ações de conscientização dos moradores para os problemas da área que ocupam;
7. Montar Planos de Contingência para o período de chuvas;
8. Elaborar o Plano Municipal de Redução de Risco para o planejamento das intervenções de obras necessárias.

Brasil (2007a) elenca seis principais medidas não estruturais que devem ser levadas em consideração na gestão municipal do risco dos riscos. São elas: planejamento urbano; política ambiental; pesquisas (conhecimento das áreas); sistemas de alerta e contingência; educação e capacitação. Ainda segundo os mesmos, a decisão de executar uma dada medida seja ela estrutural ou não estrutural, voltada a reduzir ou eliminar os riscos deve ser balizada pelo diagnóstico correto dos cenários potenciais de risco. Somente o correto diagnóstico qualitativo e se possível quantitativo do risco efetivo, permitirá hierarquizar as áreas de risco e planejar as ações e disponibilizar os recursos para a realização das medidas estruturais e/ou não estruturais possíveis de serem adotadas.

CAPÍTULO 5

MÉTODOS UTILIZADOS PARA A ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada para a realização deste trabalho de acordo com o Termo de Referência do Pregão Eletrônico Nº 29/2012 (TR 29/2012). Essa metodologia foi escolhida por ser mais simples e objetiva, pois existia um prazo curto de entrega dos resultados ao Ministério da Integração Nacional.

5.1- INTRODUÇÃO

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.

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.

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, de acordo com as atuais concepções de gestão de riscos socioambientais: 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.

5.2- IDENTIFICAR A CAPACIDADE DO MUNICÍPIO DE PROTEÇÃO E RESPOSTAS A DESASTRES NATURAIS

Os dados para realização da identificação da capacidade do município de proteção e resposta a desastres naturais (deslizamento, enxurrada e inundação) são obtidos a partir do Formulário 4 (Identificação das capacidades de prevenção e resposta).

O Formulário 4 é aplicado junto aos representantes da Defesa Civil no poder público municipal, prioritariamente coordenadores municipais de Defesa Civil quando da existência do cargo no município.

A partir das perguntas do questionário apresentado no Formulário 4, foram formuladas três categorias de avaliação, de acordo com as atuais concepções de gestão de riscos socioambientais. Tais categorias (capacidades) aferem a suficiência de o município atender determinadas demandas relativas à gestão municipal de riscos de desastres, mais especificamente, as “capacidades de prevenção e resposta do município”.

A capacidade 1 refere-se ao grau de conhecimento que o município tem dos riscos naturais a que está exposto. A capacidade 2 afere a prática municipal de realizar medidas de prevenção e de mitigação de desastres naturais. A capacidade 3 é relativa à situação municipal de planejar e se preparar para dar resposta a eventuais desastres.

Também, em consonância com a terminologia do Formulário 4, foram relacionados os “fatores” que são elementos necessários para caracterizar e qualificar as capacidades. Posteriormente, as perguntas do questionário foram relacionadas a cada fator, destacando-se aquelas relacionadas a quesitos imprescindíveis para a suficiência naquela capacidade. Tais perguntas admitem duas respostas: afirmativa ou negativa, sendo a negativa sempre associada a uma limitação ou deficiência do município. Para cada fator também foram listadas as respostas negativas, com destaque para os fatores considerados imprescindíveis.

Portanto, por meio do exame das respostas dadas ao questionário é possível avaliar o grau de suficiência do município para cada fator e consequentemente, para cada capacidade. Para todo fator avaliado foram indicadas medidas para melhorar o desempenho do município. O resultado obtido deve ser considerado na análise de cada setor/subsetor de risco.

5.3- IDENTIFICAR OS FATORES FÍSICOS E AMBIENTAIS DE VULNERABILIDADE EM SETORES DE RISCO EXISTENTES NO MUNICÍPIO

Essa identificação é realizada por meio da coleta de dados direcionada pelo Formulário 1. Para tanto é necessário:

- 1) Caracterizar as edificações existentes no setor de risco (parte 2 do Formulário 1);
- 2) Caracterizar o terreno no entorno imediato de cada edificação (parte 3 do Formulário 1); e
- 3) Identificar evidências de movimentação (parte 3 do Formulário 1).

Nos setores de risco, os dados do Formulário 1 (identificação dos fatores físicos e ambientais de vulnerabilidade) são coletados por unidade habitacional.

5.3.1 – Caracterização das edificações existentes no setor de risco

Cada unidade habitacional existente no setor de risco foi descrita de acordo com suas características principais de interesse para identificação de sua vulnerabilidade frente a desastres naturais (deslizamento, enxurrada e inundação). Os dados são obtidos a partir da aplicação da parte 2 do Formulário 1 (Quadro 5.1).

Quadro 5.1 - Características da edificação: estrutura de coleta de dados.

Características da edificação	Alternativas				
Uso da edificação	Exclusivamente residencial ☐		Unifamiliar ☐		
			Plurifamiliar ☐		
	Exclusivamente comercial ☐				
	Misto (comercial e residencial) ☐		Unifamiliar ☐		
			Plurifamiliar ☐		
			Comércio ☐		
Pavimentos	Quantidade (n°): _____				
	Área total (m²): _____				
Moradores	Quantidade (n°): _____ (Obs.: quando não for possível, usar 4,2)				
Material da estrutura	Alvenaria ☐	Madeira ☐	Misto ☐	Outro ☐	
Material da cobertura	Telha cerâmica ☐	Telha de fibrocimento ☐	Laje ☐	Misto ☐	Outro ☐
Tipo de acesso à edificação	Rua pavimentada ☐ Rua de chão ☐ Avenida ☐ Rodovia ☐ Caminho de servidão ☐ Escadaria ☐ Ponte ☐				
Qualidade do acesso	Bom ☐ Precário ☐				
Presença de curso d'água	Canal natura reto ☐ Canal natural meandrante ☐ Canal retificado ☐				
	Distância do setor urbanizado À margem do curso d'água (m): _____ Altura das cheias (m): _____ Não aplicável ☐				

Fonte: Termo de Referência do Edital do Pregão Eletrônico nº 29/2012.

5.3.2 - Caracterização do terreno

As características do terreno no entorno imediato de cada edificação, de interesse para identificação da vulnerabilidade à ocorrência de deslizamento, enxurrada e inundação, são obtidas a partir da aplicação da parte 3 do Formulário 1 (Quadro 5.2).

Quadro 5.2 - Características do terreno: estrutura de coleta de dados.

Características do terreno no entorno da edificação	Alternativas
Topografia	Área plana ☐
	Topo de elevação ☐
	Talude natural ☐ Talude de corte ☐ Talude de aterro ☐
	Talude de extração mineral ☐
Taludes	Altura (m) _____
	Inclinação aproximada (graus): _____
	Não aplicável

Fonte: Termo de Referência do Edital do Pregão Eletrônico nº 29/2012.

5.3.3 – Identificação de evidências de movimentação

Evidências de movimentação são identificadas por meio de vistoria na estrutura da edificação e no terreno do entorno imediato da edificação. Essa vistoria é direcionada pelos quesitos apresentados na parte 3 do Formulário 1 (Quadro 5.3).

Quadro 5.3 - Evidências de movimentação do terreno: estrutura de coleta de dados.

Indícios de movimentação	Alternativas	
	Sim	Não
Trincas na edificação		
Inclinação de árvores/ postes/muros		
"Embarrigamento" de muros/paredes		
Trincas no terreno		
Degraus de abatimento		
Cicatrizes de escorregamento		
Feições erosivas		

Fonte: Termo de Referência do Edital do Pregão Eletrônico nº 29/2012.

5.4 – IDENTIFICAR A INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO E A COBERTURA VEGETAL EM SETORES DE RISCO

Deficiências na infraestrutura de saneamento podem contribuir, principalmente, com a ocorrência de deslizamentos. A ausência de cobertura vegetal correspondente à mata ciliar pode contribuir com a ocorrência de inundações; da mesma forma, encostas sem cobertura vegetal ficam sujeitas à ação erosiva das águas pluviais, contribuindo com a ocorrência de deslizamentos. A coleta desses dados em campo é realizada utilizando-se a parte 1 do Formulário 2 (Quadros 5.4 e 5.5).

Quadro 5.4 – Infraestrutura de saneamento: estrutura de coleta de dados.

Infraestrutura de saneamento	Alternativas
Coleta de lixo	Sim ☐ Frequência: Diária ☐ Semanal ☐ Outra ☐
	Não ☐ Destinação: Terreno baldio ☐ Vias públicas ☐ Outra ☐
Drenagem urbana	Sim ☐ Frequência de limpeza: Semanal ☐ Mensal ☐ Semestral ☐ Anual ☐
	Não ☐
Coleta de esgoto	Sim ☐ Rede pública ☐ Fossa/filtro ☐ Sumidouro ☐
	Não ☐ Destinação: Terreno ☐ Via pública ☐

Fonte: Termo de Referência do Edital do Pregão Eletrônico nº 29/2012.

Quadro 5.5 - Características da cobertura vegetal: estrutura de coleta de dados.

Cobertura vegetal	Alternativas
Tipo	Ciliar ☐ Nativa ☐ Gramínea ☐ "Rala" ☐
Área sem cobertura vegetal em relação à área total do setor	100% ☐ 75 % ☐ 50% ☐ 25% ☐ 0% ☐

Fonte: Termo de Referência do Edital do Pregão Eletrônico nº 29/2012.

5.5 – IDENTIFICAR A ESTRUTURA INSTITUCIONAL EXISTENTE NUM RAIO DE 3 KM DOS SETORES DE RISCO

Instituições existentes num raio de 3 km do setor poderão ser acionadas/utilizadas, emergencialmente, em caso de ocorrência de desastres naturais (escolas, hospitais/postos de saúde, igrejas, núcleos comunitários de defesa civil, ginásios/abrigos, subestação/ETA e órgãos de proteção e resposta). Para a coleta de dados em campo sobre a estrutura institucional existente, utiliza-se a parte 2 do Formulário 2 (Quadro 5.6).

Quadro 5.6 – Estabelecimentos institucionais: estrutura de coleta de dados.

Instituição	Alternativas
Escola	Tipo: Pública ☐ Privada ☐
	Existência de quadra esportiva aberta: Sim ☐ Não ☐
	Existência de ginásio de esportes fechado: Sim ☐ Não ☐
	Quantidade de salas: _____
Hospitais/postos de saúde	Tipo: Pública ☐ Privada ☐
	Quantidade de leitos: _____
	Especialidades atendidas: _____
Igrejas	Sim ☐ Não ☐
Núcleos Comunitários de Defesa Civil	Sim ☐ Quantidade de participantes: _____
	Não ☐
Ginásio/Abrigos	Sim ☐ Metragem: _____
	Não ☐
Subestação/ETA	Sim ☐ Capacidade: _____
	Não ☐
Órgãos de proteção e resposta	Sim ☐ Quais: _____
	Não ☐

Fonte: Termo de Referência do Edital do Pregão Eletrônico nº 29/2012.

5.6 – CLASSIFICAR OS SETORES/SUBSETORES QUANTO AO GRAU DE RISCO

Os setores de risco são, sempre que necessários, divididos em subsetores. O subsetor 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.

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:

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

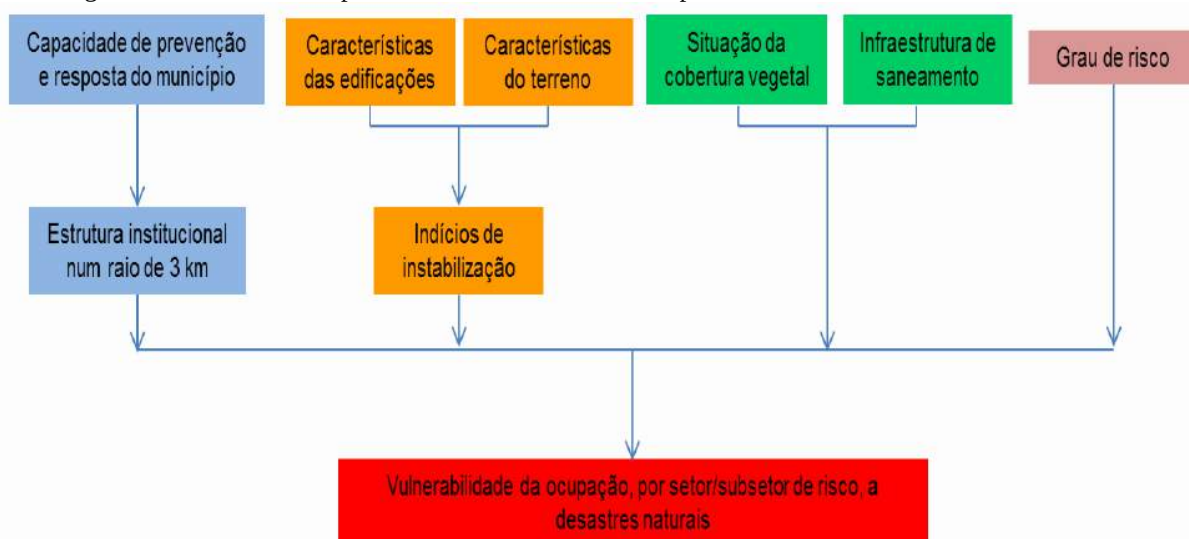
Atualmente, a metodologia para determinação do grau de risco, utilizada nos levantamentos oficiais, é apresentada e consolidada na metodologia do Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (Carvalho *et al.*, 2007). Essa metodologia norteou as atividades de campo, de maneira que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

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.

5.7 – ANALISAR A VULNERABILIDADE A DESASTRES NATURAIS NOS SETORES/SUBSETORES DE RISCO

A análise de vulnerabilidade a desastres naturais nos setores/subsetores é realizada integrando-se os dados obtidos, conforme apresentado na Figura 5.1.

Figura 5.1 – Estrutura simplificada do método utilizado, apresentando os fatores considerados.



Fonte: Pangea (2013).

Aos fatores destacados, na Figura 5.1, em azul, laranja e verde são estabelecidos indicadores. Para cada indicador têm-se intervalos de dados que permitem classificar os indicadores de acordo com a sua significância (pequena, média ou grande) e a cada nível de significância foi estabelecida uma classe, conforme os Quadros 5.7 e 5.8. A seguir, a vulnerabilidade é hierarquizada relacionando-se a representatividade da classe 3 ao grau de risco, de acordo com a Quadro 5.9.

Salienta-se que, nessa análise, não está contemplada a situação de edificações em área de Preservação Permanente (APP). Entretanto, é importante que seja considerada a remoção de edificações e recomposição da cobertura vegetal em APP, mesmo que as edificações tenham um bom padrão construtivo e acesso adequado.

Quadro 5.7 – Critérios de análise da vulnerabilidade a deslizamento, enxurrada e inundação.

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, Nuvecs, 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	

Fonte: Pangea (2013).

Quadro 5.8 – Critérios de hierarquização da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento (continuação).

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	

Fonte: Pangea (2013).

Quadro 5.9 – Critérios de hierarquização da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento, enxurrada e inundação.

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 (R4)	Alta (DA/IA)	Alta (DA/IA)	Alta (DA/IA)
Alto (R3)	Alta (DA/IA)	Alta (DA/IA)	Média (DB/IB)
Médio (R2)	Alta (DA/IA)	Média (DB/IB)	Baixa (DC/IC)
Baixo (R1)	Média (DB/IB)	Baixa (DC/IC)	Baixa (DC/IC)

Fonte: Pangea (2013).

5.8 – ELABORAÇÃO DE MAPAS DE RISCO

Os mapas de risco são elaborados por meio da espacialização da classificação dos setores/subsetores de risco a inundação, deslizamentos e enxurradas.

5.8.1 – Mapas de risco de inundação

Nos mapas de risco de inundação os subsectores são destacados em cores diferenciadas de acordo com a classificação da Vulnerabilidade da Ocupação.

Os arquivos digitais dos dados espaciais são compatíveis com os aplicativos de georreferenciamento e demais softwares, abrangendo, a extensão “shp”.

Os dados alfanuméricos associados aos dados espaciais estão associados a uma planilha correspondendo aos pontos e demais informações tabuladas, abrangendo os itens 1 e 2 do Formulário 1. As planilhas, por sua vez, contêm a informação georreferenciada em grau decimal (apresentar as coordenadas para cada edificação), adotando datum SIRGAS 2000, e estão associadas a arquivos de projeção. Os arquivos são compatíveis com os aplicativos de georreferenciamento e demais softwares, abrangendo as extensões “xlsx” e “prj”.

5.8.2 – Mapas de risco de deslizamento

Nos mapas de risco de deslizamento os subsectores são destacados em cores diferenciadas de acordo com a classificação da Vulnerabilidade do Terreno.

Os arquivos digitais dos dados espaciais são compatíveis com os aplicativos de georreferenciamento e demais softwares, abrangendo, a extensão “shp”.

Os dados alfanuméricos associados aos dados espaciais estão associados a uma planilha correspondendo aos pontos e demais informações tabuladas, abrangendo os itens 1 e 3 do Formulário 1. As planilhas, por sua vez, contêm a informação georreferenciada

em grau decimal (apresentar as coordenadas para cada edificação), adotando datum SIRGAS 2000, e estão associadas a arquivos de projeção. Os arquivos são compatíveis com os aplicativos de georreferenciamento e demais softwares, abrangendo as extensões “xlsx” e “prj”.

5.9 – FORMULAR PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES PARA PREVENÇÃO DE DESASTRES

Seguindo as orientações do Formulário 3 (Propostas de intervenções para mitigação de riscos), para cada setor de risco a formulação de proposta de intervenção abrange: (1) os tipos de intervenções necessárias para mitigação dos riscos, (2) as respectivas estimativas de custos e (3) a espacialização das intervenções.

As proposições de intervenção estruturais e não estruturais para deslizamento, enxurrada e inundação indicadas visam a melhor relação custo/benefício, a menor complexidade técnica e específica para cada situação identificada.

5.9.1 – Ações estruturais

A proposição de ações estruturais para cada setor/subsetor considera:

- A tipologia da estrutura (conforme o Quadro 5.10), sendo priorizadas as soluções mais simples e de menor custo;
- As ações sintonizadas com as características dos processos geológico-geotécnicos identificados no local;
- Obras de estabilização de encostas privilegiando solução coletiva; e
- Indicação dos setores de risco onde não é possível executar obras e onde a ocupação precisa ser removida.

Além das intervenções descritas no Quadro 5.10, são consideradas, também, obras de dragagem e derrocamento de canais e leitos de rios e córregos, que possam resultar na redução dos riscos de inundação nas áreas de interesse, sendo indicados, se necessários, as avaliações e estudos que devem preceder a execução dos projetos e obras. Sempre que necessário são propostas outras intervenções mais adequadas às especificidades de cada local para a redução do risco.

Para cada setor de interesse são propostas as intervenções adequadas, identificadas em mapa/croqui por meio de números sequenciais, levantados em campo os principais quantitativos e dimensionados os respectivos custos. As informações sobre as

intervenções constam do Formulário 3 – Propostas de intervenções para mitigação de riscos.

Salienta-se que as ações estruturais são indicadas para os setores de risco Alto e Muito Alto. Os problemas nos setores com classificação de risco Médio e Baixo são tratados com ações não estruturais.

Para as propostas de obras de intervenção para áreas de inundação, na grande maioria dos casos devem ser realizados estudos de Projetos de gestão de águas pluviais, estudos hidrológicos e estudo de alternativas.

Quadro 5.10 – Tipologia de intervenções voltadas à redução de riscos associados a escorregamentos em encostas ocupadas e a solapamentos de margens de córregos.

Tipo de intervenção	Descrição
Serviços de limpeza e recuperação	Serviços de limpeza de entulho, lixo, etc. Recuperação e/ou limpeza de sistemas de drenagem, esgotos e acessos. Também incluem obras de limpeza de canais de drenagem correspondem a serviços manuais e/ou utilizando maquinário de pequeno porte.
Obras de drenagem superficial, proteção vegetal (gramíneas) e desmonte de blocos e matacões	Implantação de sistema drenagem superficial (canaletas, rápidos, caixas de transição, escadas d'água, etc.). Implantação de proteção superficial vegetal (gramíneas) em taludes com solo exposto. Eventual execução de acessos para pedestres (calçadas, escadarias, etc.) integrados ao sistema de drenagem. Proteção vegetal de margens de canais de drenagem. Desmonte de blocos rochosos e matacões. Predomínio de serviços manuais e/ou com maquinário de pequeno porte.
Obras de urbanização agregadas a drenagem e esgotamento sanitário	Pequenas obras de urbanização tais como urbanização de becos, abertura de acessos, execução de passarelas, urbanização de áreas visando implantação adequada de redes de drenagem e esgotamento sanitário, estabelecimento de "rotas de fuga" e destinação de uso a áreas de risco desocupadas ou remanescentes de remoção de famílias.
Estruturas de contenção de pequeno porte	Implantação de estruturas de contenção de pequeno porte ($h_{max} = 3,5 \text{ m}$ e $l_{max} = 10 \text{ m}$). Obras de contenção e proteção de margens de canais (gabiões, muros de concreto, etc.). Correspondem a serviços parciais ou totalmente mecanizados.
Obras de terraplenagem de médio a grande porte	- Execução de serviços de terraplenagem; - Execução combinada de obras de drenagem superficial e proteção vegetal (obras complementares aos serviços de terraplenagem); - Obras de desvio e canalização de córregos; e - Predomínio de serviços mecanizados.
Estruturas de contenção de médio a grande portes	- Implantação de estruturas de contenção de médio a grande porte ($h > 3,5 \text{ m}$ e $l > 10 \text{ m}$), envolvendo obras de contenção passivas e ativas (muros de gravidade, cortinas, etc.). - Poderão envolver serviços complementares de terraplenagem; e - Predomínio de serviços mecanizados.
Remoção de moradias	- As remoções poderão ser definitivas ou não (para implantação de uma obra, por exemplo); e - Priorizar eventuais realocações dentro da própria área ocupada, em local seguro.

