



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
DOUTORADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**PARÂMETROS TÉCNICOS PARA GERENCIAMENTO DE
ÁREAS DE RISCOS DE ESCORREGAMENTOS DE ENCOSTAS
NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

AUTORA: ANA PATRICIA NUNES BANDEIRA

ORIENTADOR: ROBERTO QUENTAL COUTINHO

CO-ORIENTADORA: MARGARETH MASCARENHAS ALHEIROS

RECIFE, MAIO DE 2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

B214p

Bandeira, Ana Patrícia Nunes

Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de riscos de escorregamentos de encostas na região metropolitana do Recife / Ana Patrícia Nunes Bandeira. – Recife: O Autor, 2010.
xviii, 340 f.; il., gráfs., tabs., mapas.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010.

Inclui Referências Bibliográficas.

1. Engenharia Civil. 2. Gerenciamento de Áreas de Riscos. 3. Deslizamentos de Encostas. 4. Chuvas Críticas. I. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2010-090

O meu Deus é o Deus do impossível!

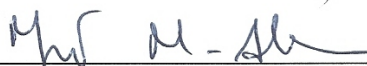
**PARÂMETROS TÉCNICOS PARA GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE
RISCOS DE ESCORREGAMENTO DE ENCOSTAS NA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE**

Ana Patrícia Nunes Bandeira

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL



Roberto Quental Coutinho
Orientador, D. Sc.



Margareth Mascarenhas Alheiros
Co-Orientador, D. Sc.



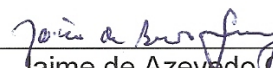
Eduardo Soares de Macedo
Examinador Externo, D. Sc.



Marcus Peigas Pacheco
Examinador Externo, Ph. D.



Antônio Carlos de Barros Corrêa
Examinador Externo, D. Sc.



Jaime de Azevedo Busmão Filho
Examinador Interno, D. Sc.

Recife, PE
Maio de 2010

Dedicatória:

A meu esposo Adriel Espíndola pela sua compreensão e colaboração a este trabalho; ao meu filho Filipe Nunes Bandeira, motivo de minhas conquistas; aos meus pais, João N. Ventura e Maria José S. Ventura, pelos imensos esforços em me ingressar numa universidade, o início de tudo; a meus irmãos João Alberto de Souza Nunes e Paula Hemília de Souza Nunes pela valorização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela sua misericórdia e pelo seu imenso amor.

Ao professor Roberto Quental Coutinho, pela orientação desta tese e de todas as minhas atividades de pesquisas anteriores, iniciada em agosto de 1998, através da iniciação científica, sob sua orientação.

À professora Margareth Mascarenhas Alheiros, pela orientação nesta tese por parte da Geologia de Engenharia e pela transferência dos conhecimentos durante a minha pós-graduação.

À Sônia Medeiros, gerente do Programa “Viva o Morro” da Agência Condepe/Fidem, pelo apoio e informações prestados.

Às Coordenadorias de Defesa Civil das Prefeituras Municipais do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes pela parceria, dando importantes informações, sem as quais este trabalho não seria possível.

Aos colegas da pós-graduação, pela amizade, contribuições e incentivo, Renata Regina da Silva, Karina Dourado, Isabela Bello, Ricardo Severo, Saul Guedes, Frankslale Meira, Marília Mary da Silva, Kalinny Lafayette, Everaldo Paulo da Silva.

Aos bolsistas de iniciação científica e estagiários pela colaboração, em especial a Fidel Castro, Aloma e Patrícia Espíndola. Aos técnicos do Laboratório de Solos e Instrumentação/UFPE pela contribuição, em especial a Severino Costa, Antônio Brito e Francisco Alves e estagiários Marlon e Fábio. Aos colegas da Secretaria do GEGEP, Rinaldo Júnior e Karina Carvalho. À Andréa Negromonte, secretária da Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE, pela atenção e alegria sempre presente.

À Universidade Federal de Pernambuco. À Coordenação de Apoio a Pesquisas (CAPES), pela concessão da bolsa. Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro através do Projeto PRONEX e Universal, essenciais para o desenvolvimento desta tese.

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

RESUMO

O crescimento das cidades associado à falta de política habitacional tem provocado graves problemas sociais, como a ocupação desordenada nas encostas. Como consequência da ocupação inadequada, associada aos condicionantes naturais (chuvas, litologia, declividade, forma da encosta etc.) é freqüente a ocorrência de movimentos de massa e erosões, provocando vítimas fatais no período chuvoso. É fato comum na Região Metropolitana do Recife e nas grandes cidades brasileiras. As recentes ocorrências de acidentes em todo o Brasil exigem ações de gerenciamento de áreas de risco, através dos gestores públicos e do envolvimento de equipes técnicas especializadas. Esta pesquisa teve por objetivo, melhorar o gerenciamento de áreas de riscos na RM-Recife por meio: do entendimento dos mecanismos dos principais processos atuantes nas encostas (erosão e escorregamento); do estudo dos materiais; e da chuva crítica que deflagra processos nas áreas de risco. A área de estudo abrangeu as cidades do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes, cujas possuem alta densidade demográfica e maiores registros de deslizamentos. Foram estudados os sedimentos das fácies da Formação Barreiras e os solos residuais de granito e de milonito. Para análise das chuvas acumuladas críticas, que deflagram movimentos de massa na área de estudo foram adquiridos pluviômetros (manuais e registradores) e instalados nas áreas, com objetivo de monitorar diariamente as precipitações pluviométricas. Através do acompanhamento das chuvas e da implantação de uma base de dados de ocorrência de acidentes em encostas no ano de 2009 foi possível identificar as chuvas críticas, de curto e longo prazos, que deflagraram os acidentes nas localidades. O parâmetro técnico de chuva crítica, em 72 horas, servirá de índice para o estado de Atenção da defesa civil e o de longo prazo como parâmetro para o estado do Alerta. Esses parâmetros auxiliarão a elaboração dos planos preventivos de defesa civil em cidades da RM-Recife. Nesta pesquisa também foi realizado um levantamento das ocorrências históricas na área de estudo, sendo possível identificar as localidades mais susceptíveis aos processos. Os resultados desta pesquisa permitiram compreender a influência dos materiais presentes nas encostas; a identificação da chuva crítica e subsidiar aos gestores de defesas civis para ações não estruturais de redução de riscos.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de Áreas de Riscos; Deslizamentos de Encostas; Chuvas Críticas.

ABSTRACT

The growth of the cities associated the lack of habitation politics has provoked serious social problems, as the disordered occupation in the hillsides. As consequence of the inadequate form of occupation in the hillsides, associate to the natural factors (rainfalls, geology, declivity, form of the hillside, etc.) is frequent the occurrence of landslides, provoking great number of fatal victims, in the rainy period. It is common fact in the Metropolitan Area of Recife and in the great Brazilian cities. The recent occurrences of accidents in all Brazil demand action of risk management, through the public managers and of the involvement of techniques group specialized. This research had for objective, to improve the risk management in the RM-Recife through the agreement of the mechanisms of the processes in the hillsides (erosion and landslides), for way the study of the material them and of the accumulated rainfall that action mass movements in the risk areas. The study area enclosed the Recife city, Camaragibe city and Jaboatão of the Guararapes city, of high demographic density and bigger registers of accidents. The facies of the Barreiras Formation sediments had been studied and the residual soil of granite and milonite. For analysis of the accumulated rainfall that action mass movements in the study area, had been acquired rain gauges (manual and recording) and installed in the most critical areas, with objective to monitor daily rainfall. Through the accompaniment of rainfalls and of the implantation of accidents database of in hillsides, in the year 2009, it was possible to identify critical rainfall that action the accidents in definitive localities. The technical parameters of the critical rainfall will serve of index for the Attention and Alert, assisting in the risk management of the cities. In this research also a survey of the historical occurrences in the study area was carried through, being possible to identify the localities susceptible to the processes. The results of this research had allowed understanding the influence of the materials that are in the hillsides; the identification of critical rainfall and to subsidize to the civil defenses managers for not structural actions of risk reduction.

KEYWORD: Risk Management; Landslides; Critical Rains.

ÍNDICE

<i>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO</i> _____	01
1.1 Considerações Iniciais e Importância do Tema _____	01
1.2 Objetivos _____	06
1.3 Estrutura da Tese _____	08
 <i>CAPÍTULO II – MOVIMENTOS DE MASSA E EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO</i> _____	10
2.1 Os Mecanismos dos Movimentos de Massa e os seus Fatores Condicionantes _____	10
2.2 Os Eventos Extremos de Precipitação e os Escorregamentos de Encostas _____	27
2.3 Histórico de Escorregamentos de Encostas na RM-Recife _____	39
 <i>CAPÍTULO III – GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i> _____	48
3.1 Introdução _____	48
3.2 Processo de Gerenciamento de Áreas de Risco: As Experiências Internacionais _____	51
3.3 O Modelo Brasileiro de Gerenciamento de Áreas Risco _____	68
3.3.1 A Defesa Civil na Legislação Brasileira _____	68
3.3.2 Gerenciamento das Áreas de Risco no Âmbito Nacional _____	72
3.3.3 As Experiências dos Municípios Brasileiros _____	76
3.4 O Gerenciamento de Áreas de Risco na RM do Recife _____	94
3.4.1 A Experiência do Programa Viva o Morro _____	94
3.4.2 O Programa Guarda-Chuva da Prefeitura do Recife _____	97
3.4.3 A Experiência da Defesa Civil de Camaragibe _____	102
3.4.4 A Experiência da Defesa Civil de Jaboatão dos Guararapes _____	106

<i>CAPÍTULO IV – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</i> _____	110
4.1 Localização da Área de Estudo _____	110
4.2 Aspectos Fisiográficos _____	111
4.3 Ocupações nas Encostas _____	123
4.4 Aspectos Geológicos Gerais _____	125
<i>CAPÍTULO V – CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS E OS PROCESSOS ASSOCIADOS</i> _____	132
5.1 As Fácies da Formação Barreiras _____	132
5.1.1 Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial _____	133
5.1.2 Fácies de Leque Aluvial Proximal _____	137
5.1.3 Fácies de Canal Fluvial Entrelaçado (“Braided”) _____	139
5.2 O Solo Residual do Embasamento Cristalino _____	143
<i>CAPÍTULO VI – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS</i> _____	149
6.1 Introdução _____	149
6.2 Locais de Estudo _____	149
6.3 Atividades de Campo _____	155
6.4 Atividades de Laboratório e Apresentação dos Resultados _____	161
6.4.1 Ensaios de Caracterização Física _____	161
6.4.2 Ensaios de Resistência ao Cisalhamento _____	176
6.4.3 Ensaio de Permeabilidade _____	198
<i>CAPÍTULO VII – OS PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS E SUAS RELAÇÕES COM A PLUVIOMETRIA</i> _____	201
7.1 Histórico de Ocorrências de Movimentos de Massa na Área de Estudo _____	201
7.2 Processos de Instabilização de Encostas no Ano de 2009 _____	208

7.2.1 Processos de Instabilidade de Encostas no Município do Recife _____	209
7.2.2 Processos de Instabilidade de Encostas em Camaragibe _____	215
7.2.3 Processos de Instabilidade de Encostas em Jaboatão dos Guararapes _____	217
7.3 Caracterização Pluviométrica nos Municípios _____	219
7.3.1 Variabilidade da Chuva nos Municípios _____	222
7.3.2 Identificação de Eventos Extremos de Precipitação na Área de Estudo _____	234
7.3.2.1 Eventos Extremos de Precipitação em Recife _____	235
7.3.2.2 Eventos Extremos de Precipitação em Camaragibe _____	237
7.3.2.3 Eventos Extremos de Precipitação em Jaboatão _____	238
7.4 Identificação de Chuvas Críticas Para Ações de Defesa Civil _____	242
7.4.1 Identificação da Chuva Crítica em 72 horas para Ações de Defesa Civil _____	243
7.4.1.1 Chuvas Críticas no Município do Recife _____	243
7.4.1.2 Chuvas Críticas no Município de Camaragibe _____	249
7.4.1.3 Chuvas Críticas em Jaboatão dos Guararapes _____	254
7.4.2 Identificação da Chuva Crítica a Partir de 1º de Janeiro para Deflagrar Ações de Defesa Civil _____	261
7.4.2.1 Chuvas Críticas no Município do Recife _____	262
7.4.2.2 Chuvas Críticas no Município de Camaragibe _____	267
7.4.2.3 Chuvas Críticas em Jaboatão dos Guararapes _____	272
7.5 Relação Entre os Índices Críticos de Chuvas e a Caracterização Geológico-Geotécnica dos Solos _____	284
7.5.1 Análise nas Regionais da Cidade do Recife _____	284
7.5.2 Análise nas Áreas da Cidade de Camaragibe _____	287
7.5.3 Análise nas Regionais do Município de Jaboatão _____	290
7.6 Análises das Chuvas no 1º Trimestre do Ano de 2010 _____	292

7.6.1	Análise da Cidade do Recife	292
7.6.2	Análise da Cidade de Camaragibe	294
7.6.3	Análise da Cidade de Jaboatão dos Guararapes	295
	<i>CAPÍTULO VIII – ANÁLISE DO RISCO SOCIAL POR FREQUÊNCIA DE MORTALIDADE EM DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS</i>	297
8.1	Análise do Risco Social por Estimativa de Perda de Vida Potencial	297
8.2	Estudos de Risco Social por Meio da Curva F-N	301
8.3	Análise do Risco Social Através de PLL e Curvas F-N na RM-Recife	303
8.4	Comparações de Curvas F-N da RM-Recife com Outras Cidades Brasileiras	310
8.5	Critério de Aceitabilidade dos Riscos	312
8.6	Análise e Discussão dos Resultados	315
	<i>CAPÍTULO IX – CONTRIBUIÇÃO P/ GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE</i>	317
9.1.	Sugestões para a Melhoria de Gerenciamento de Risco na Região Metropolitana do Recife	317
	<i>CAPÍTULO X - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS</i>	321
10.1	Conclusões	321
10.2	Sugestões para Novas Pesquisas	325
	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	327

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Figura I.1: Desastres Naturais Ocorridos no Brasil (1900-2006). Fonte: EM-DAT (2007), a partir de MARCELINO et al. (2006).

Figura I.2: Histórico de Mortes por Escorregamentos de Encostas no Brasil (IPT, 2009)

Figura I.3: Histórico de Mortes por Escorregamentos de Encostas na Região Metropolitana do Recife (Fonte: ALHEIROS, 1998; BANDEIRA, 2003; Jornal do Commercio)

CAPÍTULO II - MOVIMENTOS DE MASSA E EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

Figura II.1: Crescimento da População Urbana em Cidades do Mundo (1950-2020). (Fonte: <http://www.unfpa.org.br>).

Figura II.2: Frequência Anual de Desastres Naturais para todo o Globo (1900 – 2006). Fonte: EM-DAT, 2007; a partir de MARCELINO et al. 2006)

Figura II.3: Erosão na Rua Camanducaia, UR-02/Ibura – Zona Sul do Recife. (Foto: ALHEIROS, 2006)

Figura II.4: Erosão em Área Urbana no Município de Camaragibe devido a Vazamento de Tubulação de Águas Servidas (Foto: BANDEIRA em 2002)

Figura II.5: Ilustração de Escorregamento Circular (Foto: PT)

Figura II.6: Ilustração de Escorregamento Planar (Foto: PT)

Figura II.7: Deslizamento na Zona Sul do Recife (2006)

Figura II.8: Deslizamento na PE-27 / Camaragibe (Maio/2008)

Figura II.9: Deslizamento em Camaragibe (2005)

Figura II.10: Erosão na Base do Talude devido a Presença de Camadas com Diferentes Texturas. Fonte: a) SANTOS JÚNIOR et al., (2008) e b) Foto de BANDEIRA (2010)

Figura II.11: Taludes Verticalizados e Sem Proteção Superficial (Encostas da RM-Recife)

Figura II.12: Lançamento de Águas Servidas nos Taludes (Encostas da RM-Recife)

Figura II.13: Fossa na Borda do Talude (Encostas da RM-Recife)

Figura II.14: Vazamento de Tubulações (Encostas da RM-Recife)

Figura II.15: Lançamento de Lixo no Talude (Encostas da RM-Recife)

Figura II.16: Mudanças nos Índices de Precipitação no Brasil para o Período 2090-2099.

Fonte: MARCELINO (2008).

Figura II.17: Deslizamento em Calábria na Itália (16/02/2010)

Figura II 18: Deslizamentos no Morro do Bumba / Niteroi-RJ (06 de abril de 2010).

Foto: www.terra.com.br

Figura II.19: Deslizamentos no Rio de Janeiro (06 de abril de 2010). Foto: Luis

Pinheiro/Especial para Terra (www.terra.com.br)

Figura II.20: Deslizamentos no Morro dos Prazeres em Santa Tereza - Rio de Janeiro

(em 06 de abril de 2010 / mais de 30 mortes). (Foto: <http://oglobo.globo.com>)

Figura II.21: Deslizamento em Angra dos Reis (01/01/2010).

Fonte: <http://jrholanda.files.wordpress.com> (acesso em 11/01/10)

Figura II.22: Detalhe do Deslizamento no Morro da Carioca, em Angra dos Reis. Fonte:

<http://g1.globo.com> (acesso em 11/01/10)

Figura II.23: Desprendimento de Solo/Rocha na Rodovia Rio-Teresópolis em

15/12/2009 - (Foto: Internet)

Figura II.24: Tempestade severa próxima a Joinville/SC, em fevereiro de 2002. Fonte:

A partir de MARCELINO, 2008

Figura II.25: Deslizamento em Santa Catarina (23/11/2008). (Foto da Internet)

Figura II.26: Morro do Baú, Santa Catarina (23/11/2008). (Foto: Internet - Neiva

Daltrozo/Secom/SC)

Figura II.27: Erosão Intensa na Região Metropolitana do Recife Durante as Chuvas do

Ano de 2000, Provocando Destruição Total de Moradias (Fonte: “Programa Viva o Morro”)

Figura II.28: Histórico de Mortes por Municípios da RM-Recife (1984-2009) (Fonte:

ALHEIROS, 1998; BANDEIRA, 2003; Jornal do Commercio)

CAPÍTULO III - GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO: UMA EVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura III.1: Estrutura para a Gestão de Riscos de Escorregamentos (FELL et al., 2009)

Figura III.2: Representação Esquemática do Processo de Gerenciamento de Áreas de Risco (FELL & HARTFORD, 1997 e FELL et al., 2005)

Figura III.3: Proposta de Critério de Aceitabilidade de Risco Social em Deslizamentos em Hong Kong (REEVES et al., 1999).

Figura III.4: Aspectos a serem Considerados no Gerenciamento dos Riscos de Escorregamentos (LEROI et al., 2005)

Figura III.5: Histórico de Mortes por Deslizamentos em Hong Kong (SHIU, 2008)

Figura III.6: Ciclo de Gerenciamento de um Desastre. Fonte: TOBIN & MONTZ (1997)

Figura III.7: Fluxograma de Informações e Responsabilidades das Instituições do PPDC. (A Partir de ARAKI, 2007)

Figura III.8: Município de São Paulo que Possuem PPDC. (IPT, 2006)

Figura III.9: Localização das Estações Pluviométricas da Cidade do Rio de Janeiro, no Sistema Alerta Rio (LACERDA, 2008).

Figura III.10: Vista de Estações Pluviométricas

Figura III.11: Modelo do Boletim de Alerta do Sistema Alerta Rio. (LACERDA, 2008)

Figura III.12: Redução do Número de Nortes após o Ano de 1996.

Figura III.13: Ilustrações das Ações de Defesa Civil em Belo Horizonte

Figura III.14. Materiais Produzidos através do Programa “Viva o Morro”

Figura III.15. Materiais Produzidos no NUDEC-JOVEM

Figura III.16: Localização das Regionais que Apresentam Registros de Acidentes com Deslizamentos (CODECIR, 2006, a partir de MCidades, 2010)

Figura III.17: Humanização nas obras (Projeto Altas Artes). (Foto: Eduardo Macedo, em 2008)

Figura III.18: Redução do Número de Mortes por Deslizamentos de Encostas na Cidade do Recife

Figura III.19: Placa Indicativa de Proibição do Uso de Áreas de Risco no Recife

Figura III.20: Peça Teatral do Grupo do NUDEC-Jovem (Fonte: COMDEC-Camaragibe)

Figura III.21: Coleta de Lixo em Locais de Dificil Acesso / Camaragibe
(Fonte: COMDEC-Camaragibe)

Figura III.22: Distribuição Espacial das Regionais de Jaboatão dos Guararapes (Fonte: COMDEC- Jaboatão dos Guararapes)

Figura III.23: Projeto Nudec na Escola / Jaboatão dos Guararapes (Fonte: COMDEC- Jaboatão dos Guararapes)

CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Figura IV.1: Localização da Área de Estudo: Municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão Guararapes.

Figura IV.2: Pluviometrias Médias Mensais no Recife (1910-1985). Fonte: SUDENE (1990), a partir de GIRÃO (2007)

Figura IV.3: Máximas, Médias e Mínimas Mensais no Recife (Posto do Alto da Brasileira - de 1998 a 2009, exceto o ano de 2000)

Figura IV.4: Máximas, Médias e Mínimas Mensais em Camaragibe (1997 a 2009)

Figura IV.5: Máximas, Médias e Mínimas Mensais em Jaboatão (2001 a 2009)

Figura IV.6: Mapa de Mancha Urbana e Principais Unidades Vegetais

Figura IV.7: Mapa Hipsométrico da Área de Estudo.

Figura IV.8: Mapa Morfoestrutural da Área de Estudo: Municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

Figura IV.9: Mapa de Solos do SiBCS da Área de Estudo: Municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

Figura IV.10: Mapa de Drenagens da Área de Estudo: Municípios de Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

Figura IV.11: Mapa das Principais Unidades Geológicas da Área de Estudo. (Fonte: BANDEIRA et al., 2009)

Figura IV.12: Mapa de Pontos de Afloramento das Fácies da Formação Barreiras.

Figura IV.13: Perfil Típico de Solo Residual de Rocha Granítica (VARGAS, 1981)

Figura IV.14: Perfil de Sondagem em Solo Residual de Granito na Localidade do Vale das Pedreiras no Município de Camaragibe (COUTINHO et al., 2009).

CAPÍTULO V - CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS E OS PROCESSOS ASSOCIADOS

Figura V.1: Sedimentos da Formação Barreiras - Fácies Leque Distal / Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe)

Figura V.2: Erosão no Talude de Sedimentos da Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe)

Figura V.3: Seção Colunar Esquemática da Fácies Leque Aluvial / Planície Aluvial (DE PAULA, 2008)

Figura V.4: Presença da Crosta Laterita no Perfil dos Sedimentos da Formação Barreiras de Leque Distal / Planície Aluvial

Figura V.5: Fm Barreiras - Fácies Leque Aluvial Proximal(Córrego da Andorinha / Camaragibe)

Figura V.6: Seção Colunar Esquemática da Fácies de Leque Aluvial Proximal (DE PAULA, 2008)

Figura V.7: Sedimentos da Formação Barreiras - Fácies de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

Figura V.8: Seção Colunar Esquemática da Fácies Fluvial Entrelaçado (DE PAULA, 2008)

Figura V.9: Detalhe dos Sulcos Erosivos nos Sedimentos da Formação Barreiras de Fácies e Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife).

Figura V.10: Características do Relevo e Unidades Geológicas de Jaboatão dos Guararapes (CPRM, 1997)

Figura V.11: Perfil de alteração de milonito com mais de 12 m de espessura em Sucupira/Jaboatão dos Guararapes

Figura V.12: Amostras de Solo Residual Jovem de Milonito Apresentando Veios de Feldspato Intercruzados

Figura V.13: Afloramento de Rocha Granito-Gnaiss em Timbi – Camaragibe

Figura V.14: Antiga Pedreira Borrione em Camaragibe (1962 à 1972). (Fonte: BANDEIRA, 2003)

Figura V.15: Detalhe do Solo Residual Gnássica-Granítica (Alberto Maia / Camaragibe).

CAPÍTULO VI - CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS

Figura VI.1: Localização das Áreas dos Estudos de Caracterização Geotécnica Sobrepostas as Área de Risco.

Figura VI.2: Esquema de Localização da Amostragem na Área de Estudo com Unidades Geológicas

Figura VI.3: Ocupação em Sedimentos da Formação Barreiras / Canal Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

Figura VI.4: Ocupação em Sedimentos da Formação Barreiras – Leque Distal / Planície Aluvial (Bairro dos Estados/Camaragibe)

Figura VI.5: Ocupação em Solo Residual de Milonito (Cavaleiro / Jaboatão dos Guararapes)

Figura VI.6: Ocupação em Solo Residual de Milonito (Sucupira / Jaboatão dos Guararapes)

Figura VI.7: Ocupação em Solo Residual Maduro de Milonito(Vista Alegre / Jaboatão dos Guararapes)

Figura VI.8: Ocupação em Solo Residual de Rocha Gnáissica-Granítica (Alberto Maia / Camaragibe)

Figura VI.9: Ocupação em Sedimentos da Formação Barreiras de Leque Aluvial Proximal (Ostracil / Camaragibe)

Figura VI.10: Etapas da Amostragem Indeformada tipo Bloco

Figura VI.11. Camadas Amostradas na Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe).

Figura V.12: Camadas Amostradas na Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe).

Figura VI.13: Talude de Formação Barreiras de Fácies de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

Figura VI.14: Acidente em encosta da Formação Barreiras de Fácies de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal (Alto Dois Carneiros / Jaboatão dos Guararapes).

Figura VI.15: Talude de Solo Residual Maduro de Milonito (Vista Alegre / Jaboatão dos Guararapes)

Figura VI.16: Talude de Solo Residual de Milonito (Cavaleiro / Jaboatão dos Guararapes)

Figura VI.17: Talude de Solo Residual de Milonito (Sucupira / Jaboatão dos Guararapes)

Figura VI.18: Talude de Solo Residual do Complexo Granito-Gnaisse (Alberto Maia / Camaragibe)

Figura VI.19: Curvas Granulométricas da Formação Barreiras de Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe)

Figura VI.20: Curvas Granulométricas da Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe)

Figura VI.21: Curvas Granulométricas da Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

Figura VI.22: Curvas Granulométricas da Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal (Alto Dois Carneiros / Jaboatão dos Guararapes)

- Figura VI.23: Curvas Granulométricas do Solo Residual Jovem evoluindo para o Maduro, do Complexo Granítico-Gnaissico (Alberto Maia / Camaragibe)
- Figura VI.24: Curvas Granulométricas dos Solos Residuais de Milonito (Jaboatão dos Guararapes)
- Figura VI.25: Carta de Plasticidade Associada à Carta de Atividade (VARGAS, 1992)
- Figura VI.26: Sedimentos da Formação Barreiras de Leque Aluvial Proximal (Ostracil / Camaragibe).
- Figura VI.27: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Leque Distal / Planície Aluvial (Bloco 1 - Solo SC)
- Figura VI.28: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bloco 2 - Solo SM)
- Figura VI.29: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bloco 3 / Camada Amarela - Solo CL)
- Figura VI.30: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bloco 3 / Camada Vermelha - Solo CL)
- Figura VI.31: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo de Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bloco 4 - Solo MH)
- Figura VI.32: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe - Solo SC)
- Figura VI.33: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Fm Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife - Solo SC)
- Figura VI.34: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal
- Figura VI.35: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo Residual Jovem de Granito, evoluindo para o Maduro – Solo MH
- Figura VI.36: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo Residual Jovem de Milonito – Solo MH
- Figura VI.37: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo Residual Jovem de Milonito evoluindo para o Maduro – Solo CH

Figura VI.38: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo Residual Maduro de Milonito – Solo CH

Figura VI.39: Equipamento Tri-Flex-2

CAPÍTULO VII - PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS E SUAS RELAÇÕES COM A PLUVIOMETRIA

Figura VII.1: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências de Deslizamentos entre os Anos de 2001 a 2009 em Camaragibe

Figura VII.2: Histórico de Deslizamentos nas Localidades do Município de Camaragibe (2001-2009)

Figura VII.3: Ocupação na Localidade do Bairro dos Estados / Camaragibe

Figura VII.4: Ocupação na Localidade do Bairro dos Estados / Camaragibe

Figura VII.5: Ocupação na Localidade de Tabatinga / Camaragibe

Figura VII.6: Ocupação na Localidade de Tabatinga / Camaragibe

Figura VII.7: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências de Deslizamentos entre os Anos de 2004 a 2009 em Jaboatão dos Guararapes

Figura VII.8: Histórico de Deslizamentos nos Bairros do Município de Jaboatão dos Guararapes (2004-2009)

Figura VII.9: Ocupação em Vila Rica (Foto: COMDEC-Jaboatão)

Figura VII.10: Ocupação em Cavaleiro (Foto: COMDEC-Jaboatão)

Figura VII.11: Número de Famílias Incluídas no Programa Auxílio Moradia nos anos de 2007 e 2008 na Cidade do Recife

Figura VII.12: Número de Ocorrências da Cidade do Recife, por Regional para o Ano de 2009

Figura VII.13: Localidades com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Recife (Ano de 2009)

Figura VII.14: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências - Recife (2009).

Figura VII.15: Localidades da Regional Norte, com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

Figura VII.16: Localidades da Regional Sul com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

Figura VII.17: Localidades da Regional Noroeste, com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

Figura VII.18: Localidades da Regional Nordeste, com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

Figura VII.19: Localidades da Regional Oeste, com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

Figura VII.20: Vista de Área de Deslizamento com Morte Devido à Vazamento de Tubulação de Água, em 14/01/09 (Zona Sul do Recife)

Figura VII.21: Deslizamento com Destruição do Imóvel em 13/06/09 (Zona Sul do Recife)

Figura VII.22: Distribuição das Ocorrências por Área - Camaragibe (2009).

Figura VII.23: Localidades com Maiores Números de Ocorrências em Camaragibe no Ano de 2009.

Figura VII.24: Distribuição Mensal das Ocorrências em Camaragibe (2009).

Figura VII.25: Números de ocorrências por Regional em Jaboatão dos Guararapes no Ano de 2009.

Figura VII.26: Bairros com Maiores Números de Ocorrências em Jaboatão dos Guararapes no Ano de 2009.

Figura VII.27: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências - Jaboatão dos Guararapes (2009).

Figura VII.28: Histórico de Índices Pluviométricos Anuais no Recife/PE (Posto de Santo Amaro e Alto da Brasileira)

Figura VII.29: Histórico de Índices Pluviométricos em Camaragibe/PE (Posto de Timbí e Vale das Pedreiras)

Figura VII.30: Histórico de Índices Pluviométricos em Jaboatão dos Guararapes/PE (Posto de Prazeres e Barragem Duas Unas)

Figura VII.31: Exemplos de Pluviômetros Instalados na Área de Estudo.

Figura VII.32: Distribuição Geográfica dos Pluviômetros na Área de Estudo

Figura VII.33: Índices Pluviométricos em 24 horas Registrado nos Pluviômetros, no dia 13 de Abril de 2009.

Figura VII.34: Precipitação Pluviométrica entre 7:00h do dia 12/04/09 às 7:00h do dia 13/04/09, no Bairro de Socorro / Jaboatão dos Guararapes

Figura VII.35: Chuva Horária nos dias 11 e 12 de Junho/2009 em Dois Unidos (Zona Norte do Recife)

Figura VII.36: Chuva Horária nos dias 11 e 12 de Junho/2009 em Ostracil (Camaragibe)

Figura VII.37: Chuva Horária nos dias 11 e 12 de Junho/2009 em Socorro (Jaboatão dos Guararapes)

Figura VII.38: Chuvas Registradas no dia 12/06/09 nos Pluviômetros da Área de Estudo

Figuras VII.39: Totais Pluviométricos Mensais e Anuais, em 2009, no Município do Recife

Figuras VII.40: Totais Pluviométricos Mensais e Anuais, em 2009, no Município de Camaragibe

Figuras VII.41: Totais Pluviométricos Mensais e Anuais, em 2009, no Município de Jaboatão

Figura VII.42: Número de Ocorrências Associada a Pluviometria - Recife (2009)

Figura VII.43: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h no Município do Recife

Figura VII.44: Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h nas Regionais do Recife.

Figura VII.45: Número de Ocorrências Associada a Pluviometria - Camaragibe (2009).

Figura VII.46: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h no Município de Camaragibe-PE.

Figura VII.47: Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h nas Áreas de Camaragibe

Figura VII.48: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências Associada a Pluviometria - Jaboatão dos Guararapes (2009).

Figura VII.49: Distribuição das Ocorrências por Regional de Jaboatão dos Guararapes (2009)

Figura VII.50: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h no Município de Jaboatão dos Guararapes-PE.

Figura VII.51: Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h nas Regionais de Jaboatão

Figura VII.52: Distribuição das Ocorrências de 2009, por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro no Município de Camaragibe-PE.

Figura VII.53: Precipitações Diárias de Janeiro a Abril de 2009 – Timbi / Camaragibe.

Figura VII.54: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro nas Áreas do Município de Camaragibe-PE.

Figura VII.55: Distribuição das Ocorrências de 2009, por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro no Município de Jaboatão dos Guararapes-PE.

Figura VII.56: Precipitações Diárias de Janeiro a Abril de 2009 – Prazeres / Jaboatão

Figura VII.57: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro nas Regionais de Jaboatão dos Guararapes-PE.