Fonte: Pangea (2013).

5.9.1.1 – Dimensionamento dos custos das propostas de ações estruturais

Os custos relativos às obras, estimados para cada um dos setores/subsetores, é obtido a partir de composições de custos unitários, previstas no projeto, menores ou iguais

à mediana de seus correspondentes no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi), mantido e divulgado, na internet, pela Caixa Econômica Federal e pelo IBGE, e, no caso de obras e serviços rodoviários, à tabela do Sistema de Custos de Obras Rodoviárias (Sicro), excetuados os itens caracterizados como montagem industrial ou que não possam ser considerados como de construção civil. Para as obras de combate a inundação estes custos devem ser estimados na fase de estudos de Projetos de gestão de águas pluviais, estudos hidrológicos e estudo de alternativas.

5.9.1.2 – Mapa de localização das intervenções

Cada intervenção proposta é espacializada. O mapa temático representa e localiza em planta as intervenções, empregando números para correlacioná-las com os dados em planilhas. Os arquivos digitais dos dados espaciais são compatíveis com os aplicativos de georreferenciamento e demais softwares, abrangendo, a extensão “shp”.

Os dados alfanuméricos associados aos dados espaciais estão associados a uma planilha correspondendo aos pontos e demais informações tabuladas, abrangendo os dados do Formulário 3. Os arquivos são compatíveis com os aplicativos de georreferenciamento e demais softwares, abrangendo as extensões “xlsx” e “prj”.

5.9.2 – Ações não estruturais

Essas ações são definidas a partir da análise da capacidade do município de proteção e resposta a desastres naturais.

As principais ações não estruturais são apresentadas no Quadro 5.11. Salienta-se que essas ações têm custo cuja estimativa não faz parte desse projeto.

Quadro 5.11 – Listagem básica de medidas não estruturais.

Caráter da medida	Medidas indicadas
Documentos técnicos	1. Elaborar e aplicar o Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR); 2. Elaborar e utilizar a carta geotécnica do município; 3. Elaborar e aplicar o Plano de Contingência; 4. Elaborar e aplicar um Plano de Ação de medidas não estruturais e de intervenções estruturais para prevenção e mitigação; e 5. Elaborar o Plano Diretor contemplando a situação de riscos.
Programas	6. Criar e implantar Programas de regularização fundiária; 7. Criar e implantar Programa habitacional para população de baixa renda; e 8. Criar e implantar Programa de ações socioeducativas nas comunidades.
Instituições	9. Promover o fortalecimento institucional do órgão de Proteção e Defesa Civil com maior aporte de recursos; e 10. Criar Núcleos de Defesa Civil (Nudecs).
Sistema de alerta	11. Implantar sistema de monitoramento, alerta prévio e rede de comunicação; e 12. Instalar pluviômetros.
Capacitação	13. Capacitar as comunidades expostas a risco; e 14. Capacitar os servidores municipais.
Estocagem	15. Criar e manter estoque estratégico mínimo (água, alimentos não perecíveis, vestimentas, material de limpeza, material de higiene, colchão, etc.).

Fonte: Pangea (2013).

CAPÍTULO 6

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE OLINDA

Este capítulo compreende os aspectos históricos, socioeconômicos e fisiográficos do Município de Olinda, apresentando de forma mais detalhada as características: geológicas, geotécnicas, pedológicas e geomorfológicas das áreas de estudo.

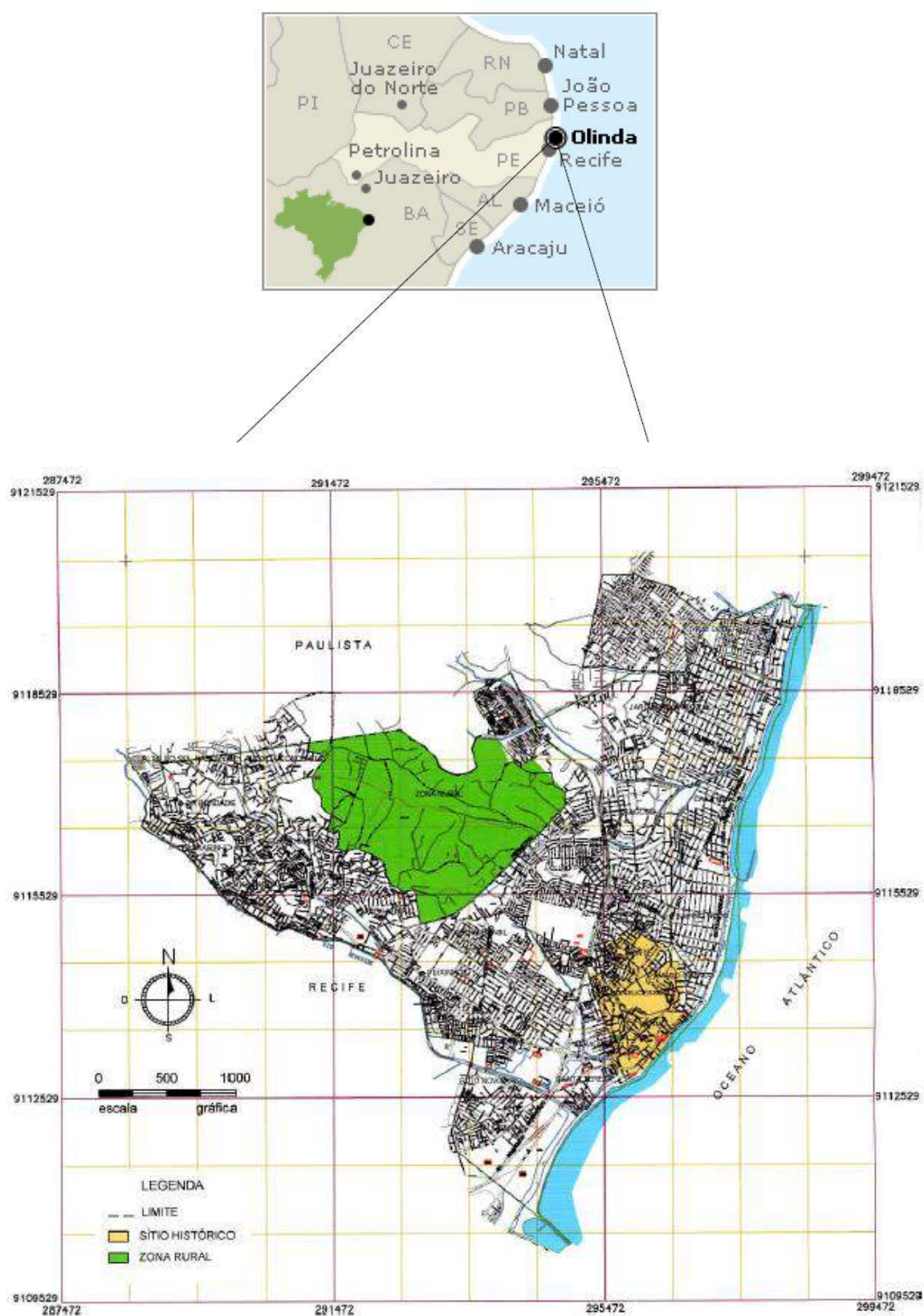
6.1- LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

O município de Olinda está inserido na Região de Desenvolvimento Metropolitana do Recife, mais especificamente na microrregião do Recife. Criada pelo alvará datado de 30 de Maio de 1815, sendo, porém extinta em 1833. Restaurou-a, todavia, a Lei providencial nº 92, de 13 de Maio de 1862, sendo a capital de Pernambuco até 1827.

O município possui uma extensão territorial de aproximadamente 42,6 mil km² (IBGE, 2016). Está compreendido entre os paralelos 7°57'30" e 8°02'30" de latitude Sul e os meridianos 39°49'41" e 39°55'00" de longitude Oeste Greenwich, conforme a Figura 6.1. Limita-se ao Norte com o Município de Paulista, ao Leste com o Oceano Atlântico, à Oeste e ao Sul com Recife.

Baseado no Censo Demográfico do IBGE de 2010 a população do município correspondia a 377.779 habitantes, com uma densidade demográfica de 9.063,58 hab/km². A população se concentra de forma significativa na área urbana, em 2010, cerca de 370.332 habitantes (representando 98,03% da população total), enquanto que na zona rural viviam cerca de 7.447 habitantes (representando 1,97% da população total). O número de habitantes do município vem crescendo de forma acentuada ao longo dos anos, entre 2000 e 2010 a população aumentou em 0,27%aa. No ano de 2015 a população estimada era de cerca de 389.494 habitantes. O IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – de Olinda vem apresentando aumento com o passar dos anos. No ano de 2000 o IDHM correspondia a 0,652, já no ano de 2010 este valor subiu para 0,735 (IBGE, 2016).

Figura 6.1 - Localização do Município



Fonte: CARNEIRO (2003), modificado pelo autor.

6.2- ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS

6.2.1- Aspectos climáticos

O município de Olinda apresenta uma precipitação média anual de 1.763 mm e uma temperatura média de 26°C. A respeito da temperatura é possível observar uma variação nas temperaturas mínimas e máximas em torno de 18°C e 32°C, respectivamente (CPRM, 1996). Segundo a classificação climática de W. Köppen o município possui o clima do tipo As', clima tropical (A) e chuvas de outono/inverno (s'), caracterizado como clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa, que se adianta para o outono, antes do inverno. Os verões e primaveras são quentes e secos e os invernos são amenos e úmidos com o aumento de chuvas. Segundo Corrêa (2004), a localização latitudinal da RMR, a aproximadamente 8° de latitude sul na capital, confere-lhe temperaturas estáveis ao longo do ano, com amplitude térmica anual de, no máximo, 5 °C. Tal condição térmica deve-se a sua localização na Zona Intertropical, faixa de maior incidência solar do planeta, onde praticamente são constantes as temperaturas entre os meses de verão e inverno, sendo de 25 minutos a diferença entre o dia com mais horas de sol no verão e menos horas de sol no inverno. A Tabela 6.1 apresenta o monitoramento pluviométrico registrado pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) entre os anos de 2011 a 2016.

Tabela 6.1 – Monitoramento pluviométrico entre 2011 e 2016.

Posto	Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Olinda	2011	232,1	146,7	89,7	392,1	504,3	359,7	527,0	239,6	41,7	14,8	61,8	6,8
Olinda	2012	261,5	166,0	68,7	72,0	115,0	295,6	215,7	95,4	9,2	37,8	1,5	12,1
Olinda	2013	84,6	34,4	58,1	225,7	231,8	319,1	386,9	136,6	114,8	54,2	69,4	88,4
Olinda	2014	119,2	81,5	186,5	231,7	279,2	297,4	179,1	186,9	226,5	67,1	32,0	62,2
Olinda	2015	24,6	33,9	176,0	67,7	173,2	355,5	322,7	124,0	42,6	9,5	9,4	75,4
Olinda	2016	110,5	74,0	199,6	285,0	658,3	166,0	95,3	43,1	30,3	11,2	13,4	15,8

Fonte: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>

Esse fator é fundamental para o desencadeamento de processos de escorregamentos, com ênfase para a pluviosidade, expressa pelos volumes de chuva acumulada e intensidades de chuva. A chuva acumulada, é o pré-requisito principal para os escorregamentos; uma precipitação de intensidade moderada sobre um solo já saturado, pode funcionar como o gatilho do processo. Estudos desenvolvidos para o sítio histórico de Olinda (Gusmão Filho et al., 1993b), chegaram a curvas experimentais

envoltórias de níveis piezométricos máximos em períodos chuvosos, definindo o parâmetro $R = Pac \times I$ (Pac = chuva acumulada; I = intensidade da chuva). Foi encontrado o valor de $R = 60.000 \text{ mm}^2$ representativo do escorregamento iminente, correspondente ao nível d'água máximo. Desse modo, se a chuva acumulada no período é de 600 mm, uma precipitação de 100 mm é suficiente para desestabilizar a encosta.

6.2.2- Vegetação

Segundo o ponto de vista fitogeográfico, o município de Olinda está situado dentro da Zona da Mata. A cobertura vegetal original era constituída pela Mata Atlântica e seus ecossistemas associados (manguezais e restingas). A Mata Atlântica é uma formação vegetal exuberante, apresentando três estratos: o arbóreo, o arbustivo e o herbáceo. As mais representativas desta formação estão inseridas no estrato arbóreo, podendo alcançar 25-30m de altura. Entre as praias e os morros da Formação Barreiras encontra-se a vegetação de restinga, a qual ocupa solos arenosos profundos. As árvores têm, em geral, copa longa e irregular, não muito elevado. Quanto aos manguezais, apresentam pouca variedade de árvores, porém grande número de indivíduos por espécie, predominando o mangue-vermelho. Infelizmente, as formações primitivas encontram-se descaracterizadas pela ação antrópica, restando apenas a Mata do Passarinho, a Mata do 7º Regimento Militar de Olinda, manchas localizadas de mangue (área estuarina dos rios Paratibe e Beberibe), e alguns resquícios de vegetação de restinga na zona rural (CARNEIRO, 2003).

6.2.3- Hidrografia

A rede de drenagem do município de Olinda é parte integrante das Bacias dos rios Beberibe e Paratibe. O rio Paratibe percorre uma extensão de 16 km, correspondendo uma área de $118,54 \text{ km}^2$ dos quais, $22,08 \text{ km}^2$ (cerca de 18,6%) estão inseridos em Olinda. Vale ressaltar que, as suas nascentes localizam-se nos municípios de Recife, Paulista e São Lourenço da Mata. Dentre os principais afluentes, estão o rio Frágoso, o canal do Matadouro e o canal do Rio Morto, sendo que os dois primeiros possuem nascentes na zona rural de Olinda (CARNEIRO, 2003).

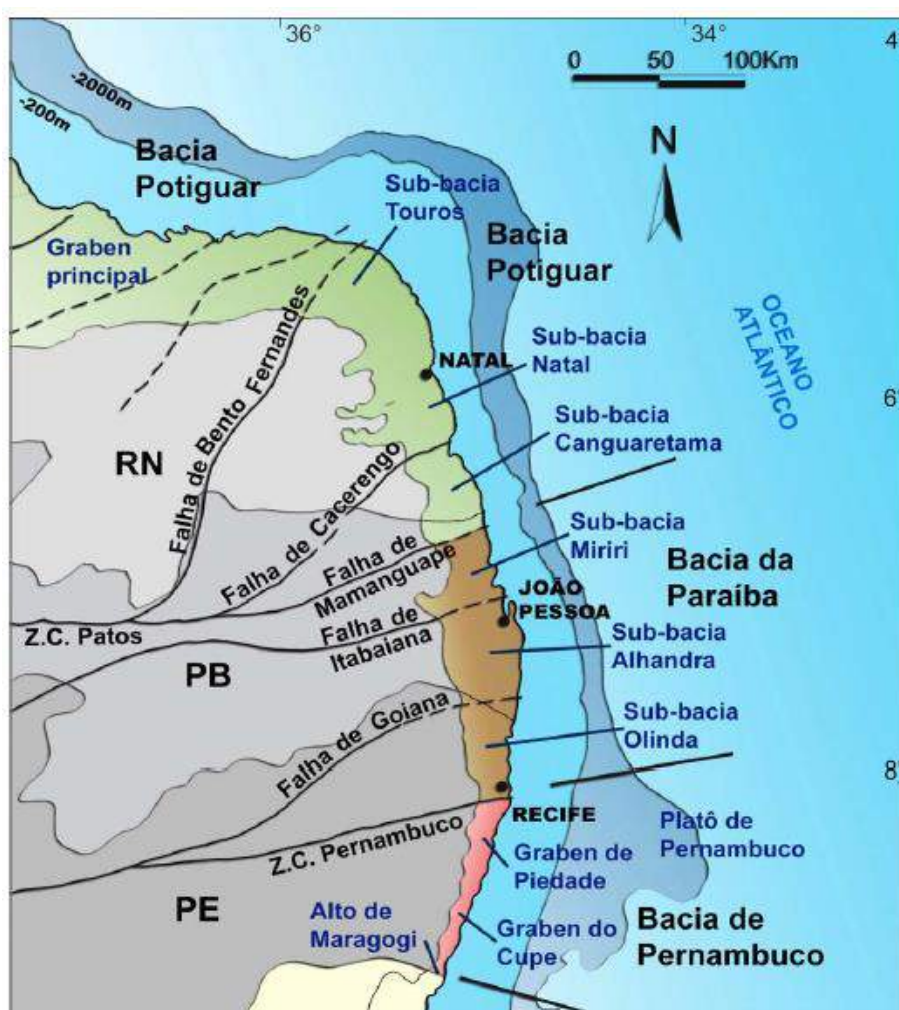
O rio Beberibe percorre uma extensão de aproximadamente 31 km, e nasce no município de Camaragibe. Sua bacia de drenagem possui cerca de $78,71 \text{ km}^2$ dos quais, 14 km^2 (cerca de 17,8%) estão contidos no município de Olinda. Os principais afluentes da margem direita são: Vasco da Gama ou Arruda e o rio Morno, que é o maior afluente

do córrego dos Macacos, e os da margem esquerda são: riacho do Abacaxi e canal da Malária.

6.2.4- Geologia

Do ponto de vista geológico, o município de Olinda localiza-se na Bacia Paraíba, constituindo a faixa sedimentar costeira que existe desde o Lineamento Pernambuco, nas proximidades da cidade do Recife, até o alto estrutural de Mamanguape, ao norte de João Pessoa (Figura 6.2).

Figura 6.2 - Localização da Bacia Paraíba, juntamente com as principais feições estruturais do Nordeste Oriental.



Fonte: Barbosa et. al. (2003).

Segundo Beurlen (1967a, 1967b), o preenchimento sedimentar da Bacia Paraíba teve início durante o Santoniano com a Formação Beberibe, composta por arenitos continentais médios a grossos variando até arenitos conglomeráticos de ambientes flúvio-lacustres. Sobre a Formação Beberibe ocorre a Formação Itamaracá (Campaniano), que

foi proposta por Kegel (1955), como uma unidade de transição para a fase marinha. Essa unidade é representada por depósitos costeiros de estuários e lagoas, contendo fósseis de ambiente marinho salobro. Ocorrem ainda níveis de fosfato sedimentar no topo dessa unidade que é composta por depósitos de arenitos carbonáticos, folhelhos e carbonatos com siliciclastos ricamente fossilíferos.

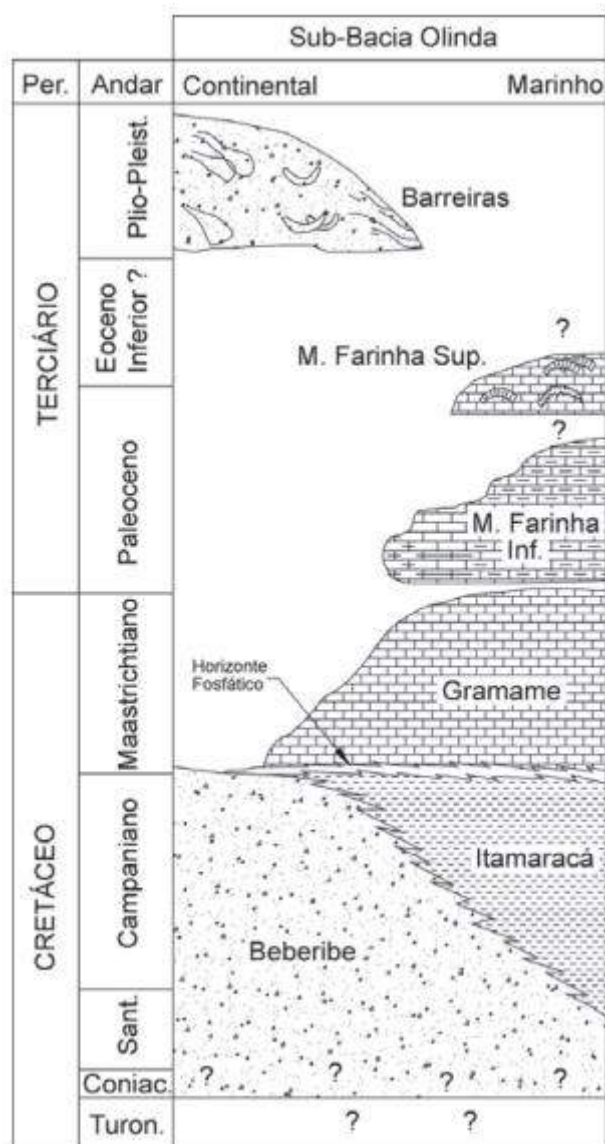
A Formação Gramame, definida por Oliveira (1940), é a primeira unidade carbonática do domínio marinho. Esta unidade foi, provavelmente, depositada a partir do final do Campaniano, pois as camadas dessa formação começam sempre acima dos últimos níveis de fosfato, e prosseguem durante todo o Maastrichtiano (Tinoco, 1971).