Figura VII.58: Distribuição das Ocorrências de 2009, por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro no Município do Recife-PE.

Figura VII.59: Precipitações Diárias de Janeiro a Abril de 2009 - Lagoa Encantada/Recife

Figura VII.60: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro nas Regionais do Recife-PE.

Figura VII.61: Chuvas Críticas Acumuladas em 72 horas no Recife

Figura VII.62: Chuvas Críticas Acumuladas desde de 1º de Janeiro no Recife

Figura VII.63: Chuvas Críticas Acumuladas em 72 horas em Camaragibe

Figura VII.64: Chuvas Críticas Acumuladas desde de 1º de Janeiro em Camaragibe

Figura VII.65: Chuvas Críticas Acumuladas em 72 horas em Jaboatão

Figura VII.66: Chuvas Críticas Acumuladas desde de 1º de Janeiro em Jaboatão

Figura VII.67: Registros Pluviométricos no 1º Trimestre de 2010 no Recife

Figura VII.68: Precipitações Diárias do 1º trimestre do Ano de 2010 no Posto de Dois Unidos / Recife

Figura VII.69: Registros Pluviométricos no 1º Trimestre de 2010 em Camaragibe

Figura VII.70: Precipitações Diárias do 1º trimestre do Ano de 2010 no Posto de Tabatinga / Camaragibe

Figura VII.71: Registros Pluviométricos no 1º Trimestre de 2010 em Jaboatão

Figura VII.72: Precipitações Diárias do 1º trimestre do Ano de 2010 no Posto de Socorro / Jaboatão dos Guararapes

CAPÍTULO VIII - ANÁLISE DO RISCO SOCIAL POR FREQUÊNCIA DE MORTALIDADE EM DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS

Figura VIII.1: Curva F-N para Escorregamento na Rodovia Fei Tsui/Hong Kong (1995).
Fonte: WONG et al., 1997

Figura VIII.2: Curva F-N da Região Metropolitana do Recife (1984 a 2003). Fonte:
PACHECO & COUTINHO (2003)

Figura VIII.3: Curva *F-N* da Região Metropolitana do Recife (1984 a 2009)

Figura VIII.4: Curva *F-N* Antes do Gerenciamento na RM-Recife (1984 a 2000)

Figura VIII.5: Curva *F-N* Após o Gerenciamento na Região Metropolitana do Recife
(Período de 2001 a 2009)

Figura VIII.6: Curvas F-N nos Períodos Analisados na RM-Recife e Hong Kong.

Figura VIII.7: Curva $F-N$ de Diversas Cidades Brasileiras. Fonte: (Modificado de PACHECO, 2007)

Figura VIII.8: Critérios de Aceitabilidade de Risco (Individual) Usados em Diversos Países (OLIVEIRA, 2004)

Figura VIII.9: Critério de Aceitabilidade para o Risco Social Adotado pela CETESB (Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>)

Figura VIII.10: Critério de Aceitabilidade para o Risco Social - FEEMA (2004)

Figura VIII.11: Critério de Aceitabilidade para o Município de Petrópolis (OLIVEIRA, 2004)

Figura VIII.12: Curva $F-N$ e Critério de Aceitabilidade de Risco de Deslizamentos de Encostas Sugerido para a Região Metropolitana do Recife

LISTA DE TABELA**CAPÍTULO II - MOVIMENTOS DE MASSA E EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO**

Tabela II.1: Eventos Naturais Extremos de Acordo com a Origem (A partir de VICENTE, 2004). Fonte: WHITE (1974), TURNER (1978), MONTEIRO (1991) e <http://www.aag.org/HDGC/www/hazards/units/unit1/html>.

Tabela II.2: Histórico de Máximas Chuvas Diárias no Recife (Estação Curado). (Fonte: Inmet).

Tabela II.3: Histórico de Máximas Chuvas Anuais no Recife (Estação Curado). Fonte: Inmet (de 1964 a 1996 - a partir do Jornal do Commercio)

Tabela II.4: Acidentes com mortes, por deslizamento, na RM-Recife (1984-2009). (Fonte: ALHEIROS, 1998; BANDEIRA, 2003; Jornal do Commercio / * LAMEPE e INMET)

Tabela II.5: Registro das Ocorrências de Movimentos de Massa e dos Índices Pluviométricos Associados.

CAPÍTULO III - GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO: UMA EVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela III.1: Matriz de Risco Qualitativo Relativo à Propriedades (AGS, 2007)

Tabela III.2: Sugestão de Critérios de Risco Tolerável da AGS (2000). (FELL et al., 2005)

Tabela III.3: Critério de Risco de Perda de Vida Individual (LEROI et al., 2005)

Tabela III.4: Tipos e níveis de zoneamento recomendados e escalas de mapeamento (JTC-1, 2009)

Tabela III.5: Níveis de atividade requerida de acordo com os níveis de zoneamento da susceptibilidade, do perigo e do risco (JTC-1, 2009)

Tabela III.6: Escalas de zoneamento de deslizamentos e suas aplicações (JTC-1, 2009)

Tabela III.7: Ações e Medidas Preventivas nos Níveis de Operação do PPDC do Litoral Paulista (Fonte: MACEDO, 2009)

Tabela III.8: Parâmetros Operacionais de Referência em Algumas Regiões Paulista.

Tabela III.9: Classificação de Intensidade da Chuva (LACERDA, 2008)

Tabela III.10: Classificação dos Estágios do Alerta (LACERDA, 2008)

Tabela III.11: Matriz da Intensidade de Movimento de Massa com a Intensidade da Chuva Acumulada para o Rio de Janeiro (LACERDA, 2008)

Tabela III.12: Principais Ações da Defesa Civil de Belo Horizonte

Tabela III.13: Principais Atividades da Defesa Civil de Camaragibe.

CAPÍTULO V - CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS E OS PROCESSOS ASSOCIADOS

Tabela V.1: Processos Atuantes nos Leques Depositionais Proximal e Distal (a partir de GIRÃO, 2007)

CAPÍTULO VI - CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS

Tabela VI.1: Locais de Amostragem com as Unidades Geológicas Associadas.

Tabela VI.2: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação do Solo da Formação Barreiras de Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial

Tabela VI.3: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação do Solo da Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe)

Tabela VI.4: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação do Solo da Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

Tabela VI.5: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação do Solo da Fm Barreiras Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal

Tabela VI.6: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação dos Solos Residuais de Granito e Milonito

Tabela VI.7: Caracterização de Solos Estudados na Região Metropolitana do Recife

Tabela VI.8: Condições Iniciais dos Corpos de Prova (Solo de Formação Barreiras de Planície Aluvial)

Tabela VI.9: Condições Iniciais e no Adensamento dos Corpos de Prova (Solo de Formação Barreiras de Leque Proximal e Fluvial Entrelaçado)

Tabela VI.10: Condições Iniciais e no Adensamento dos Corpos de Prova (Solo Residual de Granito e Milonito) Tabela VI.11: Resultados dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento (Condição Inundada)

Tabela VI.11: Resultados dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento (Condição Inundada)

Tabela VI.12: Parâmetros de Resistência dos Materiais Estudados na Região Metropolitana do Recife

Tabela VI.13: Resultados das Permeabilidades Saturadas

Tabela VI.14: Permeabilidade dos Solos da Região Metropolitana do Recife

CAPÍTULO VII - PROCESSOS DE INSTABILIDADE DE ENCOSTAS E SUAS RELAÇÕES COM A PLUVIOMETRIA

Tabela VII.1: Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2009

Tabela VII.2: Localização dos Postos Pluviométricos

Tabela VII.3: Máximas Chuvas Diárias Registradas na Área de Estudo em 2009

Tabela VII.4: Índices de Eventos Extremos de Precipitação na Área no ano de 2009

Tabela VII.5: Regionais, Localidade e Pluviômetro de Referência no Recife

Tabela VII.6: Índice Pluviométrico Crítico Acumulado em 72h no Recife

Tabela VII.7: Áreas, Localidades e Pluviômetro de Referência em Camaragibe

Tabela VII.8: Índice Pluviométrico Acumulado Crítico, em 72h, em Camaragibe

Tabela VII.9: Regionais, Bairros e Pluviômetro de Referência em Jaboatão

Tabela VII.10: Índice Pluviométrico Acumulado Crítico, em 72h, em Jaboatão

Tabela VII.11: Índice Pluviométrico Crítico Acumulado a Partir de 1º de Janeiro em Camaragibe

Tabela VII.12: Índice Pluviométrico Crítico Acumulado a Partir de 1º de Janeiro em Jaboatão

Tabela VII.13: Índice Pluviométrico Crítico Acumulado a Partir de 1º de Janeiro na Cidade do Recife

Tabela VII.14: Características nas Regionais da Cidade do Recife

Tabela VII.15: Características nas Áreas da Cidade de Camaragibe

Tabela VII.16: Características nas Regionais da Cidade de Jaboatão dos Guararapes

CAPÍTULO VIII - ANÁLISE DO RISCO SOCIAL POR FREQUÊNCIA DE MORTALIDADE EM DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS

Tabela VIII.1: Algoritmo para a Determinação de Pontos da Curva $F-N$

Tabela VIII.2: Determinação de Pontos F-N na Região Metropolitana do Recife para o todo o Período Histórico (1984 a 2009)

Tabela VIII.3: Determinação de Pontos F-N, Antes do Gerenciamento (1984 a 2000), na Região Metropolitana do Recife

Tabela VIII.4: Determinação de Pontos F-N, Após o Gerenciamento (2001 a 2009), na Região Metropolitana do Recife

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

- ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
- ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AGS – Australian Geomechanics Society
- ALARP – “As Low as Reasonably Practible”
(tão baixo quanto for razoavelmente possível)
- c' – coesão efetiva do solo
- CEDEC – Coordenadoria Estadual de Defesa Civil
- CODECIPE – Comissão de Defesa Civil de Pernambuco
- CODECIR – Coordenadoria de Defesa Civil do Recife
- COHAB – Conjunto Habitacional
- COMDEC – Comissão Municipal de Defesa Civil
- CREA/PE – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de Pernambuco
- CRED – Collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disaster
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
- DER-PE – Departamento de Estrada e Rodagem de Pernambuco
- EM-DAT - Emergency Events Database
- e_o – índice de vazios inicial
- e_{ad} – índice de vazios de adensamento
- FIDEM – Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife
- FS – fator de segurança
- GCMs – Modelos de Circulação Geral
- GCO – Geotechnical Control Office
- IDNDR – Década Internacional para a Redução dos Desastres Naturais
- γ_{nat} – peso específico natural, kN/m^3
- γ_s – peso específico seco, kN/m^3
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IP – índice de plasticidade, %
- IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima
- IPT / SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

ISDR – Estratégia Internacional para Redução de Desastres

IUGS – International Union of Geological Sciences

LL – limite de liquidez, %

LP – limite de plasticidade, %

NUDEC – Núcleo de Defesa Civil

ONU – Organização das Nações Unidas

PPDC – Plano Preventivo de Defesa Civil

PLL – Perda de Vida Potencial (Potential Loss of Life)

PNDC – Política Nacional de Defesa Civil

PNGC – Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro

PNRR – Programa Nacional de Redução de Riscos

PMRR – Plano Municipal de Redução de Risco

PHI – Indústrias Potencialmente Perigosas

QRA – Quantitative Risk Analyses

REDEC – Regional de Defesa Civil

RMR – Região Metropolitana do Recife

SEDEC – Secretaria Nacional de Defesa Civil

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

Sindec – Sistema Nacional de Defesa Civil

UNDRO – United Nations Disasters Relief Co-Ordinator

σ_n – tensão normal

τ – tensão cisalhante

Wcampo – umidade do solo no campo, %

WLL – umidade no limite de liquidez, %

WLP – umidade no limite de plasticidade, %

WHO – World Health Organization

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E IMPORTÂNCIA DO TEMA

O Brasil tem apresentado elevado número de registros de desastres naturais. Levantamentos realizados pelo *Emergency Events Database* (EM-DAT, 2007) revelam que no período 1900-2006 ocorreram 150 registros de desastres naturais no Brasil. Deste total, 84% se deram a partir dos anos 70, demonstrando um aumento considerável de desastres nas últimas décadas, assim como tem ocorrido em várias cidades do mundo. Como conseqüências foram contabilizadas 8.183 vítimas fatais e um prejuízo de aproximadamente 10 bilhões de dólares. As inundações representam os desastres naturais mais freqüentes no Brasil, com 59% dos registros, seguidas pelos escorregamentos, com 14% dos registros (Figura I.1). Ressalta-se que o banco de dados da EM-DAT leva em consideração somente os desastres considerados de grande severidade, apresentando os seguintes critérios: 10 ou mais mortos, 100 ou mais afetados, declaração de situação de emergência e necessidade de ajuda internacional. Assim, o número de desastres ocorridos no Brasil é bem mais elevado do que os contabilizados no banco de dados da EM-DAT.

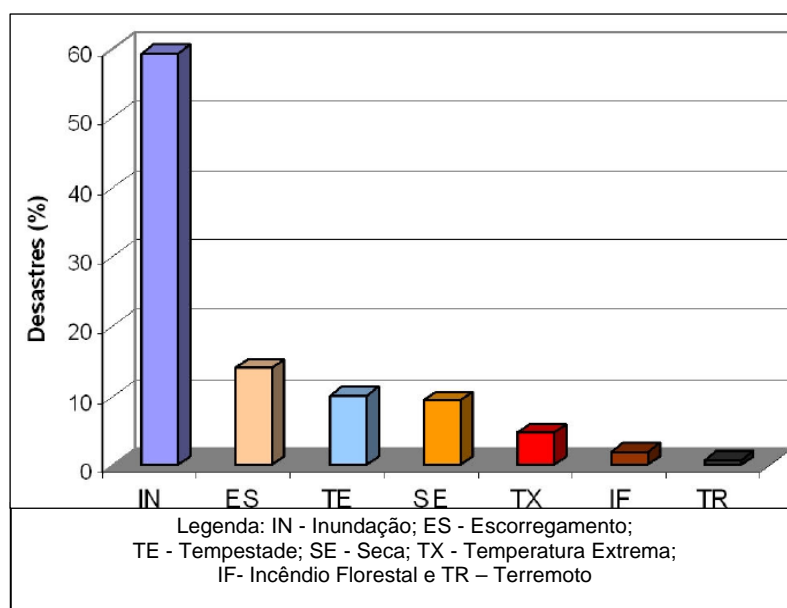


Figura I.1: Desastres Naturais Ocorridos no Brasil (1900-2006)

(Fonte: EM-DAT, 2007; a partir de MARCELINO et al., 2006)

O banco de dados denominado EM-DAT (*Emergency Events Database*) foi criado com auxílio do governo Belga, pela Université Catholique de Louvain, em Bruxelas. Desde 1988 o banco de dados é mantido pelo CRED (*Collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disaster*), que faz parte da WHO (*World Health Organization*). Esse banco de dados destina-se a ações humanitárias, visando otimizar decisões no sentido de prevenir desastres, assim como avaliar vulnerabilidades. É resultado da compilação de várias fontes incluindo as Nações Unidas, organizações não-governamentais, companhias de seguro, institutos de pesquisas e imprensa (ARAKI, 2007).

No Brasil mais de 80% dos desastres naturais ocorridos está associada às instabilidades atmosféricas severas, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos. Com exceção das inundações graduais, esses fenômenos são súbitos e violentos, responsáveis por grande número de mortalidade e destruição. Em virtude da velocidade, não há tempo para as pessoas procurarem abrigos ou salvarem parte dos bens existentes em suas casas (MARCELINO et al., 2006). Nestes casos um bom sistema de alerta, com previsão de ocorrências de instabilidade severas reduziria as conseqüências dos desastres.

Embora os processos de inundações sejam os mais freqüentes, gerando grande perda econômica, são os processos de escorregamentos que têm provocado maior número de vítimas fatais no Brasil (MACEDO et al., 2004). Levantamentos realizados pelo IPT-SP, a partir de notícias de jornais, revelam um total de 1968 pessoas mortas por escorregamentos no país, no período de 22 anos (1988 a 2009). A Figura I.2 apresenta a distribuição por ano das vítimas por escorregamento no Brasil. A maioria desses acidentes ocorreu nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina, Pernambuco e Bahia. Na Região Metropolitana do Recife, estado de Pernambuco, de 1984 a 2009 houve 202 mortes por deslizamentos de encostas (Figura I.3).

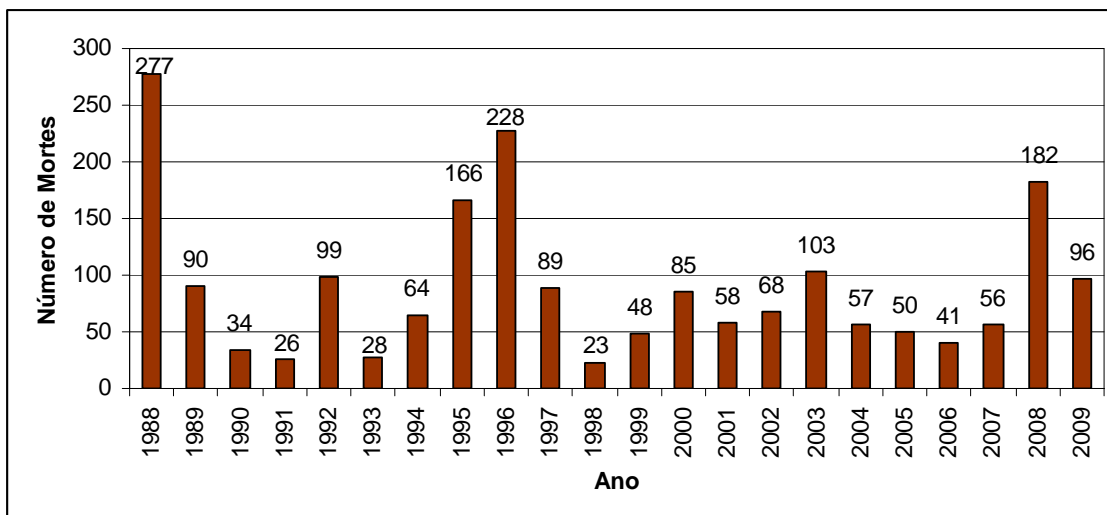


Figura I.2: Histórico de Mortes por Escorregamentos de Encostas no Brasil

(Fonte: IPT, 2009)

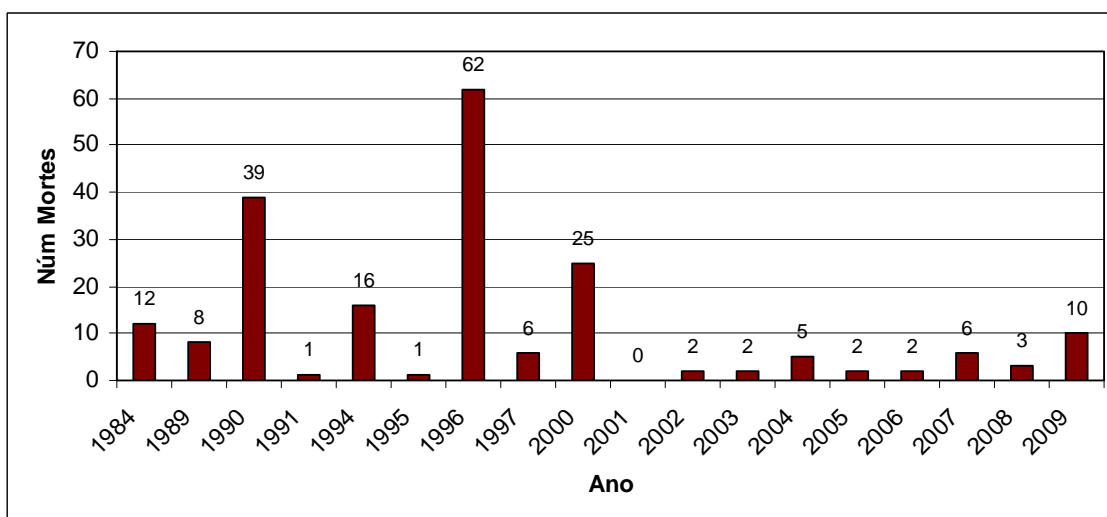


Figura I.3: Histórico de Mortes por Escorregamentos de Encostas na RM-Recife

(Fonte: ALHEIROS, 1998; BANDEIRA, 2003; Jornal do Commercio)

Devido às várias ocorrências de acidentes nos municípios brasileiros, as ações de gerenciamento de áreas de risco estão sendo o foco das atividades de diversos especialistas e gestores públicos em todo o Brasil. Os acidentes registrados em Santa Catarina, em novembro de 2008, deram um reinício às ações. Várias entidades governamentais e equipes técnicas especializadas das cidades brasileiras despertaram para contribuir no gerenciamento de áreas de risco naquele estado. Entre as várias contribuições ocorridas, destaca-se a atuação da ABMS - Associação Brasileira de

Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, nacional e regional, e da ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, dando apoio técnico por meio de voluntariado. A ABMS, a partir de sua diretoria e reconhecendo o tipo e porte da tragédia de Santa Catarina, procurou motivar e organizar apoio via regionais mais próximas (Núcleos Regionais do Paraná e Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro e outras). A resposta foi instantânea, e mesmo de lugares mais distantes, como Bahia e Minas Gerais, por exemplo, afluíram profissionais ávidos em colaborar com os desalojados e desabrigados daquele estado (NASCIMENTO et al., 2009).

A comunidade técnica brasileira está se mobilizando para atuação no gerenciamento das áreas de riscos. Há uma preocupação intensa nas áreas com riscos já instalados, no entanto não se deve ignorar a importância do mapeamento de áreas não ocupadas para o conhecimento do grau de susceptibilidade aos processos, dando subsídios para ações de planejamento. O grande número de acidentes ocorridos mais recentemente em encostas no Brasil provocou uma profícua discussão técnica sobre a abordagem das defesas civis, no foco da redução de risco. No entanto há uma forte tendência à retomada de ações preventivas de ocupação dos territórios, através de elaboração de Carta Geotécnica, sem ignorar os mapeamentos de áreas de risco para atender as situações com risco já instalado, que é objeto do gerenciamento das defesas civis (ABMS & ABGE, 2010). A Carta Geotécnica é uma ferramenta de caráter preventivo e de planejamento, onde proveria aos administradores públicos informações necessárias para ocupação de áreas de alta susceptibilidade aos deslizamentos e utilização de técnicas adequadas para a ocupação de outras áreas, com menor susceptibilidade, evitando que novas situações de risco sejam instaladas. Uma equipe técnica formada por engenheiros geotécnicos e geólogos de engenharia brasileiros, representando a ABMS e a ABGE, elaborou uma carta aberta enviada às autoridades pública, apresentando a importância da Carta Geotécnica e dos Mapas de Risco como passo obrigatório para reduzir substancialmente o caráter trágico dos acidentes. Esta equipe teve a participação dos seguintes profissionais: Willy Lacerda, Álvaro Santos, Roberto Coutinho, Eduardo Macedo, Edgar Odebrecht, Luis Bressani, Osni Pejon, Frederico Sobreira e Katia Canil.

Recentemente, na Região Metropolitana do Recife, o CREA/PE (Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura) promoveu reunião técnica, entre especialistas e gestores das defesas civis dos municípios metropolitanos, para discussão e contribuição na gestão de áreas de risco, com o objetivo de evitar novas tragédias nas cidades pernambucanas.

Os freqüentes desastres por escorregamentos de encostas ocorridos em vários municípios brasileiros mostram a necessidade de maior atuação da defesa civil, do meio técnico, de especialistas, da comunidade e principalmente dos governantes. Estudos realizados nas áreas de riscos indicam que a falta de infra-estrutura urbana adequada é uma das causas dos desastres ocorridos nos períodos chuvosos. Em toda Região Metropolitana do Recife, os fatores decorrentes da forma inadequada de ocupação das encostas são importantes na deflagração dos deslizamentos, associados aos condicionantes naturais (chuvas, litologia, declividade, forma da encosta etc.). O acúmulo do lixo, os cortes inadequados dos taludes e o acúmulo do material proveniente desses cortes e inexistência de infra-estrutura adequada são os principais fatores geradores dos processos erosivos e dos movimentos de massa em áreas ocupadas.

Devido à gravidade dos problemas e da impossibilidade de eliminação do risco em curto prazo, se faz necessário uma ação de convivência com os riscos através de elaborações de planos preventivos de defesa civil. Um programa efetivo de gerenciamento de áreas de risco é o principal instrumento que o gestor municipal deve ter em suas mãos. Segundo MACEDO et al. (2006), os planos preventivos de defesa civil têm o objetivo de dotar as equipes técnicas municipais de instrumentos de ações de modo a reduzir a possibilidade de perdas de vidas humanas decorrentes de acidentes. A concepção deste instrumento é de tomar medidas anteriormente à deflagração dos acidentes, a partir da prevenção de condições potencialmente favoráveis à sua ocorrência, por meio de acompanhamento de alguns parâmetros como, por exemplo, a chuva acumulada e a previsão de índices pluviométricos para os casos dos deslizamentos.

Para a melhoria no gerenciamento de áreas de riscos na Região Metropolitana do Recife é preciso avançar nos estudos dos mecanismos dos processos atuantes; nos conhecimentos dos parâmetros geológico-geotécnicos dos materiais presentes nas

encostas; e no conhecimento da distribuição da chuva na região bem como no conhecimento das chuvas críticas que deflagram os movimentos de massa. Por meio destes estudos é possível obter critérios técnicos para elaboração de Planos Preventivos. É neste contexto que foi elaborado um projeto de pesquisa para o desenvolvimento desta tese de doutorado. Hoje, mais do que nunca, são necessários estudos técnicos para subsidiar a gestão das áreas de risco por meio de dados confiáveis. Este tema de estudo em áreas de risco é continuidade da linha de pesquisa iniciada com a dissertação de mestrado da autora desta tese, defendida em Agosto de 2003, que teve por título “Mapa de Risco das Encostas com Ocupações Desordenadas do Município de Camaragibe-PE”. O tema desta pesquisa faz parte da linha: “Análise e Gestão de Risco de Erosão e Escorregamento”, inserida no Projeto CNPq PRONEX / FACEPE (EDT-08/2006), com vigência de 2007 a 2010 e no Projeto CNPq-Universal (vigência 2008-2010). Recentemente também está fazendo parte, através da UFPE, do Projeto INCT - Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia - intitulado: REAGEO (Instituto Geotécnico de Reabilitação do Sistema Encosta-Planície), que tem a coordenação da COPPE-UFRJ e a participação do Instituto de Geociências – IGEO/UFRJ e de outras universidades (PUC-Rio, UERJ, UFPE, UFRGS e UNB).

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é contribuir para a melhoria do gerenciamento das áreas de riscos na Região Metropolitana do Recife, com o estudo geológico-geotécnico dos materiais presentes nas encostas e do conhecimento da chuva crítica que deflagra movimentos de massa nas áreas de risco.

Desse modo, pretende-se oferecer aos gestores públicos municipais, parâmetros técnicos para elaborações de planos preventivos de defesa civil, sendo um importante instrumento para o estabelecimento de diretrizes do uso e ocupação do solo e para tomadas de decisão no período chuvoso. O plano preventivo de defesa civil é um instrumento técnico que permite a defesa civil tomar medidas de ações não-estruturais, de modo a reduzir a possibilidade de perdas de vidas humanas.

Tendo em vista o exposto, os objetivos gerais e específicos são:

a) Objetivos Gerais:

1. Expandir o conhecimento dos fatores que condicionam os mecanismos e a magnitude dos processos indutores dos desastres nas encostas da RM-Recife;
2. Subsidiar e melhorar a qualidade da gestão de riscos, com indicações de parâmetros técnicos;
3. Implantar uma base de dados sobre movimentos de massa na RM-Recife, incluindo informações de índices pluviométricos, para fins de monitoramento e intercâmbio em rede.

b) Objetivos Específicos:

1. Estudar os mecanismos e fatores condicionantes dos movimentos de massas predominantes na RM-Recife;
2. Identificar as formações geológicas presentes nas áreas de riscos (Fácies da Formação Barreiras e Solo Residual) da área de estudo;
3. Aprofundar o conhecimento sobre as características geológico-geotécnicas dos materiais presentes nas encostas (Fácies da Formação Barreiras e Solo Residual), em condições saturadas;
4. Monitorar e analisar os índices pluviométricos em localidades da área de estudo;
5. Implantar uma base de dados dos processos de instabilização de encostas, contendo o histórico de deslizamentos na RM-Recife;
6. Analisar o risco social na RM-Recife com a previsão de mortalidade em deslizamentos de encostas, por meio do cálculo da Perda de Vida Potencial *PLL* (*Potential Loss of Life*) e da construção de Curvas *F-N*;
7. Definir parâmetros técnicos para auxílio à elaboração de plano preventivo de defesa civil, como melhoria da gestão de risco na RM-Recife.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está dividida em 10 capítulos, de acordo com a seguinte distribuição:

O capítulo I é a introdução aqui desenvolvida.

O capítulo II traz uma discussão sobre os mecanismos dos movimentos gravitacionais de massa com seus fatores condicionantes. Comenta sobre os eventos extremos de precipitação e os casos de escorregamentos de encostas no Brasil devido a esses fenômenos. Por fim apresenta um histórico geral dos escorregamentos de encostas na Região Metropolitana do Recife e faz comentários sobre a criação da base de dados para o desenvolvimento desta pesquisa, onde os resultados serão detalhados no capítulo VII.

O capítulo III apresenta uma revisão bibliográfica com os seguintes conteúdos: Conceito de risco; Processo de gerenciamento de áreas de risco presente na literatura internacional; O modelo brasileiro de gerenciamento de áreas risco, apresentando a experiência de várias cidades; e por fim, o gerenciamento na Região Metropolitana do Recife.

O capítulo IV descreve as características gerais da área de estudo, incluindo a descrição das características fisiográficas, o processo de ocupação das áreas urbanas e os aspectos geológicos gerais.

O capítulo V apresenta a litologia das unidades geológicas estudada. Faz uma descrição das fácies da Formação Barreiras e do solo residual do embasamento cristalino, presentes na área de estudo.

O capítulo VI apresenta os procedimentos empregados nas atividades de campo e de laboratório, para realização de ensaios de caracterização geotécnica dos materiais e para obtenção dos parâmetros de resistência ao cisalhamento. Apresenta os resultados obtidos e compara esses com outros existentes na literatura.

O capítulo VII traz informações sobre os processos de instabilidade ocorridos na área de estudo. Detalha os dados históricos existentes e os acidentes ocorridos durante o período chuvoso de 2009, com os registros das localidades mais atingidas. Também apresenta a caracterização da chuva em cada município envolvido na pesquisa, incluindo os índices pluviométricos associados aos movimentos de massa, a variabilidade da chuva nas localidades e a identificação do índice pluviométrico crítico que deflagram os processos de instabilidade.

No capítulo VIII são apresentados os procedimentos de análise do risco social, conforme se encontram na literatura internacional, através da determinação do *Potencial de Perda de Vida (PLL)* e construção de *Curvas F-N*, com aplicação ao caso da Região Metropolitana do Recife. No estudo de caso a metodologia de análise de risco social foi aplicada levando em consideração 03 períodos distintos: i) todo período de registro de acidentes com mortes (1984-2009); ii) o período antes do gerenciamento (1984-2000); e iii) o período após o gerenciamento (2001-2009). Também faz uma comparação com os resultados de outras cidades apresentados na literatura. A metodologia análise do risco social é empregada nas experiências internacionais, conforme está apresentado no capítulo III.

O capítulo IX trata-se das contribuições para o aprimoramento do gerenciamento de áreas de risco na Região Metropolitana do Recife, através das atividades realizadas e dos resultados encontrados nesta pesquisa.

O capítulo X apresenta as principais conclusões do trabalho desenvolvido, bem como sugestões para novas pesquisas.

Por fim são apresentadas as referências bibliográficas.

CAPÍTULO II

MOVIMENTOS DE MASSA E EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

2.1 OS MECANISMOS DOS MOVIMENTOS DE MASSA E SEUS FATORES CONDICIONANTES

Os escorregamentos de encostas em áreas urbanas, nas várias cidades do globo, estão associados principalmente ao crescimento populacional (SCHUSTER & HIGHLAND, 2007). A urbanização é o crescimento da população urbana em ritmo mais acelerado que o da população rural. Apesar de ser um fenômeno relativamente recente (até meados do século XIX, menos de 2% da população mundial vivia em cidades), tudo indica que a urbanização é um processo irreversível na trajetória da humanidade. A Figura II.1 apresenta o crescimento da população urbana nas maiores cidades do mundo e a projeção até 2020 (BANDEIRA & COUTINHO, 2008).

A aceleração da urbanização, sobretudo nos países em desenvolvimento, veio acompanhada de um crescimento urbano desordenado, ocasionando inúmeros problemas sócio-ambientais, como a multiplicação de bairros com infra-estrutura deficiente, habitações situadas em áreas de risco e alterações nos sistemas naturais. Esses problemas geram fatores que contribuem para os acidentes nas encostas ocupadas.

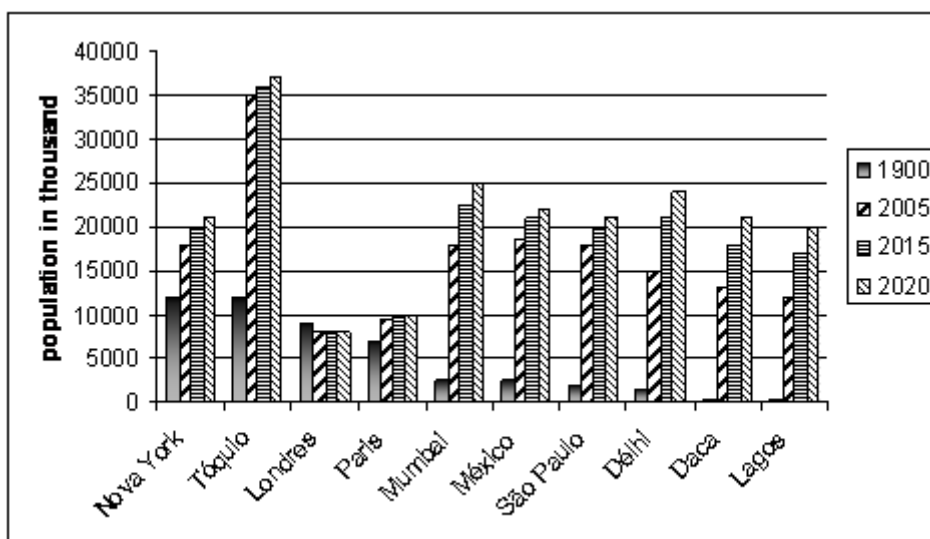


Figura II.1: Crescimento da População Urbana em Cidades do Mundo (1950-2020)

(Fonte: <http://www.unfpa.org.br>).

Recentemente, em março de 2010, a ONU divulgou resultados de uma pesquisa sobre as ocupações precárias. Em seu relatório, as Nações Unidas revelaram que 227 milhões de pessoas deixaram de morar em ocupações desordenadas, na última década, em todo o globo, principalmente na China, Índia e Indonésia, onde as condições de moradia melhoraram. O Brasil está na quarta posição do ranking, com uma redução de 16% na população dos assentamentos precários. Apesar deste resultado, em termos de população mundial, o número de moradores nessas ocupações tem aumentado, em consequência do crescimento populacional e do êxodo para as cidades.

Nas últimas décadas as pesquisas têm mostrado que houve um aumento considerável não só na frequência dos desastres naturais, mas também na intensidade, o que resultou em sérios danos e prejuízos sócio-econômicos em todo o globo. De acordo com alguns cientistas, este cenário pode estar vinculado ao aquecimento global, como uma das consequências diretas das mudanças climáticas (MUNICH GROUP, 1999; MARCELINO et al., 2006; IPCC, 2007). Apesar das controvérsias, fato é que diversas áreas do globo já estão sendo seriamente impactadas pelos desastres naturais, principalmente aqueles desencadeados por fenômenos atmosféricos extremos, causados em sua maioria pelas tempestades severas.

Dentre os principais fatores responsáveis pelo aumento do registro dos desastres naturais em todo o mundo cita-se: o crescimento populacional, a segregação sócio-espacial (aumento das favelas e bolsões de pobreza), a acumulação de capital em áreas de risco (ocupação da zona costeira), o avanço das telecomunicações (disseminação de informações) e as mudanças climáticas globais (MARCELINO et al., 2006).

Conforme dados do *Emergency Events Database* (EM-DAT, 2007), a média de desastres ocorridos no mundo, na década de 70, foi de 90 eventos por ano, saltando para mais de 260 eventos na década de 90 (Figura II.2). Estes números refletem diretamente a elevação na frequência e intensidade dos desastres causados pelas tempestades severas, como mostrado pela linha azul na Figura II.2. Ressalta-se também que este fato está relacionado à melhoria dos registros das ocorrências além do aumento da tempestuosidade.

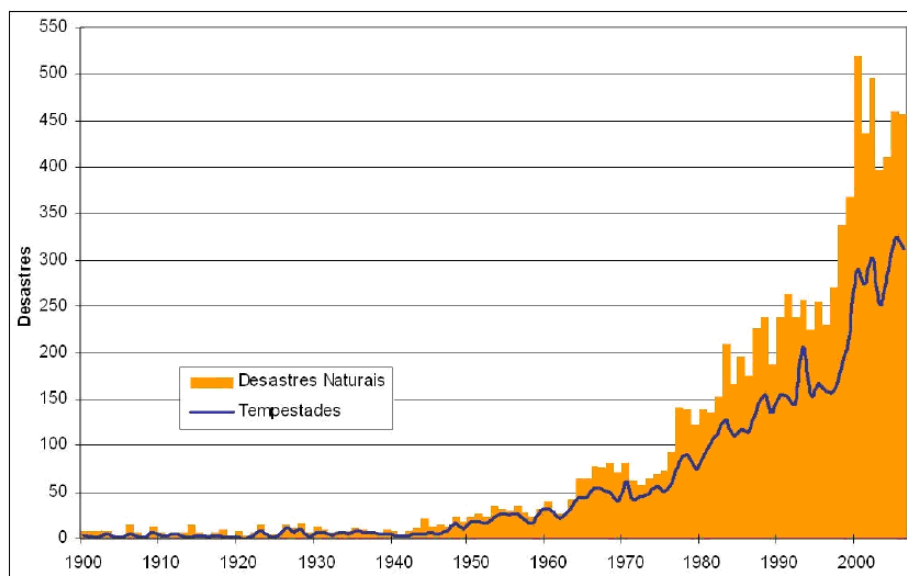


Figura II.2: Frequência Anual de Desastres Naturais para todo o Globo (1900 – 2006)

(Fonte: EM-DAT, 2007; a partir de MARCELINO, 2008)

PARK (1991) afirma que a expansão da população e o desenvolvimento econômico contribuíram para o aumento da vulnerabilidade humana aos acidentes naturais durante o século XX. SCHUSTER (1996) afirma que o fenômeno de movimentos de massa tem expectativa de ampliar-se no século 21, devido ao aumento da urbanização, continuidade da retirada da vegetação e ao aumento da precipitação causado pelas mudanças climáticas (ver também CASCINI et al. 2005; SCHUSTER & HIGHLAND, 2007).

HACK (2002), investigando dois episódios catastróficos (em fevereiro de 1998 e janeiro de 2000) ocorridos na cidade de Petrópolis-RJ, concluiu que as fortes chuvas de verão não foram as maiores responsáveis pelas calamidades, mas sim uma conjunção de fatores relacionados principalmente à ocupação inadequada da terra urbana e aos aspectos topográficos do sítio, somados ao desmatamento de encostas, deficiência da drenagem, bem como descaso aos estudos técnicos realizados sobre áreas propícias à ocupação. Recentemente, em 06 de abril de 2010, os noticiários de TV revelaram que a tragédia do Morro do Bumba (Niterói), ocorrida após elevada precipitação pluviométrica que deixou mais de 180 vítimas fatais, teve como principal fator o assentamento das moradias sobre um antigo lixão. Este fato revela a omissão do poder público na redução da densidade demográfica dos assentamentos precários, o tornando co-responsável pelos desastres.

Na Região Metropolitana do Recife, a chuva e a forma de ocupação das encostas são os principais fatores que contribuem para as ocorrências de movimentos de massa e de processos erosivos. Nesta Região, os principais tipos de processos de instabilização de encostas, que freqüentemente ocorrem nas áreas de riscos, são: a **erosão hídrica pluvial** e os **escorregamentos planares**.

A **erosão hídrica pluvial** se inicia com as primeiras gotas de chuva que atingem o solo. Tal momento é denominado de *splash* e pode resultar na ruptura dos agregados, selando o topo do solo e dando condições para formações de poças. A partir daí, a água começa a escoar na superfície em forma de lençol, depois em fluxos lineares, evoluindo para sulcos, depois se aprofundam em ravinas, podendo levar a formação de voçorocas. Estas se caracterizam por grande profundidade e formação de paredes laterais íngremes com contribuições da água subterrânea (GUERRA et al., 1999 e CUNHA, 1991). A erosão hídrica pluvial é um processo freqüente na RM-Recife e se apresenta na forma de **ravinas e voçorocas**. A sua ocorrência depende da área de contribuição do escoamento superficial, da granulometria do material, da inclinação do talude e do comprimento da trajetória da água no talude (ver também SANTOS JÚNIOR et al., 2008).

Segundo CAMAPUM DE CARVALHO et al., (2001) antes da precipitação e do fluxo superficial, o solo encontra-se geralmente no estado não saturado e, portanto submetido a forças capilares e/ou de sucção. Sendo assim, o modo como se dá a saturação poderá propiciar o desprendimento e a desagregação das partículas de solo. MEIRA (2008) apresenta uma revisão bibliográfica sobre erosão e seu mecanismo.

Nas áreas ocupadas o processo erosivo se dá de forma acelerada, devido à união do fator antrópico aos demais fatores condicionantes (climático, ação de microorganismos, topográfico, tipo do solo e cobertura vegetal). O fator antrópico inicia-se pelo desmatamento, seguido da implantação de moradias nas encostas, principalmente de forma inadequada. Nas encostas urbanas os assentamentos irregulares das moradias, associados ao sistema precário de drenagem, contribuem para as perdas de solo. Vários bairros da Região Metropolitana do Recife situam-se em terrenos elevados ou mesmo nos divisores de águas. As ruas e moradias mal planejadas contribuem para o aumento de ravinas e voçorocas, que na maioria das vezes são

difíceis de serem controladas, já que os fluxos concentrados de águas pluviais e servidas, que percolam na encosta são bastante intensos (MEIRA, 2008). Muitas vezes a ocupação é instalada nos divisores de águas a partir da ação inadequada do próprio poder público, implantando conjuntos habitacionais próximos às rupturas de gradientes, sobre material com elevada susceptibilidade aos processos de instabilidade de encostas. Este fato também está sendo verificado em outras cidades de Pernambuco como, por exemplo, na cidade de Garanhuns (ver AZAMBUJA, 2007).

Os efeitos da expansão urbana sem infra-estrutura adequada levam, geralmente, aos processos erosivos, com conseqüências para os níveis de base locais. Por conta do maior aprofundamento intempérico dos solos tropicais, após a remoção da vegetação, ocupação e ampliação de áreas construídas e impermeabilizadas, acrescida da considerável erosividade das precipitações intensas e temporalmente concentradas, esses são rapidamente desestabilizados e transportados. Em alguns casos a ação antrópica pode induzir situações de fuga de solo por ruptura de tubulações, acentuando o processo de erosão, podendo causar acidentes (GIRÃO et al., 2007). Nas Figuras II.3 e II.4 são mostrados exemplos de áreas urbanas na RM- Recife com processos erosivos.



Figura II.3: Erosão na Rua Camanducaia, UR-02 / Ibura
(Foto: ALHEIROS, 2006)



Figura II.4: Erosão em Área Urbana no Município de Camaragibe devido a Vazamento de Tubulação de Águas Servidas (Foto: BANDEIRA em 2002)

A concentração de águas pluviais que escoam ao longo de uma encosta propicia o aumento da energia do fluxo que, em contato com o solo, desencadeia processos erosivos, inicialmente na forma laminar e, posteriormente à concentração do fluxo em incisões no solo, na forma linear (BITTAR, 1995; GUERRA et al., 1999). Em encostas que possuam fendas ou fissuras, as águas pluviais podem infiltrar-se, diminuindo a resistência da encosta, podendo provocar ruptura de cortes e aterros e, por conseguinte, movimentos de massa.

De acordo com os fatores, tais como, textura do solo, declividade e umidade antecedente, a concentração de água derivada de chuvas ou da drenagem domiciliar (telhados, águas servidas, etc.) em encostas pode levar também à ocorrência de movimentos de massa. Tais processos poderão ser de grande magnitude e graves conseqüências, na dependência da velocidade do processo e da densidade da ocupação (GIRÃO et al., 2007).

CRUDEN & VARNES (1996) apresentam uma classificação dos movimentos de massa, sendo referência a nível internacional, descrita a seguir:

- *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 superfícies inclinadas o movimento é de *rolamento* de matacões;

- *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;
- *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. Eles são divididos em rotacionais (circulares) e translacionais (planares).
- *Espalhamentos* (spreads): 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 sensitivas. O material sobrejacente pode sofrer movimentos de subsidência, translação, rotação, desintegração ou escoamento.
- *Corridas / Escoamentos* (flows): São formas rápidas de escoamento, de caráter essencialmente hidrodinâmico, provocado pela perda de resistência do material, devido o excesso de água. A massa se desloca semelhante a um líquido viscoso.

Nesta classificação de CRUDEN & VARNES (1996) o movimento de *rolamento de matacões* é uma subclassificação do movimento tipo *quedas*. Em encostas ocupadas o desencadeamento dos movimentos de massa é comum, em decorrência das deficiências de capacidade e funcionamento, ou mesmo inexistência de um sistema de drenagem superficial adequado nas residências, ou mesmo de escoamento irregulares que se concentram aleatoriamente.

Os escorregamentos planares de solos são processos muito frequentes nas encostas serranas do Brasil, envolvendo solos superficiais, freqüentemente até o contato com a rocha subjacente, alterada ou não. Podem ocorrer em taludes mobilizando solo saprolítico, saprolitos e rochas, condicionados por estruturas planares desfavoráveis à estabilidade e relacionados a feições geológicas diversas, tais como foliação, xistosidade, fraturas, falhas, etc. Os trabalhos de LIMA (2002), SILVA (2002) e SILVA (2008) apresentam estudos em áreas que sofreram processos de escorregamentos, planares e circulares. As Figuras II.5 e II.6 apresentam ilustrações desses processos.

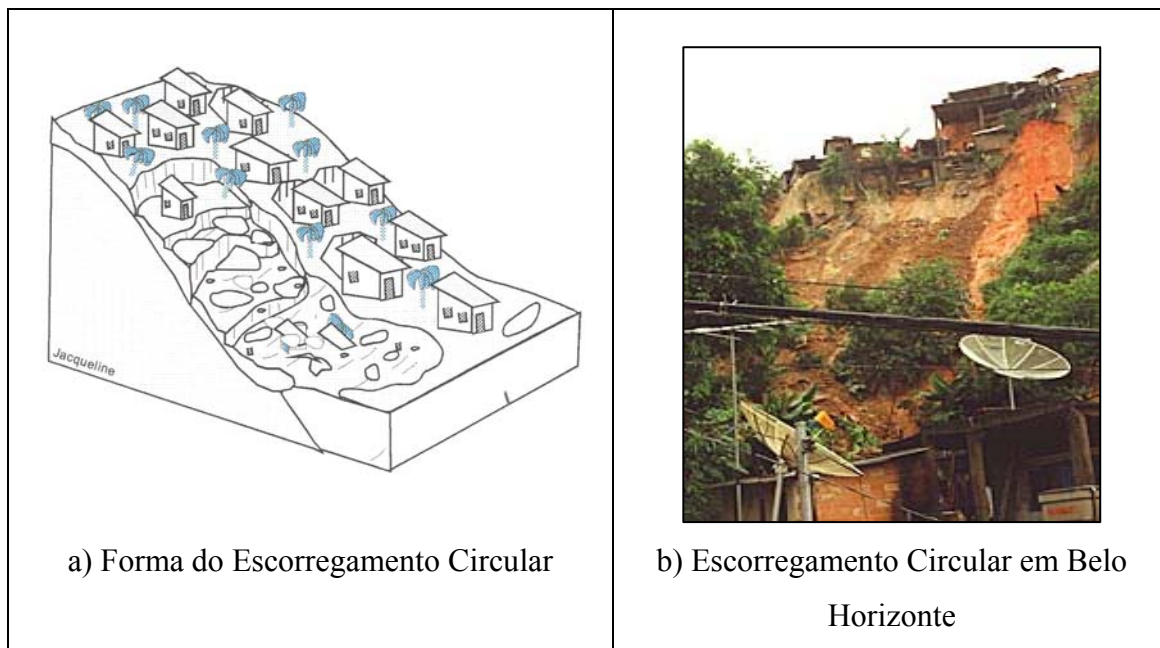


Figura II.5: Ilustração de Escorregamento Circular (Foto: IPT)

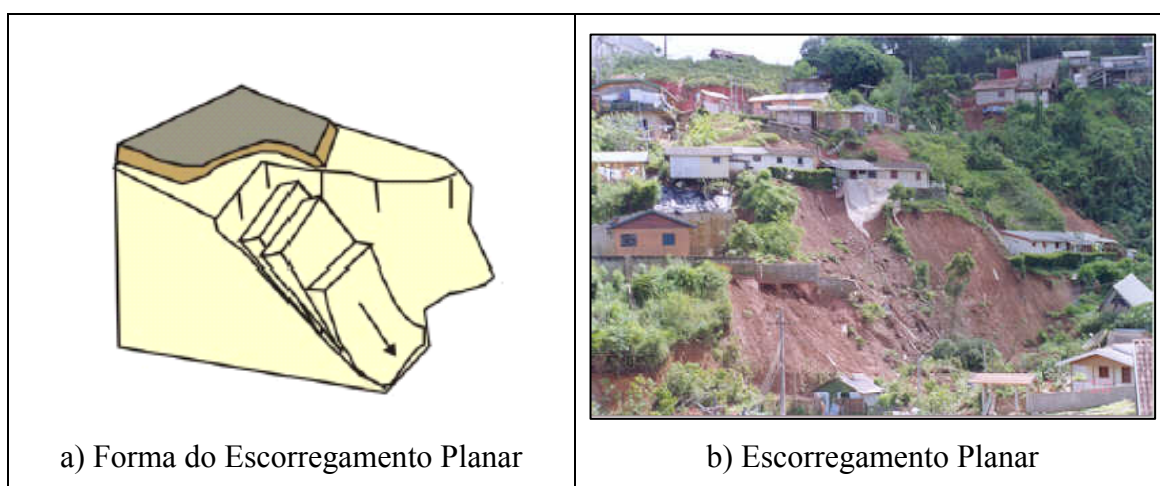


Figura II.6: Ilustração de Escorregamento Planar (Foto: IPT)

Na RM-Recife, segundo GUSMÃO FILHO (1997), tem sido observado que os deslizamentos em solos, em sua maioria, não são profundos e a sua superfície de ruptura é translacional, paralela ao talude. Observações da variação de umidade e sucção, em perfis levantados no Alto do Reservatório, bairro do Recife (PE), mostraram que a diferença ocorre apenas nos primeiros 3,0 m de profundidade do solo, indicando ser esse o limite da frente de umedecimento e da superfície de ruptura (LIMA, 2002). Este fato também é observado na maioria dos deslizamentos ocorridos nas encostas ocupadas das cidades brasileiras. As Figuras II.7 a II.9 apresentam casos de deslizamentos na Região Metropolitana do Recife.



Figura II.7: Deslizamento na Zona Sul do Recife (2006)



Figura II.8: Deslizamento na PE-27 / Camaragibe (Maio/2008)



Figura II.9: Deslizamento em Camaragibe (2005)

Os mecanismos de instabilização associados aos escorregamentos translacionais em encostas urbanas estão ligados ao aumento de umidade devido à infiltração de águas de chuva e servidas. O aumento da umidade induz a perda de resistência do solo. SANTOS JÚNIOR et al., (2008) afirmam que, à medida que a frente de umedecimento avança no solo, ocorre a diminuição da sucção e, por conseguinte, o decréscimo da coesão. Assim, taludes que permaneciam estáveis com baixo teor de umidade podem romper após um longo período de chuva. Esses autores estudando a estabilidade das falésias na região de Natal, formadas por sedimentos da Formação Barreiras, encontraram uma redução na coesão na ordem de 80% quando inundadas e concluíram que este fator é significativo para diminuição da estabilidade das falésias da Formação Barreiras. LIMA (2002) estudando a estabilidade de uma encosta da RM-Recife verificou que, através de simulações, o fator de segurança reduzia de 2,2, na condição de verão, para 1,5 na condição de inverno; e chegava a atingir o valor de 1,0 na condição de inverno rigoroso.

LEROUEIL (2004) apresenta os principais fatores de causa dos movimentos de massa (ver também COUTINHO & SILVA, 2005 e SILVA, 2007):

- *Fatores de causas predisponentes*: informam sobre a situação atual e determinam a resposta do talude seguindo a ocorrência de um fator acionante. Como exemplos desses fatores destacam-se: a presença das altas declividades dos taludes de cortes desordenados e a distribuição dos materiais com diferentes texturas, interferindo na permeabilidade das camadas e gerando superfície potencial de ruptura;
- *Fatores de causas acionantes ou agravantes*: são os que levam o talude à ruptura e os fatores de causas agravantes produzem uma modificação nas condições da estabilidade ou da velocidade do movimento. Como exemplos desses fatores têm-se: as erosões e escavações no pé dos taludes, a infiltração de águas de chuva e servidas; e sobrecargas de árvores de grande porte devido à rajada de ventos;
- *Fatores de causas revelantes*: fornecem a evidência antes e/ou depois do movimento no talude, mas geralmente não participa do processo.

Nos sedimentos de Formação Barreiras presentes nas áreas de morros da RM-Recife a distribuição dos materiais com diferentes texturas no perfil é freqüente. A disposição dos sedimentos em diferentes permeabilidades gera um mecanismo de instabilização, com caminhos preferenciais de água. SANTANA (2006) e SANTANA & COUTINHO (2006) mostraram a presença de uma camada menos permeável como um dos fatores predisponentes em um deslizamento ocorrido em outubro de 2005, na cidade do Recife. Este acidente teve como principais fatores de causa: vazamento na rede de distribuição de água e lançamento de águas servidas, o qual provocou morte de 01 pessoa.

Outro mecanismo de instabilização é a erosão no pé do talude, devido à presença de camada susceptível ao processo, o qual “descalça” a base e conseqüentemente provoca o solapamento da massa do terço superior do talude (Figura II.10).

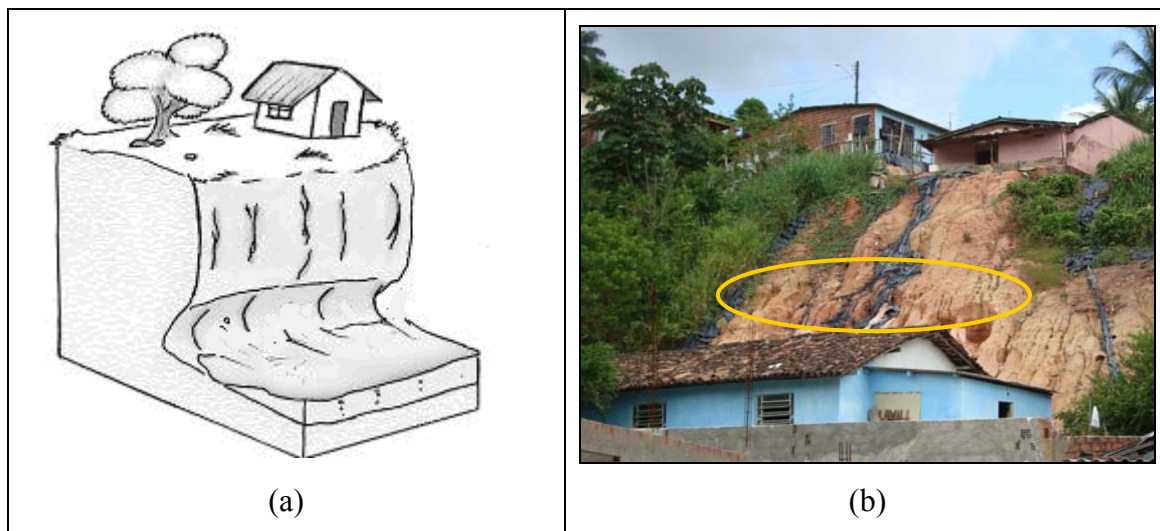


Figura II.10: Erosão na Base do Talude devido a Presença de Camadas com Diferentes Texturas. Fonte: a) SANTOS JÚNIOR et al., (2008) e b) Foto de BANDEIRA, 2010

Outro fator de causa predisponente muito importante nas encostas de ocupação precária é a ação antrópica que também pode ser um fator de causa acionante ou agravante (LEROUEIL, 2004). Nessas áreas é comum encontrar: cortes verticalizados dos taludes; aterros mal compactados; taludes sem cobertura superficial; lançamento de águas servidas, fossa na borda dos taludes, vazamento de tubulações e acúmulo de lixo (Figuras II.11 a II.15). Esses fatores associados a uma infra-estrutura inadequada intensificam a ocorrência dos processos erosivos e dos movimentos de massa (BANDEIRA et al., 2009). A disposição do lixo doméstico muitas vezes é utilizada como parte do aterro ou simplesmente é lançado nas encostas, agravando a situação e aumentando o grau de risco das áreas (AHRENDT & ZUQUETTE, 2001). O acúmulo do lixo nas encostas absorve grande quantidade de água e desenvolve um processo bioquímico de degradação e produção de chorume, favorecendo a sua interação com o solo (ALHEIROS et al., 2003). À medida que o lixo se acumula e absorve água aumenta-se de peso, causando uma sobrecarga nos taludes, contribuindo para os deslizamentos.



Figura II.11: Taludes Verticalizados e Sem Proteção Superficial
(Encostas da RM-Recife)



Figura II.12: Lançamento de Águas Servidas nos Taludes
(Encostas da RM-Recife)



Figura II.13: Fossa na Borda do Talude (Encostas da RM-Recife)



Figura II.14: Vazamento de Tubulações (Encostas da RM-Recife)



Figura II.15: Lançamento de Lixo no Talude (Encostas da RM-Recife)

As águas sejam de subsuperfície e/ou as provenientes de chuva representam, de um modo geral, o fator de causa acionante ou agravante de maior influência dos movimentos de massa da Região Metropolitana do Recife, de várias cidades brasileiras e até do mundo. É no período chuvoso que ocorrem o maior número de deslizamentos de encostas.

A chuva precedente a um evento é muito importante quanto ao potencial de provocar escorregamentos. A relação entre os escorregamentos e os índices pluviométricos tem levado alguns pesquisadores a tentarem estabelecer relações empíricas, probabilísticas ou físico-matemáticas. Dentre muitos autores que correlacionam a pluviometria com os deslizamentos, vários perceberam a importância da chuva precedente ao evento.

No Brasil poucos foram os estudos realizados que obtiveram esta correlação, além do mais que, cada um possui características próprias de análise. Essas características estão normalmente associadas aos diferentes fatores geológicos, geotécnicos e morfológicos do maciço. No entanto, a grande dificuldade de correlação reside na falta da série histórica de dados pluviométricos da área a ser estudada e na falta de registros históricos dos escorregamentos. Deve-se também observar as características de relevo, materiais naturais, vegetação e uso do solo. Estas características impõem um modelo regional de interação que deve ser pesquisado em cada caso (GUSMÃO FILHO, 1997).

Um dos trabalhos pioneiros de correlação entre chuva e escorregamentos realizado no Brasil é o de GUIDICINI & IWASA (1976), que desenvolveram correlações para os Estados de São Paulo; Rio de Janeiro; Ceará, Minas Gerais e Santa Catarina. As propostas subseqüentes foram de COSTA NUNES (1982), VARGAS et al. (1986), TATIZANA et al. (1987), ALMEIDA & NAKAZAWA (1991), ELBACHÁ et al. (1992), CERRI (1993), PEDROSA (1994) e GUSMÃO FILHO (1997). Na dissertação de mestrado de BANDEIRA (2003) é possível encontrar uma revisão bibliográfica sobre correlações entre chuvas e escorregamentos de encostas.

Os principais mecanismos de atuação das águas no desencadeamento dos processos nas encostas são (a partir de COUTINHO & SILVA, 2005):

- a) Avanço da frente de umedecimento reduzindo a resistência dos solos pela redução da “coesão aparente”;
- b) Elevação do nível d’água, gerando aumento das pressões neutras e reduzindo as tensões efetivas e a resistência ao cisalhamento do solo;
- c) Elevação da coluna d’água em descontinuidades, reduzindo as tensões efetivas e gerando esforços laterais cisalhantes, podendo ocasionar à ruptura;
- d) Erosão subterrânea retrogressiva (“pipping”).

CARVALHO (1989) comenta que a umidade inicial do solo influencia a velocidade do avanço das franjas de umedecimento; ou seja, o grau de saturação prévio do solo também se mostra determinante para a deflagração de escorregamentos de encostas. Considerando este fato, têm-se as águas servidas como um dos fatores de redução da resistência do solo.

Nas ocupações com infra-estrutura inadequada, sem saneamento básico, independente do período chuvoso, as águas servidas são lançadas diretamente sobre o solo durante todo o período do ano, ou seja, de janeiro a dezembro. Pesquisas realizadas por ASSUNÇÃO (2005) nas encostas de Salvador revelaram que as águas servidas têm importante influência nos processos de instabilidade dos taludes (ver também SANTOS & ASSUNÇÃO, 2005). Nestes estudos os autores verificaram que as águas servidas podem sofrer processos de evaporação, infiltração ou escoamento ao longo de uma encosta, apresentando-se de forma pontual, distribuída ou concentradas (em forma de

sulcos). Os autores verificaram que o volume das águas servidas é de, no mínimo, 68% do volume da precipitação pluviométrica anual, para a região estudada, portanto representa um percentual que não pode ser desprezado no entendimento dos mecanismos dos processos, pois elas podem em conjunto com as precipitações pluviométricas, agravar ou deflagrar, ou pelo menos predispor o ambiente a processos de instabilizações.

Pesquisas realizadas por SILVA (2007) em Camaragibe, Região Metropolitana do Recife, revelaram a influência das águas servidas em um escorregamento ocorrido na região e encontrou valores importantes que contribuíram para o entendimento do mecanismo. Nesta pesquisa a autora fez medições de águas servidas “*in situ*” e revelou que, para a área de estudo, as mesmas se manifestam da seguinte forma: 33% sofrem processo de escoamento; 42% sofrem processo de infiltração; e 25% sofrem processo de evaporação. A autora concluiu que o volume de águas servidas na área de estudo, representa 35,5% do volume da precipitação pluviométrica anual. Os estudos realizados por ASSUNÇÃO (2005) e SILVA (2007) revelaram que o volume de águas servidas é maior que o volume de chuva, na maioria dos dias do ano, para as regiões estudadas. Em Camaragibe o volume diário de águas servidas ultrapassa o volume diário de chuva em 68,2% dos dias do ano, ou seja, 249 dias.

SANTANA & COUTINHO (2006) também apresentaram a importância das águas servidas nas instabilizações de encostas. Além das águas servidas e das chuvas, esses autores também comentam sobre os vazamentos de tubulações de abastecimento de água, que são bastante comuns nas ocupações precárias, devido a ligações clandestinas (ver também SANTANA, 2006). Em Janeiro de 2009, um vazamento de tubulação de abastecimento de água provocou um deslizamento de encosta no Recife, causando a morte de 02 pessoas de uma mesma família.

2.2 OS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E OS ESCORREGAMENTOS DE ENCOSTAS

Os eventos climáticos extremos são aqueles que se dão em curto prazo, com altos fluxos de energia e com valores acima da média histórica (HEATHCOTE, 1985). Tais eventos podem ser medidos em minutos ou em duração de anos de recorrência. A frequência desses eventos pode ser limitada a um tempo de retorno de 10 anos.

A Tabela II.1, extraída de VICENTE (2004), apresenta a classificação dos eventos extremos devido à origem. Nos eventos de origem hidrometeorológicas destacam-se as secas, os tornados e os episódios pluviais concentrados, estes últimos causando inundações e deslizamentos de encostas. Nos eventos de origem geológica encontram-se os terremotos, os tsunamis e os desmoronamentos.

Tabela II.1: Eventos Naturais Extremos de Acordo com a Origem
(A partir de VICENTE, 2004).

Eventos Hidrometeorológicos	Eventos Geológicos
- Secas	- Terremotos
- Inundações	- Tsunamis
- Furacões	- Erupções vulcânicas
- Ciclones	- Desmoronamentos
- Tornados	- Avalanches
- Tempestades (de neve, tropicais)	
- Geadas	
- Descargas elétricas	
- Episódios pluviais concentrados	

Fonte: WHITE (1974), TURNER (1978), MONTEIRO (1991) e
<http://www.aag.org/HDGC/www/hazards/units/unit1/html>.

Os eventos extremos podem atuar de forma direta ou indireta. Os eventos extremos de precipitação, causados pelas instabilidades severas, por exemplo, atuam indiretamente na deflagração das enchentes e dos movimentos de massa (DIAS & HERRMANN, 2002).

Outros fenômenos altamente destrutivos também são causados pelas instabilidades severas, tais como os vendavais, tornados e granizos. Aproximadamente 66% dos desastres naturais ocorridos no mundo estão vinculados às instabilidades atmosféricas severas. Vale ressaltar que a maioria desses desastres ocorreu em países em desenvolvimento, sendo contribuído pelas condições sócio-econômicas desses países, tais como: o adensamento populacional em áreas de risco, a falta de planejamento urbano, os baixos investimentos na saúde e educação, entre outros fatores, que aumentam consideravelmente a vulnerabilidade das comunidades expostas aos perigos naturais (ALEXANDER, 1997 e ALCÁNTARA-AYALA, 2002, a partir de MARCELINO, 2008).