Em seguida, ocorrem os depósitos da Formação Maria Farinha (Paleoceno), cujo registro estratigráfico é mais complicado, devido à sua deposição ter se dado durante um evento regressivo que ocorreu na bacia a partir do final do Maastrichtiano. Os depósitos dessa unidade incluem calcários, calcários margosos e espessos níveis de margas na porção inferior, e calcários dolomíticos contendo fauna fóssil de recifes e lagoas recifais na porção superior, divisão proposta por Beurlen (1967a, 1967b).

Sobre os estratos Cretácicos e Paleocênicos da Bacia Paraíba, descansam os depósitos de origem continental da Formação Barreiras, que apresentam fácies fluviais e de leques aluviais, de idade Plio-Pleistoceno, representando o domínio de uma fase mais úmida sobre a faixa costeira e continental, durante o Cenozóico (Alheiros, 1998). A Formação Barreiras ocupa a maior parte do território de Olinda, principalmente em sua porção Oeste, na região das áreas de risco mapeadas.

A Figura 6.3 apresenta o quadro estratigráfico proposto por Barbosa et. al. (2003) para a Bacia Paraíba.

Figura 6.3 – Quadro esquemático com o modelo proposto para a estratigrafia da Bacia Paraíba, destacando a coluna da Sub-Bacia Olinda.



Fonte: Barbosa et. al. (2003).

6.2.5- Pedologia

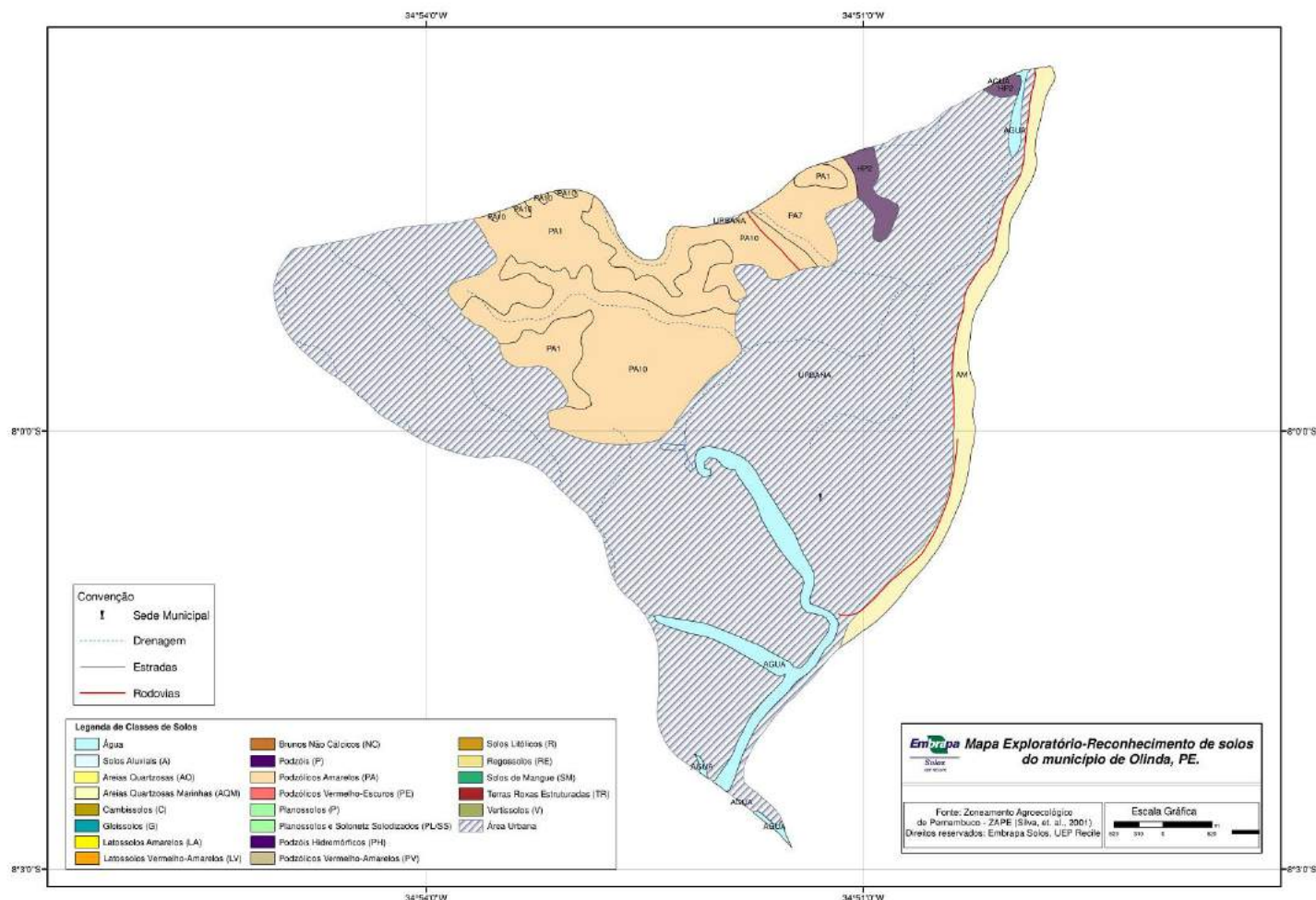
De acordo com o mapa pedológico elaborado por Silva *et.al.*(2001), na escala 1:100.000, o município de Olinda é composto, predominantemente, pelas classes Argissolo Amarelo, Areias Quartzosas Marinhas e uma pequena porção, ao norte do município, de Podzóis Hidromórficos, conforme a Figura 6.7.

As descrições das principais características destas classes de solo, são:

- **Argissolo Amarelo (PA):** Esta classe é composta por uma grande variedade de solos minerais, não hidromórficos, com uma significativa diferença de textura entre o horizonte superficial A e o de subsuperfície B textural (Bt) que geralmente ocorre bem diferenciado no perfil do solo. São solos desenvolvidos principalmente de sedimentos da Formação Barreiras, mas também desenvolvidos de rochas cristalinas ou sob influência destas. Apresentam como característica principal um horizonte de acumulação de argila, tipicamente de coloração amarelada. Geralmente apresentam baixos teores de ferro e textura variando de arenosa média até muito argilosa. São solos com baixa fertilidade natural, forte a moderadamente ácidos e que podem apresentar horizontes coesos, que ao serem umedecidos tornam-se friáveis, exceto quando são cimentados, os quais podem ocorrer em relevo abaciado e com restrições de drenagem. Do ponto de vista geotécnico, possuem risco de erosão e deslizamento.
- **Areias Quartzosas Marinhas (AM):** São solos essencialmente arenoquartzosos, profundos, podendo ser bem ou mal drenados, derivados de sedimentos de origem marinha referidos ao Holoceno, localizados no contexto da baixada litorânea, que é a planície arenosa, estreita, costeira, que segue paralelamente a orla marítima, interrompendo-se em alguns pontos devido ao aparecimento de grandes desembocaduras dos principais rios, ou onde outras formações geológicas fazem contato com o oceano. Geralmente, são acinzentados ou brancos e comumente ocorrem associados com solos Podzóis profundos e muito profundos de textura arenosa.
- **Podzóis Hidromórficos (PH):** São solos minerais, tipicamente arenosos, com horizonte B espódico precedido de horizonte E alábico ou raramente, em sequência ao A, dentro de 400 cm da superfície do solo. Quando ocorrem em ambientes sob condições de hidromorfismo, são denominados de Podzóis Hidromórficos. Estes solos ocorrem no Estado de Pernambuco nos Tabuleiros Costeiros e na Baixada Litorânea. Nos Tabuleiros Costeiros, são originados de materiais derivados de sedimentos arenosos

da Formação Barreiras, e na Baixada Litorânea, são derivados de sedimentos arenoquartzosos, não consolidados.

Figura 6.4 – Classes de solos do município de Olinda.



Fonte: Silva et. al. (2001).

6.2.6- Saneamento

Dez anos após a Lei do Saneamento Básico entrar em vigor no Brasil, metade da população do país continua sem acesso a sistemas de esgotamento sanitário. Segundo os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), divulgados em janeiro deste ano e referentes a 2015, apenas 20,8% dos pernambucanos têm acesso à coleta de esgoto, o que significa que aproximadamente 7 milhões de pessoas utilizam medidas alternativas para lidar com os dejetos – seja através de uma fossa, seja jogando o esgoto diretamente em rios.

O modelo de saneamento implementado no município ocorreu como em outros municípios brasileiros, dando prioridade ao abastecimento de água, e relegando os demais componentes. Olinda está em terceiro lugar no Estado servido com sistema de rede geral de coleta de esgotos, sendo atendidos 140.866 habitantes, o que corresponde a 37,29% da população (SNIS, 2017).

6.2.6.1- Abastecimento D'água

No município, o abastecimento d'água em operação é diversificado, com capacitações em poço profundo (aquífero Beberibe), represa Botafogo e captação em poço raso no meio urbano, além de capacitação em poços rasos ou a fio d'água na zona rural.

O serviço pode ser considerado bom, tendo em vista que 341.891 habitantes são atendidos com a rede de distribuição, correspondendo a 90% da população (SNIS, 2017). Entretanto, foram observados alguns problemas no Diagnóstico Ambiental de Olinda, que se refere a este tema, tais como: dificuldades na operação e na manutenção de poços profundos; perda d'água devido às altas pressões em locais com topografia acidentada; insuficiência na captação; baixa pressão em alguns trechos da rede antiga; dificuldades na implantação das instalações complementares projetadas; perda d'água por falta de manutenção em áreas onde se localizam populações de baixa renda, entre outros.

6.2.6.2- Esgotos Sanitários

Como citado anteriormente, o serviço abrange 37,29% da população de Olinda. Os esgotos são, em sua grande maioria, dispostos de forma inadequada, com lançamentos através de galerias, ou dispostos diretamente no sistema fluvial, como é o caso dos bairros localizados nas áreas mapeadas. Porém, em alguns trechos, verifica-se a existência de sistemas individuais que foram projetados de maneira incompatível com as normas padronizadas pela ABNT, bem como, outros, que embora atendendo às recomendações técnicas, não recebem a devida manutenção (SNIS, 2017).

O sistema de esgoto sanitário de Olinda ainda está longe dos padrões desejáveis, tanto do ponto de vista ambiental, como sanitário. Assim sendo, e considerando os aspectos da dinâmica populacional, deve-se buscar alternativas no sentido de reverter a atual situação, e minimizar os impactos sobre o meio ambiente.

6.2.6.3- Drenagem Urbana

Olinda está inserida em parte das bacias hidrográficas dos rios Beberibe e Paratibe, apresentando como elementos de macrodrenagem o próprio rio Beberibe e afluentes (canal da Malária e canal Lava – Tripas) e, na área do rio Paratibe, os afluentes pela margem direita são o rio e o canal Fragoso, e na margem esquerda, o canal de Ouro Preto, assim como o canal dos Bultrins e o canal das Tintas. Considera-se como elementos de macrodrenagem também, as lagoas do Jardim Brasil e outras. Os canais somam cerca de 31,7 km, sendo apenas 9% com trecho revestido (SNIS, 2017).

O sistema de drenagem inicial (microdrenagem) é, em geral, do tipo convencional. Pavimento de vias, guias, sarjetas, boca-de-lobo e galerias são encontradas, porém verifica-se a existência de canais de pequenas dimensões, ou seja, canaletas a céu-aberto, nos bairros (Águas Compridas, Aguazinha, Alto da Bondade, Alto da Conquista, Alto do Sol Nascente e Caixa D'água) localizados nas áreas mapeadas. A área do sistema de macrodrenagem é reduzida, se comparada às necessidades atuais do município, em termos de saneamento. O principal problema é o processo de ocupação do solo, a exemplo do que ocorre em outras cidades brasileiras, desrespeitada com relação à conformação topográfica. A grande concentração populacional levou à ocupação desordenada do solo, principalmente em áreas baixas, como estuários, manguezais corpos d'água e áreas marginais, além dos terrenos em encostas, entre outros, acarretando em graves consequências que assolam a população, no que se refere à inundações e deslizamentos.

6.2.6.4- Resíduos Sólidos

A abordagem deste tema está relacionada à destinação final do lixo, fato que se constitui em um sério problema para o meio ambiente. A gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Olinda é precária, quando grande parte do lixo produzido, correspondendo a aproximadamente 270 toneladas/dia, é lançado em depósitos localizados a céu aberto, como o lixão às margens da II Perimetral Metropolitana, no bairro de Aguazinha. Porém, é importante enfatizar que, Olinda, através de contrato com empresa privada, descarta cerca de 140.180 toneladas/dia no Aterro Controlado Centro de Tratamento de Resíduos, localizado no município de Igarassu-PE (SNIS, 2017).

No que se refere ao lixão, salienta-se que esta forma de destinação final de resíduos sólidos é uma prática condenável, do ponto de vista sanitário e ambiental, uma vez que se constitui em um ambiente ideal para a proliferação de vetores, como mosquitos, ratos, baratas, dentre outros, que são transmissores de várias doenças. Um

aspecto importante observado no lixão de Aguazinha, é a atividade social de catação. Neste lugar, vive um contingente populacional em condições sub-humanas, executando a prática de catação de matérias recicláveis, totalmente expostos ao perigo de contaminação de doenças, dentre outros problemas.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação dos subsetores com maior potencial de serem afetados por processos de movimento de massa e inundação em Olinda permite indicar um conjunto de ações que venham a prevenir futuros acidentes. Neste capítulo são apresentados os resultados da análise da vulnerabilidade, suscetibilidade, perigo e risco. Além de considerações relacionadas à vulnerabilidade institucional e a aspectos de resiliência das comunidades observadas na área de estudo no município.

7.1 - Considerações iniciais sobre a análise dos resultados

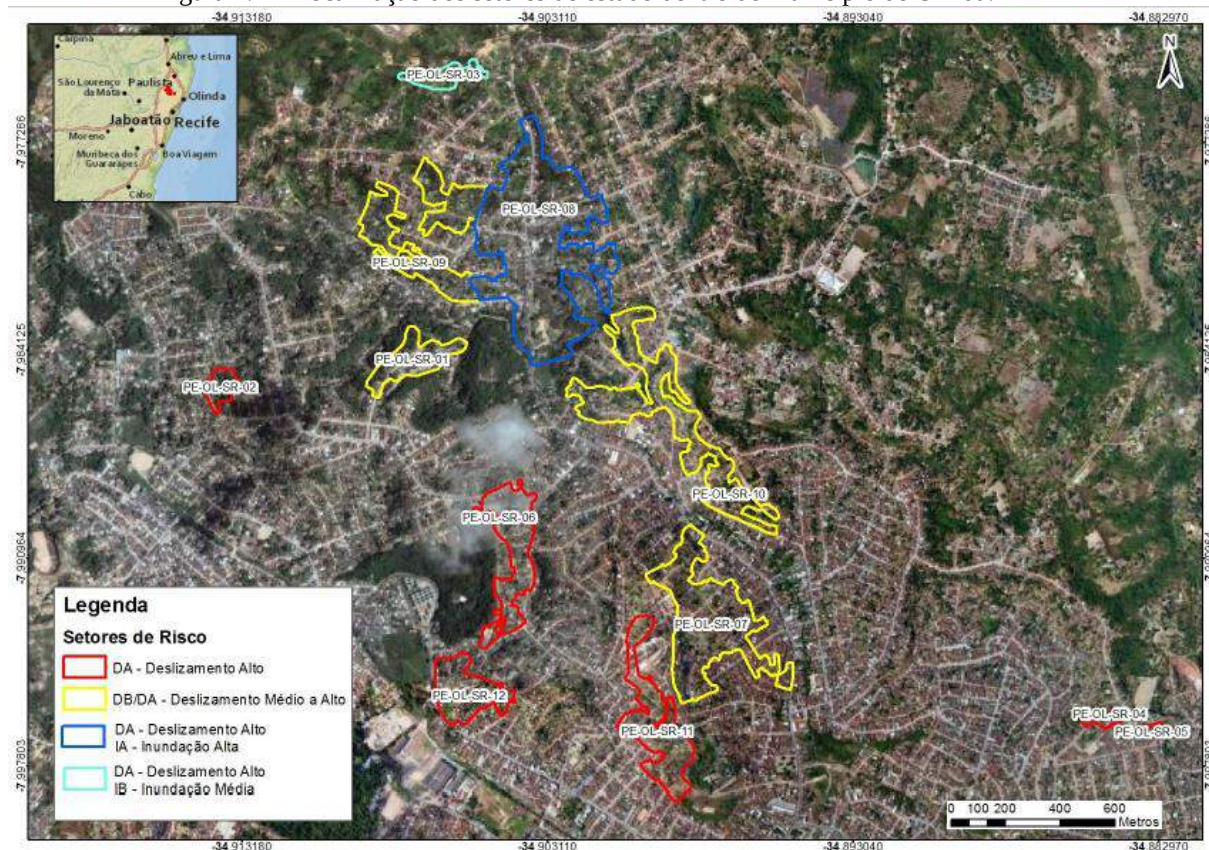
As análises aqui apresentadas foram fundamentadas em avaliações dos parâmetros que interferem na suscetibilidade formada pela junção de características naturais inerentes à região estudada, impactadas pelo mau uso e ocupação do solo de forma não planejada, bem como, na vulnerabilidade das pessoas e estruturas 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.

Para os 12 setores de risco estudados nesta pesquisa, foram realizadas subdivisões das áreas, obtendo-se assim 120 subsetores. A Figura 7.1 apresenta a localização dos setores de estudo dentro do município de Olinda. O Quadro 7.1 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.

Figura 7.1 – Localização dos setores de estudo dentro do município de Olinda.



Fonte: Pangea (2013).

Quadro 7.1 – Informações dos setores estudados e seus processos atuantes.

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	

Fonte: Pangea (2013).

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.

Para demonstrar melhor os resultados, o setor PE-OL-SR-02 é utilizado como exemplo. 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 (Figura 7.2), desmatamentos, abertura aleatória de vias de acesso, despejo de detritos (lixo, entulho, etc) (Figura 7.3), 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 (Figura 7.4).

Já na figura 7.5, 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.

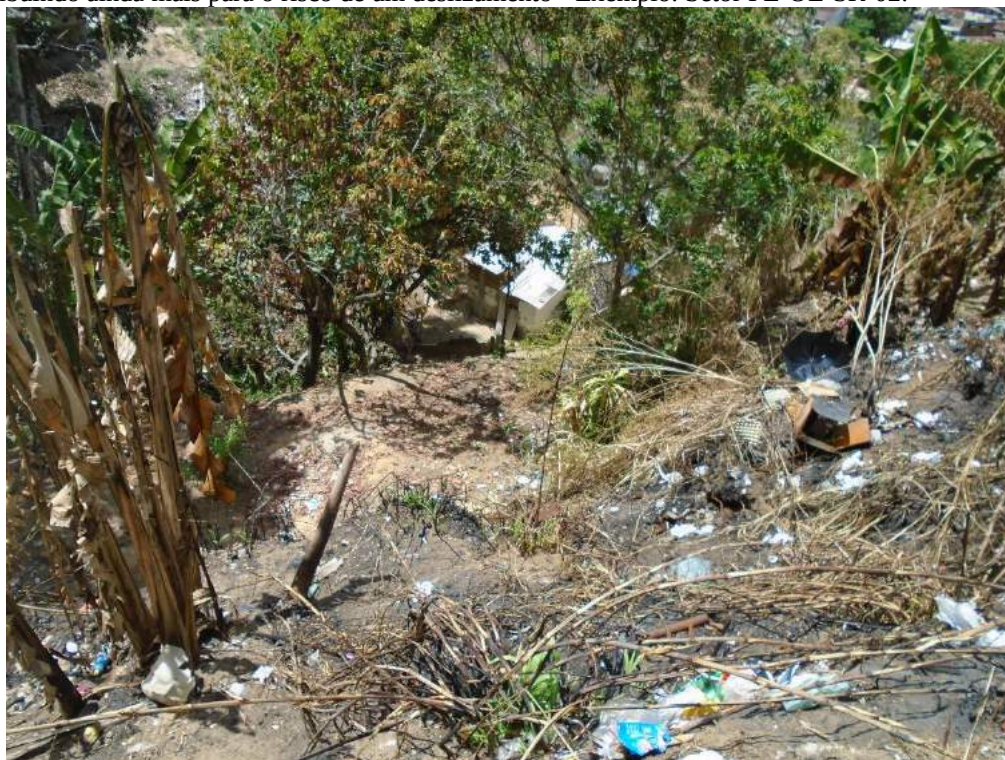
Observa-se também a exposição do solo, com plantação de bananeiras, podendo resultar na retenção de grandes quantidades de água, pois suas raízes não cumprem o papel de estruturação do solo, sendo comumente responsáveis pelo arrastamento do solo durante os deslizamentos, e a proximidade das moradias ao talude de corte, contribuindo consequentemente para o aumento do grau de vulnerabilidade.

Figura 7.2 – 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: Setor PE-OL-SR-02.



Fonte: o autor.

Figura 7.3 – Registro fotográfico detalhando o desmatamento, além do despejo de lixo e entulhos, contribuindo ainda mais para o risco de um deslizamento - Exemplo: Setor PE-OL-SR-02.



Fonte: o autor.

Figura 7.4 – Registro fotográfico geral do setor, evidenciando a ocupação desordenada na encosta, por uma moradia de baixo padrão construtivo, através de cortes do tipo gaveta - Exemplo: Setor PE-OL-SR-02.



Fonte: o autor.

Figura 7.5 – Registro fotográfico detalhado. 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 presença 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 PE-OL-SR-02.



Fonte: o autor.

O setor PE-OL-SR-02 é composto por 3 subsetores (Figura 7.6), com o grau de risco variando de alto a muito alto. O subsetor 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.

No campo foram realizadas entrevistas em 100% das casas existentes nos setores de estudo, totalizando assim 2.161 casas entrevistadas. Estas entrevistas (armazenadas em um banco de dados) aos moradores tiveram como objetivo a obtenção de informações da vulnerabilidade físico-ambiental. 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 7.7.

Figura 7.6 – 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: Pangea (2013).

Figura 7.7 – Identificação dos fatores físicos e ambientais de vulnerabilidade. Exemplo: Setor PE-OL-SR-02-SS-02 (Formulário 1).

Formulário 01 - Identificação dos fatores físicos e ambientais de vulnerabilidade			
Profissional: Everaldo Nunes e Eduardo Bomtempo		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 à Moradia:		☐ Rua pavimentada ☒ Rua de chão ☐ Rodovia ☐ Avenida ☐ Servidão ☐ Escadaria ☐ Ponte	
2.5 - Qualidade de Acesso:		☒ Precário ☐ Bom	
2.6 - Margens do córrego:		☐ 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	
Degraus de Abatimento:		☐ Sim ☒ Não	
Cicatrizes de Ecorregamentos:		☒ Sim ☐ Não	
Depósitos Pretéritos:		☐ Sim ☒ Não	
Feições Erosivas:		☒ Sim ☐ Não	
"Embarregamento" de muros/paredes:		☐ Sim ☒ Não	

Fonte: Pangea (2013).

O relatório de identificação da área mapeada foi obtido através da observação dos setores e preenchimento do Formulário 2 (Figura 7.8) pelo autor, além de mais três 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.

Figura 7.8 – Identificação da área mapeada. Exemplo: Setor PE-OL-SR-02-SS-02 (Formulário 2).

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

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

Fonte: Pangea (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 7.2.

Quadro 7.2 – Critérios de hierarquização da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento.

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)

Fonte: Pangea (2013).

Com relação à formulação de propostas de intervenções para a mitigação dos riscos, a Figura 7.9 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 7.3).

Figura 7.9 – Intervenções sugeridas no setor PE-OL-SR-02.



Fonte: Pangea (2013).

Quadro 7.3 – Medidas estruturais recomendadas para o Setor PE-OL-SR-02 com os respectivos custos.

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

Fonte: Pangea (2013).

Os mapas de risco devem se constituir em documentos de fácil leitura e aplicação, por administradores, planejadores, políticos e pela população em geral, caso contrário perdem a sua finalidade de existir.

Para este trabalho, foram usadas imagens atualizadas de satélite, disponibilizadas pela Agência CONDEPE/FIDEM. A escala de trabalho para o desenvolvimento das atividades em campo foi 1:2000 e a de representação gráfica para gerar os mapas foi 1:5000 e 1:9000. Assim, foram gerados os seguintes mapas: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS SETORES DE RISCO DE DESLIZAMENTO E DE INUNDAÇÃO DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE (Anexo I), além do MAPA DE DETALHE DO SETOR DE RISCO para cada um dos 12 setores de risco mapeados (Anexo II a XIII).

É importante ressaltar que todo o suporte, para que fossem gerados os produtos (mapas), foi concedido pelo GEGEP/UFPE, coordenador pelo professor Roberto Quental Coutinho.

O Anexo I mostra uma visão geral da localização dos 12 setores de risco, sendo eles 10 setores de risco de deslizamento e 2 setores de risco de deslizamento e de inundação, mapeados em uma área de aproximadamente 7,60 km² no município de Olinda-PE.

Do Anexo II ao Anexo XIII, são detalhados, respectivamente, cada um dos 12 setores de risco. Além dos riscos terem sido revalidados, através de visitas recentes ao campo, foram tirados pontos de GPS e fotos para exemplificar melhor as características

encontradas em cada área, tendo sido feitas também, descrições sucintas do que foi observado.

É importante destacar que os polígonos de cada setor de risco foram realizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), no entanto esses polígonos apresentam falhas no que diz respeito a área de atuação, pois algumas moradias que estão sob risco acabam sendo preteridas.

Vale ressaltar também a escassez do número de trabalhos no município sobre a temática de risco, apesar do mesmo possuir um Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), além do Plano Diretor Municipal, porém recomenda-se que ambos os planos sejam revisados, o que faz de certa forma faça com que essa pesquisa seja precursora sobre o tema na região.

7.2 - ANÁLISES DOS INDICADORES DE VULNERABILIDADE

A vulnerabilidade a desastres possui caráter multifacetado, abarcando diferentes dimensões, a partir das quais se podem identificar condições de vulnerabilidade dos indivíduos, famílias ou comunidades (CEPED UFSC, 2014).

Os dados obtidos por meio da aplicação dos formulários 1, 2 e 4 indicados pelo Ministério da Integração Nacional, conforme o Quadro 7.4, mostram que no município de Olinda, podem ocorrer desastres a partir da ocorrência deslizamentos e inundações. Assim, são considerados todos os indicadores dos **Quadros 5.7 e 5.8**.

Quadro 7.4 – Estrutura da obtenção de dados em campo.

Formulário	Nome	Características dos dados	Abrangência
1	Identificação dos fatores físico e ambientais de vulnerabilidade	• Características das edificações • Características do terreno	Edificação
2	Relatório de identificação de área mapeada	• Infraestrutura de saneamento • Cobertura vegetal • Institucional	Setor
4	Identificação das capacidades de prevenção e resposta	• Fatores de capacidade de prevenção e resposta	Município

Fonte: Pangea (2013).

Para realizar a análise da vulnerabilidade da ocupação e definir as medidas estruturais necessárias para aumentar a resiliência nos setores de risco, seguindo a estrutura apresentada na **Figura 5.1**, os primeiros dados a serem tratados em cada setor

são aqueles de abrangência municipal, quais sejam, os fatores de capacidade de prevenção e resposta e a estrutura institucional existentes num raio de 3 km.

Assim, nos dois primeiros subitens são apresentados os dados de abrangência municipal, aplicáveis a todos os setores de risco, para, na sequência, apresentar os dados dos demais indicadores que subsidiam a análise da vulnerabilidade da ocupação a desastres naturais por setor/subsetor de risco.

7.2.1 – Capacidade do Município de Prevenção e Resposta a Desastres Naturais

Os critérios considerados para análise da capacidade de prevenção e resposta a desastres naturais (Formulário 4), descritos nos subitens a seguir, são:

- Identificação, análise e monitoramento de riscos no município;
- Prevenção e mitigação de desastres; e
- Planejamento e preparação para situações de emergência.

Por meio do exame das respostas dadas ao Formulário 4 (Figura 7.10), é possível avaliar o grau de suficiência do município para cada fator, e consequentemente, para cada capacidade. Para todo fator avaliado foram indicadas medidas para melhorar o desempenho do município.

Com base nos dados obtidos a partir do Formulário 4, foi possível avaliar a capacidade de prevenção e resposta do Município a deslizamentos e inundações. No Quadro 7.5 abaixo é apresentado a síntese das informações levantadas.

Quadro 7.5 – Síntese das informações levantadas a partir do Formulário 4.

Capacidades	Fatores	Avaliação
1. Identificação, análise e monitoramento de riscos no município.	Cadastros, cartografia de riscos, PMRR, monitoramento permanente, SIG, etc.	Suficiência parcial
2. Prevenção e mitigação de desastres	Estruturação, atividades e respaldo do Sistema Municipal de Proteção e Defesa Civil.	Suficiência
	Elementos de planejamento urbano e territorial, política habitacional, programas de redução e erradicação de riscos.	Suficiência
	Ações de prevenção e mitigação de desastres	Suficiência
	Sistemas de monitoramento, alerta e de comunicação.	Suficiência parcial
3. Planejamento e preparação para situações de emergência	Planos de contingência, programas de mitigação e resposta a desastres.	Suficiência
	Organização e articulação da estrutura administrativa municipal.	Suficiência
	Sistemas de abrigamento e estoque estratégico mínimo.	Insuficiência
	Informação, organização e mobilização da sociedade civil.	Insuficiência

Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.10 – Identificação das capacidades de prevenção e respostas a desastres naturais de Olinda-PE.

Pangea
GEOLOGIA E ESTUDOS AMBIENTAIS

Formulário 4 - Identificação das capacidades de prevenção e resposta

Profissional: Secretário Executivo de Obras Data: 08/08/2013

1- Identificação

Município/Estado Olinda -PE
 Orgão Entrevistado Coordenadoria de Defesa Civil
 Nome do entrevistado: João Batista Cavalcanti Neto
 Grau de Escolaridade:
☐ 1º Grau ☐ 2º Grau ☐ Superior completo ☐ Superior incompleto ☒ Pós graduação ☐ Técnico

Fatores de Capacidade de Prevenção e Resposta

1) O município possui Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (Comdec)?	☒ Sim ☐ Não
2) O município possui Núcleos Comunitários de Defesa Civil? Quantos?	☐ Sim ☒ Não
3) O município possui Conselhos ou Comitês Locais de Defesa Civil? Quantos?	☒ Sim ☐ Não
4) O município desenvolve ações de prevenção e mitigação de riscos? ☒ frequentemente ☐ eventualmente ☐ raramente	☒ Sim ☐ Não
5) O município possui PMRR (Plano Municipal de Redução de Riscos)? Qual a data? 2005/2006	☒ Sim ☐ Não
6) O município possui legislação específica de proteção civil?	☐ Sim ☐ Não
7) O município conta com plano de contingência ou emergência? Qual a abrangência do plano? ☐ local ☐ regional ☒ municipal	☒ Sim ☐ Não
8) O município tem estabelecido abrigos para serem utilizados em situação de emergência?	☒ Sim ☐ Não
9) As autoridades do município são comunicadas acerca das atividades realizadas? ☒ frequentemente ☐ eventualmente ☐ raramente	☒ Sim ☐ Não
10) As autoridades do município participam das ações em situações de emergência? Com que frequência? ☒ frequentemente ☐ eventualmente ☐ raramente	☒ Sim ☐ Não
11) Existem normativas em âmbito municipal que regulem as funções da COMDEC?	☒ Sim ☐ Não
12) A COMDEC possui recursos humanos e materiais adequados para sua atuação de prevenção e resposta a desastres?	☒ Sim ☐ Não
13) A COMDEC está articulada a outras organizações locais para atuar em situação de emergência?	☒ Sim ☐ Não
14) Existem divisão de tarefas estabelecidas pelo órgão?	☒ Sim ☐ Não
15) Conhece programas federais de apoio a prevenção, mitigação e resposta a desastres?	☒ Sim ☐ Não
16) O município possui fundos para utilizar em situações de emergência?	☐ Sim ☒ Não
17) O município possui sistema de monitoramento e alerta prévio a desastres?	☒ Sim ☐ Não
18) Realiza simulados de preparação para responder aos desastres junto às comunidades, escolas, e outras agências de proteção? Com que frequência? ☐ frequentemente ☒ eventualmente ☐ raramente	☒ Sim ☐ Não
19) O município possui cadastro das pessoas que estão em áreas de risco?	☒ Sim ☐ Não
20) O município possui canais de Comunicação com estas pessoas?	☒ Sim ☐ Não
21) As instituições de saúde municipal estão capacitadas para atender a população em situação de desastre?	☒ Sim ☐ Não
22) O município possui estoques de alimentos, cobertores, colchonetes para situação de emergência?	☐ Sim ☒ Não
23) Tem estabelecido vínculos com os centros de assistência social para a operacionalização dos abrigos, distribuição de recursos e atendimento a população?	☒ Sim ☐ Não
24) O município conta com acervos de informação e históricos de ocorrências de desastres anteriores e as ações adotadas?	☒ Sim ☐ Não
25) A população está informada sobre o que fazer em situações de emergência?	☒ Sim ☐ Não
26) A população conta com equipe de comunicação para atuar em situações de emergência?	☒ Sim ☐ Não
27) O município conta com Sistema de Informação Geográfica (SIG) para processar e analisar informações cartográficas para mapear os pontos críticos em sua localidade?	☐ Sim ☒ Não
28) O município possui Plano Diretor de Defesa Civil?	☒ Sim ☐ Não
29) O município possui Plano Diretor Municipal?	☒ Sim ☐ Não
30) O município recebe recursos para obras do PAC?	☒ Sim ☐ Não
31) O município participa do Programa de Reforma Fundiária?	☒ Sim ☐ Não
32) Tem conhecimento se o programa está sendo executado em áreas de risco de seu município?	☒ Sim ☐ Não
33) Quais atividades realizam normalmente?	

Fonte: Pangea (2013).

7.2.2 – Prevenção e Mitigação de Desastres

Tais atividades devem ter prioridade segundo o art. 4º, III da Lei Federal nº 12.608/2012, que estabelece a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Para facilitar a avaliação e detalhamento desta capacidade, ela foi dividida em quatro subdomínios: o Sistema Municipal de Proteção e Defesa Civil, a capacidade de planejamento e ordenamento territorial, a execução de medidas de prevenção e mitigação no Município e a disponibilidade de sistemas de monitoramento, alerta e rede de comunicação.

7.2.3 – Planejamento e preparação para situação de emergência

Apesar de todas as medidas preventivas adotadas, inclusive estruturais, ainda tem-se a possibilidade de ocorrência de desastres associados a fenômenos geológico-geotécnicos, especialmente nos períodos críticos de pluviosidade.

Para o enfrentamento de situações potencialmente adversas, deverão ser planejadas antecipadamente ações logísticas para o atendimento a essas emergências. O planejamento para situações de emergência engloba dois estágios: o da preparação e o do manejo dos desastres, que corresponde à execução de medidas de resposta, reabilitação e recuperação.

Por uma questão de operacionalidade e para melhor avaliação, a capacidade em questão foi subdividida em quatro abordagens apresentadas a seguir:

1. Planos de contingência, programas de mitigação e resposta a desastres;
2. Organização e articulação da estrutura administrativa municipal;
3. Sistema de abrigamento e estoque estratégico mínimo;
4. Informação, organização e mobilização da sociedade civil.

7.3 – DIVERSIDADE DAS INSTITUIÇÕES EXISTENTES NUM RAIO DE 3 KM

Num raio de 3 km dos setores de risco do município de Olinda, há 41 estabelecimentos institucionais, destacando-se a existência de um hospital, da sede da Defesa Civil e do Centro de Referência e Assistência Social. Estes estabelecimentos são apresentados no Quadro 7.6, estão em sua totalidade espacializados nas Figuras 7.11, 7.12, 7.13 e 7.14.

Em decorrência da diversidade, da importância e da quantidade de estabelecimentos institucionais, o indicador “Diversidade das instituições existentes num raio de 3 km” pode ser considerado como Média, enquadrando-se na classe 2.

Quadro 7.6 – Instituições situadas no raio de 3 km dos setores de risco no município de Olinda-PE.

Instituição	Quantidade	Especificações
Centro de saúde	11	8 Unidades de Saúde Familiar
		2 Policlínicas
		1 Hospital
Centro educacional	10	Escolas de educação infantil e ensinos fundamental e médio, tanto públicos quanto privados
Centro religioso	13	Igrejas diversas
Centro de órgãos públicos	3	Defesa Civil de Olinda
		Posto Policial Militar
		Delegacia de polícia - Peixinhos
ETA-ETE	2	Estação de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto
Centro social	2	Associação de moradores do bairro Caixa d'água
		CRAS - Centro de Referência de Assistência Social
Total	41	

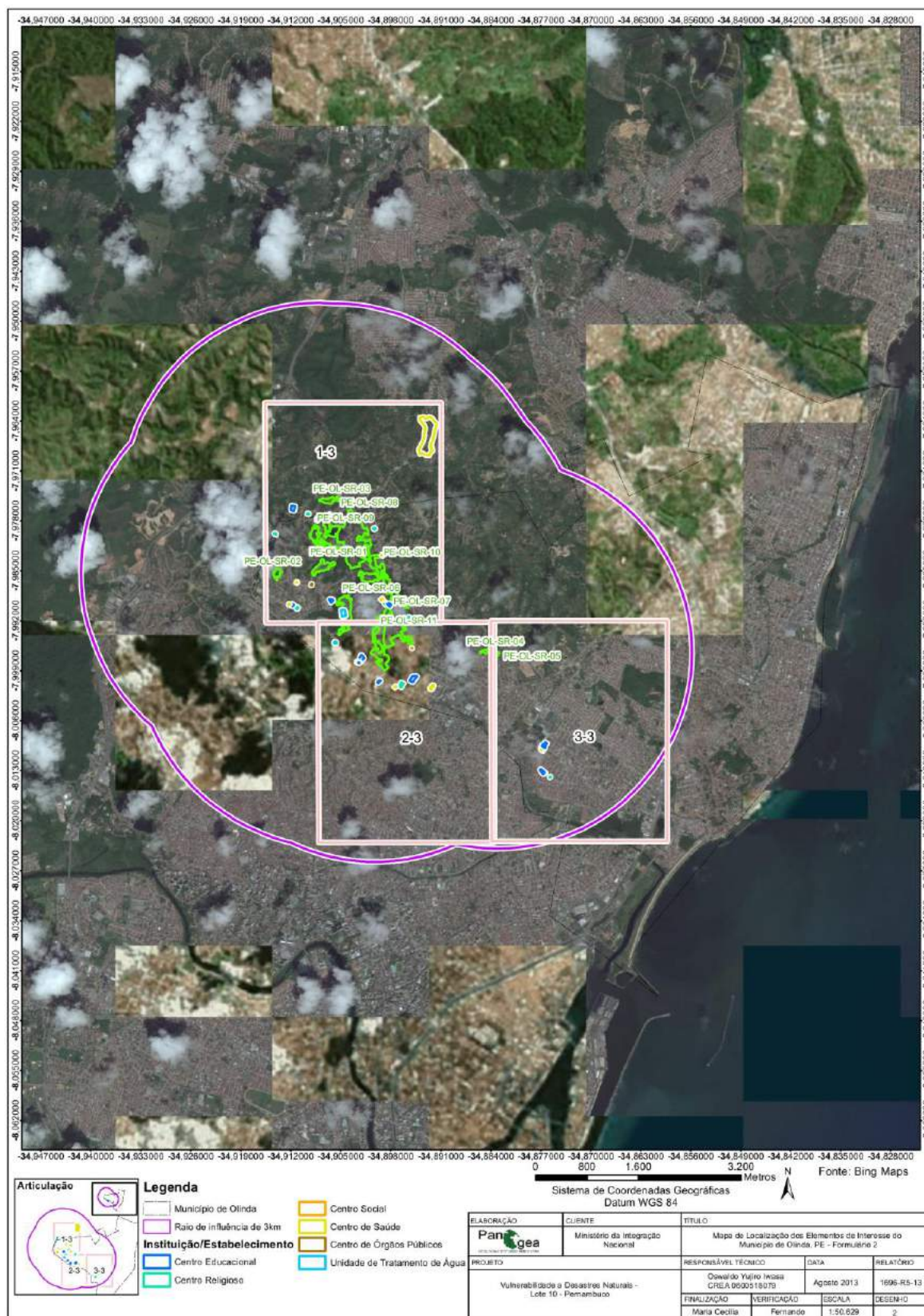
Fonte: Pangea (2013).

7.4 - GRAU DE RISCO

O grau de risco a eventos hidrológicos foi calculado, para cada subsetor de risco, a partir de dados dos formulários 1 e 2, de acordo com método apresentado no item 5.6. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 7.1.

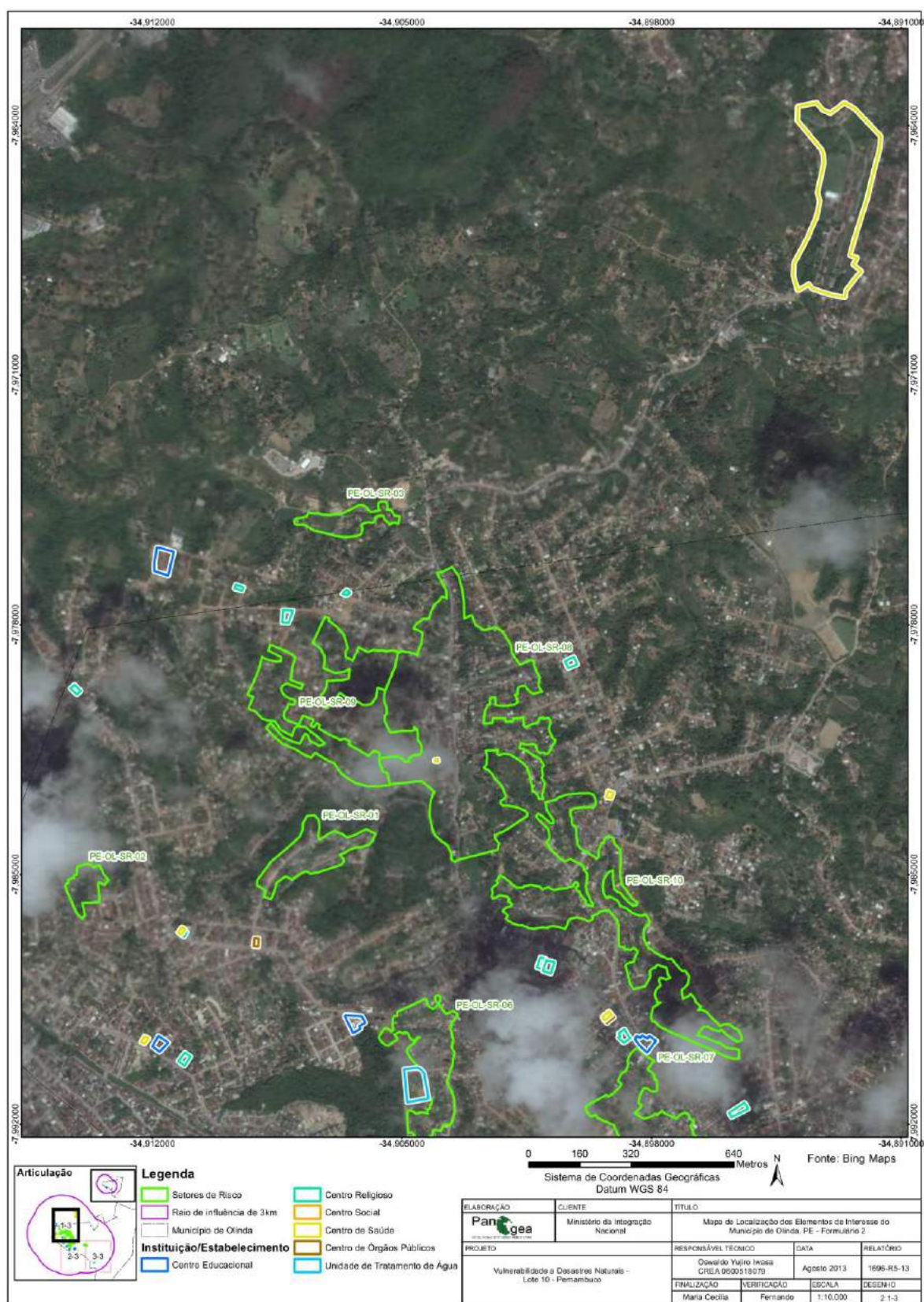
Os dados obtidos mostram que dos 119 subsetores sujeitos a deslizamento: 01 (0,84%) tem grau de risco Baixo; 09 (7,56%) têm grau de risco Médio; 31 (26,05%) têm grau de risco Alto; e 78 (65,55%) têm grau de risco Muito Alto. Quanto aos três subsetores sujeitos a inundação: 01 (33,33%) têm grau de risco Baixo; 01 (33,33%) têm grau de risco Médio; e 01 (33,33%) tem grau de risco Muito Alto (Tabela 7.1).