Em todo o globo, especialmente nas últimas décadas, a ocorrência de eventos extremos tem ocasionado prejuízos significativos. De acordo com SCHEUREN et al. (2008) apenas no ano de 2007, um total de 133 países foram atingidos por desastres naturais, e destes, os mais afetados foram os Estados Unidos, a China e a Índia. Os prejuízos não se restringem apenas aos danos econômicos, mas ambientais e sociais, demonstrando a vulnerabilidade dos países, independente de seu nível de desenvolvimento econômico (SAITO et al., 2009).

As alterações do ambiente atmosférico, em particular, vêm chamando a atenção da sociedade civil, dos tomadores de decisão, dos cientistas e dos empresários, estando no centro das discussões da questão das mudanças globais. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), órgão ligado às Nações Unidas e responsável pelo quadro oficial das mudanças climáticas, assumiu pela primeira vez em seu relatório de 1995, editado em 1996, que essas modificações têm uma significativa contribuição da ação antrópica (VICENTE, 2004). Em fevereiro de 2007, o IPCC publicou um relatório apontando um aumento das precipitações nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (MARCELINO, 2008). A tendência é que essas precipitações fiquem, a cada ano, mais intensas, concentradas e mal distribuídas, ou seja, chuvas muito fortes e em poucos dias como já vindo sendo observado (ver também LIEBMANN et al., 2004; BOULANGER et al., 2005; GROISMAN et al., 2005; MARENGO, 2006).

Segundo VICENTE (2004), uma das grandes questões em relação ao clima no final do século XX e começo do XXI referem-se a um provável aumento na frequência e intensidade dos eventos extremos de precipitação em decorrência das mudanças climáticas. O mesmo autor relata que projeções realizadas pelo IPCC (1996) utilizando os Modelos de Circulação Geral (General Circulation Models, GCMs) estimam um crescimento na média global de precipitação em decorrência do aumento de CO₂ e outros gases de efeito estufa. O aquecimento levaria a uma maior quantidade de vapor d'água na atmosfera e maior transporte para as altas latitudes do Hemisfério Norte e, em consequência, intensificação na convergência de vapor e na precipitação. Já foi observada uma pequena tendência global positiva (1%) na precipitação sobre áreas continentais durante o século XX.

A Figura II.16, extraída de MARCELINO (2008), apresenta uma projeção na mudança dos índices de precipitação para o final do século XXI (período 2090-2099), publicada pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), em 2007. As áreas de cores azuis correspondem aos índices de precipitação que estarão acima da média (em até 20%). As áreas de cores amarelas são as que estarão com deficiência de precipitação; enquanto que as áreas de branco estarão com índices na média ou próxima da média. Desta figura nota-se uma tendência no aumento do número de desastres causados pelas tempestades no sul e sudeste do Brasil, nos meses de verão (dez-jan-fev), e pelas secas no norte, nordeste e centro-oeste nos meses de inverno (jun-jul-ago).

Estudos revelam um provável aumento no nível dos mares, impactos na saúde, na agricultura, nos recursos hídricos, na biodiversidade e, particularmente, na incidência de eventos climáticos extremos. É prevista a elevação nos níveis de evaporação e intensificação do ciclo hidrológico, decorrentes da maior quantidade de energia disponível gerada pelo aquecimento, contribuindo para maior ocorrência de eventos extremos de precipitação, com chuvas mais intensas em determinadas áreas, ocasionando maiores inundações, escorregamentos e erosões do solo; e estiagens mais severas e prolongadas em outras regiões (a partir de VICENTE, 2004).

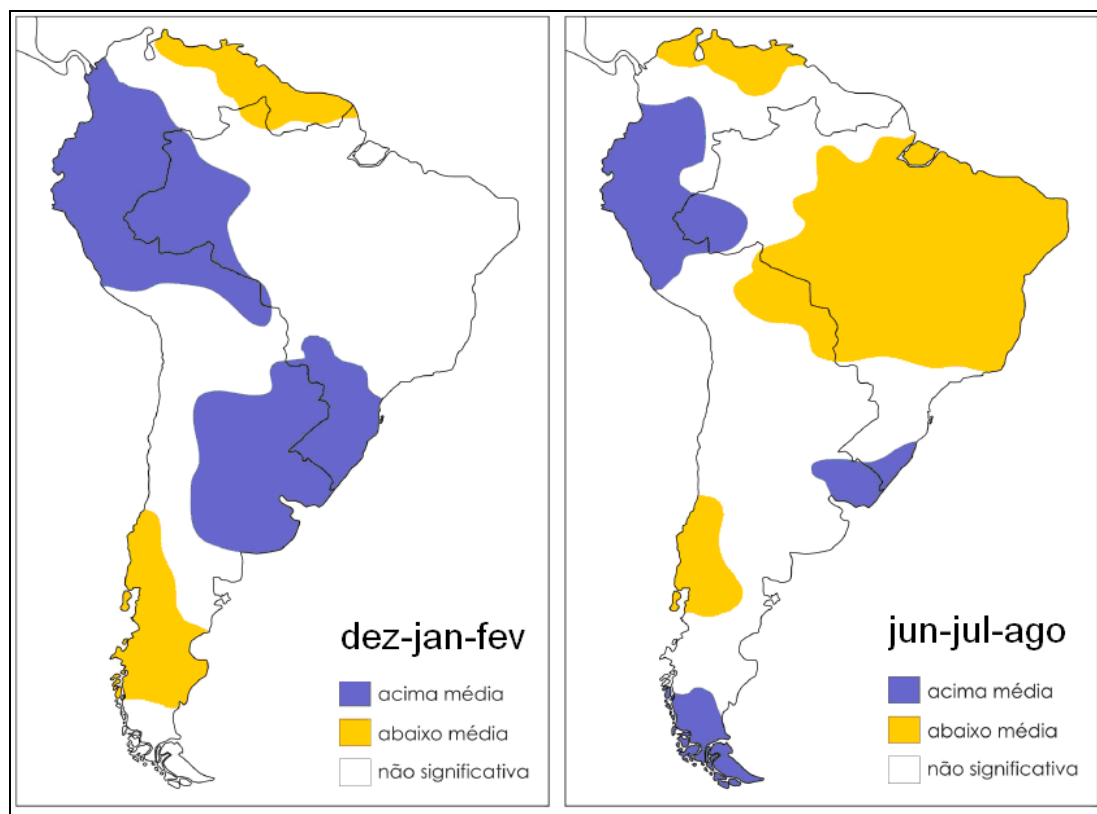


Figura II.16: Mudanças nos Índices de Precipitação no Brasil para o Período 2090-2099.
(Fonte: MARCELINO, 2008).

ALBALA-BERTRAND (1993), propõe sete parâmetros físicos para a caracterização de eventos naturais:

- a) Magnitude: máxima energia liberada por um evento particular em uma dada localidade.
- b) Frequência: incidência média que um evento de uma dada magnitude ocorre em uma área.
- c) Duração: período de tempo no qual um evento perigoso persiste.
- d) Extensão da área: área geográfica coberta por um evento.
- e) Velocidade de avanço: período de tempo entre o surgimento de um evento e seu pico.
- f) Padrão de dispersão espacial: padrão de distribuição de um evento sobre uma área geográfica afetada.
- g) Regularidade: período de recorrência de um evento.

A magnitude, quantidade de energia liberada, é um condicionante para o grau de impacto de um evento. Mediante a compreensão de como se dá o fluxo da energia em determinado local, seria possível prever a probabilidade da ocorrência de eventos climáticos extremos, e desta forma a sociedade poderia adotar medidas preventivas. Porém, tal tarefa não é fácil, dada a complexidade do sistema atmosférico em alteração. Outro fator importante para caracterizar um evento climático extremo é o aspecto temporal. A relação existente entre a magnitude e a duração do fenômeno é um fator determinante para caracterizá-lo ou não como excepcional. Um certo volume de chuva causará mais danos quanto menor for seu tempo de incidência, ao contrário de uma estiagem, que terá maior impacto quando for mais prolongada (a partir de VICENTE, 2004).

Recentemente, em 16 de fevereiro de 2010, fortes chuvas atingiram a região da Calábria, Sul da Itália, provocando grandes deslizamentos de terra com grandes destruições de construções e estradas. Nesta Região, mais de 2.000 pessoas foram retiradas de suas residências, devido ao risco de novos deslizamentos. O desmoronamento foi visto pelos moradores e levou às autoridades a preparar um plano de intervenção de urgência (Figuras II.17.a e 17b).

Também em Portugal, as fortes chuvas dos dias 19 e 20 de fevereiro de 2010, provocaram enchentes e deslizamentos na Ilha da Madeira. Foi o temporal mais violento desde 1993 (um elevado volume de chuva em 15 horas de duração). Ao menos 42 pessoas morreram, 120 pessoas ficaram feridas e 250 pessoas ficaram desabrigadas. As ruas foram transformadas em rios de lama e lixo.



Figura II.17: Deslizamento em Calábria na Itália (16/02/2010) / (Foto da internet)

No Brasil registram-se vários casos de eventos extremos de precipitação, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro. Recentemente, entre os dias 05 e 06 de abril, um índice pluviométrico extremo de 288 mm em 24h, foi o maior registrado na cidade do Rio de Janeiro nos últimos 40 anos, deixando pelo menos 180 mortos (Figura II.18 a 20).



Figura II 18: Deslizamentos no Morro do Bumba / Niteroi-RJ (06 de abril de 2010)

(Foto: www.terra.com.br)



Figura II.19 : Deslizamentos no Rio de Janeiro (06 de abril de 2010)

Foto: Luis Pinheiro/Especial para Terra (www.terra.com.br)



Figura II.20: Deslizamentos no Morro dos Prazeres em Santa Tereza - Rio de Janeiro (em 06 de abril de 2010 / mais de 30 mortes) / (Foto: <http://oglobo.globo.com>)

Em 1º de janeiro de 2010, um evento extremo de precipitação ocorrido também no Rio de Janeiro, na cidade de Angra dos Reis, destruiu residências e pousadas de alto luxo causando a morte de 53 pessoas (Figuras II.21 e 22). A chuva que atingiu a região (142,9 mm/24h) foi a maior em 24 horas dos últimos dez anos, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Dados históricos de chuva registrados na região pelo Inmet, em 24 horas, nos últimos dez anos foram: 129,3 mm em 9 de dezembro de 2002 e 117,5 mm em 25 de outubro de 2003. A maior chuva de 24h da história de Angra dos Reis ocorreu na década de 1960, com um registro de volume de chuva no valor de 191,4 mm, no dia 22 de dezembro de 1965. Também no Estado do Rio de Janeiro, em 15 de dezembro de 2009, uma chuva de 70 mm em apenas 3 horas de duração provocou um acidente na rodovia Rio-Teresópolis, em que uma massa de solo/rocha se desprende de uma encosta e atingiu um veículo que estava transitando na rodovia, provocando a morte de três passageiros (Figura II.23). A Figura II.24 ilustra a situação prévia de uma tempestade severa (80 mm em apenas uma noite) ocorrida em fevereiro de 2002, próxima a Joinville/SC.

Outro exemplo de evento extremo de precipitação ocorrido no Brasil é o evento ocorrido em Santa Catarina, em 23 de novembro de 2008. Neste dia uma chuva de 283 mm em 24h provocou vários deslizamentos em 51 municípios, 78 mil pessoas desabrigadas e um registro de 135 óbitos (Figuras II.25 e II.26).



Figura II.21: Deslizamento em Angra dos Reis (01/01/2010).
(Foto: <http://jrholanda.files.wordpress.com> - acesso em 11/01/10)



Figura II.22: Detalhe do Deslizamento no Morro da Carioca, em Angra dos Reis
(Foto: <http://g1.globo.com> - acesso em 11/01/10)



Figura II.23: Desprendimento de Solo/Rocha na Rodovia Rio-Teresópolis em 15/12/2009 - (Foto: Internet)



Figura II.24: Tempestade severa próxima a Joinville/SC, em fevereiro de 2002 (Fonte: A partir de MARCELINO, 2008)



Figura II.25: Deslizamento em Santa Catarina (23/11/2008)
(Foto da Internet)



Figura II.26: Morro do Baú, Santa Catarina (23/11/2008)
(Foto: Internet - Neiva Daltrozo/Secom/SC)

No ano de 1995, também se registrou eventos extremos de precipitação em Santa Catarina. Em 23 e 24 de dezembro de 1995, uma grande área de instabilidade proveniente do oceano atingiu as encostas da Serra Geral na região sul do estado, produzindo chuvas orográficas excepcionais que ultrapassaram os 500 mm/dia (a partir de BARBIERI et al., 2007). As chuvas desencadearam, de forma generalizada, uma série de escorregamentos e fluxos de detritos nas áreas próximas à serra e inundações a jusante na bacia do rio Araranguá, em Santa Catarina. Em virtude dos danos e prejuízos,

11 municípios da bacia decretaram estado de calamidade pública. Foram mais de 20.000 desabrigados e um total de 29 mortes.

Em 1967 vários eventos pluviométricos extremos atingiram a cidade do Rio de Janeiro. No dia 10 de janeiro o volume de chuvas foi de 237 mm em 24 horas. No dia 11 houve uma precipitação de 110 mm em 3 horas de duração. Em 72 horas registrou-se um acumulado de chuva de 472 mm. Durante o mês de janeiro o total de índices pluviométricos atingiu os 617 mm. Em 18 de fevereiro do mesmo ano houve um registro de uma chuva diária de 155 mm; e no dia 19 de fevereiro houve um registro precipitação pluviométrica no valor de 145 mm em apenas 4 horas. Nestes episódios destacam-se os deslizamentos em Laranjeiras, os quais deixaram cerca de 200 mortos e 300 feridos, além de uma casa e dois edifícios totalmente soterrados. Mais de 25.000 pessoas ficaram feridas (ARAKI, 2007).

Em 18 de março de 1967, a cidade de Caraguatatuba foi palco de uma das maiores tragédias por eventos naturais no Brasil. Um evento pluviométrico extremo de 580 mm em 48h atingiu a Serra do Mar e provocou diversos deslizamentos de encostas. Muitas pessoas foram soterradas ou levadas pela água em direção ao mar. Neste ano estima-se um número de 400 vítimas fatais na cidade.

Também em Janeiro de 1966 ocorreram enchentes e deslizamentos no estado do Rio de Janeiro, onde se estima um número de 250 mortos e 50.000 desabrigados. Só na favela de Santo Amaro, registrou-se 60 mortes por deslizamentos de encostas.

Segundo VITTE & GUERRA (2004) os eventos de 1966 e 1967 levaram à criação do Instituto de Geotécnica do Rio de Janeiro, atual Fundação GEO-RIO, e à execução imediata de 118 obras de estabilização de taludes que marcaram a vida da cidade (A partir de ARAKI, 2007). A história da criação e a experiência da Fundação GEO-RIO é apresentada no capítulo III.

VICENTE (2004) apresenta uma série de referências bibliográficas nacionais e internacionais sobre pesquisas em modelos matemáticos para entendimento dos eventos pluviais extremos positivos. Segundo esta autora, uma das dificuldades enfrentadas pelos pesquisadores é que os fenômenos naturais não obedecem à lógica matemática. As

técnicas utilizadas na análise das séries de dados não se aplicam perfeitamente na dinâmica das chuvas intensas.

Entre as referências bibliográficas citadas por VICENTE (2004) destacam-se: CORNISH (1977), que examinou as mudanças anuais e sazonais na precipitação em New South Wales, Austrália; BRUNETTI, MAUGERI e NANNI (2001), que investigou as precipitações intensas e extremas no nordeste da Itália; NKEMDIRIM (1988), que fez estudos na cidade de Calgary – Canadá; No Brasil citam-se os trabalhos de MELLO, ARRUDA & ORTOLANI (1994) que estudaram a região de Campinas-SP; FONZAR (1997) que analisou as variáveis climáticas de quatro cidades no estado de Goiás; ZULLO (1992) que analisou as precipitações do nordeste paraense e estado de São Paulo; SANT'ANNA NETO (1997) que constatou uma tendência de elevação da pluviosidade em cerca de 12%, no estado de São Paulo considerando o período de 1941-1993; e SILVA & GUETTER (2003) que observaram no estado do Paraná mudanças ligadas ao ciclo hidrológico e à temperatura.

MARCELINO et al. (2004) apresentam estudos em cidades brasileiras que tiveram dias de precipitações intensas mais prolongados nas últimas décadas. Em Campinas (SP), o número de dias de fortes chuvas (>50 mm/h) tem aumentado consideravelmente, passando de aproximadamente 12 dias nas décadas de 60 e 70, para mais de 25 dias na década de 80 e 90 (VICENTE & NUNES, 2004). Um padrão similar também foi encontrado para a Região Metropolitana de Curitiba - PR. Nessa região os índices de precipitação demonstram uma mudança comportamental a partir da década de 70, com uma elevação significativa no número de dias com precipitações acima de 40 mm/h (SILVA & GUETTER, 2003). Em Santa Catarina, também foi observado um aumento considerável de inundações bruscas (enxurradas) a partir da década de 90, quando os registros ultrapassaram a média de 23 casos por ano, para o período 1980-2003.

Nos últimos três anos vem ocorrendo chuvas de verão acima da média histórica nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e chuvas abaixo da média na região Nordeste. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), a principal causa desses fenômenos é o El niño. O mesmo fato ocorreu no 1º trimestre deste ano de 2010.

Para a estação de outono, iniciada em 20 de março, espera-se que as regiões Norte e Nordeste apresentem precipitações pluviométricas abaixo do índice esperado.

Segundo dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (Lamepe), as chuvas anuais estão abaixo da média nos últimos 03 anos, porém está havendo uma concentração nas chuvas diárias, com picos de índices pluviométricos em curtos períodos.

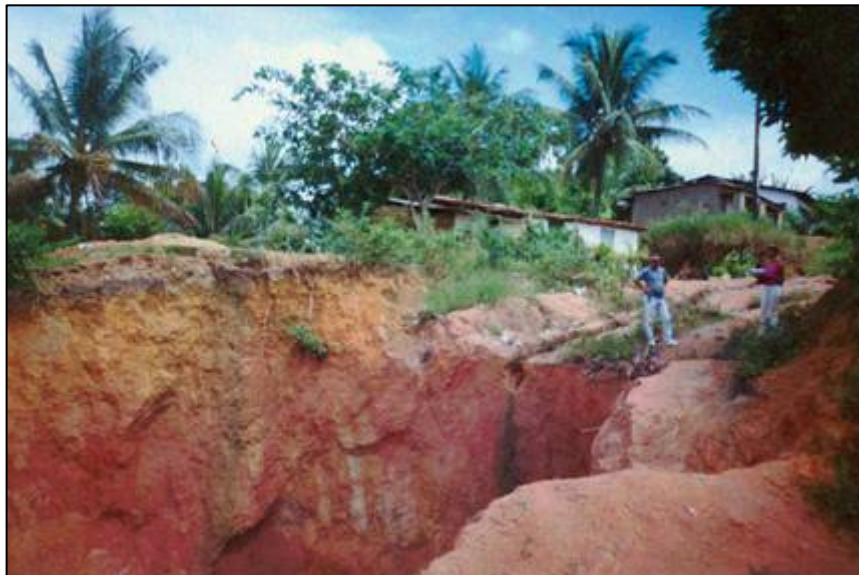
2.3 HISTÓRICO DE ESCORREGAMENTOS DE ENCOSTAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

A Região Metropolitana do Recife é composta por 14 municípios, estando entre eles os municípios do Recife, Camaragibe, e Jaboatão dos Guararapes. Esses três municípios apresentam maiores números de pessoas morando em áreas de risco de escorregamento de encostas. Através dos Planos Municipais de Redução de Riscos realizados entre os anos de 2005 e 2007, nessas 03 cidades, estima-se uma população na ordem de 693 mil habitantes morando em áreas de risco, sendo: 280 mil pessoas em Recife; 43 mil em Camaragibe; 370 mil pessoas em Jaboatão dos Guararapes. A alta densidade de ocupação nas áreas de morro é um fator que aumenta a vulnerabilidade das áreas de risco. Juntamente com a ocupação estão as ações inadequadas, como os cortes irregulares dos taludes e a retirada da vegetação que protege a encosta. FONSECA (2010) faz uma discussão, em sua dissertação de mestrado, sobre a vulnerabilidade na análise dos riscos.

Na RM-Recife também há histórico de ocorrências de movimentos de massa relacionados a eventos extremos de precipitação. Em abril de 1996, uma chuva extrema de 139,4mm/12 horas, foi uma das maiores dos 50 anos anteriores, segundo os jornais locais, as quais provocaram deslizamentos de encostas em quase todos os morros da RM-Recife, registrando-se um total de 62 mortes. No Alto da Brasileira, Zona Norte do Recife (PE), 16 pessoas morreram e cerca de 1000 pessoas ficaram desabrigadas, devido deslizamentos durante este evento pluviométrico, o qual mobilizou cerca de 50.000 m³ de solo (LIMA, 2002). Esse desastre ocorrido em 1996 foi a pior catástrofe já ocorrida em Pernambuco nos últimos 21 anos da época. A precipitação pluviométrica

intensa provocou o rolamento de pedras e o rompimento de um cano de tubulação da Companhia de Abastecimento de Água de Pernambuco, reduzindo ainda mais o fator de segurança de estabilidade da encosta. Um talude de 20 metros de altura sofreu processo de deslizamento, provocando a destruição de dez casas e deixando um saldo de doze vítimas fatais.

No ano de 2000, milhares de pessoas sofreram as conseqüências das chuvas extremas que provocaram diversos processos de instabilidade de encostas e deixaram várias áreas inundadas em todo o Estado de Pernambuco. No dia 01 de agosto de 2000 foi registrada a maior chuva diária da época, desde 1970. A estação pluviométrica do Curado (Recife) registrou 185,9 mm em 24 horas de duração. Nesse ano ocorreram 25 mortes por deslizamentos de encostas na RM-Recife e mais de 17.500 pessoas ficaram desabrigadas em todo o estado de Pernambuco. A Figura II.27 apresenta exemplo de área com erosão intensa que provocou destruição de várias moradias, devido a ocorrências das chuvas do ano de 2000.



Figuras II.27: Erosão Intensa na Região Metropolitana do Recife Durante as Chuvas do Ano de 2000, Provocando Destruição Total de Moradias

(Fonte: “Programa Viva o Morro”)

A Tabela II.2 apresenta um histórico de chuvas intensas diárias no Recife, registrada na estação de Curado, desde 1970; e a Tabela II.3 apresenta um histórico de chuvas anuais acima da média histórica, desde 1964. Da primeira Tabela citada pode-se concluir que um evento pluviométrico, na intensidade de 160 mm em 24 horas, pode ser considerado como evento extremo, pois apresenta um tempo de retorno na ordem de 10 anos, conforme parâmetro sugerido por HEATHCOTE (1985) anteriormente citado.

Desde 1984 a Região Metropolitana do Recife apresenta registros de deslizamentos com vítimas fatais. A Figura II.28 apresenta os municípios com registros de mortes e a Tabela II.4 o registro de cada acidente. No período de 1984 a 2009 registra-se um total de 202 mortes por deslizamentos de encostas em toda a Região Metropolitana do Recife. O município do Recife registra 134 mortes, enquanto que Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes registraram 19, 17 e 11 mortes respectivamente.

Tabela II.2: Histórico de Máximas Chuvas Diárias no Recife (Estação Curado)

ID	mm/24h	Data de ocorrência
1	133,9	20/jul/70
2	113,8	08/mai/71
3	165,3	21/abr/73
4	106,6	09/mar/76
5	159,7	10/jun/80
6	109,3	20/jun/82
7	123,1	16/fev/83
8	146,0	20/jun/94
9	144,0	29/abr/96
10	106,0	10/mai/99
11	185,9	01/ago/00
12	145,7	19/mar/03
13	113,2	17/jun/04
14	141,1	06/dez/05
15	118,0	20/abr/07
16	116,0	31/mar/08
17	122,8	22/fev/09

(Fonte: Inmet).

Tabela II.3: Histórico de Máximas Chuvas Anuais no Recife (Estação Curado)

ID	mm/ano	Ano de ocorrência
1	3.527,0	1964
2	3.127,0	1966
3	2.912,0	1970
4	2.979,0	1973
5	2.750,0	1978
6	2.862,0	1984
7	3.856,0	1986
8	2.849,0	1989
9	2.669,0	1994
10	2.359,0	1996
11	3.359,0	2000
12	2.487,6	2002
13	2.532,7	2004
14	2.316,2	2005
15	2.439,3	2008
16	2.573,5	2009

Fonte: Inmet (de 1964 a 1996 - a partir do Jornal do Commercio)

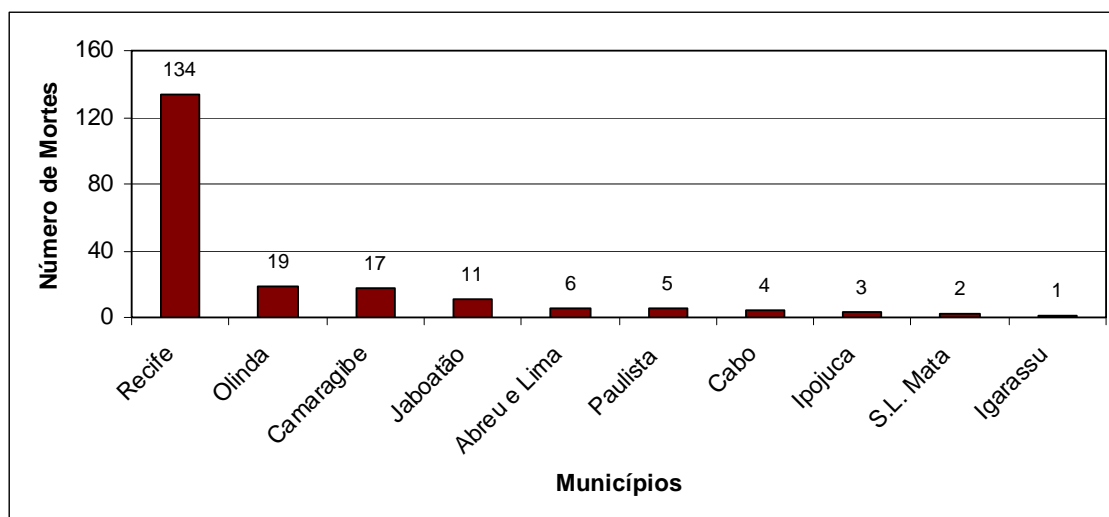


Figura II.28: Histórico de Mortes por Municípios da RM-Recife (1984-2009)

(Fonte: ALHEIROS, 1998; BANDEIRA, 2003; Jornal do Commercio)

Tabela II.4: Acidentes com Mortes por Deslizamento na RM-Recife (1984-2009).

ANO	MES	DIA	MUNICIPIO	MORTES	LOCAL	CHUVA*
1984	abr	16	Recife	12	Casa Amarela	104,9 mm/48h - 211,8 mm/72h
1989	jun	08	Recife	8	Casa Amarela	108,9mm / 24h
1990	abr	-	Recife	1	Zona Sul	390,4 mm / mês
	mai	-	Recife	1	Zona Norte	274,7 mm / mês
	jun	-	Recife	5	Zona Norte	453,2 mm / mês
	jul	-	Recife	9	Zona Norte	543,8 mm / mês
	jul	-	Recife	17	Zona Norte	543,8 mm / mês
	jul	-	Abreu e Lima	1	Fosfato	-
	jul	-	Olinda	4	-	-
1991	jul	-	Igarassu	1	Cruz de Rebouças	512 mm / mês
	abr	-	Recife	1	Zona Norte	273,3 mm / mês
1994	mai	-	Igarassu	1	-	463,0 mm / mês
	mar	30	Camaragibe	6	Alto Santo Antônio	308,0 mm / mês
	mai	-	Recife	1	Zona Norte	545,0 mm / mês
	jun	-	Recife	3	Zona Norte	670,0 mm / mês
	jun	20	Recife	4	Zona Norte	146,0 mm / 24h
	jun	22	Recife	1	Zona Norte	202,6 mm / 72h
1995	jul	-	Recife	1	Zona Norte	300,0 mm / mês
1996	abr	-	Abreu e Lima	1	-	128,0 mm / 72h
	abr	28	Camaragibe	1	Carmelitas	161,0 mm / 24h
	abr	28	Camaragibe	2	Bairro dos Estados	161,0 mm / 24h
	abr	28	Camaragibe	2	Alto Santo Antônio	161,0 mm / 24h
	abr	28	Camaragibe	1	-	161,0 mm / 24h
	-	-	Camaragibe	2	-	-
	abr	-	Ipojuca	3	-	389,0 mm/mês
	abr	29	Olinda	7	Morros da Zona Sul	115,4 mm/24h
	abr	-	Recife	9	Zona Norte	460,0 mm/mês
	abr	23	Recife	1	Zona Sul	460,0 mm/mês

Tabela II.4: Acidentes com Mortes por Deslizamento na RM-Recife (1984-2009).

ANO	MES	DIA	MUNICIPIO	MORTES	LOCAL	CHUVA*
1996	abr	29	Recife	12	Córrego Boleiro	139,4 mm/12h
	abr	29	Recife	16	Alto do Reservatório	139,4mm/12h
	abr	30	Recife	5	Nova Descoberta	144,0 mm/24h
1997	mai	27	Abreu e Lima	4	Matinha	150,0 mm/24h
	mai	27	São Lourenço da Mata	1	Barro Vermelho	129,8 mm/72h
	mai	24	Recife	1	Córrego Eucalipto	104,9 mm/48h
2000	jun	26	Olinda	1	Águas Compridas	135,2 mm/24h
	jun	30	Olinda	1	Águas Compridas	474,0 mm/mês
	jul	31	Olinda	2	Caixa D'Água	397 mm/mês - 59,6 mm/48h
	jul	31	Olinda	2	Passarinho	397 mm/mês - 59,6 mm/48h
	jul	31	Recife	2	Casa Amarela	125,9 mm/24h
	ago	4	Recife	1	UR-10	261,2 mm/72h
	jul	31	Recife	1	Dois Unidos	125,9 mm/24h
	jul	31	Recife	2	Dois Unidos	125,9 mm/24h
	out	9	Recife	1	Água Fria	40,0 mm/mês
	-	-	Recife	3	Vasco da Gama	-
	-	-	Recife	1	Brejo	-
	ago	1	Camaragibe	2	Ostracil	259,1 mm/24h
	ago	1	Jaboatão	1	Jd. Copacabana	162,0 mm/24h
	set	17	Jaboatão	1	Jd Monte Verde	55,7 mm/24h
	-	-	Jaboatão	3	-	-
ago	-	São Lourenço da Mata	1	Barro Vermelho	426,0 mm/mês	
2002	março	1	Recife	1	UR-2 Iburá	200,0 mm/mês anterior
	jun	7	Jaboatão	1	Engenho Velho	100,1 mm/24h
2003	jun	15	Olinda	1	Águas Compridas	98,1 mm/24h
	mar	2	Recife	1	Bomba Hemetério	19,3 mm/?h
2004	jan	3	Cabo de Santo Agostinho	2	São Francisco	Sem chuva
	jun	17	Recife	1	Brejo Guabiraba	76,1mm/24h - 111,2mm/72h

Tabela II.4: Acidentes com Mortes por Deslizamento na RM-Recife (1984-2009).

ANO	MES	DIA	MUNICIPIO	MORTES	LOCAL	CHUVA*
2004	-	-	Paulista	2	-	-
2005	jun	2	Recife	1	UR 5 – Ibura	76,4 mm/24h – 173 mm/48h
	maio	23	Recife	1	Guabiraba	130,0 mm/24h
2006	abr	30	Recife	1	UR 1 – Ibura	82,2 mm/24h
	mai	19	Recife	1	Córrego do Deodato	51,1 mm/72h
2007	mai	1	Paulista	3	-	62,1 mm/24h
	abr	30	Jaboatão	2	Jardim Monte Verde	34,8 mm/24h
	fev	28	Cabo de Santo Agostinho	1	-	50,0 mm/24h
2008	jun	16	Recife	1	Alto José Bonifácio	50,0 mm/24h
	mar	31	Recife	1	Ibura	116,0 mm/24h
	mar	28	Cabo de Santo Agostinho	1	-	0,0 mm/24h
2009	jan	14	Recife	5	Ibura	28,2 mm/24h
	fev	22	Camaragibe	1	Tabatinga	120,7 mm/72h -98,5 mm/24h
	jun	12	Jaboatão	3	Alto Dois Carneiros	142,5 mm/24h
	jun	12	Recife	1	Ibura	130,0 mm/24h

(Fonte: ALHEIROS, 1998; BANDEIRA, 2003; Jornal do Commercio / * LAMEPE e INMET)

Para dar início à construção de uma base de dados de ocorrências registradas pelas defesas civis municipais, realizou-se um levantamento de informações contidas nas fichas de vistorias. Os municípios envolvidos nessa pesquisa foram: Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

Em Recife, tendo em vista a impossibilidade de se obter informações históricas junto aos órgãos oficiais, buscaram-se informações dos acidentes mais graves. Os dados dos escorregamentos ocorridos nos anos de 2007 e 2008 foram levantados a partir do cadastro das famílias incluídas no Programa Auxílio Moradia. Por motivo de força maior os dados dos anos anteriores não foram obtidos. Os registros das ocorrências de deslizamentos do ano de 2009 foram levantados e estão apresentados no capítulo VII. Os registros das ocorrências do ano de 2009 foram levantados diretamente das fichas de vistoria nos escritórios das defesas civis dos três municípios envolvidos. As informações das ocorrências anteriores na RM-Recife (de 1984 a 2003) foram obtidas através de BANDEIRA (2003) e ALHEIROS (1998), onde citam os acidentes mais graves ocorridos no período. No município de Camaragibe foi realizada uma pesquisa em todas as fichas de vistorias arquivadas na prefeitura, desde o ano de 2001. Em Jaboatão dos Guararapes o levantamento foi desde 2004. Também foram obtidas informações da imprensa onde registram as mortes ocorridas. Uma vez identificadas as ocorrências, as informações foram organizadas em forma de planilha eletrônica no Microsoft Excel. A Tabela II.5 apresenta um exemplo da planilha.