Figura 7.11 – Mapa de localização dos elementos de interesse do município de Olinda-PE.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.12 – Mapa de localização dos elementos de interesse do município de Olinda-PE.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.13 – Mapa de localização dos elementos de interesse do município de Olinda-PE.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.14 – Mapa de localização dos elementos de interesse do município de Olinda-PE.



Fonte: Pangea (2013).

Tabela 7.1 – Classificação do grau de risco por subsetor

Subsetores	Classificação	Sigla
PE-OL-SR-01-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-01-SS02-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-01-SS03-D	Médio	R2
PE-OL-SR-01-SS04-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-01-SS05-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-02-SS01-D	Alto	R3
PE-OL-SR-02-SS02-D	Alto	R3
PE-OL-SR-02-SS03-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-03-SS01-D	Alto	R3
PE-OL-SR-03-SS01-I	Baixo	R1
PE-OL-SR-03-SS02-D	Alto	R3
PE-OL-SR-03-SS03-D	Alto	R3
PE-OL-SR-04-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-05-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-06-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-06-SS02-D	Alto	R3
PE-OL-SR-06-SS03-D	Alto	R3
PE-OL-SR-06-SS04-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-06-SS05-D	Médio	R2
PE-OL-SR-06-SS06-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-06-SS07-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-06-SS08-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-06-SS09-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-06-SS10-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS02-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS03-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS04-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS05-D	Alto	R3
PE-OL-SR-07-SS06-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS07-D	Muito Alto	R4

PE-OL-SR-07-SS08-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS09-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS10-D	Alto	R3
PE-OL-SR-07-SS11-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS12-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS13-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS14-D	Médio	R2
PE-OL-SR-07-SS15-D	Alto	R3
PE-OL-SR-07-SS16-D	Médio	R2
PE-OL-SR-07-SS17-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS18-D	Alto	R3
PE-OL-SR-07-SS19-D	Alto	R3
PE-OL-SR-07-SS20-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS21-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS22-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS23-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-07-SS24-D	Alto	R3
PE-OL-SR-07-SS25-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS01-D	Médio	R2
PE-OL-SR-08-SS02-D	Médio	R2
PE-OL-SR-08-SS03-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS04-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS05-D	Alto	R3
PE-OL-SR-08-SS06-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS07-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS08-D	Médio	R2
PE-OL-SR-08-SS09-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS10-D	Médio	R2
PE-OL-SR-08-SS10-I	Médio	R2
PE-OL-SR-08-SS11-D	Alto	R3
PE-OL-SR-08-SS12-D	Alto	R3
PE-OL-SR-08-SS13-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS14-I	Muito Alto	R4

PE-OL-SR-08-SS15-D	Alto	R3
PE-OL-SR-08-SS16-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS17-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS18-D	Alto	R3
PE-OL-SR-08-SS19-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-08-SS20-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS02-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS03-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS04-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS05-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS06-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS07-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS08-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS09-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS10-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS11-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS12-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS13-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-09-SS14-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS02-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS03-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS04-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS05-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS06-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS07-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS08-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS09-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS10-D	Alto	R3
PE-OL-SR-10-SS11-D	Alto	R3
PE-OL-SR-10-SS12-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS13-D	Muito Alto	R4

PE-OL-SR-10-SS14-D	Alto	R3
PE-OL-SR-10-SS15-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS16-D	Alto	R3
PE-OL-SR-10-SS17-D	Alto	R3
PE-OL-SR-10-SS18-D	Alto	R3
PE-OL-SR-10-SS19-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-10-SS20-D	Alto	R3
PE-OL-SR-11-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-11-SS02-D	Baixo	R1
PE-OL-SR-11-SS03-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-11-SS04-D	Alto	R3
PE-OL-SR-11-SS05-D	Alto	R3
PE-OL-SR-11-SS06-D	Alto	R3
PE-OL-SR-11-SS07-D	Alto	R3
PE-OL-SR-11-SS08-D	Alto	R3
PE-OL-SR-11-SS09-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-11-SS10-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-12-SS01-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-12-SS02-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-12-SS03-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-12-SS04-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-12-SS05-D	Médio	R2
PE-OL-SR-12-SS06-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-12-SS07-D	Muito Alto	R4
PE-OL-SR-12-SS08-D	Alto	R3

Fonte: Pangea (2013).

7.5 - ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DO MUNICÍPIO DE OLINDA

Na análise da vulnerabilidade, o primeiro passo é o cálculo da porcentagem de indicadores considerados Classe 3 (PI) (Tabela 7.2). Salienta-se que, nesse cálculo são considerados o total de indicadores aplicáveis a cada subsetor, isto é, 14 indicadores no caso de deslizamento e 9 no caso de inundação.

Tabela 7.2 – Porcentagem de indicadores considerados classe 3 (PI), por subsetor de risco.

Setor/Subsetor	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	I.8	I.9	I.10	I.11	I.12	I.13	I.14	I.15	PI (%)
PE-OL-SR-01-SS01-D	1	2	3	3	1	3	3	1	3	3	3	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-01-SS02-D	1	2	2	3	1	1	1	1	3	3	3	NA	1	3	3	42,86
PE-OL-SR-01-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-01-SS04-D	1	2	3	3	1	1	2	1	3	3	3	NA	3	3	1	50,00
PE-OL-SR-01-SS05-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-02-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-02-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-02-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-03-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	55,56
PE-OL-SR-03-SS01-I	1	2	3	3	1	3	1	1	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	50,00
PE-OL-SR-03-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	42,86
PE-OL-SR-03-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-04-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-05-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-06-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43

PE-OL-SR-06-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-06-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-06-SS04-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-06-SS05-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-06-SS06-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-06-SS07-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-06-SS08-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-06-SS09-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-06-SS10-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-07-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-07-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-07-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-07-SS04-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-07-SS05-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-07-SS06-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-07-SS07-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29

PE-OL-SR-07-SS08-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-07-SS09-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-07-SS10-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-07-SS11-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-07-SS12-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-07-SS13-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-07-SS14-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-07-SS15-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-07-SS16-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-07-SS17-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-07-SS18-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-07-SS19-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-07-SS20-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-07-SS21-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-07-SS22-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-07-SS23-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00

PE-OL-SR-07-SS24-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-07-SS25-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-08-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-08-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-08-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-08-SS04-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-08-SS05-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-08-SS06-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-08-SS07-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-08-SS08-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-08-SS09-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-08-SS10-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	55,56
PE-OL-SR-08-SS10-I	1	2	3	3	1	3	1	1	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	57,14
PE-OL-SR-08-SS11-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-08-SS12-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-08-SS13-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	33,33

PE-OL-SR-08-SS14-I	1	2	3	3	1	3	1	1	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	71,43
PE-OL-SR-08-SS15-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-08-SS16-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-08-SS17-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-08-SS18-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-08-SS19-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-08-SS20-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-09-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-09-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-09-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-09-SS04-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-09-SS05-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-09-SS06-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-09-SS07-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-09-SS08-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-09-SS09-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14

PE-OL-SR-09-SS10-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-09-SS11-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-09-SS12-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-09-SS13-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-09-SS14-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-10-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-10-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-10-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-10-SS04-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-10-SS05-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	2	3	3	64,29
PE-OL-SR-10-SS06-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-10-SS07-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-10-SS08-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-10-SS09-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-10-SS10-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-10-SS11-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43

PE-OL-SR-10-SS12-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-10-SS13-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-10-SS14-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-10-SS15-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-10-SS16-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-10-SS17-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	1	3	3	50,00
PE-OL-SR-10-SS18-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-10-SS19-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-10-SS20-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-11-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-11-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-11-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-11-SS04-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	42,86
PE-OL-SR-11-SS05-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-11-SS06-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-11-SS07-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14

PE-OL-SR-11-SS08-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-11-SS09-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-11-SS10-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	71,43
PE-OL-SR-12-SS01-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-12-SS02-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	1	3	3	57,14
PE-OL-SR-12-SS03-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-12-SS04-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-12-SS05-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	64,29
PE-OL-SR-12-SS06-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	57,14
PE-OL-SR-12-SS07-D	1	2	3	3	1	3	1	1	3	3	2	NA	3	3	3	50,00
PE-OL-SR-12-SS08-D	1	2	3	3	1	2	3	1	1	3	3	NA	3	3	3	57,14

O segundo passo na análise da vulnerabilidade da ocupação consiste em correlacionar os dados referentes ao grau de risco (Tabela 7.1) aos dados obtidos quanto à porcentagem de indicadores classificados como classe 3 (Tabela 7.2), de acordo com os critérios apresentados no Quadro 5.9. O resultado obtido é apresentado na Tabela 7.3.

Os dados da Tabela 7.3 mostram que, quanto aos 119 subsetores sujeitos a deslizamentos todos foram classificados com vulnerabilidade Alta. No que tange aos três subsetores sujeitos a inundação um foi classificado com vulnerabilidade Média e dois com Alta.

Tabela 7.3 – Classificação da vulnerabilidade da ocupação a deslizamento e inundação/solapamento, por setor de risco.

Setor/Subsetor	PI (%)	Grau de risco	Vulnerabilidade	Sigla
PE-OL-SR-01-SS01-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-01-SS02-D	42,86	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-01-SS03-D	71,43	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-01-SS04-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-01-SS05-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-02-SS01-D	50,00	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-02-SS02-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-02-SS03-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-03-SS01-D	55,56	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-03-SS01-I	50,00	Baixo	Média	IB
PE-OL-SR-03-SS02-D	42,86	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-03-SS03-D	57,14	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-04-SS01-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-05-SS01-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS01-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS02-D	71,43	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS03-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS04-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS05-D	64,29	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS06-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS07-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS08-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS09-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-06-SS10-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS01-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS02-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS03-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS04-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS05-D	57,14	Alto	Alta	DA

PE-OL-SR-07-SS06-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS07-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS08-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS09-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS10-D	57,14	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS11-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS12-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS13-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS14-D	50,00	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS15-D	57,14	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS16-D	57,14	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS17-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS18-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS19-D	57,14	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS20-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS21-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS22-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS23-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS24-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-07-SS25-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS01-D	50,00	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS02-D	64,29	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS03-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS04-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS05-D	71,43	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS06-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS07-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS08-D	64,29	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS09-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS10-D	55,56	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS10-I	57,14	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS11-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS12-D	64,29	Alto	Alta	DA

PE-OL-SR-08-SS13-D	33,33	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS14-I	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS15-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS16-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS17-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS18-D	57,14	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS19-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-08-SS20-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS01-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS02-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS03-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS04-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS05-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS06-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS07-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS08-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS09-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS10-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS11-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS12-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS13-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-09-SS14-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS01-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS02-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS03-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS04-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS05-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS06-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS07-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS08-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS09-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS10-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS11-D	71,43	Alto	Alta	DA

PE-OL-SR-10-SS12-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS13-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS14-D	57,14	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS15-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS16-D	71,43	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS17-D	50,00	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS18-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS19-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-10-SS20-D	64,29	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS01-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS02-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS03-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS04-D	42,86	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS05-D	50,00	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS06-D	57,14	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS07-D	57,14	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS08-D	71,43	Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS09-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-11-SS10-D	71,43	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-12-SS01-D	64,29	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-12-SS02-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-12-SS03-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-12-SS04-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-12-SS05-D	64,29	Médio	Alta	DA
PE-OL-SR-12-SS06-D	57,14	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-12-SS07-D	50,00	Muito Alto	Alta	DA
PE-OL-SR-12-SS08-D	57,14	Alto	Alta	DA

7.6 - Intervenções para redução do risco

Baseada nas informações referentes à vulnerabilidade e suscetibilidade nas áreas estudadas ao longo desta pesquisa, é possível realizar um planejamento com medidas de intervenção, estrutural e não estruturais, com o objetivo de mitigar e prevenir o surgimento de novas áreas de risco dentro do Município de Olinda. A seguir são apresentadas algumas propostas.

I. Propostas de intervenções não estruturais

Este tipo de intervenção é formado por ações voltadas à orientação e prevenção às questões relacionadas ao risco. A partir das análises realizadas nesta pesquisa, verifica-se a necessidade de implantação das seguintes medidas não estruturais:

- ✓ Fiscalização para conter o avanço de ocupações desordenadas em áreas não recomendadas;
- ✓ Conscientização da população, com distribuição panfletos, cartilhas e realização de palestras;
- ✓ Introduzir a temática de risco nas salas de aula das escolas da cidade;
- ✓ Conscientização da importância do descarte correto do lixo e das águas servidas;
- ✓ Preservação da vegetação local;
- ✓ Orientações técnicas para construção das moradias, estruturas de contenção, esgotamento sanitário e microdrenagem superficial;
- ✓ As comunidades se organizarem e elegerem suas lideranças comunitárias;
- ✓ Criação de NUDEC nos bairros;
- ✓ Treinamento de moradores para situações de risco.

É importante ressaltar que essas propostas são para todos os 12 setores de risco mapeados.

II. Propostas de intervenções estruturais

A escolha da melhor intervenção estrutural a ser implantada nas áreas de risco deve ser baseada na análise do processo atuante, nos fatores que o influenciam e nas características da área onde a obra será alocada.

O custo total das medidas estruturais recomendadas para os setores estudados no município de Olinda é de R\$ 341.593.147,39. O setor cujas medidas estruturais perfazem o maior custo é SR-10, seguido pelo setor SR-08 (Quadro 7.7). Os Quadros 7.8 a 7.10 apresentam o detalhamento do custo das medidas por setor. As Figuras 7.15 a 7.26

ilustram as propostas de intervenções estruturais para as áreas estudadas. O dimensionamento e posicionamento dos elementos propostos devem ser definidos com estudo detalhado do projeto de intervenção.

Quadro 7.7 – Custo total das medidas estruturais por setor.

Setor	Custo das medidas (R\$)
SR-01	5.505.851,92
SR-02	727.909,82
SR-03	681.245,82
SR-04	6.086.805,90
SR-05	481.167,52
SR-06	13.096.391,68
SR-07	12.971.166,28
SR-08	112.205.481,97
SR-09	12.140.222,18
SR-10	172.000.948,66
SR-11	4.306.853,54
SR-12	1.389.102,10
Total	341.593.147,39

Fonte: Pangea (2013).

Quadro 7.8 – Medidas e siglas utilizadas.

Medida	Sigla
Plantio de vegetação (Gramínea)	M1
Execução de revestimento com concreto projetado	M2
Reconstituição do talude	M3
Canaleta de drenagem meia cana	M4
Caixa de passagem	M5
Escada d'água	M6
Guia	M7
Sarjeta	M8
Pavimentação	M9
Gabião - caixa	M10
Muro de arrimo	M11
Manutenção e reparo de obras e equipamentos públicos (escadarias, acessos e pavimentos)	M12

Fonte: Pangea (2013).

Quadro 7.9 – Detalhamento dos custos das medidas estruturais por setor.

Medida	SR-01	SR-02	SR-03	SR-04	SR-05	SR-06
M1	172.920,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M2	4.194.684,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11.185.824,00
M3	72.435,00	108.652,50	0,00	0,00	237.060,00	0,00
M4	131.310,00	137.875,50	11.672,00	87.540,00	27.721,00	175.080,00
M5	61.256,32	32.542,42	13.399,82	28.713,90	3.828,52	72.741,88
M6	855.921,60	412.110,40	317.008,00	475.512,00	158.504,00	1.521.638,40
M7	6.867,50	14.559,10	8.790,40	16.482,00	21.426,60	5.494,00
M8	10.457,50	22.169,90	13.385,60	25.098,00	32.627,40	8.366,00
M9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M11	0,00	0,00	100.990,00	5.453.460,00	0,00	127.247,40
M12	0,00	0,00	216.000,00	0,00	0,00	0,00
Total	5.505.851,92	727.909,82	681.245,82	6.086.805,90	481.167,52	13.096.391,68

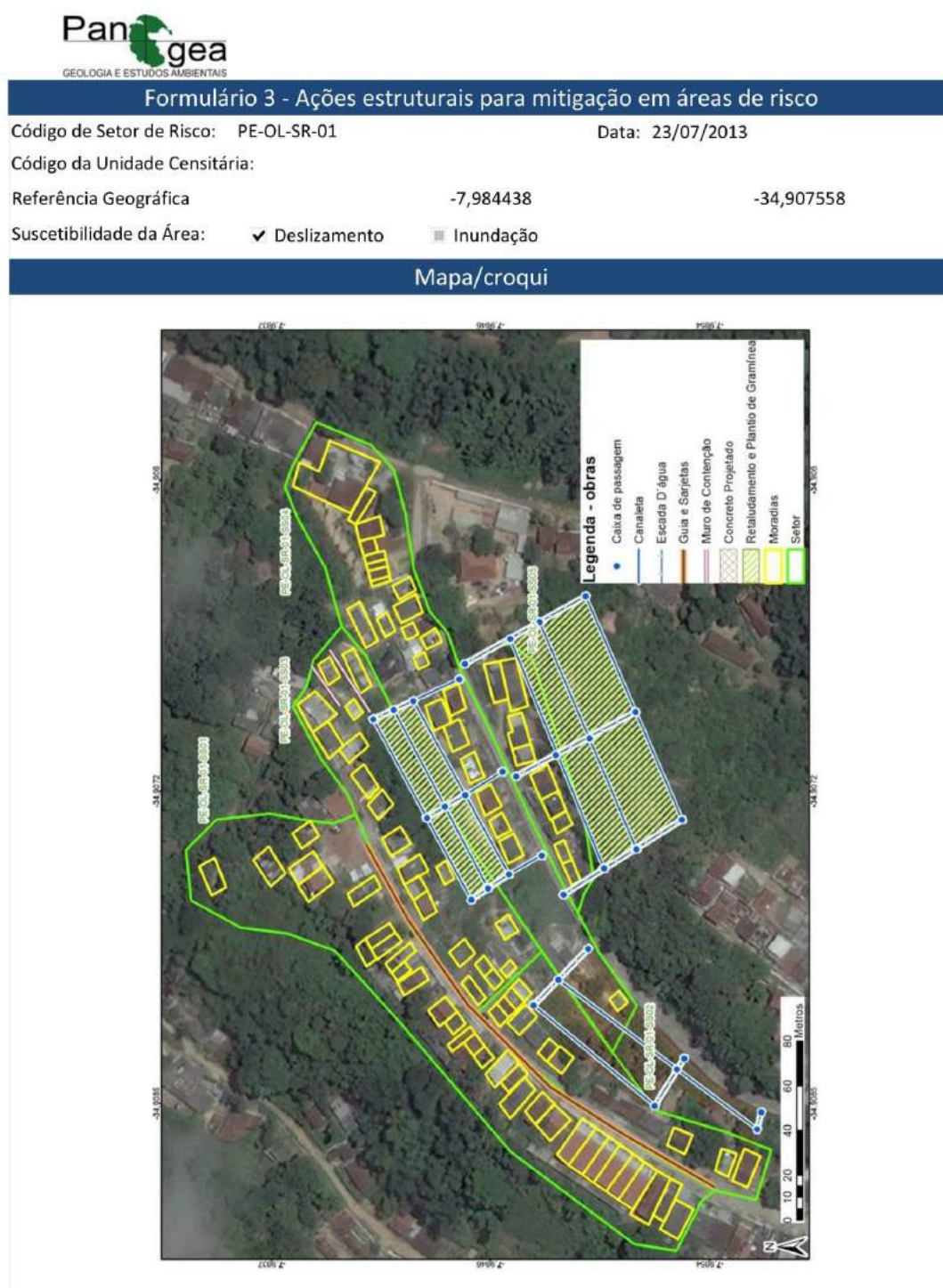
Fonte: Pangea (2013).

Quadro 7.10 – Detalhamento dos custos das medidas estruturais por setor.

Medida	SR-01	SR-02	SR-03	SR-04	SR-05	SR-06
M1	172.920,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M2	4.194.684,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11.185.824,00
M3	72.435,00	108.652,50	0,00	0,00	237.060,00	0,00
M4	131.310,00	137.875,50	11.672,00	87.540,00	27.721,00	175.080,00
M5	61.256,32	32.542,42	13.399,82	28.713,90	3.828,52	72.741,88
M6	855.921,60	412.110,40	317.008,00	475.512,00	158.504,00	1.521.638,40
M7	6.867,50	14.559,10	8.790,40	16.482,00	21.426,60	5.494,00
M8	10.457,50	22.169,90	13.385,60	25.098,00	32.627,40	8.366,00
M9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M11	0,00	0,00	100.990,00	5.453.460,00	0,00	127.247,40
M12	0,00	0,00	216.000,00	0,00	0,00	0,00
Total	5.505.851,92	727.909,82	681.245,82	6.086.805,90	481.167,52	13.096.391,68

Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.15 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-01.



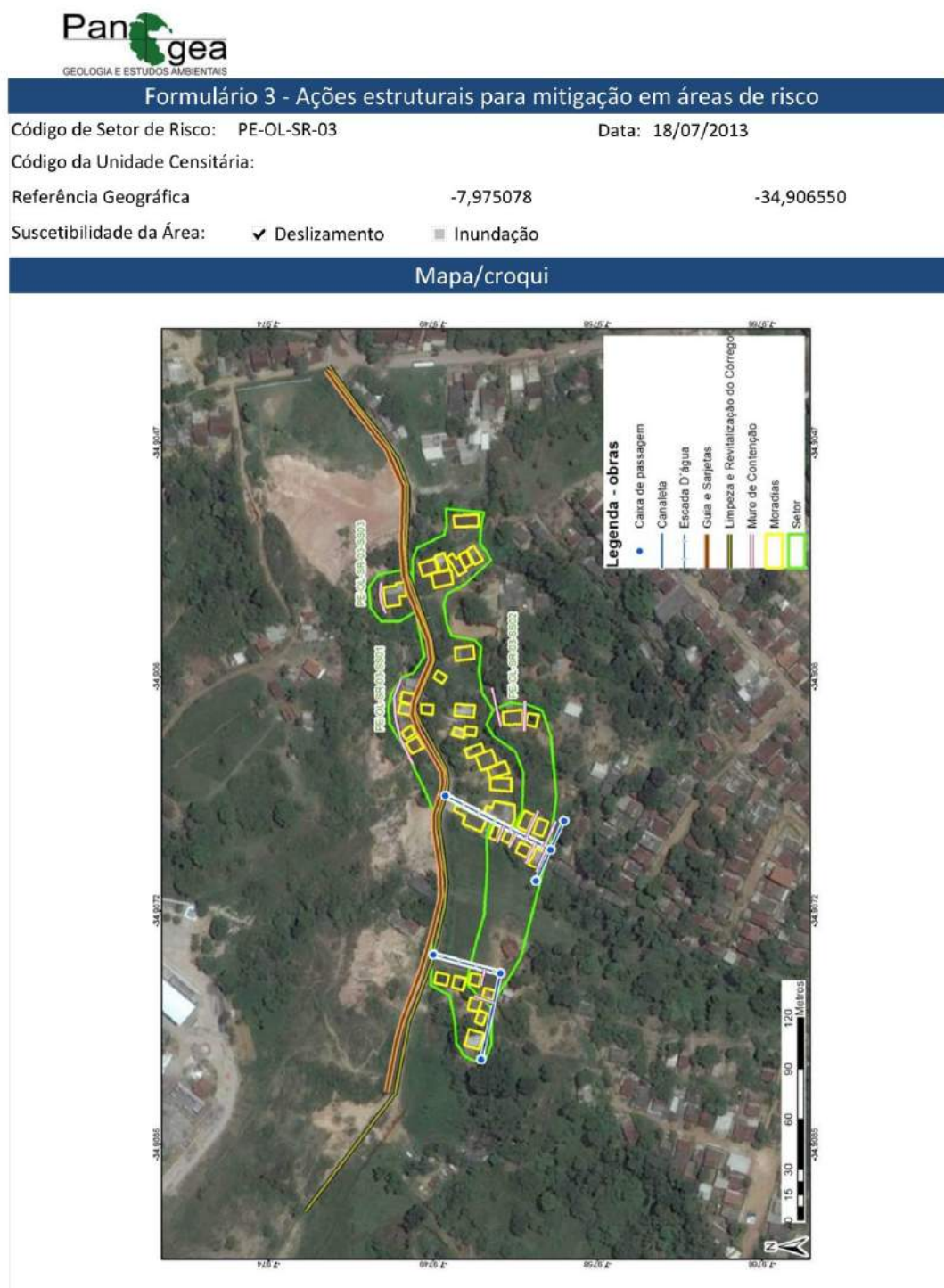
Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.16 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-02.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.17 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-03.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.18 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-04.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.19 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-05.



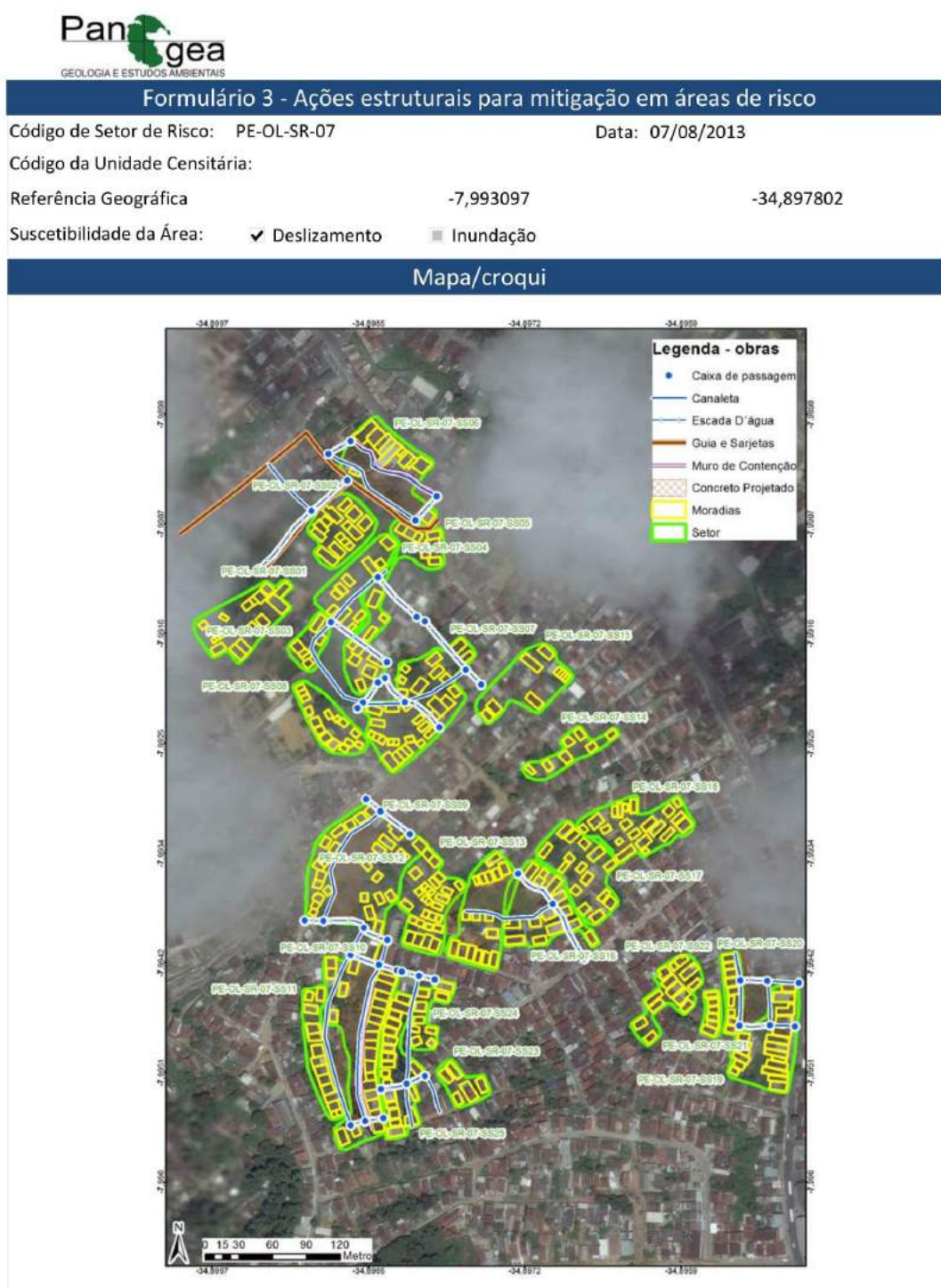
Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.20 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-06.



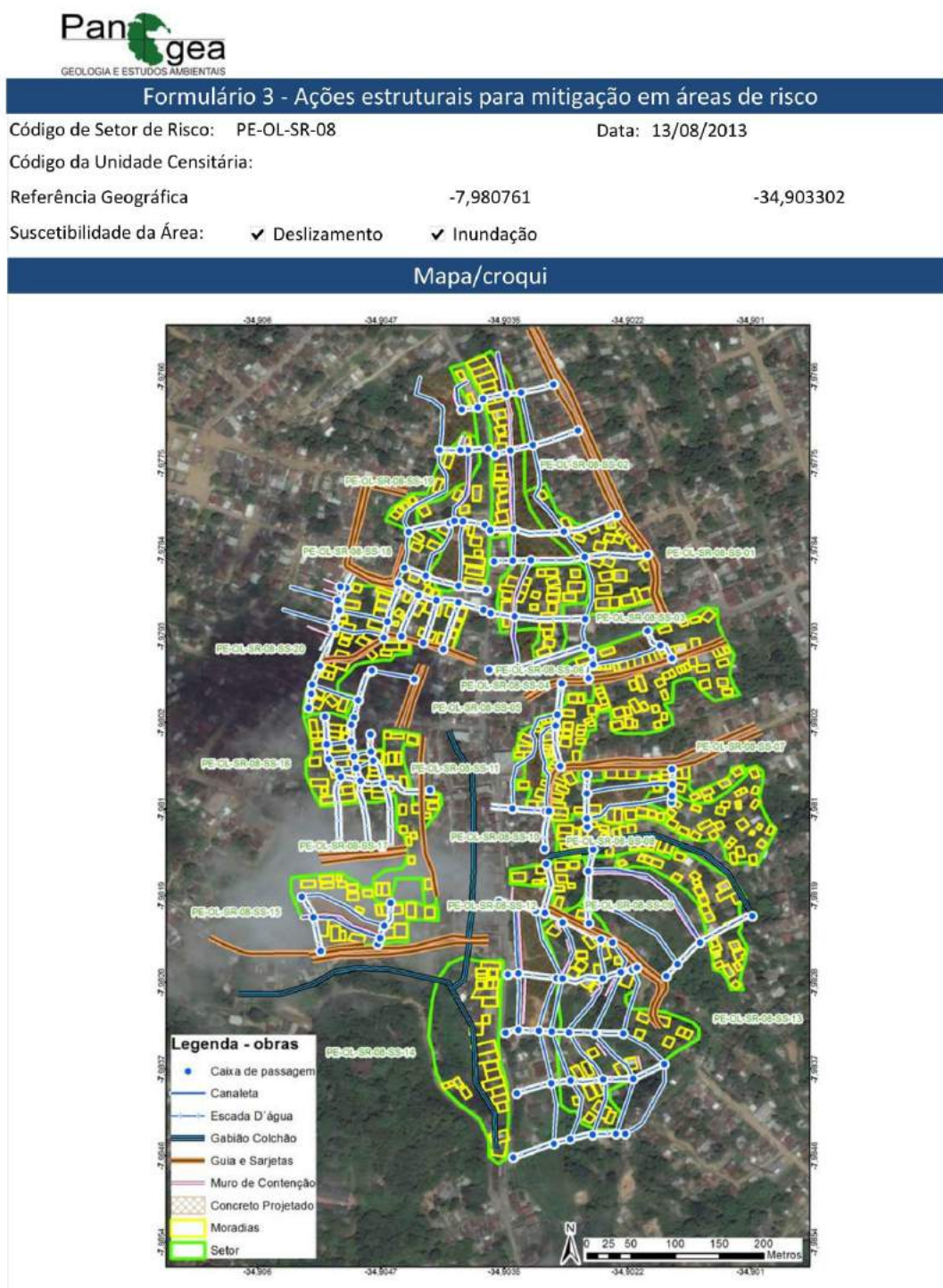
Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.21 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-07.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.22 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-08.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.23 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-09.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.24 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-10.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.25 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-11.



Fonte: Pangea (2013).

Figura 7.26 – Ações estruturais propostas para o Setor PE-OL-SR-12.



Fonte: Pangea (2013).

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

8.1 – CONCLUSÕES

Para a realização desta dissertação, o autor buscou aliar a experiência profissional obtida 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 (GEGEP) da UFPE, coordenado pelo professor Roberto Quental Coutinho, desde Novembro de 2014 até os dias atuais .

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 8.1.

Quadro 8.1 – 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.

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

Fonte: Pangea (2013).

No que tange à capacidade de prevenção e resposta do município a desastres naturais, Olinda apresentou insuficiência em duas capacidades: sistema de abrigamento e estoque estratégico mínimo; e 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, recomenda-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;

- 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;
- 10) Em áreas de risco alto a muito alto estabelecer áreas para depósito de lixo em containers fechados para posterior coleta.

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, com o intuito de se vincular ao projeto de Monitoramento de Morros para a Prevenção de Riscos de Deslizamento. O projeto, estabelecidos em alguns municípios do Brasil, como Recife e Salvador, visa a instalação de sensores geotécnicos que monitoram, online e em tempo real, a movimentação de terra em morros e encostas nas áreas de risco de deslizamento.

8.2 – SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

É recomendando fazer um mapeamento de maior escala, abrangendo as demais áreas de risco do município de Olinda-PE, pois neste trabalho foram mapeadas apenas 12 áreas de risco.

Verifica-se a necessidade de maior conhecimento das características geotécnicas/petrofísicas local destinada ao detalhamento das características do solo, nas áreas de ocorrência de processos de movimentos de massa, subsidiando assim a adoção de intervenções preventivas e corretivas nas áreas estudadas.

Sugere-se a realização de estudos de análise de estabilidade, para propor obras de contenção das encostas de forma mais coerente.

Realizar estudos de detalhes da bacia hidrográfica que corta a cidade a fim de propor as melhores obras a serem realizadas nos setores de inundação.

O grau de risco de cada local é sujeito a alteração em função das frequentes modificações provocadas pelas ações antrópicas ou pela própria evolução dos relevos e processos do meio físico causadores de desastres. Portanto, é importante realizar o acompanhamento da dinâmica das áreas de risco para que o mapeamento esteja em constante atualização, sendo considerado para propor soluções de mitigação em áreas prioritárias ao longo do tempo e para o controle da ocupação das áreas ainda não

habitadas. Para a validação da suscetibilidade/perigo encontrada em cada subsetor estudado, sugere-se a elaboração de um mapa com a localização espacial das ocorrências.

Com o advento da tecnologia, seria interessante incorporar VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), ou simplesmente DRONES, ao mapeamento de áreas de risco, ocasionando em um aumento da produtividade, aliada a qualidade na cobertura e aquisição de imagens em uma determinada área, assim como um maior detalhamento do terreno, e a diminuição de custos de mão de obra, já que para operar um drone em campo é necessário apenas 1 pessoa, reduzindo assim as equipes de campo, pois o trabalho programado para 2 semanas, poderia ser facilmente realizado em 2 dias. Porém a utilização de Drones é limitada a serviços de reconhecimento e aquisição de dados, principalmente topográficos. A avaliação da vulnerabilidade e das evidências de campo ainda demandam visitas de campo.

REFERÊNCIAS

AGS – AUSTRALIAN GEOMECHANICS SOCIETY. **Australian GeoGuides for slope management and maintenance**. Australian Geomechanics Society, Australian Geomechanics, 42 No 1, March 2007. Disponível em: Acesso em 14 de março de 2016.

ALCÁNTARA – AYALA, I. 2002. **Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries**. Geomorphology 47 (2002) p. 107-124.

ALHEIROS, M. M. **Riscos de Escorregamentos na Região Metropolitana do Recife**. Tese de doutorado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, 129 p. 1998.

ALHEIROS, M. M. SOUZA, M. A. A., BITOUN J., MEDEIROS, S.M. G. M., AMORIM JÚNIOR, W. A. **Manual de ocupação dos morros da Região Metropolitana do Recife**. FIDEM, 2003. 384p.

ALHEIROS, M. M. **Gestão de Riscos Geológicos no Brasil**. In: Revista Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental. ABGE, São Paulo, SP, 2011. V.1. pp. 109-122.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. **Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, p. 1046-1049, nov/dez 2010.

ARAÚJO, P. C. de. **Análise da susceptibilidade a escorregamento: uma abordagem probabilística**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

AUGUSTO FILHO, O. (1992). **Caracterização Geológica-geotécnica voltada à Estabilização de Encostas: Uma proposta Metodológica**. In Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas, Rio de Janeiro. ABMS-ABGE-ISSMGE, Vol. 2, pp.721-733.

BANDEIRA, A. P. **Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no município de Camaragibe-PE**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 209 p. 2003.

BANDEIRA, A. P. **Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de riscos de escorregamentos de encostas na região metropolitana do Recife**. Recife, 2010. Tese de doutorado em Engenharia Civil. UFPE, Recife-PE.

BARBOSA, J. A.; SOUZA, E. M.; NEUMANN, V. H. **A Estratigrafia da Bacia Paraíba: Uma reconsideração**. Revista Estudos Geológicos. V. 13: 89-108. 2003.

BARBOSA, R. M. R. **Resiliência comunitária: superando vulnerabilidades e enfrentando desastres**. 2013. Disponível em: unuhospedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/download/4701/4568. Acessado em: 09 de junho de 2016.

BATISTA, L. F. D. R. **Estudo de indicadores de risco de inundação no município do Cabo de Santo Agostinho**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015. 90p.

BATISTA, P. H. L.; ALMEIDA, J. P. de; CABRAL, P. R. C.; GALVÃO, T. **Carta Geotécnica de aptidão à urbanização frente aos desastres: instrumento de suporte ao planejamento territorial com apoio do Ministério das Cidades**. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 15, 2015, Bento Gonçalves, RS. Anais... São Paulo: ABGE, 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4ª. ed. São Paulo: Ícone, 1999. Cap. 7, p. 68-93.

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.

BEURLIN, K. **Estratigrafia da faixa costeira Recife-João Pessoa**. Bol. Geol. São Paulo, SP. 16(1): 43-53. 1967a.

BEURLIN, K. **Paleontologia da faixa costeira Recife-João Pessoa**. Bol. Geol. São Paulo, SP. 16(1): 73-79. 1967b.

BIGARELLA, J.J.; PASSOS, E; HERRMANN, M.L. de P.; SANTOS, G. F, dos; MENDONÇA, M.; SALAMUNI, E.; SUGUIO, K. (2003) **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 3. Florianópolis: Ed. da UFSC. p. 877-1436.

BIGARELLA, J. J. **Processos erosivos, aspectos erosivos e denudacionais, erosão superficial, erosão em canais, ravinas e voçorocas**. In: BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. 2ª Edição. ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, v. 3, 2007. Cap. 15, p. 884-939.

BOTELHO, R. G. M. **Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005.

BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. **Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática**. ABEP, Caxambú, MG. 2006.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Gestão e mapeamento de riscos socioambientais: Curso de capacitação**. 2010. 193p.

BRASIL. LEI n. 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil**. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acessado em 11 de fevereiro de 2016.

BRITO, S. N. A.; OLIVEIRA, A. M. S. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE. 1998.

BUSSO, C. (2002). **Vulnerabilidad sociodemografica en Nicaragua: un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza**. Santiago de Chile. CEPAL/ECLAC.

CARDONA, O.D. **Indicators for Disaster Risk Management. First Expert Meeting on Disaster Risk Conceptualization and Indicator Modelling, Manizales**. National University of Colombia, March, 2003.

CARDONA, O. D. (2008). **Medición de la gestión del riesgo en América Latina**. Revista Internacional de Sustentabilidad, Tecnología e Humanismo 3, 1-157.

CARNEIRO, M. C. S. M.; **Tecnologia da Geoinformação no Monitoramento da Erosão Costeira – Estudo a Partir de Olinda**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais. Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE. 2003. 208p.

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M; MELO, M. T. S. **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Universidade de Brasília. FINATEC, Brasília, 2006. 464 p.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. Ministério das Cidades. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, Brasil, 2006. 111p.**

CARVALHO, C. S.; MACEDO E. S.; OGURA, A. T. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007a. 176 p.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil**. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional/ Departamento de Defesa Civil. 133 p. 2003.

CEPED UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Brasil**. 2ª Ed. Revisada e ampliada. Florianópolis, 2013. 126p.

CEPED UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Metodologia de avaliação de vulnerabilidade para mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações: proposta piloto em Santa Catarina, Florianópolis**. Santa Catarina. 2014. 48 p.