Após o levantamento de dados nos três municípios envolvidos nesta pesquisa percebeu-se que os técnicos das defesas civis não caracterizam o tipo do processo ocorrido. A descrição é generalizada, ou seja, a maioria das ocorrências é citada como deslizamento, não havendo distinção entre processos de escorregamentos e de erosão, por exemplo. Neste caso todas as ocorrências foram registradas como deslizamentos, exceto as ocorrências de desabamentos de muros de contenção de encostas.

A compilação dos dados permitiu identificar as localidades com maiores números de deslizamentos, possibilitando encontrar áreas mais susceptíveis aos processos. Os resultados desta pesquisa estão apresentados no Capítulo VII.

CAPÍTULO III

GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INTRODUÇÃO

Segundo NOGUEIRA (2002), o gerenciamento de áreas de risco é um processo que se inicia quando a sociedade, ou parcela desta, adquire a percepção de que as manifestações aparentes ou efetivas de certo perigo ou ameaça, existente em uma determinada área, num determinado momento, podem provocar conseqüências danosas superiores ao admissível (aceitável) por esta comunidade.

Para o gerenciamento de áreas de risco devem ser considerados dois fatores básicos: a suscetibilidade da área ao tipo de desastre em foco e a vulnerabilidade dos sistemas ali encontrados (ALHEIROS, 1998). Esses dois fatores básicos são essenciais para definir o termo *risco*.

A definição do termo *risco* é presente em grande parte da literatura nacional e internacional. VARNES (1984) define *risco* como sendo número de perda de vida, de danos à pessoas e propriedades, e de atividades econômicas interrompidas devido ao fenômeno. O autor supracitado representa o risco total (R_t) através da Equação III.1:

$$R_t = \sum_1^n H \times R_i \times V_i \quad (1)$$

Onde:

R_t = risco total;

H = representa a suscetibilidade ou a probabilidade da ocorrência de um fenômeno, em uma determinada área, em um período qualquer;

R_i = elementos em risco;

V_i = representa a vulnerabilidade de cada elemento representado pelo grau do dano (compreendido entre o valores “0” - sem danos a “1” - perda total).

Para EINSTEIN (1997), *risco* é como uma ameaça (*hazard*) que pode conduzir a conseqüências completamente diferentes, dependendo do uso do terreno afetado ($risco = hazard \times potencial\ de\ perdas\ de\ vidas$).

Para ZUQUETE (1993), *risco* é a probabilidade de que ocorram perdas (econômicas, sociais e ambientais), além de um valor limite (considerado normal ou aceitável), para um lugar específico, durante um período de tempo determinado. É considerado o resultado da relação entre um “*hazard*” e vulnerabilidade dos elementos (seres humanos, residências, etc.) expostos.

Para AUGUSTO FILHO et al. (1990), o *risco* representa a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população (pessoas, estruturas físicas, sistemas produtivos) ou a um segmento da mesma. É uma condição potencial de ocorrência de um acidente. Estes conceitos podem ser expressos por uma relação simples: $R = P \times C$, onde R é o *risco*; P é a probabilidade (se quantificada) ou freqüência (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 conseqüências sociais ou econômicas potenciais (vulnerabilidade).

Para NOGUEIRA (2002), *risco* é a possibilidade (P) de ocorrência de um acidente (A) em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos e trajetória), em função da *suscetibilidade* dos terrenos, tendo como conseqüências (C), danos às pessoas, bens e/ou ao meio ambiente, em função da *vulnerabilidade* (V) dos elementos expostos (fragilidade e nível de resiliência), podendo ser modificado pelas ações de *gerenciamento* (G) existentes ou passíveis de serem implantadas. O Ministério das Cidades (2006), em seu livro “Guia de Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas”, adota este conceito, onde o *risco* é apresentado através da seguinte expressão: $R = P(fA) \times C(fV) \times G^{-1}$.

A gestão de risco é um processo de gerenciamento de decisões que envolve a definição de necessidades, o reconhecimento das opções aceitáveis e a escolha de estratégias apropriadas (TOBIN & MONTZ, 1997). É um processo social complexo que

envolve ações de planejamento, intervenção e organização, que devem ser avaliadas e conduzidas de forma contínua e consistente.

O histórico de desastres naturais ocorridos no globo motivou a Organização das Nações Unidas (ONU) a declarar, os anos 90, como a Década Internacional para a Redução dos Desastres Naturais (IDNDR). A década de 90 foi então fortemente marcada pela análise dos processos destrutivos e das tecnologias para a avaliação, compreensão e redução das suscetibilidades (BANDEIRA et al., 2005). Apesar das ações, nos anos 90 foram registrados elevados números de desastres naturais, envolvendo grande número de mortes; então a ONU propôs a continuidade dos esforços internacionais, através de uma ação conjunta, sob a nova denominação de “Estratégia Internacional para Redução de Desastres (ISDR)”. Esta nova ação foi redirecionada para aprofundar questões relacionadas a maiores níveis de segurança na convivência com os riscos, com destaque agora para as análises de vulnerabilidade. A partir daí, diversos trabalhos foram publicados através de Grupos, Comissões e Sociedades internacionais procurando atualizar e padronizar os trabalhos relativos ao tema de movimentos de massa e riscos associados.

O Office of the United Nations Disasters Relief Co-Ordinator (UNDRO), neste processo de gerenciamento de risco em nível internacional, deu importante contribuição e sugeriu cinco principais etapas para a gestão do risco. São elas:

1. Identificação dos riscos;
2. Análise e cartografia dos riscos;
3. Medidas de prevenção;
4. Planejamento para situações de emergência;
5. Informações públicas e treinamento.

Este modelo de gerenciamento foi absorvido por vários países, nas suas metodologias de gestão dos riscos, onde podemos citar o modelo da China (Hong Kong), Austrália, Estados Unidos, Brasil entre outros.

3.2 PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO: AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

Este item descreve o processo de gerenciamento de áreas de risco apresentado em trabalho da literatura internacional, em destaque nos anais da International Conference on Landslide Risk Management, realizado em Vancouver, Canadá, em 2005; no International Workshop on Landslide Risk Assessment, realizado no Hawaii, USA, em fevereiro de 1997; e na Revista Engineering Geology, Volume 102, ano de 2008.

Os principais anais das conferências sobre gerenciamento de áreas de riscos de deslizamentos (Landslide Risk Management) apresentam três grandes principais etapas no processo de gerenciamento, que estão esquematizadas na Figura III.1 (FELL & HARTFORD, 1997 e FELL et al., 2005) e detalhadas mais adiante:

- a) Análise do risco (Risk Analysis);
- b) Avaliação do risco (Risk Assessment);
- c) Gerenciamento do risco (Risk Management).

De maneira geral, a análise do risco (risk analysis) inclui a análise do perigo (hazard analysis) e das conseqüências. A análise do perigo, por sua vez, envolve a caracterização do processo e a correspondente freqüência de ocorrência (probabilidade anual). Na caracterização do processo é recomendado adotar a classificação de CRUDEN & VARNES (1996): classificação do movimento, área, velocidade, mecanismo, localização e a distância de transporte. A análise das conseqüências inclui a identificação e quantificação dos elementos em risco (propriedades e pessoas), a probabilidade espaço-temporal, sua vulnerabilidade em termos de probabilidade condicional de danos à propriedade, ou probabilidade condicional das perdas de vida ou de feridos. A etapa de avaliação do risco (risk assessment) considera a análise do risco e a sua avaliação através de valores de julgamento, baseados no critério de aceitabilidade. A etapa de gestão dos riscos considera a etapa anterior (avaliação do risco) e a sua mitigação para o nível aceitável, através da redução da probabilidade de ocorrência de acidentes e das conseqüências, por meio do desenvolvimento de um sistema de monitoramento, de alerta e planos de evacuação, por exemplos. Desenvolve um plano

de mitigação do risco e executa possíveis leis controladoras. Inclui o monitoramento dos resultados, o “feedback” e a iteração do risco quando necessário.

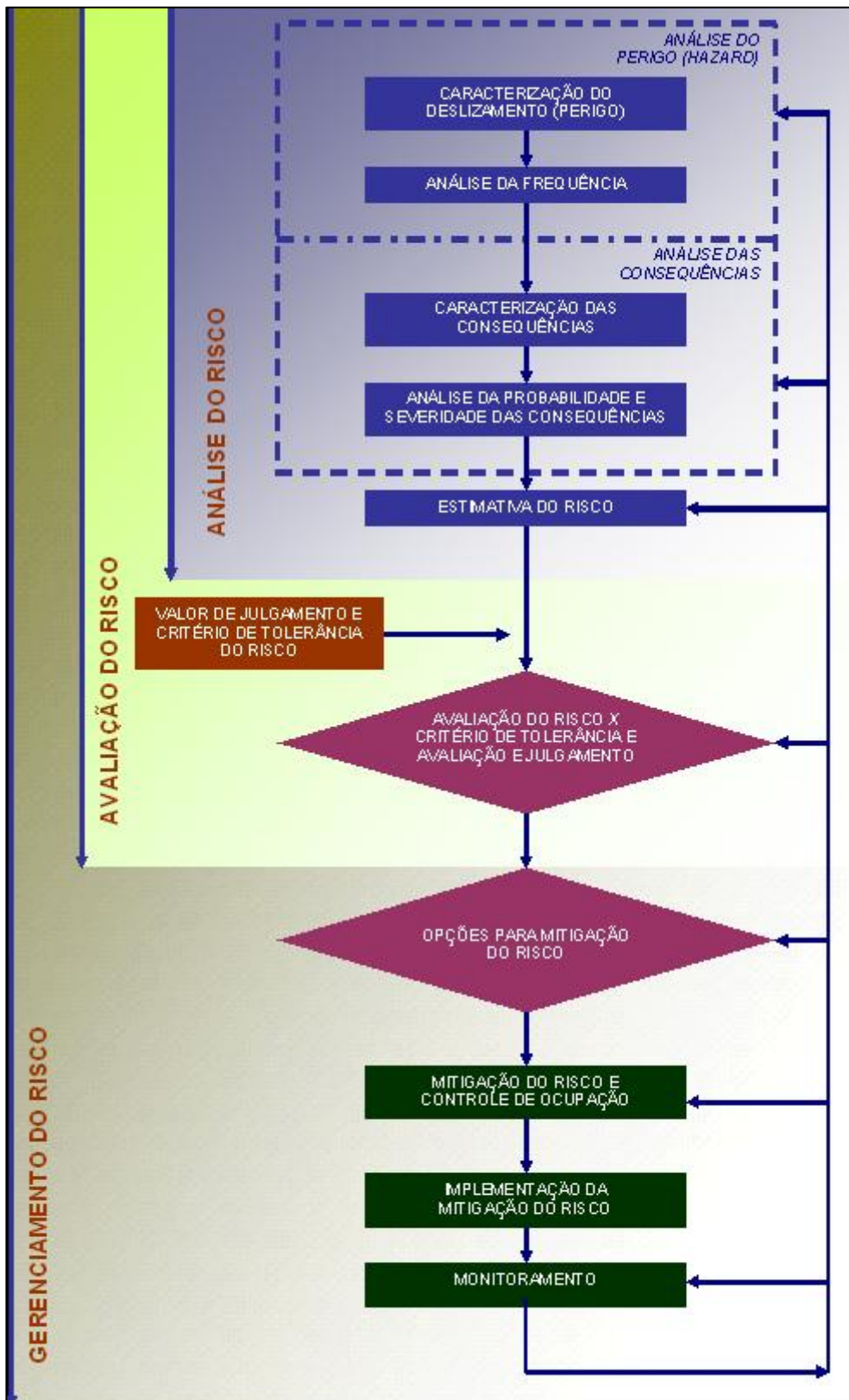


Figura III.1: Estrutura para a Gestão de Riscos de Escorregamentos (FELL et al., 2008)

Este processo de gerenciamento do risco é interativo e deve ser atualizado periodicamente, através do monitoramento dos resultados. Recomenda-se que os profissionais geotécnicos sejam envolvidos no processo, podendo ajudar na avaliação e nas decisões. Mas são os proprietários, os reguladores e os governos que devem decidir se os riscos são aceitáveis ou não e por consequência, se há necessidade da mitigação do risco.

As etapas apresentadas na Figura III.1 podem ser divididas em 05 fases, as quais estão ilustradas na Figura III.2. As fases são:

- a) Caracterização do deslizamento (Landslide Characterization);
- b) Análise do perigo (Hazard Analysis);
- c) Análise do risco (Risk Analysis);
- d) Avaliação do risco (Risk Evaluation);
- e) Mitigação do risco e controle (Risk Mitigation and Control).

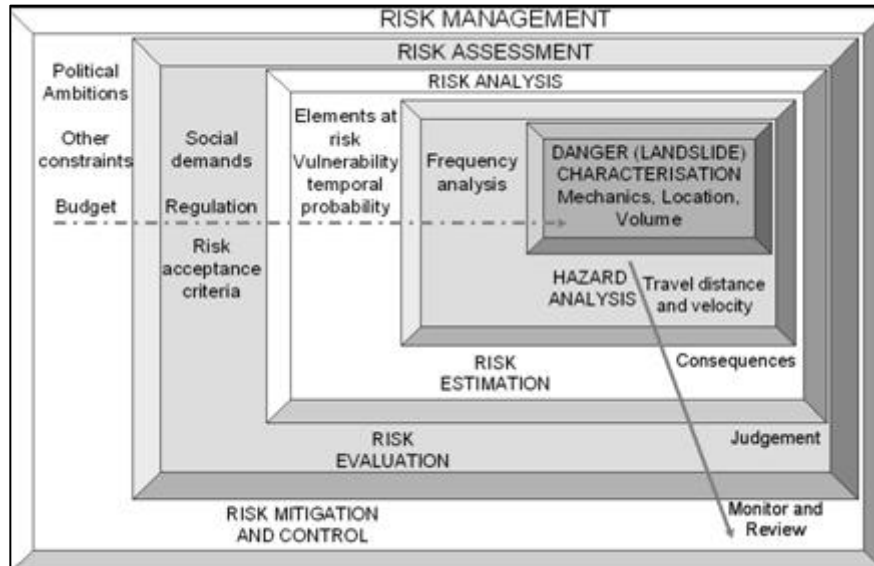


Figura III.2: Representação Esquemática do Processo de Gerenciamento de Áreas de Risco (FELL & HARTFORD, 1997 e FELL et al., 2005)

i) Análise de Risco de Escorregamentos (Landslide Risk Analysis)

Segundo FELL et al. (2005), a metodologia da análise do risco depende da finalidade a que se destina e dos aspectos envolvidos no processo. Esses autores apresentam um escopo que deve ser levado em consideração na análise do risco:

- A análise do risco pode ser realizada para uma área simples (por exemplo, um talude de corte de uma estrada); para áreas múltiplas; para planejamento do uso do solo (através de mapeamento de áreas de susceptibilidade); ou para avaliação global do risco em áreas mais extensas;
- Os limites geográficos da área de influência dos escorregamentos;
- Se a análise estará restringida a perda ou o dano à propriedade, ou incluirá a avaliação do potencial de perdas de vidas ou danos à população;
- Até que ponto a engenharia geotécnica e os estudos geológicos darão subsídios às análises;
- A metodologia a ser usada para caracterizar os deslizamentos e avaliar a frequência e suas conseqüências;
- Se a análise será quantitativa ou qualitativa; como os critérios de aceitação do risco serão determinados; por quem e através de que processo; até que ponto as partes interessadas serão envolvidas (proprietários, público, regulador, analista do risco);
- A que se destina a utilização da área e quais os aspectos financeiros;
- Quais as responsabilidades legais das partes;
- Como será a natureza do produto final (relatório e mapas) e como estes serão comunicados às partes interessadas.

Definiu-se que a análise do risco inclui a análise do perigo (Hazard Analysis) e das conseqüências. A análise do perigo, por sua vez, envolve a caracterização do processo e a sua frequência de ocorrência. A frequência do deslizamento pode ser expressa em termos de (IUGS, 1997):

- Número de deslizamentos com uma determinada característica que pode ocorrer em uma determinada área de estudo por ano;
- A probabilidade de um talude particular sofrer um deslizamento em certo período, por exemplo, um ano;

- A probabilidade das forças atuantes excederem as forças resistentes, com a frequência de ocorrência (por exemplo: a probabilidade anual das pressões neutras críticas serem excedidas).

Segundo a IUGS (1997), há várias maneiras de calcular a frequência dos deslizamentos, entre elas pode-se citar: através de dados históricos dentro da área de estudo, ou das áreas com características similares, por exemplo, geologia e geomorfologia; através da relação entre a frequência e intensidade dos eventos acionantes, como a chuva; e através de métodos probabilísticos. Na prática é recomendado utilizar mais de um método de análise, a fim de comparar os resultados.

A análise das conseqüências envolve a avaliação da vulnerabilidade dos elementos em risco. Os elementos em risco incluem: a população, construções, obras de engenharia, infra-estrutura, veículos, características ambientais e atividades econômicas. A população em risco inclui pessoas que moram, trabalham ou que estão de passeio na área de risco. Para FELL et al. (2005), os fatores que mais influenciam a vulnerabilidade das pessoas são: a velocidade e o volume do deslizamento; o grau de proteção que as pessoas estão durante o impacto (em um edifício, em um veículo, etc.); os colapsos do edifício devido ao impacto do deslizamento.

FELL et al. (2005) apresentam 03 principais maneiras para calcular o risco:

- a) O risco anual em que a probabilidade da ocorrência do perigo é multiplicada pelas conseqüências; expresso em termos de valor do dano por ano ou em termos de Potencial de Perdas de Vida por ano.
- b) O par de valores frequência \times conseqüência, por exemplo, para propriedade ou para o risco de vida, como a probabilidade anual de perda de 1 vida, 5 vidas, 100 vidas, etc;
- c) Curva frequência acumulada \times conseqüência (curva F-N).

Segundo os autores acima citados a análise qualitativa de risco utiliza terminologias para descrever a frequência dos deslizamentos e as conseqüências, podendo utilizar algumas ferramentas, tais como: sistemas de avaliação do risco, esquemas de contabilização do risco e matrizes da classificação do risco. As análises

qualitativas são importantes na gestão, na medida em que fornece uma comparação relativa entre os riscos de diferentes locais e informações de priorização de ações. A análise qualitativa ajuda a selecionar áreas de maior grau de risco, de modo que a atenção possa ser centrada sobre elas e possam ser avaliadas através dos métodos quantitativos (SHIU, 2008). A Australian Geomechanics Society (AGS, 2000) apresenta uma matriz de graus de risco qualitativo, com 05 classes, desde risco muito baixo (VL-Very Low) a risco muito alto (VH-Very High) – Tabela III.1.

Tabela III.1: Matriz de Risco Qualitativo Relativo à Propriedades (AGS, 2007)

PROBABILIDADE		CONSEQÜÊNCIAS À PROPRIEDADE				
Classe	Probabilidade Anual Aproximada	Catastrófico (200%)	Maior (60%)	Médio (20%)	Menor (5%)	Insignificante (0,5%)
A Quase provável	10^{-1}	VH	VH	VH	H	M ou L
B Determinado	10^{-2}	VH	VH	H	M	L
C Possível	10^{-3}	VH	H	M	M	VL
D Improvável	10^{-4}	H	M	L	L	VL
E Raro	10^{-5}	M	L	L	VL	VL
F Não creditável	10^{-6}	L	VL	VL	VL	VL

Segundo SHIU (2008), a Avaliação Qualitativa de Risco tem os seguintes objetivos:

- Avaliar e classificar o risco relativo das características geotécnicas (classificação do risco);
- Priorizar as características geotécnicas para o estudo complementar, reparo ou manutenção (priorizar as ações);
- Auxiliar na avaliação preliminar do espaço e no custo das ações (estimativa preliminar).

Segundo WONG & HO (2000) as análises quantitativas de risco (QRA) podem ser aplicadas em várias áreas, entre elas cita-se:

- (a) Avaliação de risco global para análise da escala do problema, para facilitar a formulação da política de gerenciamento de risco e aplicação de recursos otimizados;
- (b) Avaliação de uma área específica para análise do grau de risco em termos de fatalidade (ou perda econômica). Isto facilita a avaliação dos níveis de risco, se é aceitável ou não, em um local específico e a avaliação de medidas mitigadoras, baseadas na análise do custo-benefício;
- (c) Após a avaliação relativa do risco envolvendo a determinação da prioridade de ação.

ii) Avaliação do Risco de Escorregamentos (Landslide Risk Assessment)

A literatura internacional apresenta critérios de aceitabilidade dos riscos de deslizamentos de encostas em duas principais escalas (FELL et al., 2005 e AGS, 2000): a) *risco aceitável*; e b) *risco tolerável*, sendo importante conhecer a diferença entre eles.

Para a Australian Geomechanics Society (AGS), o risco aceitável é o risco que todos os afetados estão dispostos a aceitar (AGS, 2000). Nesta escala não se justifica gastos adicionais para a mitigação do risco; constitui o limite inferior da escala de risco.

A AGS (2000) considera o risco tolerável àquele que a sociedade pode conviver, dentro de um intervalo, de modo a garantir certos benefícios. É uma faixa de risco considerado não negligente e que precisa ser mantido sob monitoramento e poderá ser reduzido. Constitui a probabilidade anual de fatalidade abaixo da qual um indivíduo está disposto a conviver, desde que sejam garantidos certos valores essenciais e haja confiança que estes estejam sendo corretamente controlados, monitorados e que futuramente, na medida do possível, sejam reduzidos. Corresponde ao limite superior numa escala de risco (ver também FONSECA, 2010, VARANDA, 2006 e MAHLER & OLIVEIRA, 2001).

Os riscos compreendidos entre o *risco aceitável* e o *risco tolerável* caracterizam situações cujo incremento deve ser evitado tanto quanto for razoavelmente possível, isto é, deve se aplicar o seguinte princípio: o risco deve ser “*tão baixo quanto for razoavelmente possível*” (“As Low as Reasonably Practible”- ALARP). Esta expressão explica a região representada pela sigla ALARP, apresentada em algumas Curvas *F-N* da literatura (a partir de VARANDA, 2006).

Segundo FELL & HARTFORD (1997), existe um nível de aceitabilidade dos riscos de escorregamentos em todas as regiões. Vários estudos têm sido realizados com o intuito de se estabelecer um nível de risco, considerado tolerável para possibilitar o desenvolvimento de processos de gerenciamento de risco. Um exemplo destes estudos são as diretrizes para as instalações industriais com situações de risco, elaboradas pelo Departamento de Planejamento do Governo de Hong Kong (1994), o qual definiu um critério de risco social. Este critério inicialmente estabelecido para a indústria também foi adotado para os casos de deslizamentos de encostas (Figura III.3).

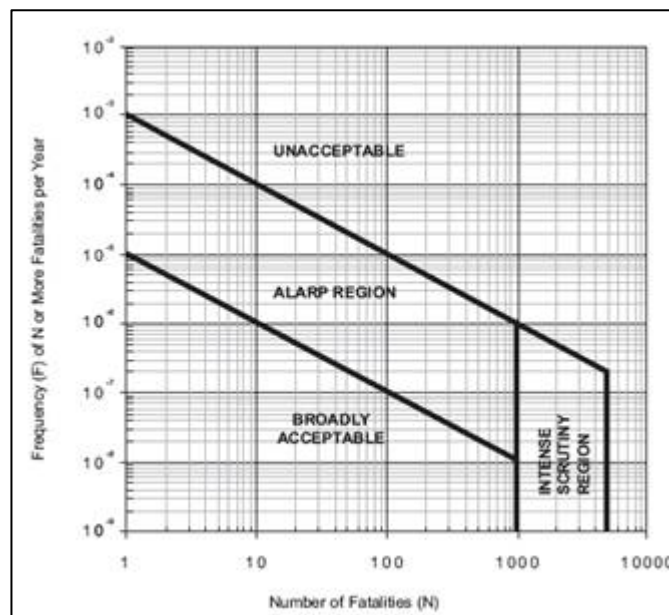


Figura III.3: Proposta de Critério de Aceitabilidade de Risco Social em Deslizamentos em Hong Kong (REEVES et al., 1999).

O IUGS (1997) apresenta princípios para serem considerados no estabelecimento de critérios de risco tolerável em deslizamentos de encostas. Estes princípios são similares aos aplicados em outras áreas, tais como nas Indústrias

Potencialmente Perigosas (PHI) e em obras de barragens. IUGS (1997) considerou que existem outros princípios para aplicação de risco de deslizamentos de encostas:

- a) Os riscos toleráveis nas encostas naturais são maiores que nos taludes construídos;
- b) Uma vez que haja encostas naturais em monitoramento ou com medidas de mitigação do risco para serem executadas, o critério de risco tolerável nestas encostas se aproxima do critério para os taludes construídos;
- c) Os riscos toleráveis podem variar de país para país, assim como de cidade para cidade, dentro do mesmo país, dependendo do histórico do risco de deslizamentos, do sistema de posse e do controle do risco (a partir de LEROI et al., 2005).

FELL et al. (2005) apresentam uma tabela com sugestões de critérios de risco, reproduzida na Tabela III.2 abaixo, a qual apresenta o valor limite do risco tolerável para taludes novos e existentes, adotados pela AGS.

Tabela III.2: Sugestão de Critérios de Risco Tolerável da AGS (2000)
(FELL et al., 2005)

SITUAÇÃO	RISCO TOLERÁVEL
Taludes existentes	10^{-4} (indivíduo em maior risco)
	10^{-5} (valor médio para pessoas em risco)
Taludes novos	10^{-5} (indivíduos em maior risco)
	10^{-6} (valor médio para pessoas em risco)

A Tabela III.3 sumariza os critérios de risco de perda de vida individual usados por diversos países, em várias áreas da engenharia, incluindo os deslizamentos de encostas. Observa-se nesta tabela que há uma similaridade entre a maioria dos critérios listados. Segundo LEROI et al. (2005), os critérios adotados pela AGS (2000, 2002, 2007) foram determinados, levando em consideração muitos destes exemplos. Tomando como referência as Tabelas III.2 e III.3 observa-se que a frequência de mortes no Brasil está muito longe de ser considerada na faixa de risco aceitável.

Tabela III.3: Critério de Risco de Perda de Vida Individual (LEROI et al., 2005)

Organização	Uso	Descrição	Risco/Ano	Referência
Reino Unido Saúde e Segurança,	Uso do solo em torno de indústrias	Amplamente risco aceitável. Limite tolerável	10^{-6} /ano (pessoas e obras) 10^{-4} /ano (pessoas) ⁽¹⁾ 10^{-3} /ano (obras)	HSE (2001)
Países Baixos, Ministro da Casa	Uso do solo para indústrias	Limite tolerável ⁽²⁾	10^{-5} /ano (instalações existentes) 10^{-6} /ano (futuras instalações)	Netherlands Ministry of Housing (1989), Ale (2001), Vrijling et al. (1998)
Austrália Planejamento Urbano, NSW	Uso do solo para indústrias perigosas	Aceitável (tolerável) limite ⁽²⁾	5×10^{-7} /ano (hospitais, escolas, puericultura, casas antigas) 10^{-6} /ano (residências, hotéis) 5×10^{-6} /ano (comércio) 10^{-5} /ano (centros esportivos)	
Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens	Barragens	Limite tolerável	10^{-4} /ano (barragens existentes) Indivíduo em maior risco, no ALARP 10^{-5} /ano (novas barragens ou ampliação), Indivíduo em maior risco, no ALARP.	ANCOLD (2003)
Sociedade Australiana de Geomecânica: Orientações para gerenciamento de risco de deslizamentos	Deslizamentos (de taludes naturais e construídos)	Sugerido limite do risco tolerável	10^{-4} /ano (taludes existentes) Indivíduo em maior risco, 10^{-5} /ano (taludes novos) Indivíduo em maior risco,	AGS (2000)
Região Administrativa do Governo de Hong Kong	Escorregamentos de taludes naturais	limite do risco tolerável	10^{-4} /ano (taludes existentes) Indivíduo em maior risco, 10^{-5} /ano (taludes novos) Indivíduo em maior risco,	Ho et al. (2000), ERM (1998), Reeves et al. (1999)
Governo da Islândia para o zoneamento do perigo	Avalanches e deslizamentos	“aceitável” (tolerável) limite	3×10^{-5} /ano (residencial, escolas, centros de guarda, hospitais, centros comunitários). 10^{-4} /ano (prédios comerciais) 5×10^{-5} /ano (recreações ⁽³⁾)	Ministério do Meio Ambiente da Islândia (2000), Arnalds et al. (2002)
Secretarias de Estradas e Tráfegos, NSW Austrália	Risco de deslizamentos em auto-estrada	limite do risco tolerável	10^{-3} /ano ⁽⁴⁾	Stewart et al. (2002), RTA (2001)
<p><i>Nota:</i> (1) Para novos desenvolvimentos HSE (2004). Recomendações para permissão ao planejamento onde os riscos individuais são $> 10^{-5}$/ano. (2) Baseado em uma probabilidade espaço-temporal de 1.0. (3) Assumir que a probabilidade espaço-temporal é de 0.75 para residências, 0.4 para comércio, 0.05 para recreações. (4) Melhor estimativa do risco social para a morte de uma pessoa; classe superior do risco. Se os ranks da inclinação nesta escala de ação são tomados para reduzir os riscos dentro de um curto período. Para a segunda classe, o risco social é 10^{-4}/ano, e a inclinação é alterada na lista da prioridade da remediação.</p>				

iii) Gerenciamento de Risco de Escorregamentos (Landslide Risk Management)

O processo de gerenciamento do risco é interativo, exigindo a consideração das opções de redução do risco e dos resultados da execução das medidas mitigadoras e de monitoramento. Compreende a etapa de redução e controle do risco através de ações estruturais e não estruturais, tais como educação local e treinamento para prevenção.

FELL et al. (2005) apresentam exemplos de medidas para redução de riscos:

- Através da redução da frequência dos deslizamentos, por medidas de estabilização, tais como drenagem, retaludamento e ancoragens;
- Através da redução da probabilidade dos deslizamentos atingirem o elemento em risco;
- Através da redução da probabilidade espaço-temporal dos elementos em risco, exemplo, por meio de instalação de sistemas de monitoramento e de alarme para que as pessoas possam evacuar as áreas de risco.

De acordo com SCHUSTER & HIGHLAND (2007), as estratégias de mitigação e controle de escorregamentos de áreas urbanas envolve os seguintes aspectos:

- Informação técnica relativo aos perigos e aos riscos;
- Envolvimento da comunidade técnica (geólogos, engenheiros e planejadores urbanos);
- Interesse e capacidade do governo municipal;
- População urbana participante do processo e que dê suporte ao programa da redução de risco.

Para LEROI et al. (2005), a escolha da medida de redução do risco e das ações operacionais a serem implementadas, deve ser realizada por meio de uma revisão das obras e das áreas de risco de interesse. O desenvolvimento, os recursos financeiros disponíveis, a necessidade da sociedade e as leis são fatores que restringem o potencial das soluções, sendo baseados na economia, na sociedade, no meio-ambiente, na cultura, nas leis, nas características técnicas, nos indicadores políticos, a fim de alcançar soluções aceitáveis (Figura III.4).

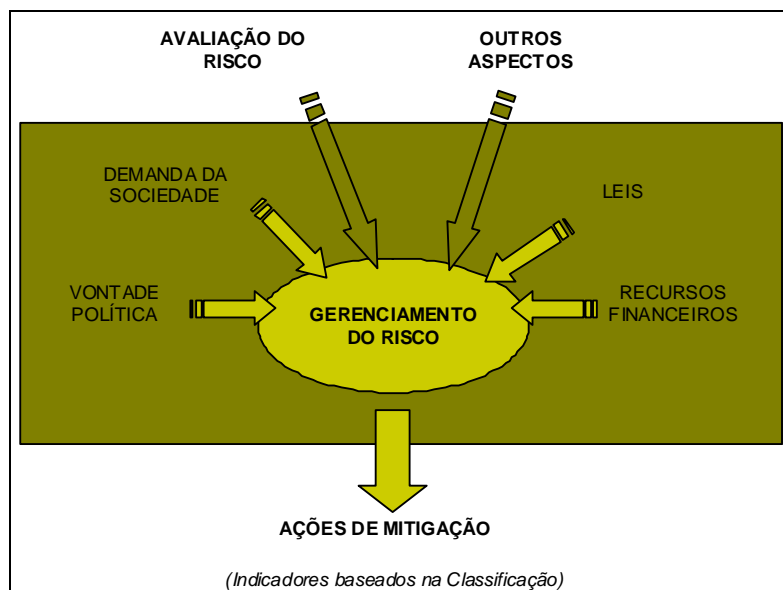


Figura III.4: Aspectos a serem Considerados no Gerenciamento dos Riscos de Escorregamentos (LEROI et al., 2005)

Um bom exemplo internacional de resultados positivos de gerenciamento de áreas de risco trata-se da experiência de Hong Kong. Em 1977, após as ocorrências de deslizamentos com registros de fatalidades múltiplas foi criada em Hong Kong, uma central de gerenciamento de risco, denominado de Geotechnical Control Office – GCO (renomeado, em 1991, de Geotechnical Engineering Office). O GCO teve ações para regulamentar a terraplanagem, investigação, projeto, construção, monitoramento e manutenção dos taludes. Uma das principais ações do GCO para redução dos riscos foi a retirada de famílias que se encontravam em situações de risco e o reassentamento das mesmas em áreas consideradas seguras. Após a criação do GCO, a ilha tem apresentado significativa redução do número de mortes por deslizamentos (Figura III.5). Detalhes do sistema de gerenciamento de risco podem ser vistos em MALONE (1998) e CHAN (2000).

O processo de gerenciamento de áreas de risco também inclui o zoneamento das áreas. O zoneamento dos processos é importante na medida em que auxilia no planejamento do uso do solo, tais como: desenvolvimento de áreas residenciais e infraestrutura urbana (hospital, escolas, rodovias, ferrovias) (FELL et al., 2008; ver também GUSMÃO FILHO, 1997a).

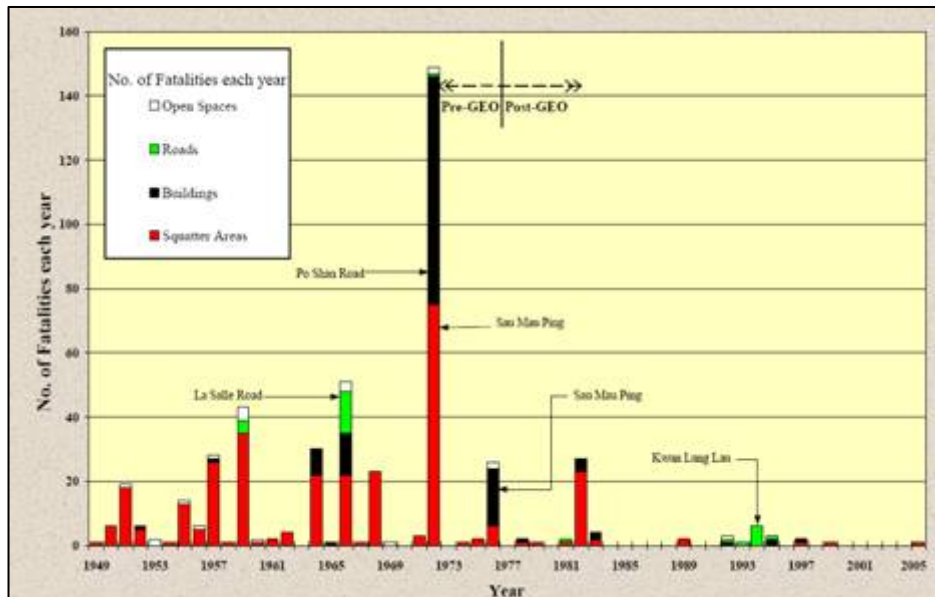


Figura III.5: Histórico de Mortes por Deslizamentos em Hong Kong (SHIU, 2008)

O Joint Technical Committee (JTC-1) on Landslides and Engineered Slopes, em conjunto a ISSMGE, ISRM e IAEG publicou, na Revista Engineering Geology, em 2008, o trabalho intitulado “*Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning*” (ver FELL et al., 2008). Neste trabalho são apresentadas diretrizes de zoneamento, aplicadas a encostas naturais e a taludes de cortes. FELL et al., (2008) comentam que há uma necessidade de definir terminologias para zoneamento de áreas de susceptibilidade, de perigo (hazard) e de riscos, recomendando etapas fundamentais de avaliação, para que seja possível uma posterior comparação entre áreas. A seguir faz-se uma breve descrição sobre as principais diretrizes apresentadas no trabalho de FELL et al., (2008).

FELL et al., (2008) comentam que a maioria dos zoneamentos é realizada por meio de métodos qualitativos; e que é necessário um avanço na aplicação dos zoneamentos quantitativos, onde as ferramentas atuais de geoprocessamento estão disponíveis a auxiliar. Os métodos qualitativos são usados frequentemente no zoneamento de susceptibilidade e algumas vezes no zoneamento do perigo, porém é recomendado o uso do método quantitativo quando assim for prático. Muitas vezes, o zoneamento do perigo e o zoneamento do risco, através do método quantitativo, requerem um maior esforço, mas não necessariamente um maior custo quando comparado ao método qualitativo.

FELL et al., (2008) apresenta três principais tipos de zoneamentos: i) *Zoneamento de áreas susceptíveis a deslizamentos*; ii) *Zoneamento de áreas de perigo (hazard) de deslizamentos*; iii) *Zoneamento de áreas de riscos de deslizamentos*. O *zoneamento de áreas susceptíveis a deslizamentos* considera a classificação do processo, área, volume, distribuição espacial e o potencial do deslizamento. Normalmente é desenvolvido um inventário de processos para avaliar futuros movimentos de massa, mas não analisa a probabilidade anual de ocorrência dos processos. No *zoneamento de áreas de perigo de deslizamentos* são levados em consideração os resultados do zoneamento das áreas susceptíveis, estimando a frequência de ocorrência dos deslizamentos (probabilidade anual). Devem ser considerados os deslizamentos que ocorrem na área de influência, ou seja, locados fora da área principal, mas que possa afetar a área de estudo. O perigo pode ser expresso através da frequência de um determinado tipo de deslizamento, com certo volume e velocidade; ou com certa intensidade, medida em termos de energia cinética. O *zoneamento de áreas de riscos de deslizamentos* considera os resultados do zoneamento do perigo e avalia o potencial de danos as pessoas, as propriedades, ao meio ambiente, aos elementos em risco, incluindo a probabilidade espacial e temporal e a análise da vulnerabilidade. Exemplos de zoneamentos podem ser vistos em CASCINI et al. (2005).

Para cada tipo de deslizamento o mecanismo é diferente e exige um zoneamento específico. Além do tipo do mecanismo envolvido no processo, o zoneamento pode ser local, regional ou para uma área específica, acompanhando um relatório de apresentação. O tipo e o nível de detalhe do zoneamento e a escala do mapa dependem da sua finalidade. A Tabela III.4 apresenta os tipos de zoneamento recomendados.

A Tabela III.5 define os níveis do inventário dos deslizamentos, da susceptibilidade, do perigo (hazard) e do zoneamento de risco em termos geotécnicos e de outros dados de entrada. É importante combinar o nível de zoneamento à finalidade requerida, a escala do mapeamento e, por sua vez, combinar estes ao nível dos dados de entrada. Não é possível, por exemplo, produzir um zoneamento do perigo em nível avançado, sem realizar uma avaliação da frequência do deslizamento em nível intermediário. Se for realizada uma avaliação da frequência em nível básico, então o resultado será em nível preliminar. Por outro lado, se for exigido um zoneamento do

perigo em nível preliminar então as entradas podem ser em nível básico. A prática atual mostra que, devido às limitações dos dados disponíveis e do custo, os dados de entrada básicos ou intermediários são os mais usuais.

Tabela III.4: Tipos e Níveis de Zoneamento Recomendados e Escalas de Mapeamento (FELL et al., 2008)

Propósito	Tipo de Zoneamento				Nível do Zoneamento			Escalas do Mapa
	Inventário	Susceptibilidade	Hazard	Risco	Preliminar	Intermediário	Avançado	
Zoneamento Regional								
Informação	X	X			X			1:25.000 à
Consultas	X	X	(X)		X	(X)		
Regulamentação	NÃO RECOMENDADO							1:250.000
Zoneamento Local								
Informação	X	X	X	(X)	X	(X)		1:5.000 à
Consultas	(X)	X	X	X	X	X	X	
Regulamentação		(X)	X	(X)		X	X	1:25.000
Zoneamento de Área Específica								
Informação	NÃO RECOMENDADO							1:5.000 à 1:1.000
Consultas	NÃO USADO FREQUENTEMENTE							
Regulamentação		(X)	X	X		X	X	
Projeto		(X)	(X)	X		(X)	X	

Nota: X=aplicável; (X) pode ser aplicável

Tabela III.5: Níveis de atividade requerida de acordo com os níveis de zoneamento da susceptibilidade, do perigo e do risco (FELL et al., 2008)

Tipos de Zoneamentos	Zoneamento do Risco						
	Zoneamento do Perigo (Hazard)						
	Zoneamento da Susceptibilidade						
	Mapa de Inventário						
Nível do Zoneamento	Inventário de deslizamentos	Caracterização do potencial dos deslizamentos	Distância de viagem e velocidade	Avaliação da frequência	Probabilidade espaço-temporal	Elementos em risco	Vulnerabilidade
Preliminar	Básico ^(1,2)	Básico ^(1,2)	Básico ⁽¹⁾ Intermediário ⁽²⁾	Básico ^(1,2)	Básico ^(1,2)	Básico ^(1,2)	Básico ^(1,2)
Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário	Intermediário
Avançado	Avançado	Avançado para Intermediário	Intermediário para Avançado	Intermediário para Avançado	Avançado	Avançado	Intermediário para Avançado

Nota: (1) Para zoneamento qualitativo
(2) Para zoneamento quantitativo

FELL et al. (2008) apresentam várias tabelas com as atividades nos diferentes níveis do inventário, da caracterização do potencial do deslizamento, da distância e velocidade do processo e das demais análises. Por exemplo, na realização do inventário dos deslizamentos, as atividades podem ser realizadas em três níveis distintos: básico, intermediário e avançado. O nível básico requer: a análise de fotografias aéreas e/ou imagem de satélite; o mapeamento e os registros históricos; informações da posição, classificação, volume (ou área) e, quando possível, da data da ocorrência do deslizamento; a identificação da relação entre a topografia, geologia e a geomorfologia. Neste nível são apresentadas informações em mapas dos limites da propriedade, das estradas e de outras características importantes, tais como córregos e cursos d'água. No nível intermediário do inventário é necessário realizar as atividades do método básico, acrescida do traçado das características e limites dos deslizamentos. Este nível inclui a informação histórica da atividade do deslizamento e faz uma avaliação da atividade. Também analisa a evolução passada do uso do solo para entender se as atividades humanas tiveram influências na incidência dos deslizamentos. No nível avançado são realizadas as atividades do método intermediário além das seguintes atividades: preparação de um inventário de dados geotécnicos; investigações para melhor definição dos condicionantes geotécnicos; e análise geotécnica para compreender os processos de instabilidade de taludes. Também cataloga os períodos de reativação do perigo e dos eventos acionantes específicos, para fornecer um inventário periódico de dados que possam ser usados em análises avançadas.

Com relação à caracterização do potencial dos deslizamentos FELL et al. (2008) descrevem as seguintes atividades nos níveis dos métodos: a) nível básico: preparar um mapa geomorfológico; preparar um inventário de deslizamentos como descrito na Tabela III.5; estimar o percentual de deslizamentos e da área afetada; correlacionar a incidência de deslizamentos com a geologia e a inclinação para delinear áreas suscetíveis a deslizamentos; correlacionar os deslizamentos com as chuvas e/ou eventos sísmicos; preparar o mapa de susceptibilidade a deslizamentos sobre o mapa topográfico; e implementar os dados e os mapas no SIG; b) nível intermediário: as mesmas atividades realizadas no nível básico; classificar o solo da área de estudo e identificar suas profundidades; classificar as unidades mais complexas do solo; desenvolver avaliações qualitativas para obter classes de susceptibilidade; executar os dados e os mapas no SIG; c) nível avançado: são realizadas as mesmas atividades do

intermediário incluindo: o mapeamento detalhado e investigações geotécnicas para desenvolver entendimento dos mecanismos dos deslizamentos, análises da hidrogeologia e de estabilidade; executar a análise do tratamento dos dados (redes neural; lógica fuzzy; regressão logística; etc.) e desenvolver avaliações quantitativas para obter classes de susceptibilidade; executar métodos determinísticos e/ou probabilísticos de análise de estabilidade; executar os dados e os mapas no SIG.

Outra importante tabela apresentada por FELL et al. (2008) trata-se das atividades nos níveis dos métodos adotados para determinar os elementos em risco. No nível básico é feita uma avaliação da população que vive, trabalha e transita pela área; das propriedades (casas, edifícios, rodovias, ferrovias) e dos serviços que estão permanentemente na área e que são temporários; avaliação dos valores ambientais que podem ser afetados pelos deslizamentos; classificações genéricas baseadas no uso do solo, conhecimento urbano, industrial, infra-estrutura, ou agricultura. No nível intermediário são realizadas todas as atividades do básico, incluindo a análise das conseqüências econômicas. No nível avançado é acrescida a estimativa das conseqüências econômicas em termos de perdas, por exemplo, de uma estrada que fornece acesso a uma cidade até que os reparos estejam realizados. Outras tabelas também são apresentadas por FELL et al. (2008).

Segundo o FELL et al. (2008), os mapas devem ser preparados em uma escala apropriada, indicando a informação necessária para um nível particular de zoneamento, de acordo com a sua finalidade de aplicação. A Tabela III.6 apresenta faixas de escalas em função da utilização dos mapas.

Tabela III.6: Escalas de Zoneamento de Deslizamentos e Suas Aplicações
(FELL et al., 2008)

Descrição da Escala	Indicação da Variação da Escala	Exemplos de Zoneamento	Área Típica do Zoneamento
Pequena	<1:100.000	Inventário de deslizamentos e de susceptibilidades para informações à seguros e ao público em geral.	> 10.000 km ²
Média	1:100.000 a 1:25.000	Inventário de deslizamentos e zoneamento de susceptibilidades para desenvolvimento regional; ou para projetos de engenharia em larga escala. Nível preliminar de mapeamento do perigo para áreas locais.	1.000 a 10.000 km ²
Larga	1:25.000 a 1:5.000	Inventário de deslizamentos, zoneamento da susceptibilidade e do perigo para áreas locais. Zoneamento do perigo em nível avançado a intermediário para desenvolvimento regional. Zoneamento do risco em nível preliminar a intermediário para áreas locais e estágio avançado de obras de engenharia, rodovias e ferrovias.	10 a 1.000 km ²
Detalhe	>1:5.000	Zoneamento do perigo em nível intermediário a avançado e zoneamento do risco para áreas específicas; e projetos de obras de engenharia, rodovias e ferrovias.	Vários hectares a 10 km ²

3.3 O MODELO BRASILEIRO DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS RISCO

3.3.1 A Defesa Civil na Legislação Brasileira

No Brasil, a Defesa Civil institucionalizou-se no final da década de 1940, sob o regime militar e no contexto da polarização ideológica que se seguiu à II Guerra Mundial. Nas décadas seguintes, a instituição foi deslocada para diversas pastas ministeriais, o que impediu o desenvolvimento de discussões substantivas e a formação de uma identidade técnica sólida (SEDEC, 2009).

Nos meados da década de 1990, constituiu-se o Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindec), através da aprovação da Política Nacional de Defesa Civil – PNDC. Atualmente o Sindec tem a função de articular e coordenar os órgãos nos três níveis de governo, conforme o Decreto nº 5.376, de 17 de fevereiro de 2005.

A PNDC define Defesa Civil como: *Um conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas, destinadas a evitar ou minimizar os desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social.* A Constituição da República Federativa do Brasil reconhece o direito natural à vida e à incolumidade, competindo à Defesa Civil a garantia desse direito, em circunstâncias de desastre.

Segundo a PNDC (2007), a redução dos desastres é alcançada através da diminuição de sua ocorrência e de sua intensidade. As ações de redução de desastres abrangem quatro principais etapas, denominados de P2R2. São eles:

1. Prevenção de Desastres;
2. Preparação para Emergências e Desastres;
3. Resposta aos Desastres;
4. Reconstrução.

Toda ocorrência de desastres envolve basicamente três fases distintas: *Antes, Durante e Depois.* A primeira fase, denominada de *Antes*, corresponde ao momento que antecede o desastre, sendo constituído pelas etapas de *prevenção e preparação.* É a fase mais importante, onde são adotadas medidas para reduzir o impacto dos desastres, como as análises de risco, a execução de projetos de engenharia, a elaboração de políticas públicas (plano diretor, zoneamentos ambientais, legislação, etc.), a educação ambiental em escolas e comunidades afetadas, etc. A *preparação para emergências e desastres* objetiva otimizar as ações preventivas, de resposta aos desastres e de reconstrução, através de projetos, tais como: a) Desenvolvimento Científico e Tecnológico; b) Monitorização, Alerta e Alarme; c) Planejamento Operacional e de Contingência.

A segunda fase, *Durante*, corresponde ao desastre propriamente dito, sendo representado basicamente pelas ações emergenciais de *resposta*, em curto prazo, que visam o salvamento (socorro e assistência às vítimas), o auxílio (evacuação, abrigo, alimentação, atendimento médico, etc.) e a reabilitação do cenário do desastre, que corresponde ao início das atividades de restauração (curto prazo), como limpeza, segurança, entre outros.

A última fase, *Depois*, corresponde às ações de *reconstrução* de médio e longo prazo, necessárias para o restabelecimento das funções básicas de uma comunidade

(bem-estar da população). Neste momento, é feito o restabelecimento dos serviços essenciais (água, luz, comunicação e transporte), a avaliação dos danos e, nas áreas mais afetadas, a reconstrução das estruturas danificadas ou destruídas (casas, pontes, estradas, etc.), restabelecendo a economia da área, o moral social, o bem-estar da população.

Essas etapas devem ser complementares e articulados entre si no sentido da retroalimentação do sistema. Faz-se a prevenção, atua-se no socorro e presta-se assistência aos atingidos, mas a recuperação, além de restabelecer a normalidade, visa à prevenção de novos desastres.

Baseados nestas três fases dos desastres (antes, durante e depois), TOBIN & MONTZ (1997) apresentam uma figura ilustrativa do Ciclo de Gerenciamento de um Desastre, reproduzida na Figura III.6. Observa-se nesta figura que, durante a ocorrência de um desastre há uma queda no equilíbrio da qualidade de vida, atividade econômica e na estabilidade social. Após o desastre este equilíbrio tende a se restabelecer.

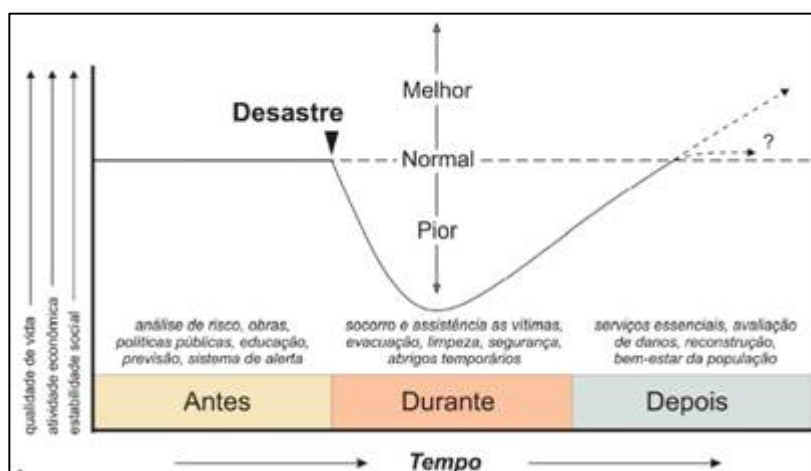


Figura III.6: Ciclo de Gerenciamento de um Desastre

Fonte: TOBIN & MONTZ (1997)

As ações de Defesa Civil no Brasil são muito mais voltadas para administração de desastres, após o impacto do evento adverso, que para as ações de prevenção. Estão voltadas fortemente às atividades de resposta, tais como: o controle de sinistros, o socorro às populações em situação de risco, a assistência às populações afetadas e a reabilitação dos cenários dos desastres. Os diversos desastres ocorridos recentemente

mostram a importância dos trabalhos preventivos que devem fazer parte das atividades da defesa civil, os quais reduzem as causas dos acidentes.

O trabalho preventivo de defesa civil é de suma importância para a redução do número de mortes em casos de desastres. Um exemplo disso são os resultados obtidos no litoral paulista, após a elaboração de seu Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC, o qual tem sido operado desde 1988, nas áreas de risco de escorregamento. Após a elaboração do Plano, o número de vítimas vem reduzindo substancialmente. No item 3.3.3 deste capítulo, está escrito em detalhe a experiência da gestão de risco no litoral paulista, através da implantação do PPDC.

As novas realidades estão a exigir novas práticas, e este é um momento precioso, na medida em que se coloca a possibilidade de fazer avançar um processo que amplia a presença da Defesa Civil na sociedade brasileira e a articulação com as diversas instituições de pesquisa. Esta união de esforços busca melhores condições de funcionamento e definição de procedimentos mais eficazes na redução da vulnerabilidade das comunidades.

Reconhecendo a importância do exercício democrático do diálogo para o debate sobre as políticas de Defesa Civil e também obstáculos impostos ao processo participativo, coube ao governo federal, por meio do Ministério da Integração Nacional, promover a 1ª Conferência Nacional de Defesa Civil e Assistência Comunitária (1ª CNDC), realizada entre os dias 23 a 25 de março de 2010, em Brasília-DF. O tema central da 1ª CNDC foi: “Prevenção e Assistência Humanitária: Fundamentos para a Organização da Defesa Civil Brasileira”.

Inovadora como espaço de reflexão sobre a prevenção e a proteção social, a 1ª CNDC criou, pela primeira vez, condições para um amplo debate e troca de experiências entre gestores, trabalhadores da Defesa Civil e os diversos segmentos sociais direta ou indiretamente interessados em algum dos seus aspectos (SEDEC, 2009). A 1ª CNDC foi realizada em três etapas: municipal, estadual e do Distrito Federal e nacional; e teve como base um regimento, criado por uma comissão organizadora, que contou com representantes do poder público e da sociedade civil, o qual estabeleceu temas e metodologias de discussão. Em cada uma das etapas,

aprovaram-se propostas e elegeram-se delegados para defender as conferências no âmbito imediatamente superior da federação, até a etapa nacional, que aprovou diretrizes para as políticas públicas do setor.

Os objetivos da 1ª CNDC foram:

- (1) Avaliar a situação da Defesa Civil, de acordo com os princípios e as diretrizes do Sistema Nacional de Defesa Civil, previstos no Decreto nº 5.376, de 2005;
- (2) Definir diretrizes para a reorganização do Sindec e das ações de Defesa Civil com ênfase nos princípios da prevenção e da assistência humanitária como política de Estado, como condição para o desenvolvimento social;
- (3) Definir diretrizes que possibilitem o fortalecimento da participação social no planejamento, na gestão e na operação do Sindec.

3.3.2 Gerenciamento das Áreas de Risco no Âmbito Nacional

Apesar de, nos últimos anos, as ações em gerenciamento de áreas de risco no Brasil terem sido intensificadas, foi desde janeiro de 2003, que o Governo Federal instituiu um Programa Nacional de Redução de Riscos (PNRR), através da criação do Ministério das Cidades e da Coordenação de Prevenção de Riscos vinculada à Secretaria Nacional de Programas Urbanos. Através desta Coordenação criou-se a Ação de Apoio à Prevenção e Redução de Riscos em Assentamentos Precários, com uma nova cultura para procedimentos uniformes de gerenciamento de risco de modo a permitir comparações dos níveis de problemas das cidades, no âmbito nacional (BANDEIRA & COUTINHO, 2008). A Ação foi composta por três grandes atividades tomando por base as quatro estratégias da UNDRO (1991), citadas anteriormente, no item 3.2. As atividades foram (CARVALHO & GALVÃO, 2006):

- i) Capacitação dos técnicos municipais ligados à defesa civil em mapeamento e gestão de risco;

- ii) Elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) contendo propostas de intervenções estruturais e medidas não estruturais para a redução de risco;
- iii) Elaboração de projetos de estabilização de encostas em áreas de risco.

Através da Ação criada pelo Ministério das Cidades, foram realizados 02 Seminários Nacionais de Controle de Risco em Assentamentos Precários nas Encostas Urbanas. O primeiro seminário foi realizado em Recife-PE, no ano de 2003, dando início às atividades da Ação; e o segundo foi realizado em abril de 2006, na cidade de Belo Horizonte-MG. Esses seminários contaram com a participação de gestores públicos, técnicos das administrações municipais, estaduais e federais; especialistas e pesquisadores de universidades e instituições de pesquisas; entidades profissionais e Organizações Não Governamentais.

Na Ação de capacitação de técnicos municipais foram realizados cursos presenciais e à distância. Em cursos presenciais foram treinados cerca de 700 técnicos e gestores municipais, distribuídos em 04 estados brasileiros (Pernambuco, São Paulo, Santa Catarina e Minas Gerais). Em Pernambuco, a UFPE, por meio do Departamento de Engenharia Civil, firmou convênio com a Agência Estadual CONDEPE/FIDEM, através do Programa “Viva o Morro” e capacitou 150 técnicos em 06 turmas, durante os anos de 2004 e 2007. Na modalidade a distância (internet), o Ministério das Cidades promoveu a capacitação de 2.500 técnicos pertencentes a diversas cidades brasileiras, entre os anos de 2006 e 2008. O mais recente ficou sob a responsabilidade do Departamento de Engenharia Civil da UFPE.

Na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), desde 2004, o programa destinou recursos financeiros do Orçamento Geral da União para 64 municípios brasileiros. O PMRR trata-se de um documento de grande importância para a gestão dos riscos nas cidades. Este documento contempla as informações de: mapeamento das áreas de risco, com identificação e análise do grau (muito alto, alto, médio, baixo); as propostas de intervenções estruturais (obras de engenharia com estimativas de custos); e medidas não estruturais para a redução de risco. Através deste plano é possível obter informações sobre a dimensão dos problemas das cidades. Por

exemplo, cidades da Região Metropolitana do Recife apresentaram o seguinte panorama: 294,81 hectares de áreas de risco alto e muito alto na cidade do Recife (PMRR - Recife, 2007); em Camaragibe-PE a dimensão do problema está em 59,16 hectares de áreas de risco alto e muito alto (PMRR - Camaragibe, 2006); em Jaboatão dos Guararapes-PE as áreas de risco alto e muito alto totalizaram 104,0 hectares (PMRR - Jaboatão dos Guararapes, 2006).

Em fevereiro de 2006, o Governo Federal, dando continuidade às Ações iniciadas em 2003, liberou recursos financeiros para elaboração de projetos de estabilização de encostas nas áreas mapeadas nos PMRRs. Os projetos contemplaram obras de baixo custo, com: obras de estabilização de encostas (muros de arrimo); obras de acessibilidade (escadarias, passeios e rampas); e obras de drenagem. Vale destacar que a UFPE, através do Grupo GEGEP do Depto de Engenharia Civil, também contribuiu com esta ação, fornecendo apoio técnico ao município de Camaragibe. Também se ressalta o envolvimento da autora desta tese e de seus orientadores nas ações realizadas na Região Metropolitana do Recife.

As Ações do Governo Federal são imprescindíveis para o gerenciamento de áreas de risco nas cidades brasileiras. Apesar das atividades realizadas nas Ações os diversos desastres ocorridos recentemente no Brasil mostram a fragilidade do sistema de gerenciamento. O avanço nas etapas é de extrema importância para o êxito do processo. Os municípios, em posse de seus projetos aprovados, devem executá-los o mais rápido possível, sabendo que a ação antrópica é acelerada e contribui para as modificações das condições físicas da área, o que pode tornar os projetos inadequados em face da demora de sua execução. Mais do que nunca é necessário investimentos mais intensos dos cofres públicos federais, no que se refere às medidas estruturais de redução dos riscos, visto que os recursos municipais são limitados em relação à dimensão dos problemas de ocupação urbana. O investimento em habitação popular para retirada da população das áreas mais críticas também é primordial para evitar novas tragédias, assim como o investimento em equipamentos de previsões meteorológicas para a evacuação da população nos casos de ocorrências de eventos extremos de precipitação.

Recentemente, no final do mês de março, foi divulgada a inclusão de um programa específico de prevenção de riscos no PAC 2, que será operado a partir de

2011. O governo federal propõe investir, nos próximos 4 anos, R\$ 10 bilhões em obras de prevenção de enchentes e R\$ 1 bilhão em obras de contenção de encostas, nos municípios integrantes das grandes regiões metropolitanas.

Mas, enquanto as obras estruturais aguardam é imprescindível a elaboração de planos preventivos, sendo necessário o conhecimento de parâmetros técnicos. Após os recentes desastres ocorridos nas cidades brasileiras, diversos pesquisadores, de várias instituições, estão se mobilizando para apoiar ações de gerenciamento dos riscos. Atualmente especialistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) estão montando um projeto de monitoramento de risco de deslizamentos na região metropolitana de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife e Salvador além de Campos do Jordão, Petrópolis e áreas da Serra do Mar. A idéia é juntar a experiência dos dois centros de pesquisa - o Inpe nas previsões e modelos meteorológicos e o IPT na análise das situações de risco de deslizamento de encostas - e montar um sistema de alerta para prevenir os desastres.

Neste projeto do Inpe-IPT há três pontos importantes em discussão. O primeiro trata-se da coleta de dados para alimentar o sistema, com o máximo de informações sobre áreas de risco (características do solo, vegetação, declividade, por exemplo) e a partir daí desenvolver modelos. O segundo é integrar as informações do Inpe, sobre clima, com a base do IPT. Isto significa desenvolver um software que cruze a informação de uma determinada região com o comportamento do solo submetido a certo volume de água. Este projeto tem a intenção de envolver institutos e centros de pesquisa de todo o Brasil. Segundo o geólogo Agostinho Ogura do IPT, a idéia é melhorar a capacidade do poder público de tomar ações preventivas de desastres.

Segundo SEDEC (2009), ampliar a referência técnica agrega a possibilidade de aprimorar procedimentos e modos de análise e a possibilidade de estimular esses atores a se engajarem no trabalho da Defesa Civil. Nesse sentido, há que propor aos atores acadêmicos, das mais diversas áreas, que tomem os problemas vividos e os procedimentos adotados no país, como objeto de estudo em suas pesquisas científicas. Diferentes comunidades profissionais devem participar da definição de rotinas e procedimentos, e é preciso criar formas de geração e troca de informações que possam auxiliar a constituição de uma grande comunidade de aprendizagem no tema da Defesa

Civil. Foi neste sentido que se deu a elaboração do projeto e o desenvolvimento desta tese de doutorado, trazendo importantes contribuições à gestão dos riscos na Região Metropolitana do Recife.

3.3.3 As Experiências dos Municípios Brasileiros

Partindo para o âmbito das experiências nas cidades, podemos destacar os sistemas de gerenciamento de áreas de riscos dos municípios de: São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Belo Horizonte e a experiência da Região Metropolitana do Recife, sendo esta última descrita no item 3.3.

a) Gestão do Risco no Litoral Paulista

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT é um órgão do governo do Estado de São Paulo e vem desenvolvendo trabalhos sobre riscos desde a década de 1950, quando sua equipe técnica atuou nos escorregamentos da cidade de Santos, por meio dos engenheiros Ernesto Pichler e Milton Vargas. Desde então, esses trabalhos foram sendo ampliados e hoje abrangem o estudo dos processos, o mapeamento de áreas, a análise de riscos, o desenvolvimento de projetos de obras de estabilização, os instrumentos de planejamento urbano, os planos preventivos de defesa civil, os atendimentos emergenciais, a capacitação de equipes municipais e a informação pública.

Em decorrência dos graves acidentes ocorridos na Serra do Mar durante as chuvas de 1988, o governo estadual solicitou a elaboração de um relatório, com proposição de medidas que possibilitassem a prevenção, redução e eliminação destes riscos. O relatório teve por título: “Instabilidade da Serra do Mar no Estado de São Paulo. Situações de Risco”. Dentre as propostas inseridas no relatório estava a elaboração do Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC, em que derivaram outros trabalhos, como as Cartas Geotécnicas do Guarujá e de Ubatuba. O PPDC foi então coordenado pelo Instituto Geológico – IG e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, com a colaboração de vários outros centros de pesquisa, existindo até os dias atuais (ARAKI, 2007).

A atuação do IPT de São Paulo tem mostrado resultados satisfatórios nos municípios do Sudeste do Brasil. Como exemplo de resultados, cita-se a contribuição ao Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC do Litoral Paulista. O PPDC é operado por meio de acompanhamento das chuvas (volume acumulado de 3 dias), previsão meteorológica e vistorias de campo. O objetivo principal do PPDC é evitar a ocorrência de mortes, com remoção da população antes que os escorregamentos atinjam suas moradias. Além disso, o PPDC é uma medida não-estrutural, que tem como objetivo principal dotar a Comissão Municipal de Defesa Civil – COMDEC de instrumentos de ação para reduzir a perda de vidas humanas e de bens materiais decorrentes de escorregamentos e processos correlatos. Fundamenta-se na possibilidade de se tomarem medidas antes da ocorrência desses escorregamentos.