CEPREDENAC – Centro de Coordinación para La Prevencioón de lós Desastres Naturales em Américas Central. **La Gestión Local Del Riesgonociones y precisiones em torno al concepto y La práctica**. Guatemala, 2003.

COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. S.; SATO, A. M.; FERNANDES, M. C.; OLIVEIRA, R. R.; COSTA, R. V. C. da; BARBOSA, L. da S.; LIMA, P. H. M.; LACERDA, W. A. L. (2013). **Metodologia para elaboração de cartas de suscetibilidade e risco a movimentos de massa (escala 1:5.000): aplicação na área central de Angra dos Reis (RJ)**. VI COBRAE - Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, Angra dos Reis: ABMS, v. 1. p. 203-210.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. **Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, p. 743-753, jul/ago 2003

COUTINHO, R. Q.; BANDEIRA, A. P. N. **Gerenciamento de áreas de riscos: Ações estruturais e não estruturais**. In: LACERDA, W. A.; PALMEIRA, E. M.; COELHO NETO, A. N.; EHRLICH, M. (Org.) Desastres Naturais: Suscetibilidade e Riscos, Mitigação e Prevenção Gestão e Ações Emergenciais. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2012, v.1, p. 163-178

COUTINHO, R. Q.; SILVA, M. M. **Apostila de Estabilidade de Taludes**. Desenvolvimento de material didático ou instrucional. Recife – Deptº de Eng. Civil - UFPE, 2006.

COUTINHO, R. Q. (Coord.). **Avaliação da vulnerabilidade e do risco em áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações em Pernambuco**. Relatório Técnico. Recife: Termo de Cooperação Ministério da Integração Nacional / Secretaria Nacional de Defesa Civil e Universidade Federal de Pernambuco; GEGEP; UFPE.2015.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. - **Landslide Types and Processes**. In Landslides Investigation and Mitigation. Cap 2. (Eds.) – Turner, A.K Schuster, R.L. National Academy Press, Special Report 247. Washington, 1996, p. 337-370.

DAI, F. C.; LEE, C. F. **Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS**. Lantau Island, Hong Kong. Geomorphology, v. 42, n. 3-4, p. 213-228, Jan. 2002.

DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Disponível em: <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>. Acessado em: setembro de 2016.

DIAS, F. P.; HERRMANN, M. L. P. **Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis**. Revista Universidade Rural, v. 21(1). 2002. p. 91-104. Disponível em: <http://www.editora.ufrj.br/revistas/exatas/rce/v21n1/07.pdf> Acesso em: 07 de fevereiro de 2017.

EHRLICH, M.; SILVA, L. F. M. da. **Sistemas de CONTENÇÃO de Solos Reforçados**. In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas – COBRAE, Rio de Janeiro. pp. 35 – 45. 1992.

FERNANDES, J. A. **Estudo de erodibilidade de solos e rochas de uma voçoroca em São Valentin, RS**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2011. 127p.

FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. 1996. **Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica.** In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org) Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand, Rio de Janeiro. p. 123-194.

FENDRICH, R.; OBLADEN, N.L.; AISSE, M.M.; GARCIAS, C.M. **Drenagem e controle da erosão urbana.** 3.ed. São Paulo: IBRASA. Curitiba, Ed. Universitária Champagnat, 1991. 442p.

FLAUZINO, B. K. **Degradação do solo pela erosão hídrica e capacidade de uso em sub-bacia hidrográfica piloto no sul de Minas Gerais.** Dissertação, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, Minas Gerais, 2012.

GOMES, F. S. **Estudo da erodibilidade e parâmetros geotécnicos de um solo em processo erosivo.** Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco, 2001.

GOMES, E. R. B.; CAVALVANTE, A. C. S. **Desastres naturais: perdas e reações psicológicas de Vítimas de Enchente em Teresina – PI.** 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010271822012000300025&lang=pta. Acessado em: 26/05/2016.

GRACIOSA, M. C. **Modelo de seguro para riscos hidrológicos com base em simulação hidráulico-hidrológica como ferramenta de gestão do risco de inundações.** Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. 2010, 162p.

GRAY, D. H. e LEISER, A. J. (1982), **Role of Vegetation in Stability and Protection of Slopes.** In: Biotechnical Slope Protectional and Erosion Control. New York. Van Nortrand Reinhold. pp. 37-65.

GUERRA, A. J. T. **Erosão e Conservação de Solos: conceitos, temas e explicações.** Bertrand. Rio de Janeiro, Brasil, 1999. Cap.1, p.17-50.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos solos e a questão ambiental.** In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Org.). Reflexões sobre a geografia física do Brasil. São Paulo: Bertrand Brasil, 2004.

GUSMÃO FILHO, J.A.; JUCÁ, J.F.T.; JUSTINO DA SILVA, J.M. 1992b - **Efeitos do lençol freático nos mecanismos de movimentação das encostas de Olinda.** Rev. Solos e Rochas 16(2):133-139.

GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. (1984). **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação.** São Paulo: 2ª ed. Edgard Blücher, 194 p.

HENRIQUE, H. M. **Mapa de risco a deslizamento e erosão do bairro de Rurópolis, município do Ipojuca-PE.** Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco. 2014.

HUTCHINSON, J.N. **General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology.** Proceedings, 5th International Symposium on Landslides (Lausanne), Rotterdam, Balkema, p. 3-35, 1988.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Ocupação de encostas. Coord. Cunha, M. A. São Paulo. 1991.

IPT (1994). **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo.** 2V (IPT – Publicação 2089).

JHA, A. K.; BLOCH, R.; LAMOND J. **Cidades e Inundações: Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI.** Associação de Desenvolvimento Internacional ou Banco Mundial. Washington DC. 2012.

JTC-1 (Joint Technical Committee 1 – Landslides and Engineered Slopes, da ISSMGE, IAEG e ISRM). **Manual para o zoneamento de susceptibilidade de perigo e risco de escorregamento.** Disponível em:

http://www.emtermos.com.br/abms/site/conteudo/JTC1_Portugues.doc. Acessado em: 24 de fevereiro 2016.

KEGEL, W. **Geologia do Fosfato de Pernambuco.** DNPM, Div. Geol. Mineral. Bol. Rio de Janeiro, 157p. 1955.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.;MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M. 2006. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos.** Curitiba: Ed. Organic Trading. 109 p.

LAFAYETTE, K. P. V.; CANTALICE, J. R. B.; COUTINHO, R. Q. **Resistência à erosão em ravinas, em latossolo argiloarenoso.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2167-2174, Dec. 2011.

LÁZARO, L. L. B. **Desastres naturais e vulnerabilidade: caso do município de Petrópolis - Rio de Janeiro.** 2014. Disponível em: http://www.ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=cstpopea:alunos:desastres_natureiraiseavulnerabilidade-lira.pdf. Acessado em: 29 de dezembro de 2016.

LICCO, E. A. **Vulnerabilidade social e desastres naturais: uma análise preliminar sobre Petrópolis, Rio de Janeiro.** Revista de Meio Ambiente, Saúde e Sustentabilidade. ISSN 1980-0894, Dossiê, Vol. 8, n. 1, 2013.

LIMA, L. M. **Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Porto Alegre, 2010. 174p.

LOPES, E. S. S. **Modelagem espacial dinâmica aplicada ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar paulista, na escala de 1:10.000.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2006.

LLOPIS TRILHO, G. **Control de la Erosión y Obras de Desague.** Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes. Entorno Grafico S. L., Madri. (1999).

LEROUÉIL, S. **Geotechnics of Slopes Before Failure.** In: IX International Symposium on Landslides”. Rio de Janeiro. 2004, Anais. vol.2, p. 863-884.

MACEDO, E. S.; MIRANDOLA, F. A. **Análise da classificação de risco de movimentos de massa utilizada no Brasil e proposta de melhoria nos critérios de decisão.** III Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana IPT, São Paulo, Brasil. 2016.

MACEDO, E. S. **Desastres naturais: causas e consequências.** Geociência. (São Paulo), São Paulo, v. 27, n. 1, jan. 2008. Disponível em: http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-90822008000100022&lng=pt&nrm=iso. Acessado em: 01 de novembro de 2016.

MACEDO, E.S.; MARTINS, P. P. D. **Análise do banco de dados de mortes por deslizamentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLÓGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 15., 2015, Bento Gonçalves. Anais. São Paulo: ABGE, 2015. Cd rom. 7p.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos.** Caderno Didático nº 1. INPE/CRS, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

MARQUES, J.A.P. **Estudo de metodologia de avaliação de risco a escorregamento de terra em área urbana: o caso do município de Juiz de Fora – MG.** Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011. 145p.

MARTINI L. C. P.; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; OLIVEIRA, M. A. T. **Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas.** Geol. USP, Sér. cient. v.5 n.2 São Paulo mar. 2006.

MOURA, R. B.; CANIL, K. **Medidas estruturais adotadas em áreas de risco de movimentos gravitacionais de massa e sua contribuição para construção de cidades resilientes.** III Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana IPT, São Paulo, Brasil. 2016.

NEVES, R. A. T. **O combate às enchentes no município de Santo André – SP: caracterização socioambiental do problema e subsídios dos afetados ao planejamento das ações de defesa civil.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, 2008. 248p.

NUNES, A.L.L.S. **Estabilidades de Taludes Rochosos em Estradas.** Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, 6º Geosul'2008, ABMS, Florianópolis, Santa Catarina, Anais, p. 1-11.

OLIVEIRA, M. A. T. **Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas.** In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. (orgs.). Erosão e Conservação dos Solos. Conceitos Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro, 1999.

O'RIORDAN, T. **Precautionary Principle.** In: Tolba, M. K. (ed): Encyclodia of Global Environmental Change, vol. 4. Chichester, UK: John Wiley. (2002).

PANGAEA – GEOLOGIA E ESTUDOS AMBIENTAIS. **Levantamento de Dados e Análise de Vulnerabilidade a Desastres Naturais para a Elaboração de Mapas de Risco e Apresentação de Propostas de Intervenções para a Prevenção de Desastres.** São Paulo, 2013.

PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO S. C. **Considerações a respeito dos condicionantes utilizados em pesquisas envolvendo movimentos de massa.** Geolingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Maringá, v. 5, n. 1, p. 102-124, 2013.

RAMOS, C. **Dinâmica Fluvial e Ordenamento do Território.** Centro de Estudos Geográficos – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009. 78p.

RODRIGUES, K. P. **Método de avaliação de risco de deslizamento aplicado ao Morro da Carioca, Angra dos Reis – RJ.** Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SAITO, S. M. **Desastres naturais e geotecnologias - Vulnerabilidade -** Caderno didático n ° 6. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / CRS. p. 9. 2011.

SANCHEZ, R. B.; JUNIOR, J. M.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; FILHO, M. V. M. **Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas.** Bragantina, Campinas, v. 68, 2009. p. 1095-1103.

SANTANA, R. G. **Análise de soluções de engenharia para estabilização de encostas ocupadas na Região Metropolitana do Recife – PE.** Estudo de caso: Ruptura ocorrida em encosta com ocupação desordenada na UR 2, Ibura. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2006.

SANT'ANA, K.D.A. **Avaliação de susceptibilidade à erosão em áreas utilizadas para treinamentos militares: campo de instrução de Santa Maria (CISM).** Dissertação de Mestrado (Geografia-Geociências), Santa Maria, 2011.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental.** Brasília. 2007b. 192 p.

SANTOS, F. P. D.; BAYER, M.; CARVALHO, T. M. D. **Compartimentação pedológica da Bacia do Rio dos Bois, municípios de Cezarina, Varjão, Guapó e Palmeira de Goiás (GO) e sua relação com a suscetibilidade e risco à erosão laminar.** Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 28, p. 103-124, jul/dez 2008.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ M. S. P. **Sensoriamento Remoto para Desastres.** Editora Oficina de Textos. 2015, 288p.

SELBY, M. J. **Hillslope: materials and process.** Oxford. England: Oxford University Press, 1993. p.451.

SHARPE, C.F.S. **Landslides and Related Phenomena**. Columbia University Press, New York, 1938.

SILVA, L. F. M. DA & EHRLICH, M. **Muros de Solos Reforçados com Geotêxteis – Uma Opção para Estabilização de Taludes**. In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas – COBRAE. Rio de Janeiro, 1992. pp. 15-33.

SILVA, F. B. R.; SILVA, M. A. V.; BARROS, A. H. C.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SOUZA NETO, N. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O. F.; 165 Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, Set. 2010 LUZ, L. R. Q. P.; LEITE, A. P.; COSTA, L. G. M.; SILVA, C. P. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE**. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária). (Embrapa Solos. Documentos; no. 35). ZAPE Digital, CD-ROM. 2001.

SILVA, R. R. **Proposta para estabilização de uma encosta ocupada em Camaragibe-PE com consideração de um tratamento global**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Recife, 2010.

SILVA, I. S. **Desastres naturais no Brasil: ações adotadas pelo governo federal após 2011**. Especialização. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2015.

SILVEIRA, R.D. **Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé, RS**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007. 154 p.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2017. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acessado em: 20/01/2017.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2003. 400 p.

TINOCO, I. M. **Foraminíferas e a Passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco**. Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado. São Paulo, SP. 147 p. 1971.

TOMINAGA, L. K. 2007. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP**. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado. São Paulo, 2007. P. 220

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. Instituto Geológico, São Paulo, 2009.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. 2003.

TWIGG, J. **Características de uma comunidade resiliente aos desastres**. 2 ed. Londres. 2009. 84p. Disponível em: http://www.academia.edu/6703093/Caracter%C3%ADsticas_de_uma_Comunidade_Resiliente_aos_Desastres_NOTAS_DE_ORIENTA%C3%87%C3%83O. Acessado em: 25 de março de 2016.

UNDRO – UNITED NATIONS DISASTER RELIEF OFFICE. 1991. **UNDRO's approach to disaster mitigation**. UNDRO News, jan.-febr.1991. Geneva: Office of the United Nations Disasters Relief Co-ordinator. 20p.

UNISDR - THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. Geneva. 2009. Disponível em: <http://www.unisdr.org>. Acessado em: agosto de 2016.

UNISDR - THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Guia para Gestores Públicos Locais**. Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres, Genebra, 2012. Disponível em: http://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorespublicosweb.pdf. Acessado em: 14 março de 2016.

UNISDR - THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Marco de Ação de Hyogo**. 2005. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/Marco/MarcodeHyogoPortugues20052015.pdf>. Acessado em: 28 de agosto de 2016.

UNISDR - THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015 – 2030**. 2015. Disponível em: <http://nacoesunidas.org/conferencia-de-sendai-adota-novo-marco-para-reduzir-riscos-de-desastres-naturais-no-mundo>. Acessado em: 03 de agosto de 2015.

USGS - Science for a Changing World. **Landslide types and processes**. US: Departamento of Interior, 2004. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>> Acessado em: 28 de janeiro de 2017.

VALERIANO, M. M. **Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n. 3, p. 539 - 546, 2003.

VARNES, D.J. **Landslide types and processes**. In: E.B Eckel (ed.), *Landslides an Engineering Practice*. Highway Research Board, National Academy of Sciences, Washington, DC, Special Report 28, p. 20-47, 1958.

VARNES, D. J. (1978). **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Sci. Soc. of Am. J., V. 44, p. 892-898.

VARNES, D.J. 1984. **Landslide Hazard Zonation: Review of Principles and Practice**. UNESCO Press, Paris. 56 p.

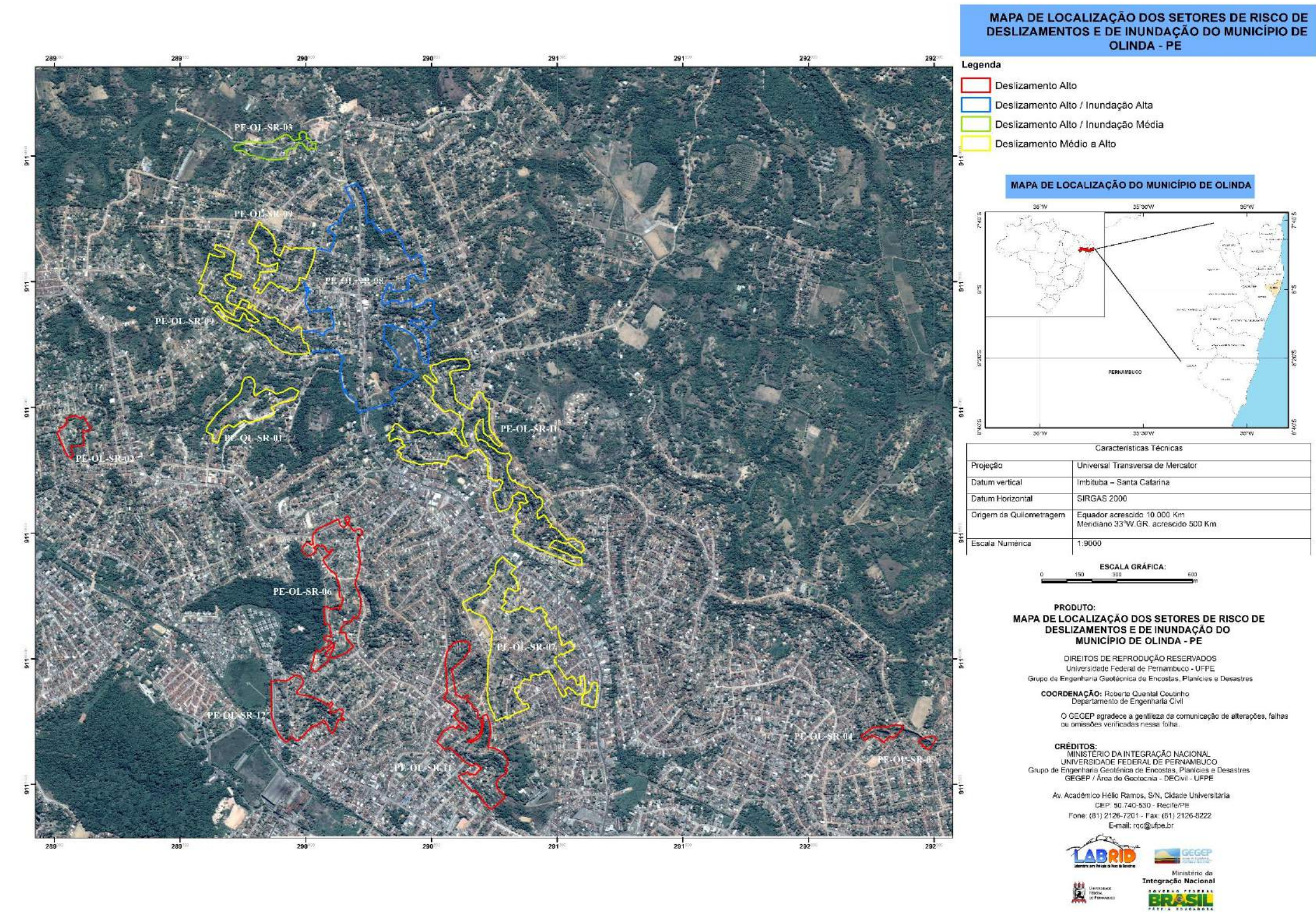
VEDOVELLO, R. **Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico – aplicação expansão urbana.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993. 88p.

VEDOVELLO, R; MACEDO, E. **Deslizamentos de encostas.** In: SANTOS, R. F. (org.). Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília, Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2007. p. 75 – 94.

ZUQUETTE, L. V.; CARVALHO, J. A. R.; YAMANOUTH, G. R. D. B. **Feições erosivas na bacia do córrego do Espraiado, São Pedro (SP), seus tipos e evolução entre 1972 - 2002.** Revista Brasileira de Geociências, Curitiba, v. 37, p. 414-425, junho 2007.