O período de operação do PPDC no Sudeste do Brasil tem início no dia 1^o de dezembro e estende-se até 31 de março do ano subsequente, podendo ser prorrogado de acordo com as condições meteorológicas. As instituições participantes do PPDC de São Paulo são: a) CEDEC – Coordenadoria Estadual de Defesa Civil: responsável pela coordenação geral do PPDC; b) REDEC – Regional de Defesa Civil: responsável pela coordenação regional; c) IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas: dando assessoria técnica à CEDEC, REDEC e COMDEC; d) IG - Instituto Geológico: também fornecendo assessoria técnica à CEDEC, REDEC e COMDEC; e) Prefeitura/COMDEC - Comissão Municipal de Defesa Civil: responsável pela coordenação local do PPDC.

O PPDC é operado em 04 níveis (MACEDO et al., 1999): a) *Observação*; b) *Atenção*; c) *Alerta*; e d) *Alerta Máximo*. Cada nível de operação prevê várias ações. A principal ação de cada nível é apresentada na Tabela III.7.

A passagem do nível de observação para o nível de atenção se dá com o alcance dos índices críticos de chuvas acumuladas em 3 dias. Para a Baixada Santista, por exemplo, o índice crítico é de 100 mm em 72h. No nível de atenção são realizadas as vistorias de campo. No caso de serem identificadas feições de instabilidade, como, por exemplo, fenda no solo opera-se o nível de alerta e se procede à retirada dos moradores que se encontram em situação de risco muito alto. Quando as condições meteorológicas indicam a continuidade de chuvas e ocorrem escorregamentos generalizados nas áreas de risco há a necessidade de evacuação de toda a população,

dando início ao nível de alerta máximo. A Tabela III.8 apresenta parâmetros operacionais de referência de chuva acumulada, em algumas Regiões Paulistas.

Para que o Plano Preventivo de Defesa Civil obtenha êxito, todas as instituições envolvidas devem atuar seguindo uma seqüência de operações. As principais responsabilidades de cada instituição, assim como o fluxograma de informações que devem ser repassadas são apresentadas na Figura III.7.

Tabela III.7: Ações e Medidas Preventivas nos Níveis de Operação do PPDC do Litoral Paulista (Fonte: MACEDO, 2009)

NÍVEIS DE OPERAÇÃO	PRINCIPAIS AÇÕES
Observação	Acompanhamento dos índices pluviométricos
Atenção	Vistoria de campo nas áreas de risco
Alerta	Remoção preventiva da população das áreas em situação de risco muito alto indicadas pelas vistorias
Alerta Máximo	Remoção de toda a população que habita nas áreas de risco

Tabela III.8: Parâmetros Operacionais de Referência em Algumas Regiões Paulista.

LOCALIDADE	ACUMULADO DE CHUVAS 3 DIAS
Baixada Santista	100 mm
Litoral Norte	120 mm
Vale do Paraíba	100 mm
Campos do Jordão	80 mm
Campinas	80 mm
ABC	80 mm
Sorocaba	80 mm

Fonte: MACEDO (2009)

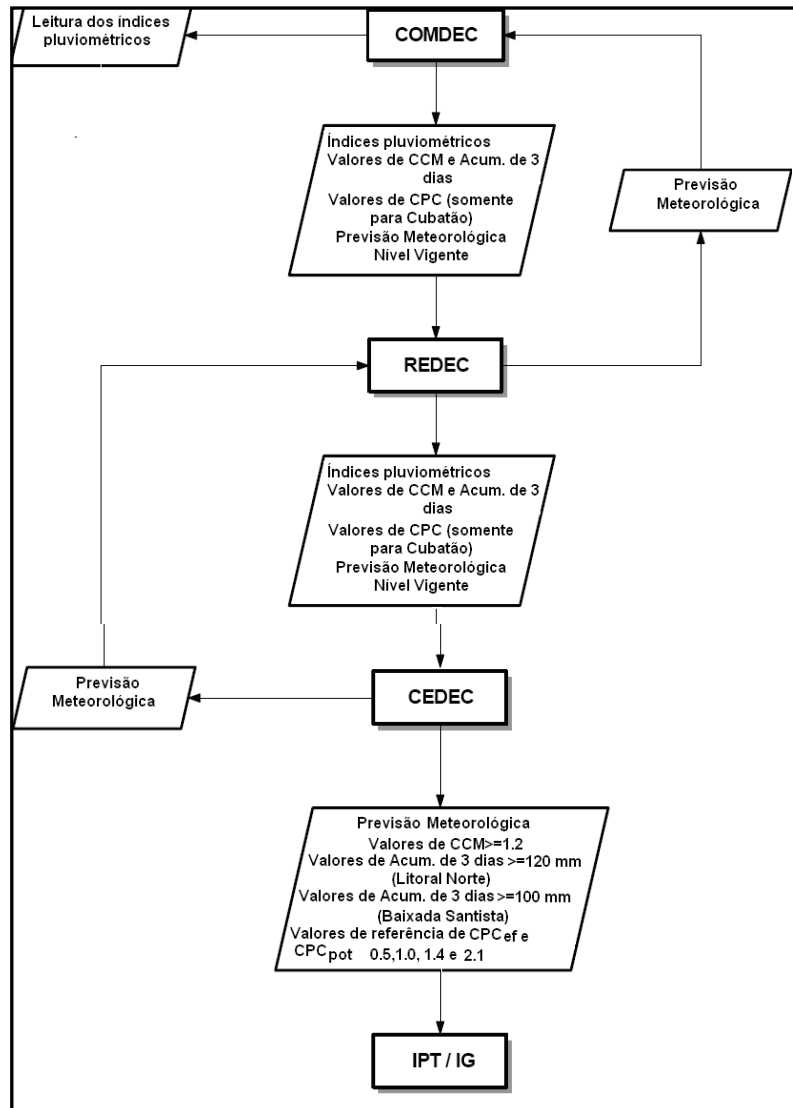


Figura III.7: Fluxograma de Informações e Responsabilidades das Instituições do PPDC (MACEDO et. al., 2004)

Os índices pluviométricos são coletados diariamente nos postos determinados para cada município. Esses dados são utilizados para calcular o acumulado de chuvas de 3 dias. A análise de alguns episódios de chuvas que provocaram escorregamentos na região do litoral Paulista, onde se estabeleceu o primeiro PPDC, permitiu estabelecer valores de chuvas acumulados em 3 dias para cada plano de contingência elaborado posteriormente para o estado. Esses valores, quando atingidos, indicam alta possibilidade de ocorrência de escorregamentos.

A previsão meteorológica é uma informação valiosa, visto que indica as condições de tempo e tipo de precipitação que podem ocorrer em um dado período e

região, dando subsídio para ações de defesa civil. A Figura III.8 apresenta os municípios de São Paulo que possuem planos preventivos de defesa civil.

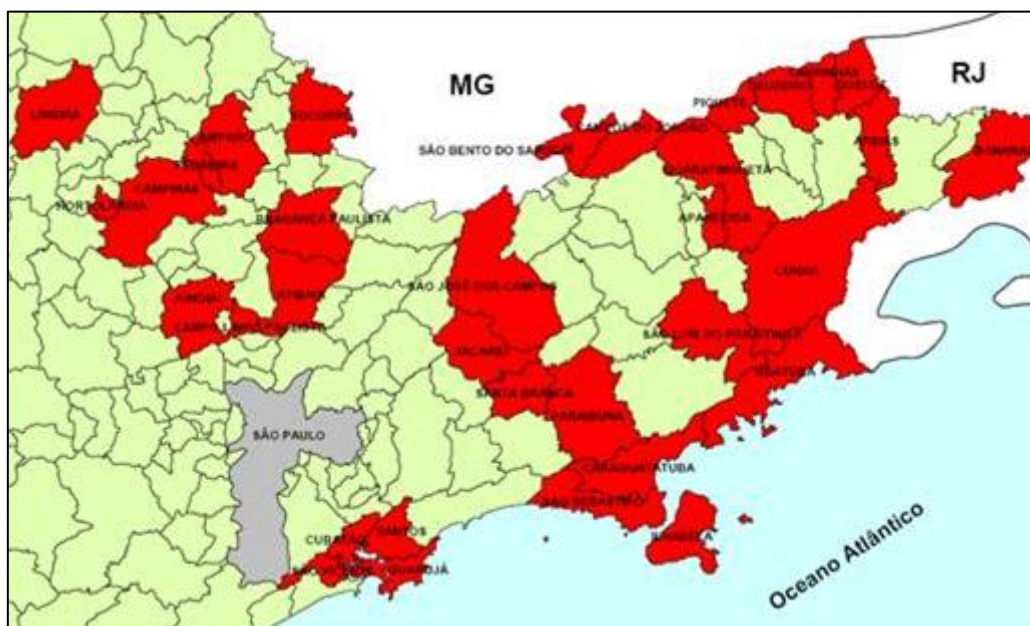


Figura III.8: Município de São Paulo que Possuem PPDC
(IPT, 2006)

b) A Experiência da Fundação GEO-RIO

O Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro foi criado em 12 de maio de 1966, após fortes chuvas ocorridas no mês de janeiro daquele ano. No verão de 1966, os acidentes geotécnicos nas encostas provocaram a mortes de 70 pessoas e deixaram mais de 500 feridos, deixando, por alguns dias, a Cidade Maravilhosa em situação de calamidade pública, fato que gerou forte repercussão nacional e internacional, motivando a criação do instituto. Desde 1992, o instituto passou a ser denominado de Fundação GEO-RIO, sendo um órgão ligado à Secretaria Municipal de Obras da Prefeitura, considerado como modelo brasileiro.

Dentre as várias atribuições da Fundação GEO-RIO, destacava-se a elaboração de planos emergenciais e de longo prazo para gerenciamento de riscos nas encostas. Seu quadro técnico foi composto por especialistas, principalmente engenheiros civis e geólogos, sendo a pioneira mundial deste órgão público, aliado ao conhecimento e ao

empreendedorismo de seu quadro técnico, levando-a, em pouco tempo, ao reconhecimento como órgão geotécnico de excelência a nível mundial.

Após os acidentes de 1966, várias obras foram realizadas sob a coordenação da Fundação. Além das obras, o órgão ficou responsável pelas investigações geológico-geotécnicas dos solos, das rochas e das jazidas de materiais de construção. Também ficou responsável pelos atendimentos dos requisitos nas análises para aprovação, licenciamento e fiscalização dos projetos contenção de encostas e de exploração de jazidas da iniciativa privada. Foi o início da implantação de uma política racional de ocupação das encostas da Cidade do Rio de Janeiro, estabelecendo critérios técnicos para definição de áreas sujeitas a risco de deslizamento.

Em 1996, durante o período de intensas chuvas, um grande número de acidentes aconteceu na cidade do Rio de Janeiro. Foram registradas precipitações superiores a 190 mm em 7 horas de duração, com um saldo de 52 mortos. Como consequência direta da catástrofe, um novo afluxo de técnicos e de investimentos se verificou na Fundação GEO-RIO. Após os acidentes ocorridos naquele ano, a Fundação teve nova fase de desenvolvimento: novas técnicas de contenção foram testadas e aplicadas (materiais alternativos - pneus e fibras vegetais); foram desenvolvidas e executadas metodologias para mapeamentos geológico-geotécnicos e de áreas de risco em escalas de detalhe; foi implantado um pioneiro sistema de alerta de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas, o Sistema Alerta Rio (<http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/>).

Em síntese o gerenciamento do risco de deslizamentos em encostas realizado pela Fundação GEO-RIO apresenta, basicamente, quatro linhas distintas de ação:

- Identificação das situações de risco;
- Execução de obras de estabilização de taludes;
- Monitoramento dos índices pluviométricos críticos;
- Desenvolvimento de projetos especiais.

O Sistema Alerta Rio, implantado em 1996, é composto por 32 estações pluviométricas (Figura III.9). Atualmente o Sistema opera 24 horas por dia com equipe de geólogos, engenheiros, meteorologistas e de técnicos que operam e mantêm uma rede

telepluviométrica automática, com 32 estações e uma estação central computadorizada (sala de controle), para onde convergem todas as informações que são analisadas, interpretadas e repassadas (via internet, rádio, fax, celular, etc) à população e às diversas instituições municipais (Defesa Civil, Drenagem, Limpeza Urbana, Tráfego, etc) que atuam diretamente nos problemas decorrentes dos temporais.

Cada estação pluviométrica tem seus dados repassados após intervalo de 15 minutos, via rádio, à estação central. A precipitação pluviométrica é medida a uma resolução de 0,2 mm. Os rádios operam em canais de frequência destinados à transmissão digital de dados, em sistemas ponto-multiponto, na faixa de 932 a 941 MHz e potência de 5W. As antenas são diretivas, do tipo Yagi, com ganho na faixa de 10 dBi. A alimentação é feita através de um conjunto painel solar e bateria, sem necessidade de uma ligação em tomada AC (Figura III.10). Os sistemas possuem bateria interna para suportar períodos de até 24h de interrupção do fornecimento. No caso de sido detectado o estado de alerta, um Boletim de Alerta é emitido para emissoras de comunicação. A Figura III.11 apresenta exemplo do Boletim.

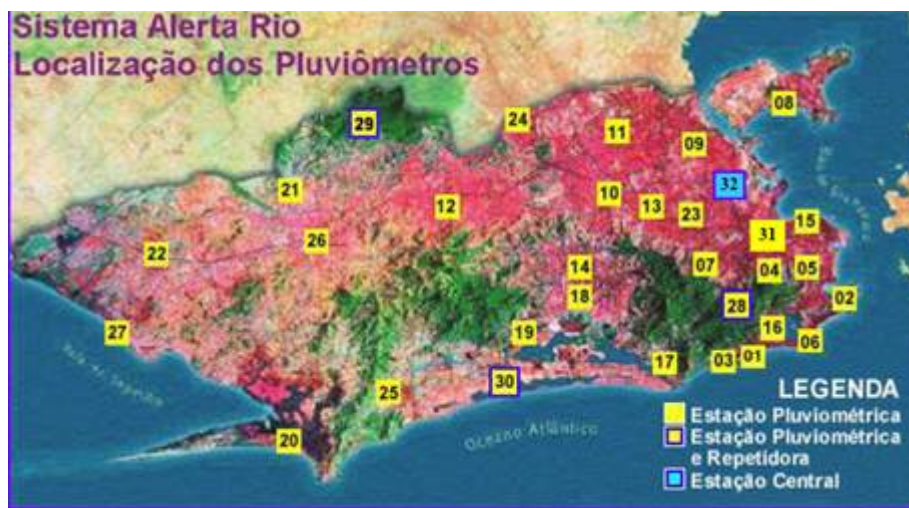


Figura III.9: Localização das Estações Pluviométricas da Cidade do Rio de Janeiro, no Sistema Alerta Rio (LACERDA, 2008).

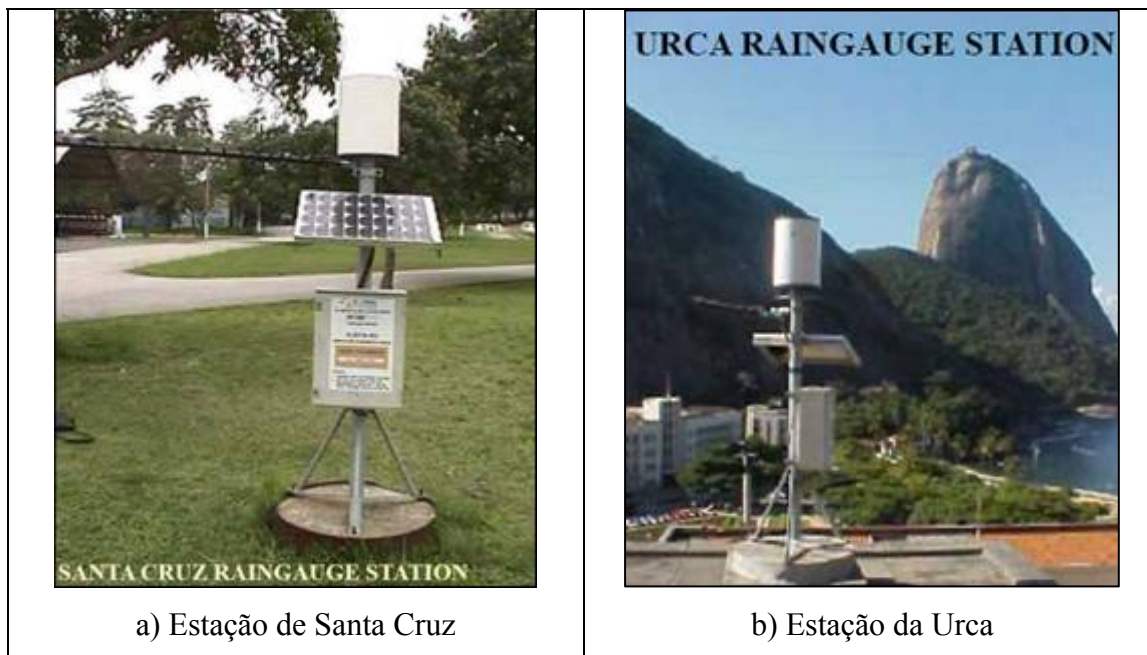


Figura III.10: Vista de Estações Pluviométricas

(Fonte: LACERDA, 2008)

Como critérios para locação das estações pluviométricas, o Sistema Alerta Rio leva em consideração 04 importantes fatores: mapeamento das áreas de risco; área de influência; local seguro (vandalismo); e acessibilidade. Segundo LACERDA (2008), as principais características do Alerta para Movimento de Massa são:

- Advertência apenas para movimentos de massa generalizados;
- Mínimo de 02 pluviômetros por bacia de captação;
- Frequência de aquisição dos dados a cada 15min;
- Erro de 1% nos dados;
- Detecção automática (e transmissão por fax) de níveis críticos de precipitações;
- Contrato específico para a previsão de tempo.

A Fundação GEO-RIO adota uma classificação de intensidade da chuva de acordo com a Tabela III.9.

URGENTE

SENHOR RESPONSÁVEL PELO DEPARTAMENTO DE JORNALISMO DESSA EMISSORA

SOLICITAMOS QUE O **BOLETIM DE ALERTA**, EM ANEXO, SEJA VEICULADO **REPETIDAMENTE** POR ESSA EMISSORA, NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, ATÉ QUE SEJA EMITIDO O **BOLETIM DE CANCELAMENTO** DESTE ALERTA.

MOYSÉS VIBRANOVSKI
PRESIDENTE DA GEO-RIO

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
BOLETIM DE ALERTA-RIO

DIA: ___ / ___ / ___ HORA: _____

CONSIDERANDO O REGISTRO DE INTENSAS E CONTÍNUAS CHUVAS EM DIVERSAS ÁREAS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO E A PREVISÃO METEOROLÓGICA INDICATIVA DE FORTES CHUVAS PARA AS PRÓXIMAS HORAS, A PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO ALERTA SOBRE A POSSIBILIDADE DE OCORRÊNCIA DE GRAVES TRANSTORNOS.

- AS PESSOAS QUE ESTIVEREM EM LOCAIS SEGUROS DEVEM PERMANECER NESTES LOCAIS.
- OS HABITANTES DAS ÁREAS DE ENCOSTAS DEVEM FICAR ATENTOS PARA INDÍCIOS DE AMEAÇAS DE DESLIZAMENTOS E ESTAREM PREPARADOS PARA SE DESLOCAREM PARA LOCAIS SEGUROS.
- OS HABITANTES DE ÁREAS DE RISCO DEVEM SAIR IMEDIATAMENTE PARA LOCAIS SEGUROS.
- AS VIAS URBANAS QUE ATRAVESSAM AS MONTANHAS DA CIDADE E AS ÁREAS INUNDÁVEIS DEVEM SER EVITADAS.
- AGUARDEM O COMUNICADO DE CANCELAMENTO DESTE ALERTA.

Rua Fonseca Teles, 121/10º andar – São Cristóvão – Rio de Janeiro – RJ – 20940-2000. Tel: 589-5757-Fax:589-4016

Figura III.11: Modelo do Boletim de Alerta do Sistema Alerta Rio

(LACERDA, 2008)

Tabela III.9: Classificação de Intensidade da Chuva (LACERDA, 2008)

CLASSE	LEVE	MODERADA	ALTA	MUITO ALTA
Chuva em mm / hora	1.1 a 5.0	5.1 a 25.0	25.1 a 50.0	>50.0

O Sistema Alerta Rio também conta com a operação de um Radar Meteorológico, adquirido em Convênio firmado entre a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e o Ministério da Aeronáutica. O Radar fica localizado no Pico do Couto –RJ, emitindo informações para a estação central. A estação central além de receber as imagens do radar meteorológico, consolida os dados de todas as estações pluviométricas, recebidos via central de rádio UHF, sendo as informações coletadas e armazenadas por um servidor padrão. Um sistema de análise, acessado via rede local e dispendo de avançados recursos de computação gráfica, permite avaliar a quantidade de chuva acumulada por estação, a precipitação em mm/h e a distribuição por regiões.

Através das informações obtidas e processadas, o Sistema Alerta Rio informa a população sobre o estágio do Alerta, de acordo com uma classificação em função da previsão da intensidade da chuva (Tabela III.10). O Sistema também apresenta a expectativa da intensidade de movimentos de massa de acordo com a intensidade da chuva acumulada em 01 hora, 24 horas e 96 horas (Tabela III.11).

Nas últimas duas décadas, um bom número de projetos especiais foi implementado pela Fundação GEO-RIO, no sentido de melhor, caracterizar e/ou reduzir diretamente o risco de acidentes associados a movimentos de massa nas encostas do Município. Dentre os principais projetos se destacam: os mapeamentos das áreas de risco (realizados em escalas e metodologias diversas); a elaboração e alimentação de um Banco de Dados Geotécnico (com as informações e dados produzidos pela Fundação); a elaboração e distribuição de Material Educativo para Prevenção do Risco (filmes, folders, manuais e palestras em comunidades carentes e escolas) e a realização de estudos de correlação chuva \times movimentos de massa (ver D’ORSI et al., 1997). O Sistema Alerta Rio hoje é uma referência nacional e internacional.

Tabela III.10: Classificação dos Estágios do Alerta (LACERDA, 2008)

ESTÁGIO	DESCRIÇÃO
Fiscalização	Chuvas de leve intensidade, nas próximas 03 horas
Atenção	Chuvas de intensidade moderada a alta, nas próximas 03 horas
Alerta	Chuvas alta intensidade, nas próximas 03 horas, provocando esparsos movimentos de massa
Alerta Máximo	Chuvas de intensidade alta a muito alta, nas próximas 03 horas, causando movimentos de massa generalizados

Tabela III.11: Matriz da Intensidade de Movimento de Massa com a Intensidade da Chuva Acumulada para o Rio de Janeiro (LACERDA, 2008)

Chuva Acumulada (mm)	Expectativa da Intensidade de Movimentos de Massa		
	Moderada	Alta	Muito Alta
Em 01 hora	10 a 30 mm	30 a 50 mm	>50 mm
Em 24 horas	50 a 100 mm	100 a 175 mm	>175 mm
Em 96 horas	100 a 175 mm	175 a 250 mm	>250 mm
	e 10 a 30 mm em 24 h	e 30 a 50 mm em 24 h	e >100 mm em 24 h

FEIJÓ et al. (2001) apresentam resultados do estudo do monitoramento das chuvas e movimentos de massa na cidade do Rio de Janeiro. Neste trabalho os autores comentam sobre a alta susceptibilidade a movimentos de massa do bairro da Penha, onde o pluviômetro associado apresentou precipitação média mensal mais baixa em comparação aos outros locais de estudo, no período da análise (66,0 mm/mês), porém foi a área onde se registrou maior número de acidentes. Por outro lado, as regiões de Itanhangá e Grota Funda apresentaram precipitações médias mensais acima de 100 mm, com poucos registros de acidentes, mostrando serem áreas de baixa susceptibilidade. Os autores destacam a influência da ocupação desordenada no bairro da Penha, o que eleva o grau de risco da área. Toda a operacionalização do Sistema Alerta Rio tem contribuído para os resultados positivos das atividades realizadas pela Fundação GEO-

RIO. A Figura III.12 apresenta a redução do número de mortes após a implantação da Fundação (após o ano de 1996).

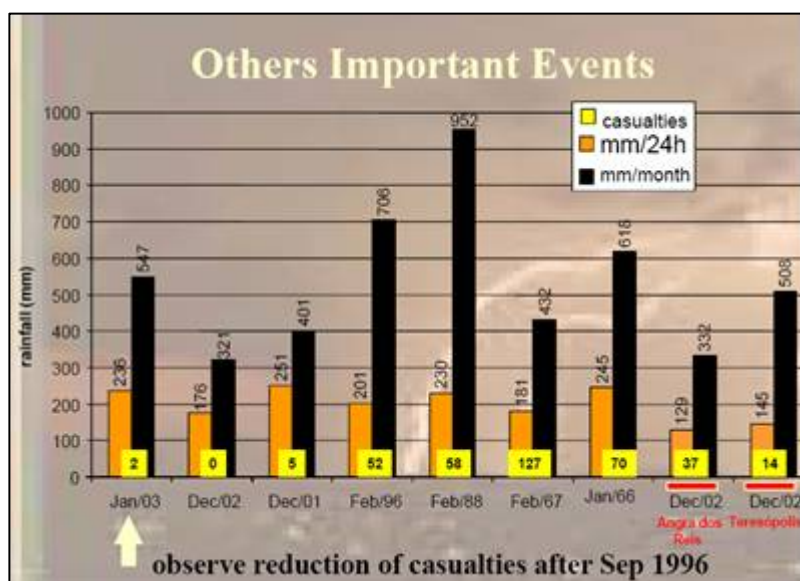


Figura III.12: Redução do Número de Mortes após o Ano de 1996.

(Fonte: LACERDA, 2008)

Os trabalhos educativos e a participação da comunidade também fazem parte da gestão de riscos no município do Rio de Janeiro. As ações da Prefeitura nos assentamentos precários para a mitigação do risco e conscientização da população local vêm sendo implementadas desde a criação do Instituto de Geotécnica. Programas como os de captação de mão-de-obra local, através dos Garis Comunitários e do Mutirão de Reflorestamento, são anteriores à década de 1980 e vem sendo mantidos. Em meados da década de 1990, com a implementação do Programa Favela-Bairro, a mobilização das comunidades envolvidas passou a ser muito maior, que participavam de todas as etapas do projeto. As associações de Moradores existentes têm ampla interação com a Coordenadoria de Defesa Civil do Município. Esta, por sua vez, em períodos chuvosos tem procurado se antecipar aos problemas, com a participação e mobilização das comunidades. Todos os trabalhos de mapeamento têm sido apresentados às comunidades envolvidas, em audiências públicas. Além da divulgação do trabalho, são proferidas palestras que procuram orientar a população sobre sua participação na mitigação do risco.

Nos últimos 40 anos, a Fundação GEO-RIO realizou mais de 6.500 obras de estabilização de taludes, dispersas ao longo de todo o município. As ações estruturais foram do tipo: cortinas atirantadas, muros de arrimo em concreto armado e ciclópico, contrafortes, drenagem superficial, solo grampeado, muros em gabião, concreto projetado, desmonte de blocos, dentre outras.

Após os acidentes ocorridos em Angra dos Reis (janeiro de 2010), gestores e especialistas brasileiros sugeriram ao Governo do Estado do Rio de Janeiro, que fizesse parceria com a Fundação GEO-RIO, para ampliar as ações de gerenciamento em todo o estado, melhorando a qualidade de vida da população dos demais municípios. Apesar da sugestão está havendo grande impasse por parte do governo do Estado, o qual argumenta que essa ação é de competência legal dos municípios.

c) Gestão do Risco em Belo Horizonte

Na cidade de Belo Horizonte, foi criado em 1994, o Programa Estrutural em Áreas de Risco (PEAR), através de um diagnóstico das áreas de risco onde foi estimada a existência de 15.000 moradias em situação de risco. Este diagnóstico evidenciou a necessidade da criação do PEAR com atendimento contínuo; baseado na realização de vistorias individualizadas, ações preventivas e monitoramento em todo o período do ano; e ações emergenciais no período chuvoso.

O modelo de gestão do PEAR é baseado nas seguintes ações:

- Gestão compartilhada com a comunidade através de Núcleos de Defesa Civil – NUDEC;
- Gestão de proximidade intensificada com a criação de Centros de Referência em Áreas de Risco (CREAR) nas áreas mais precárias (Figura III.13a);
- Articulação entre os órgãos da Prefeitura com a composição do Grupo Executivo em Áreas de Risco (GEAR);
- Investimento em ferramentas de planejamento como a atualização do diagnóstico de risco e o Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR.

Coordenado pela Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (URBEL) e operacionalizado também pelas nove Secretarias de Administração Regional do Município, o PEAR é composto por três planos de ação:

- PAE – Plano de Atendimento Emergencial, que visa atuar no período chuvoso (outubro a março) com monitoramento das áreas e das moradias em risco. Para esta ação o PEAR conta com o apoio de viaturas próprias (Figura III.13b);
- PMS – Plano de Mobilização Social, que trabalha a sensibilização e a orientação dos moradores, de lideranças comunitárias e de membros dos NUDEC para garantir a prevenção de riscos e o sucesso das intervenções e obras realizadas;
- PO – Plano de Obras, que objetiva executar obras estruturais e de saneamento básico de pequeno e médio porte, nas áreas de risco (Figura III.13c).

A Tabela III.12 apresenta as principais ações realizadas pelo Programa Estrutural em Áreas de Risco (PEAR) nos períodos do ano.

Nas situações de emergências, quando ocorre a remoção temporária ou definitiva de famílias, o alojamento é realizado em abrigos municipais. Quando a família é removida definitivamente, a moradia é demolida e a família pode ingressar no Programa Bolsa-moradia, que consiste em aluguel pago pela Prefeitura até o reassentamento da família.



a) Unidades em Áreas de Risco



b) Viaturas Própria da Defesa Civil



c) Obras estruturais / Saneamento

Figura III.13: Ilustrações das Ações de Defesa Civil em Belo Horizonte

Tabela III.12: Principais Ações da Defesa Civil de Belo Horizonte

Período	Detalhamento das Ações
Ações contínuas no ano	<ul style="list-style-type: none"> • Vistorias em áreas solicitadas com orientação técnica ao morador. • Obras de pequeno porte (mão-de-obra dos moradores e material e assistência técnica do programa) e obras de médio porte realizadas por empresas, com um número maior de famílias beneficiadas; • Monitoramento compartilhado com o morador; • Reuniões sistemáticas com os NUDECs visando capacitá-los sobre as ações preventivas e consolidá-los enquanto grupo; • Presença da mesma equipe de engenheiro e geólogo nas áreas de abrangência de cada CREAM.
Ações no período pré-chuva	<ul style="list-style-type: none"> • Fórum com a comunidade, divulgando o programa e compartilhando informações. • Divulgação através de cartilhas educativas (operação “pente-fino”), contando com o apoio dos integrantes dos NUDECs. • Limpeza de cursos d’água, bocas-de-lobo, sistemas de drenagem, encostas, etc.
Ações no período de chuva	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de plantões, com todo o Grupo Executivo em Áreas de Risco, nos finais de semana e feriados (de outubro a março). • Acompanhamento dos índices pluviométricos e recebimento de previsão meteorológica, declarando estado de alerta quando o volume de precipitação atinge 50 mm acumulados em 02 dias, 70 mm em 03 dias, ou quando a previsão assim indicar. Estes alertas são repassados aos NUDECs e as rádios comunitárias que os replicam nas comunidades. • Obras emergenciais, colocação de lona em encostas e isolamento de cômodos. • Sinalização das áreas onde houve remoção ou onde há uma situação crítica, através de faixas alertando sobre o risco. • Manutenção, limpeza e pequenas intervenções nos sistemas de drenagem, esgotos, pequenos cursos d’água, vias de pedestre, etc; • Refúgio momentâneo nos CREAM durante a noite. • Remoção temporária ou definitiva dos moradores em risco.

Com relação aos trabalhos dos NUDECs, os voluntários participam de oficinas, palestras, visitas e trabalhos de campo, onde os conhecimentos acumulados pelo Poder Público são transmitidos aos voluntários que, além de seu protagonismo no atendimento mais imediato aos moradores, atuam como multiplicadores das informações. Neste processo, os voluntários passam por capacitação, que abordam os indicadores de risco nas moradias, os agentes potencializadores do risco, as formas de atendimento da Prefeitura e como acessar tal atendimento. A fim de reforçar o caráter preventivo dos NUDECs, são oferecidas atividades de educação ambiental, com formatos e metodologias variadas, muitas em parcerias com outros órgãos e instituições.

Vale ressaltar a importância da implantação do CREAM nas vilas e aglomerados, a qual vem contribuindo para aproximar Prefeitura aos cidadãos, oferecendo aos moradores um espaço, em sua própria região, onde podem demandar o atendimento, abrigar-se em caso de necessidade e realizar reuniões dos núcleos e de outras organizações da comunidade.

Enfim, o Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR, ao longo dos anos agregou uma rede de programas em torno do seu objetivo, o que lhe permitiu alcançar resultados significativos no controle e redução de situações de risco.

d) Gestão do Risco em Salvador

A Comissão de Defesa Civil de Salvador (CODESAL) foi criada em 1976, dentro da estrutura da Secretaria Municipal de Saúde, composta por funcionários de diversos órgãos, de caráter não-permanente, para atuar na ocorrência de eventuais acidentes. Em 1978 houve uma reestruturação, como Comissão Permanente acoplada ao Gabinete do Prefeito, com quadro funcional próprio, através do Decreto nº 5.396. Em 1992 criou-se o Sistema Municipal de Defesa Civil (SMDC). No decorrer dos tempos vinculou-se a vários órgãos, fazendo parte, no ano de 2000, da estrutura da Secretaria Municipal da Habitação (SEHAB), atuando de forma preventiva e emergencial na redução dos riscos. Atualmente, em 2009, através das modificações na estrutura organizacional da Prefeitura, a defesa civil de Salvador é integrada a Secretaria Municipal dos Transportes Urbanos e Infraestrutura – SETIN (Decreto nº 19.331).