ANEXOS

ANEXO I – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS SETORES DE RISCO DE DESLIZAMENTO E DE INUNDAÇÃO DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



ANEXO II – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-01 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



ANEXO III – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-02 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



ANEXO IV – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO/INUNDAÇÃO PE-OL-SR-03 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



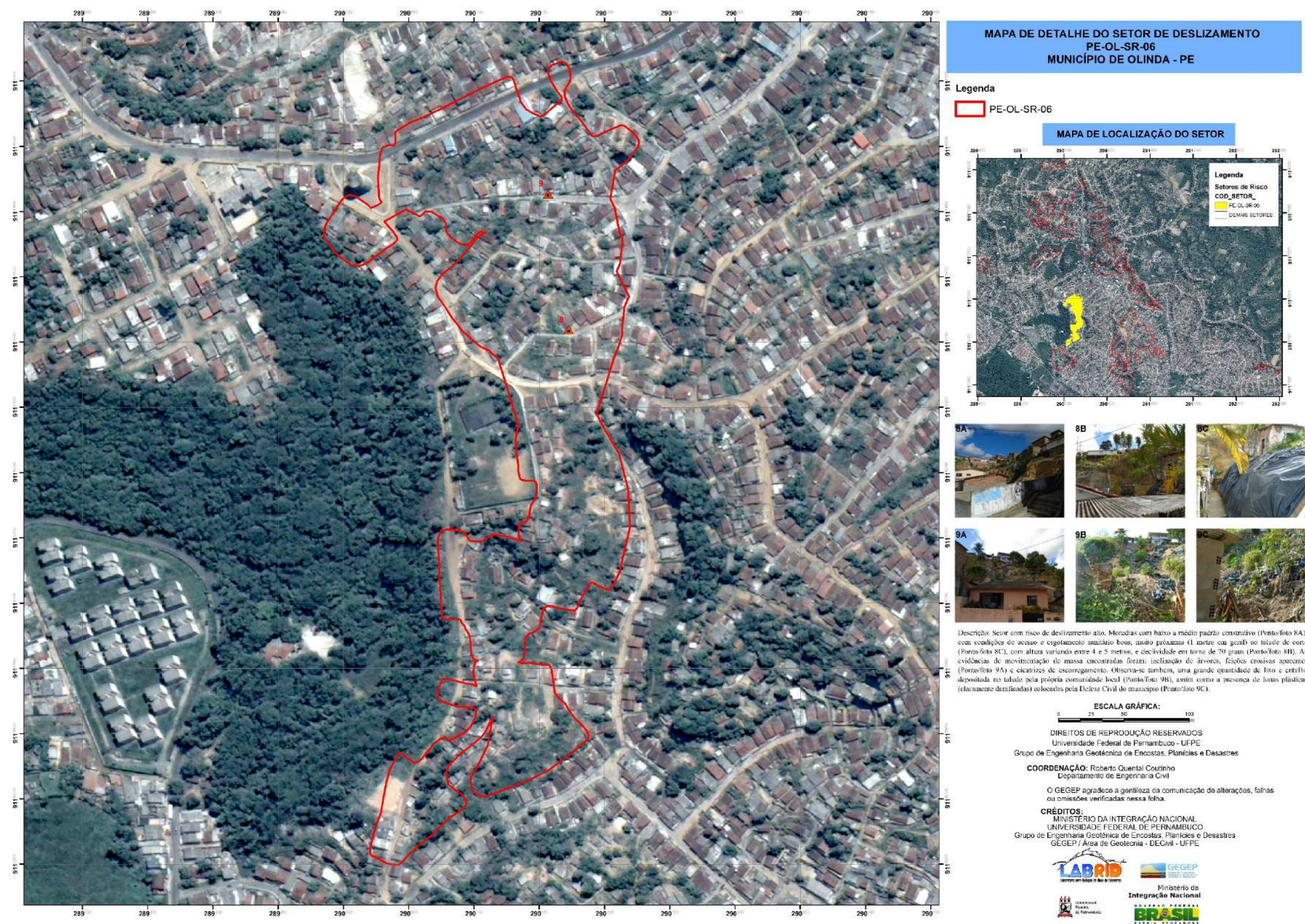
ANEXO V – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-04 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



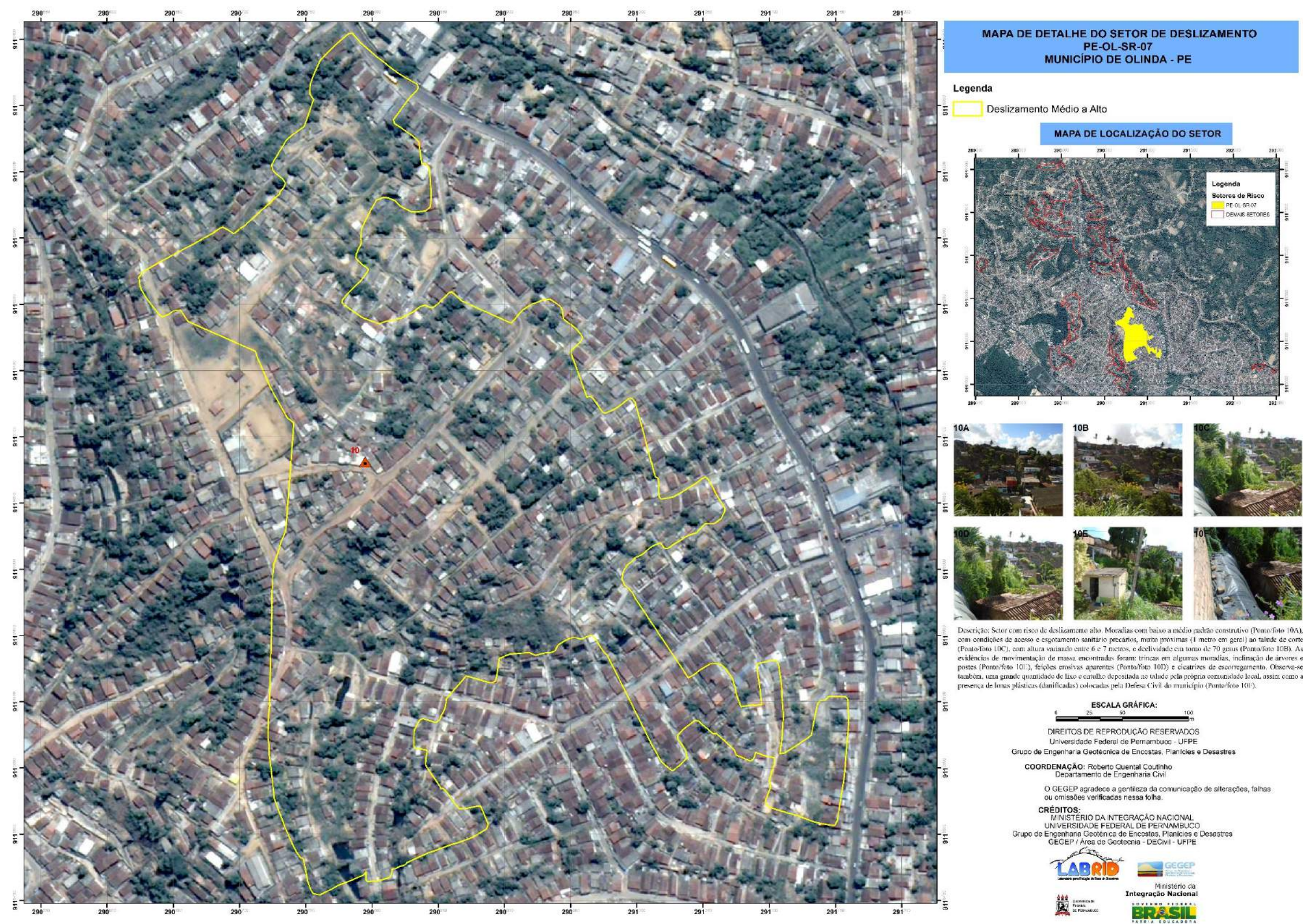
ANEXO VI – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-05 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



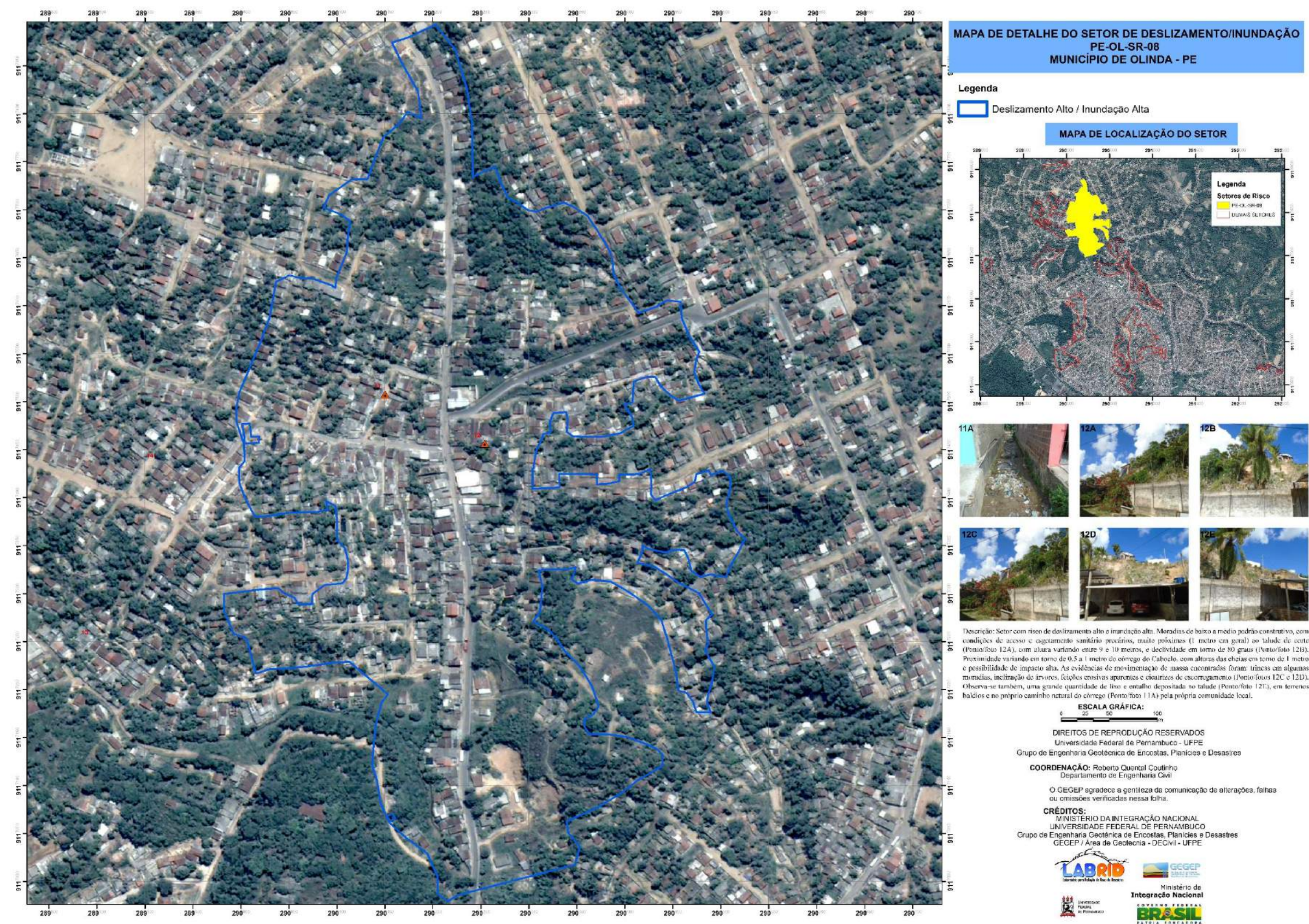
ANEXO VII – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-06 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



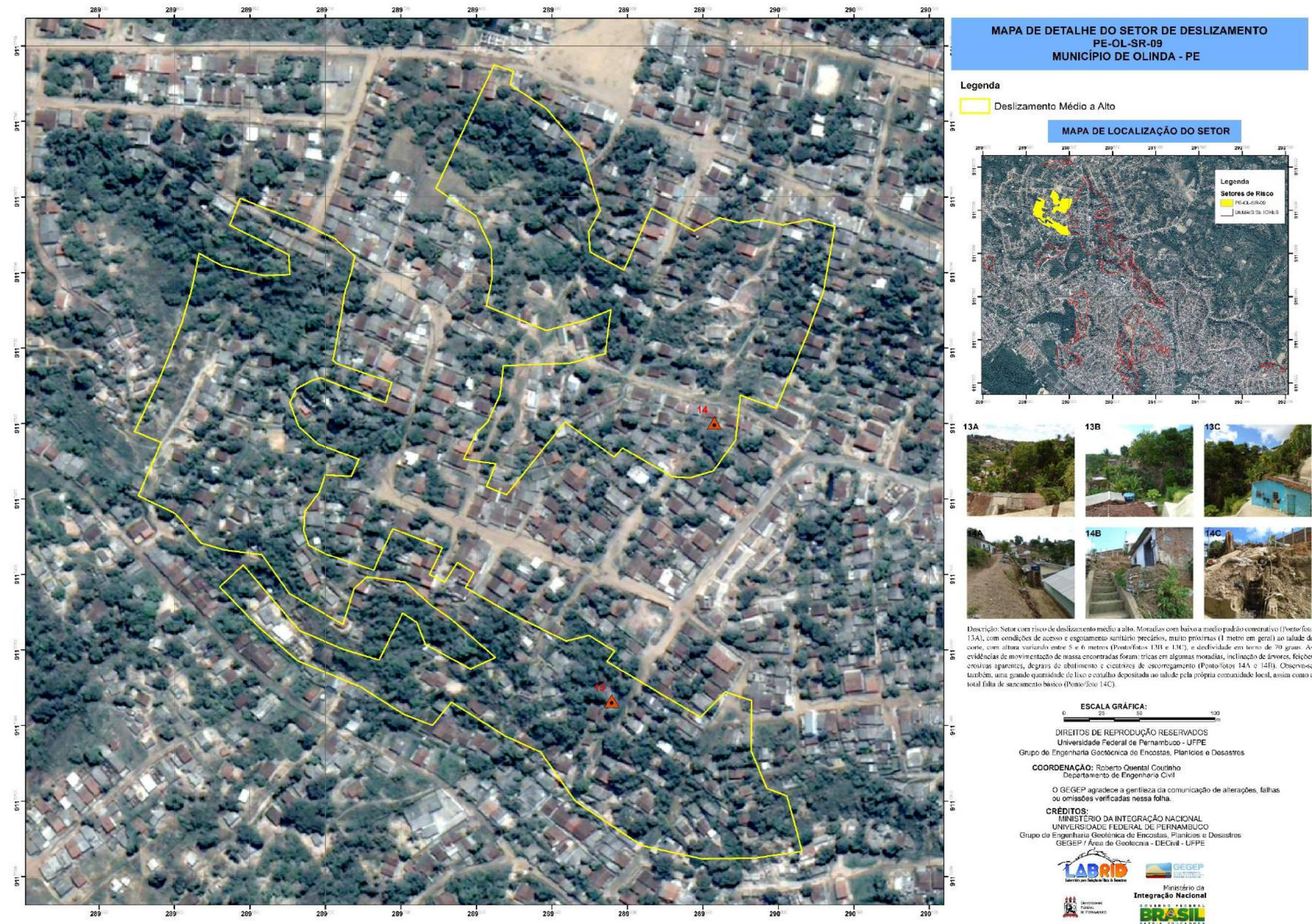
ANEXO VIII – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-07 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



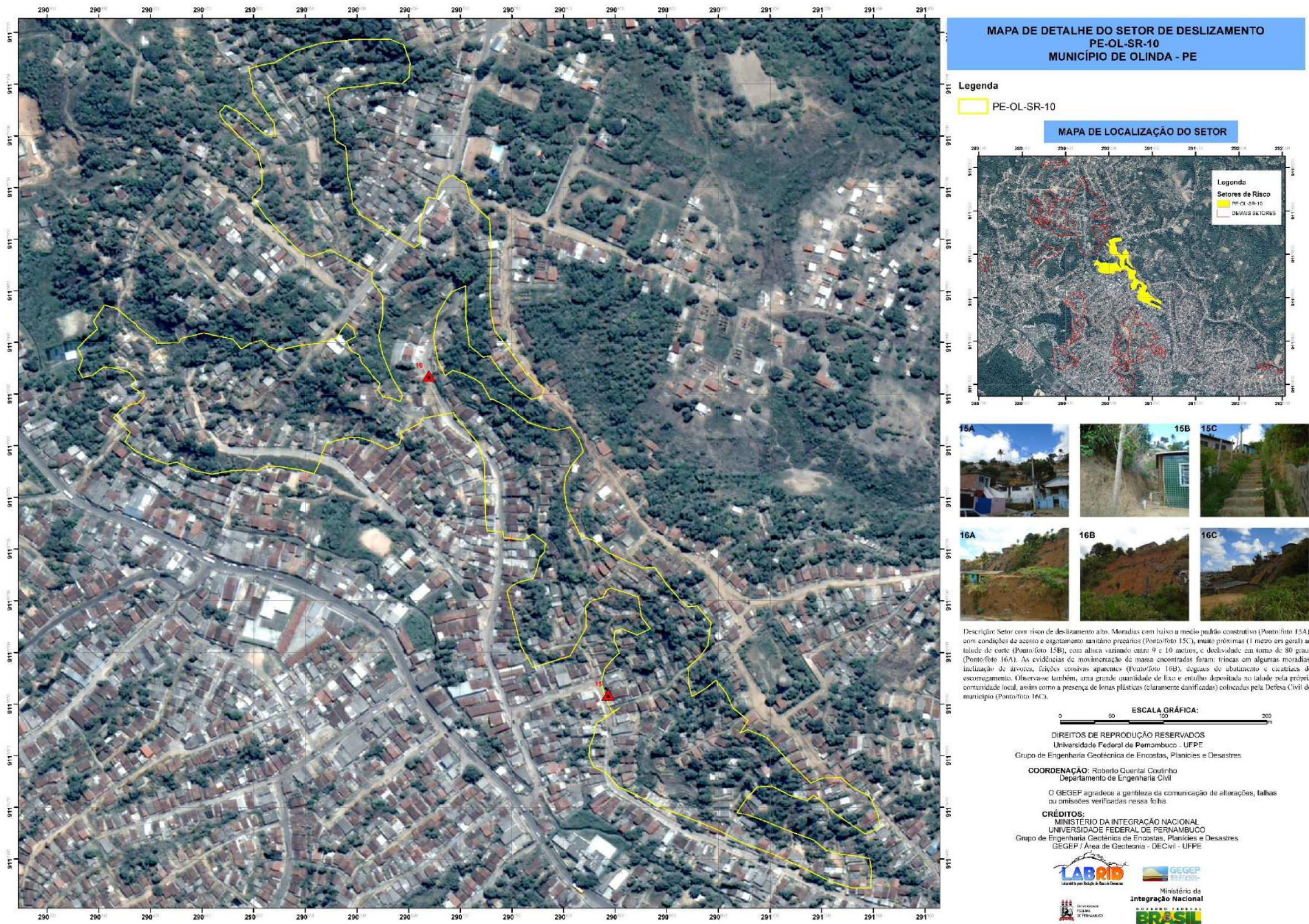
ANEXO IX – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO/INUNDAÇÃO PE-OL-SR-08 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



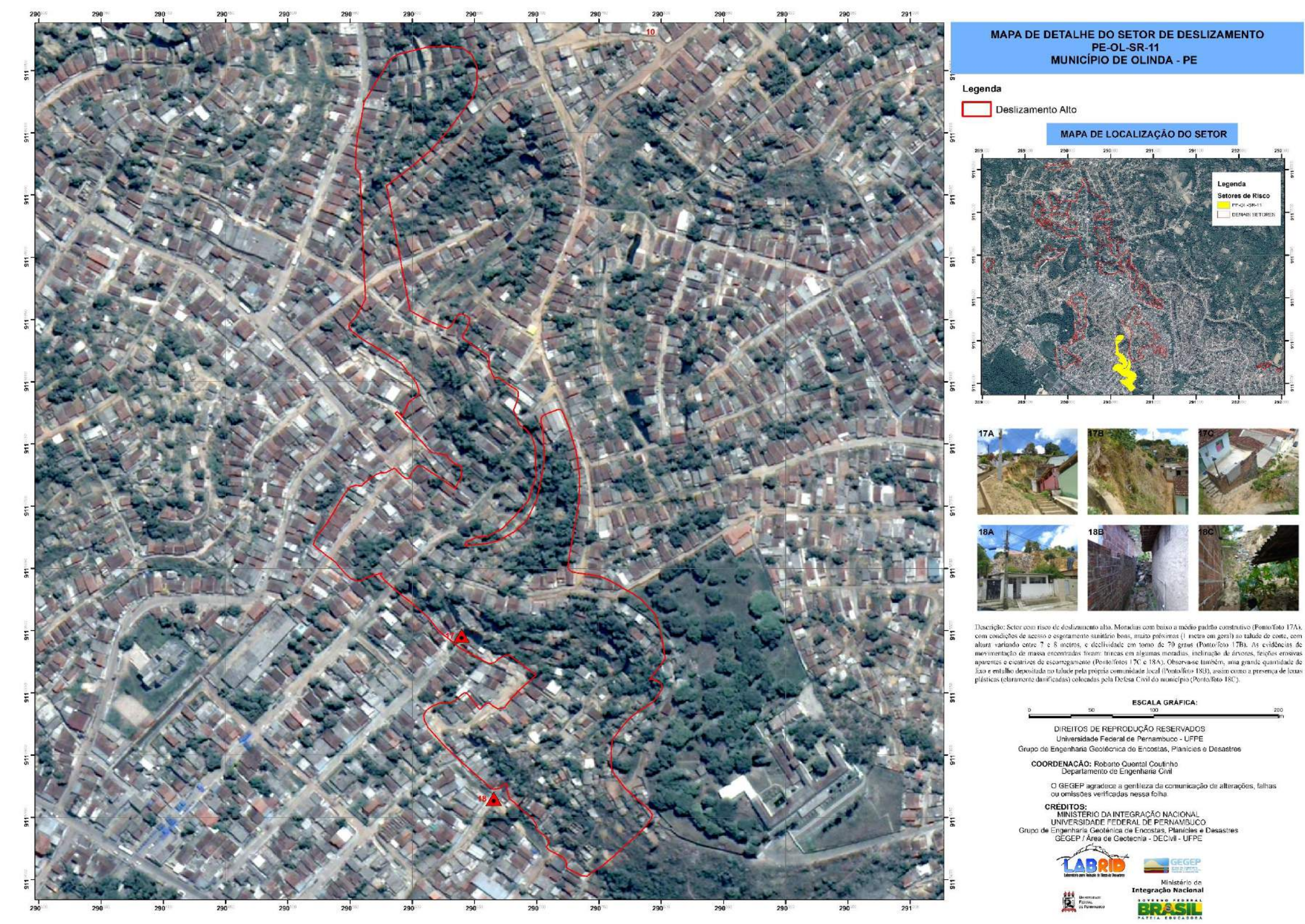
ANEXO X – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-09 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



ANEXO XI – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-10 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



ANEXO XII – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-11 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE



ANEXO XIII – MAPA DE DETALHE DO SETOR DE DESLIZAMENTO PE-OL-SR-12 DO MUNICÍPIO DE OLINDA-PE