A CODESAL tem realizado, desde 1985, sucessivos estudos e cadastramentos de áreas de encostas em escalas adequadas para o gerenciamento. Em 2001, a Prefeitura contratou empresa para elaborar seu Plano Diretor de Encostas (PDE), o qual incluiu um “inventário de áreas de risco”. O Plano Diretor de Encostas (PDE), concluído em 2004, identificou 433 áreas de risco na cidade. Através deste Plano houve um avanço no gerenciamento das áreas de risco em Salvador, sendo um importante documento para o planejamento e gestão das ações (MATTOS et al., 2005).

O Plano Diretor de Encostas do Município do Salvador – PDE dotou o Poder Público de instrumentos de planejamento e gestão, suprindo-o com diretrizes para a formulação de políticas para gestão do problema, a elaboração de estudos, planos, projetos e intervenções para recuperação, o uso e a ocupação das encostas. Foi elaborado em quatro módulos distintos: Inventário das áreas de risco, Diagnóstico, Prognóstico e Plano de Ação, sendo que neste último, foram definidas as diretrizes para o gerenciamento de riscos nas encostas do município (CODESAL, 2010).

Desde 1997, a Prefeitura Municipal de Salvador, através da ação conjunta com outros órgãos vem desenvolvendo o Programa de Proteção e Contenção de Encostas. O desenvolvimento deste programa visou não só reduzir o número de ocorrências de deslizamentos de terra - muitas vezes responsáveis por perdas materiais e humanas para as populações habitantes das áreas mais carentes da cidade - mas também proporcionar melhores condições de vida, através da realização de intervenções que englobavam, além das obras de estabilização das encostas, outras obras de infra-estrutura e lazer.

O PDE é um dos principais instrumentos públicos do município de Salvador voltado para o controle de riscos geológicos. Esse instrumento possibilita à administração pública atuar de maneira planejada, sistemática e eficiente, seja na realização de estudos e definição de ações, seja na captação de recursos para a execução de intervenções em encostas. A implementação do PDE ao longo dos próximos anos terá como resultados a melhoria no aproveitamento dos recursos disponíveis, aumento da capacidade produtiva do poder municipal e melhoramento do atendimento às solicitações da população. Conforme prevê o PDE, a articulação dos diversos agentes públicos e privados e, no âmbito da organização municipal, das funções operacionais relativas ao controle do uso e ocupação do solo, à drenagem e à limpeza urbana e à ação

social, promoverá um fortalecimento dos órgãos municipais competentes para atuar de forma preventiva no controle da ocupação de áreas em situação de risco real e potencial (a partir de MCidades, 2010).

A Defesa Civil de Salvador elaborou, em 2007, o Projeto Defesa Civil na Escola (PDCE). O PDCE é uma proposta da Defesa Civil para capacitar a comunidade escolar, em especial aquelas localizadas em áreas propensas a acidentes geológicos, melhorando a percepção dos riscos a que estão submetidas. Para isso pretende-se sensibilizar o corpo docente, alunos e pais a integrarem o projeto através de várias atividades, tais como: incorporação de conteúdos sobre defesa civil, mostra de filmes, oficina de brinquedos, visita a campo, entre outras e, desta forma, desenvolver uma cultura preventiva promovendo a mudança de hábitos necessária para tornar o ambiente mais seguro. O acompanhamento e monitoramento do projeto se darão através de avaliação processual, com avaliação de resultados e ainda avaliação de impacto. Para isso serão utilizados indicadores de impacto, indicadores de efetividade e indicadores operacionais. Terá como beneficiárias crianças do ensino fundamental da 1ª a 4ª série, com idade entre seis (6) a doze (12) anos, pais, lideranças locais e corpo docente. Neste projeto destaca-se a participação da UFBA – Universidade Federal da Bahia, através do Laboratório de Geotecnia da Escola Politécnica da UFBA, em que irá ministrar cursos, palestras, visitas técnicas, para conhecimento dos tipos de solos e movimentos de massa.

3.4 O GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

3.4.1 A Experiência do Programa Viva o Morro

A Região Metropolitana do Recife conta com alguns programas que são aplicados para melhoria da qualidade do gerenciamento das áreas de risco. Um Programa Metropolitano, denominado “Viva o Morro”, criado em 1997, pela Agência Estadual CONDEPE / FIDEM, tem gerenciado várias ações estruturais e não-estruturais nas áreas de encostas e alagados nos municípios da RM-Recife, sendo reconhecido, pelos ministérios da Cidade e Integração Nacional como exemplar para o país.

O programa busca nas soluções integradas a melhor maneira de se contrapor à prática das ações emergenciais e pontuais. Envolvendo instituições públicas (as três esferas de Poder), ONG's e os moradores das áreas, oferece uma metodologia interdisciplinar e diferenciada. Apesar de atuar com intervenções também de curto prazo, o programa destina-se a promover a estruturação urbana dos morros, garantindo melhores condições de vida e habitabilidade às comunidades.

Uma das primeiras atividades desenvolvidas por este Programa foi a produção de: cartilha informativa para moradores de áreas de risco e de manual técnico sobre ocupação em áreas de morros (ALHEIROS et al., 2003), difundindo informações para técnicos e comunidade (Figura III.14a e 14b). A partir de então, várias ações foram realizadas através do Programa “Viva o Morro”.



Figura III.14. Materiais Produzidos através do Programa “Viva o Morro”

Também é gerenciada por este programa a distribuição de verbas federais para aplicação em ações estruturais e não-estruturais nos municípios da RM-Recife. Além da coordenação da capacitação para técnicos municipais, financiada pelo Governo Federal, a Agência CONDEPE / FIDEM fez convênio com a Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em setembro de 2006, para a realização de um curso prático de obras de contenção de encostas. Outra atividade de capacitação coordenada pelo Programa foram os 06 cursos de formação de NUDEC Jovem, em 06 municípios metropolitanos, direcionados para 300 jovens com idade entre 14 e 18 anos, alunos de escolas públicas situadas próximas às áreas de risco. Durante a capacitação, os jovens

receberam orientações sobre: educação ambiental, áreas de riscos, atividades de artes plásticas e artes cênicas. Os participantes produziram cartilha e participaram de encenações teatrais no tema de riscos ambientais. As Figuras III.15 a e 15.b apresentam exemplos das atividades realizadas pelos participantes.



Figura III.15. Materiais Produzidos no Projeto NUDEC-JOVEM

Atualmente a Agência CONDEPE / FIDEM, através do Programa “Viva o Morro”, firmou um novo convênio com a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) para a capacitação de 90 técnicos em Gestão e Mapeamento de Áreas de Risco, financiado com recursos do Estado. A capacitação de técnicos municipais se apresenta como condição imprescindível para romper com as práticas de ações emergenciais. Durante a capacitação, os técnicos recebem orientações sobre: os tipos de processos atuantes nas áreas de riscos e seus fatores condicionantes (erosões e escorregamentos, por exemplo); as ações não estruturais para redução dos riscos; as concepções básicas das ações estruturais, com informações dos diversos tipos de obras e suas aplicações de acordo com o tipo de processo. Através das informações transmitidas, os técnicos repassam o conhecimento para a comunidade e quebram certos comportamentos de sua cultura, que não pode perdurar nas áreas de risco. Um exemplo de cultura, muito presente nas áreas de risco, é a sensação de segurança apenas com a presença de um “muro” de arrimo no talude de corte. Há situações em que apenas um retaludamento com drenagens pode reduzir o grau de risco de uma encosta. No contexto atual, há consenso quanto à necessidade de se intervir mais sistematicamente na gestão e redução dos riscos, sendo necessário para isso, capacitar um maior número de técnicos possíveis que atuam diretamente nas áreas de risco.

As ações do Programa Metropolitano “Viva o Morro” foram e são essenciais para a redução do número de mortes por desastres naturais, na Região Metropolitana do Recife. A Figura I.3, apresentada no Capítulo I mostra que, após o ano de 2000, o número de vítimas tem se reduzido. Na década 1990-2000 houve 150 mortes na RM-Recife e na “década” de 2001-2009 o número reduziu para 32 mortes, correspondendo a 80% de redução, o que mostra a importância das ações deste Programa. Apesar da redução do número de mortes, especialistas acreditam que o governo deve investir em habitações, para o reassentamento de famílias que vivem em áreas de riscos. Em geral as defesas civis estão preparadas para períodos chuvosos, com volumes dentro da média, no entanto, caso ocorram eventos extremos de precipitação, haverá grande possibilidade de ocorrências de deslizamentos com vítimas fatais.

Apesar da satisfatória experiência do Programa Metropolitano, a prevenção dos acidentes associados a deslizamento de encostas deve fazer parte da gestão municipal. Algumas prefeituras da Região Metropolitana do Recife vêm assumindo sua responsabilidade e estão estabelecendo programas preventivos de riscos, com criação de COMDECs (Comissão Municipal de Defesa Civil) envolvendo a comunidade e realizando Programas de Ações, como rege a Política Nacional de Defesa Civil. Como exemplos de ações municipais citam-se o Programa Guarda-Chuva, da Prefeitura do Recife e as experiências das Defesas Civis de Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

Baseado na experiência do Programa “Viva o Morro” a bancada de Pernambuco, prefeitos da RMR e Governo do Estado sugeriram recentemente aos governantes federais, a inclusão de um Programa Nacional no PAC 2 (Programa de Aceleração ao Crescimento), como foi publicado em um jornal local (Diário de Pernambuco) em 20/02/2010; o que foi analisado e aderido pelos governantes.

3.4.2 O Programa Guarda-Chuva da Prefeitura do Recife

As ações de defesa civil surgiram na cidade do Recife a partir da década de 90, antes da implementação do Programa Guarda-Chuva. Os principais trabalhos realizados na década foram (texto extraído de <http://www.cidades.gov.br>):

- 1993: Relatório Técnico do Mapeamento de Risco das Encostas Ocupadas do Recife; através da assessoria técnica do Engenheiro Jaime Gusmão e da Geóloga Margareth Alheiros, definindo uma pré-setorização das áreas mais críticas de deslizamentos nos morros;
- 1994: Primeiras experiências com o Projeto Parceria nos Morros, buscando alternativas no uso de tecnologias construtivas de baixo custo para reduzir os riscos de deslizamentos, definindo como eixo de ação a parceria entre a comunidade e a Administração Municipal para execução de obras;

Em 2001 a Defesa Civil do Recife implantou em suas ações o denominado “Programa Guarda-Chuva”, com um Modelo de Gerenciamento de Risco da Cidade do Recife. Seus princípios são baseados em 07 eixos norteadores:

- i) Defesa Civil Permanente;
- ii) Ação Descentralizada;
- iii) Administração de Proximidade;
- iv) Visão Sistêmica dos Espaços;
- v) Integração dos Órgãos do Sistema;
- vi) Intervenção Continuada de Pequeno Porte;
- vii) Participação Direta das Populações Afetadas.

O princípio da ação descentralizada se concretiza nas Estações nos Morros, que foram criadas nas localidades das áreas de risco, com o objetivo de ficar mais próximo do problema e oferecer atendimento mais rápido a população. A Defesa Civil atua em 6 regionais descentralizadas nas Regiões Político-Administrativas da Cidade (RPA's), no seguinte formato:

- a. Regional Norte;
- b. Regional Nordeste;
- c. Regional Noroeste;
- d. Regional Oeste;
- e. Regional Sul;
- f. Regional de Planície.

A Figura III.16 apresenta as regionais descentralizadas. As cores representam o território de atuação de cada Regional, sendo estas áreas as que sempre registraram o maior número de acidentes.

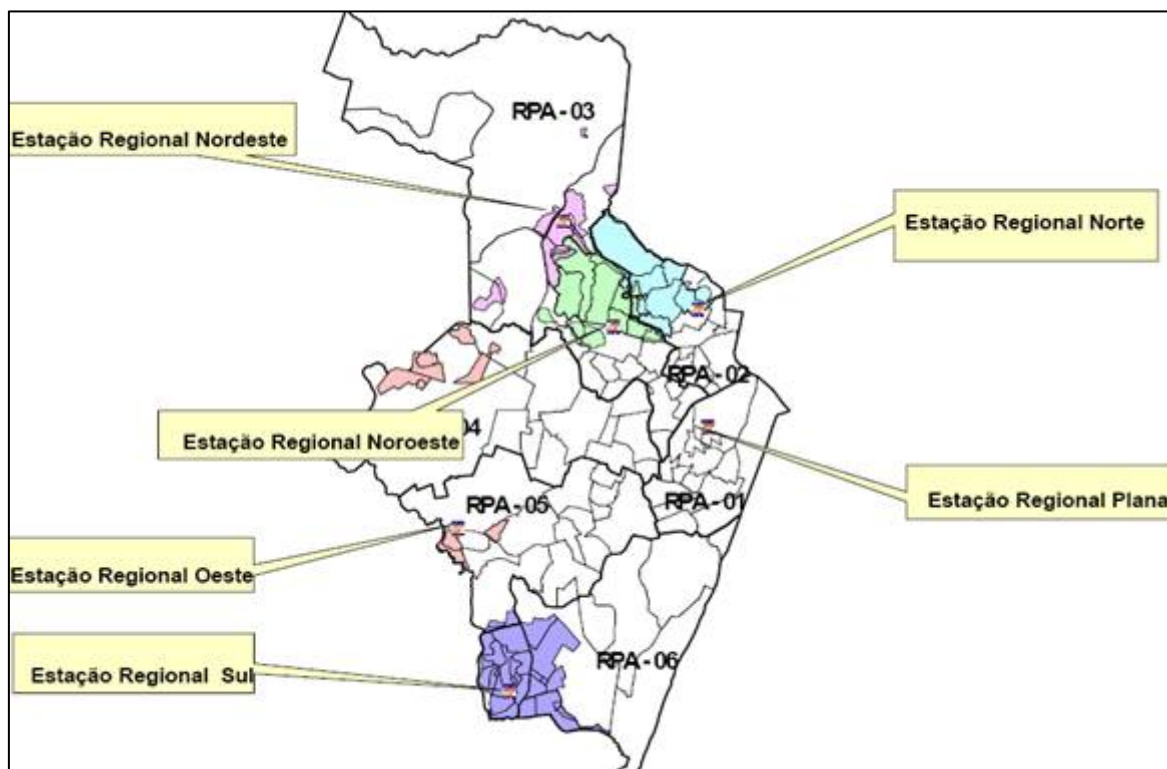


Figura III.16: Localização das Regionais na Cidade do Recife
(Fonte: CODECIR, 2006, a partir de <http://www.cidades.gov.br>)

No princípio norteador da integração dos órgãos, a Defesa Civil trabalha em parceria, através de realizações de ações integradas entre os diversos setores da Administração Pública, destacando-se a atuação dos seguintes parceiros: Coordenadoria de Defesa Civil do Recife (CODECIR), Orçamento Participativo, URB (execução de intervenções estruturadoras); Secretaria de Saúde; Secretaria da Educação; e Secretaria de Assistência Social. A CODECIR realiza medidas de Prevenção e Preparação e seus parceiros medidas de Resposta e Recuperação. O Programa Guarda-Chuva também conta com a utilização da Geotecnologia, através de Banco de Dados e de Sistemas de Informação Geográfica.

Na intervenção continuada de pequeno porte, a defesa civil conta com o apoio da Empresa de Urbanização do Recife-URB, realizando obras em parceria com a comunidade. A URB executa programa de prevenção em áreas de risco denominado

Programa Parceria nos Morros, com a Secretaria de Habitação, Serviços Públicos, Saúde, Educação, além de diversos outros órgãos.

A participação ativa da comunidade, nas ações de Defesa Civil no Recife, vem dando resultados satisfatórios. Durante a elaboração do PMRR, por exemplo, a comunidade participou em todas as etapas, inclusive nas vistorias de campo. Um recente reconhecimento desta atividade foi dado ao “Programa Guarda-Chuva”, através do prêmio da III Distinção OIDP “Boa Prática em Participação Cidadã”, em 2008, realizado pelo Observatório Internacional de Democracia Participativa. Outros exemplos de atividades implantadas para a participação da comunidade são: Projeto Altas Artes, com a humanização nas obras (Figura III.17); Capacitação para NUDEC Jovem em escolas do Recife; e Ações Educativas.

As atividades realizadas através do Programa “Guarda-Chuva” tem trazido resultados satisfatórios, como pode ser visto na Figura III.18, onde se percebe a redução do número de mortes após a implantação do Programa.

Uma das ações preventivas da defesa civil do Recife é a interdição das áreas de risco através da proibição do uso das áreas e colocação de placas indicativas (Figura III.19). A Lei Municipal 16.838/2003 obriga a colocação de placas indicativas de proibição do uso de áreas de risco em caráter temporário ou permanente, dependendo da avaliação da CODECIR. Os imóveis interditados serão liberados quando houver segurança no local. Quando ocorrer desapropriação, a família é incluída no Programa Auxílio Moradia, até ser beneficiada pelos projetos habitacionais.



Figura III.17: Humanização nas Obras (Projeto Altas Artes)

(Fonte: Eduardo Macedo, em 2008)

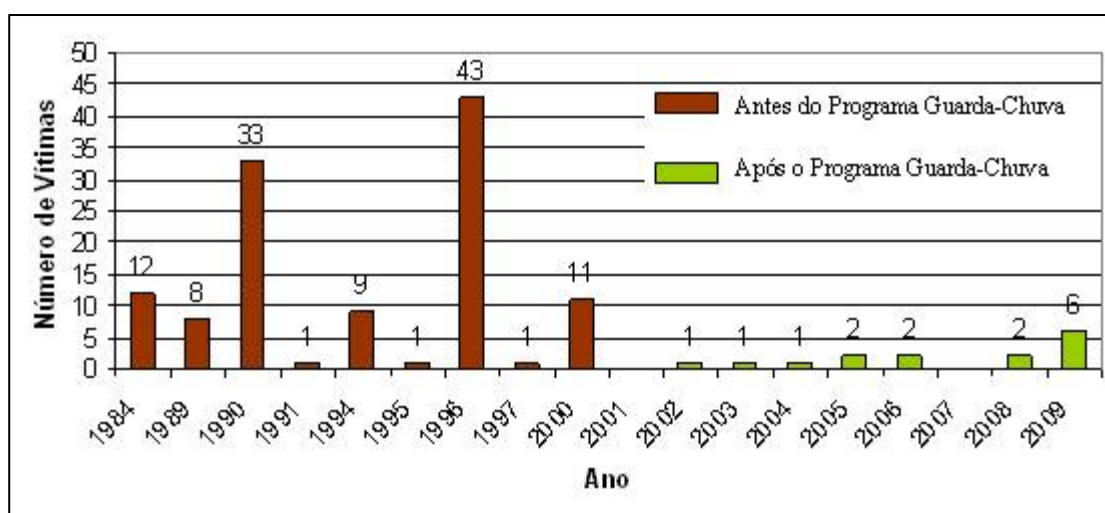


Figura III.18: Redução do Número de Mortes por Deslizamentos de Encostas na Cidade do Recife



Figura III.19: Placa Indicativa de Proibição do Uso de Áreas de Risco no Recife

3.4.3 A Experiência da Defesa Civil de Camaragibe

Outro exemplo satisfatório de atuação de Defesa Civil na Região Metropolitana do Recife é a COMDEC-Camaragibe. A Defesa Civil de Camaragibe, com mais de uma década de experiência (implantada em 1997), foi a primeira no espaço metropolitano. Sua equipe é composta por profissionais multidisciplinares: engenheiros, assistentes sociais, técnicos de nível médio.

A COMDEC-Camaragibe é vinculada diretamente ao gabinete do prefeito, com o apoio das secretarias de Governo, Planejamento, Obras, Desenvolvimento Social e Econômico, através da interface em ações de redução de risco, denominadas Secretarias co-gestoras. Realiza atividades de ações preventivas associando o monitoramento de moradias em risco, execução de pequenos serviços por equipes de apoio da própria prefeitura e execução de obras, com recursos do Orçamento Geral da União.

Para efeito operacional, o território municipal foi dividido em 04 Áreas de atuação da defesa civil (Área I, Área II, Área III e Área IV). Cada Área é monitorada por uma equipe técnica composta por: 01 engenheiro, 01 assistente social, 01 encarregado, 06 auxiliares, 01 pedreiro e voluntários da comunidade. Os "Voluntários da Defesa Civil" recebem cursos de capacitação para atuar e identificar situações de

riscos nas encostas. Também realizam visitas periódicas in loco, junto à equipe de defesa civil e auxiliam nas remoções das famílias quando necessárias.

Assim como a Defesa Civil do Recife, a COMDEC-Camaragibe também atua em Ação Permanente, durante todo o período do ano, na estação seca e chuvosa. A Tabela III.13 apresentam as ações da Operação Inverno e Operação Verão. As ações da COMDEC-Camaragibe também têm gerado bons resultados. Antes do gerenciamento há um histórico de 14 mortes por deslizamentos de encostas. Após a implantação da Defesa civil, em 1997, o número de mortes registrado é mínimo (03 mortes no período de 1997 a 2009).

A experiência no âmbito nacional tem mostrado resultados importantes com a criação e consolidação dos Núcleos Comunitários de Defesa Civil - NUDECs. Em Camaragibe existem dois níveis de NUDEC: o NUDEC-Obras, localizado no bairro de Tabatinga e o NUDEC-Jovem, localizado no Bairro dos Estados. O NUDEC-Obras visa acompanhar as obras realizadas com recursos do OGU (Orçamento Geral da União), fiscalizar e informar os problemas de funcionamento detectados nas mesmas. O NUDEC-Jovem é o Núcleo composto por jovens entre 14 a 20 anos, os quais trabalham voluntariamente junto a Defesa Civil no Município, colaborando na identificação dos riscos e realizando artes cênicas através de peças teatrais (Figura III.20) no tema de meio ambiente, para sensibilização dos moradores das áreas de riscos (texto extraído de <http://www.cidades.gov.br>).

Durante o período de Alerta, a equipe operacional de Defesa Civil de Camaragibe funciona com plantões diurnos e noturnos, que em casos de acidentes acionarão as equipes técnicas de engenharia e sociais. O estado de Alerta é ativado quando se tem um volume acumulado de chuva de 600 mm, contados durante período de chuvas contínuas.

Tabela III.13: Principais Atividades da Defesa Civil de Camaragibe.
(Fonte: COMDEC-Camaragibe)

Operação Verão (Setembro a Fevereiro)	Operação Inverno (Março a Agosto)
<ul style="list-style-type: none"> - Monitorar a precipitação pluviométrica; - Vistoriar as áreas de riscos; - Monitorar os pequenos serviços executados pelas equipes de operação; - Executar drenagens superficiais; - Executar a manutenção das obras; - Erradicar/podar árvores em risco de tombamento e que comprometem a estabilidade da encosta; - Relocar fossas que comprometem a estabilidade da encosta; - Instalar calhas em telhados das residências; - Executar retaludamento com plantio de gramíneas; - Demolir moradias em risco; - Realizar trabalhos sistemáticos e reuniões prévias com a comunidade; - Realizar capacitação/reciclagem das equipes; - Recuperar casas para condições de habitação; - Coletar lixo em locais de difícil acesso (Figura III.21); - Limpar vias de drenagem: galerias, caixas coletoras, canais e rios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorar a precipitação pluviométrica; - Intensificar o monitoramento das áreas de risco alto e muito alto; - Executar a colocação de lonas plásticas; - Realizar remoção das famílias em situações mais críticas de risco.



Figura III.20: Peça Teatral do Grupo do NUDEC-Jovem

(Foto: COMDEC-Camaragibe)



Figura III.21: Coleta de Lixo em Locais de Dificil Acesso / Camaragibe
(Foto: COMDEC-Camaragibe)

No período de Alerta Máximo a equipe de Defesa Civil conta com as seguintes ações (texto extraído de <http://www.cidades.gov.br>):

- Reforço da equipe Centro Médico de Camaragibe (CEMEC);
- Disponibilidade de Ambulância para o pronto atendimento;
- Articulação dos Pontos de Alojamentos para o pronto atendimento;
- Relocação das famílias em situação crítica de risco, identificada no PMRR;
- Monitoramento das moradias ameaçadas identificadas no PMRR;
- Articulação com a Cruzada de Ação Comunitária para assistência quanto aos donativos e alimentação para os desabrigados;
- Articulação com a SESAU quanto à assistência médica aos desabrigados ou atingidos em ocorrências;
- Reforço nas equipes para atendimentos, através da integração das Secretarias;
- Articulações para possibilitar acesso aos serviços públicos;
- Divulgação de orientações quanto às medidas preventivas e emergenciais pela imprensa local;
- Divulgação e socialização das informações para a Secretaria de Comunicação, de acordo com os subsídios fornecidos pela COMDEC.

3.4.4 A Experiência da Defesa Civil de Jaboatão dos Guararapes

O município de Jaboatão dos Guararapes tem apresentado grande número de acidentes de deslizamentos de encostas, desabamentos de prédios e inundações, os quais apontam para uma necessidade de investimentos em obras estruturais e em ações não estruturais de Defesa Civil, visando à reversão do quadro que se apresenta.

Percebendo a importância reverter esse quadro, a Secretaria Municipal de Infra-estrutura, Habitação e Defesa Civil, por meio da COMDEC, vem desenvolvendo um trabalho de gestão de riscos de deslizamentos de encostas, alagamentos e inundações, visando a redução dos desastres e a minimização dos danos dos acidentes (texto extraído de <http://www.cidades.gov.br>).

Recentemente a COMDEC-Jaboatão tem passado por um processo de reestruturação, tanto em relação à estrutura e logística, quanto em relação ao quadro técnico, ampliando e investindo e na capacitação e orientação dos profissionais para o desenvolvimento institucional. Dessa forma, as diretrizes políticas traçadas no início do ano de 2005, pela Secretaria Municipal de Infra-estrutura, Habitação e Defesa Civil, estabelecem novas formas de ações permanentes visando um melhor atendimento à população.

Para ações das equipes técnicas, ampliadas recentemente, em 2009, o município foi dividido em 06 Regionais: Regional 1 (Jaboatão Centro), Regional 2 (Cavaleiro), Regional 3 (Curado), Regional 4 (Muribeca), Regional 5 (Prazeres) e Regional 6 (Praias). A Figura III.22 apresenta a distribuição espacial das Regionais.

A Defesa Civil do município de Jaboatão dos Guararapes conta com um sistema de Geoinformação, que compreende o cadastramento de risco (cadastro de moradias, cadastro de obras, intervenções por setor de risco e custo de cada intervenção) desenvolvido em Visual Basic com informações geo-referenciadas.

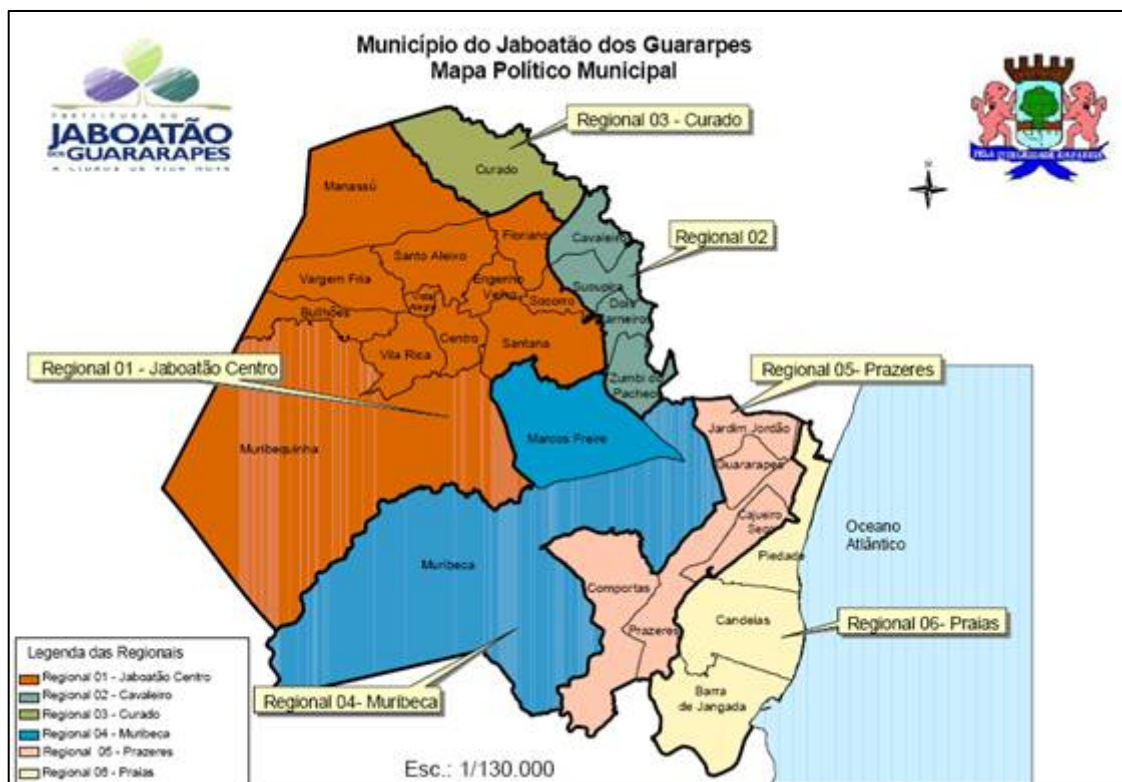


Figura III.22: Distribuição Espacial das Regionais de Jaboatão dos Guararapes
(Fonte: COMDEC- Jaboatão dos Guararapes)

O Decreto Federal Nº 5.376 de 17 de fevereiro de 2005 estabelece um novo modelo de gestão de defesa civil para o município, dando importância à estruturação das COMDEC's para uma ação mais efetiva em relação aos riscos e vulnerabilidades encontradas no âmbito local.

Visando a participação da comunidade no processo, estar sendo estimulada a formação de NUDECs nas áreas suscetíveis a deslizamentos, para criar condições de minimização dos riscos diagnosticados no Plano Municipal de Redução de Risco-PMRR. A formação dos NUDECs conta então com a realização de alguns Projetos (texto extraído de <http://www.cidades.gov.br>):

- **Projeto Conviver** (Formação de NUDECs e Participação Social): Tem como objetivos, a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a preservação do meio ambiente local e global e a prevenção dos riscos gerados por desastres nas áreas de morros, provocando a mudança de hábitos e comportamentos no que concerne à forma de habitar o morro;

- **Projeto NUDEC Jovem:** Expandindo a partir da experiência piloto da Agência Estadual CONDEPE/FIDEM, vem capacitando jovens voluntários para formação do Núcleo Comunitário de Defesa Civil, dando-lhes condições de atuar conjuntamente com a COMDEC do município na redução dos riscos sócio-ambientais que afeta a comunidade em que estão inseridos;
- **Projeto Defesa Civil na Escola:** É um projeto desenvolvido por meio da Secretaria Municipal de Infra-estrutura, Habitação em parceria com a Secretaria Municipal de Educação e Secretaria de Saneamento e Meio Ambiente. Este Projeto está sendo desenvolvido em cinco escolas municipais, nas Regionais situadas em áreas de risco ambiental, em destaque, nos assentamentos suscetíveis a deslizamentos. Tem como foco, contextualizar os conteúdos relacionados à temática do risco ambiental a partir de uma proposta interdisciplinar, desenvolvendo uma compreensão mais concreta da representatividade do meio ambiente para a vida humana (Figura III.23).



Figura III.23: Projeto Nudec na Escola / Jaboatão dos Guararapes

(Fonte: COMDEC-Jaboatão dos Guararapes)

Apesar das experiências das várias cidades brasileiras, muitos municípios não têm a prática ou consciência a respeito da importância das políticas preventivas de gestão de risco. Para que as ações de Defesa Civil no município sejam eficazes, é preciso que o órgão municipal de Defesa Civil faça ações de prevenção, se mantenha em estado permanente de alerta e esteja devidamente preparado para fazer frente a situações emergenciais. Portanto o desafio é unir esforços de toda sociedade para apoiar os municípios que já desenvolvem políticas bem sucedidas e promover transferência de conhecimento para os municípios mais vulneráveis.

É importante salientar que as defesas civis devem considerar a bacia de drenagem como unidade de suas ações de prevenção. A encosta é um elemento integrado em um sistema divisor/talvegue, onde os materiais provenientes dos deslizamentos das encostas são transportados e depositados na planície, podendo provocar o assoreamento dos canais e por consequência as enchentes.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa compreende os municípios de Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes. Estes municípios estão localizados na porção oriental do Estado de Pernambuco, pertencentes à Região Metropolitana do Recife, e juntos estão compreendidos entre as projeções 265000 a 300000 Leste e 9085000 a 9125000 Norte, do sistema de coordenada geográfica WGS-1984 zona 25S, segundo a projeção Universal Transverse Mercator – UTM. Os três municípios juntos ocupam uma área de, aproximadamente, 530 Km² (Figura IV.1).

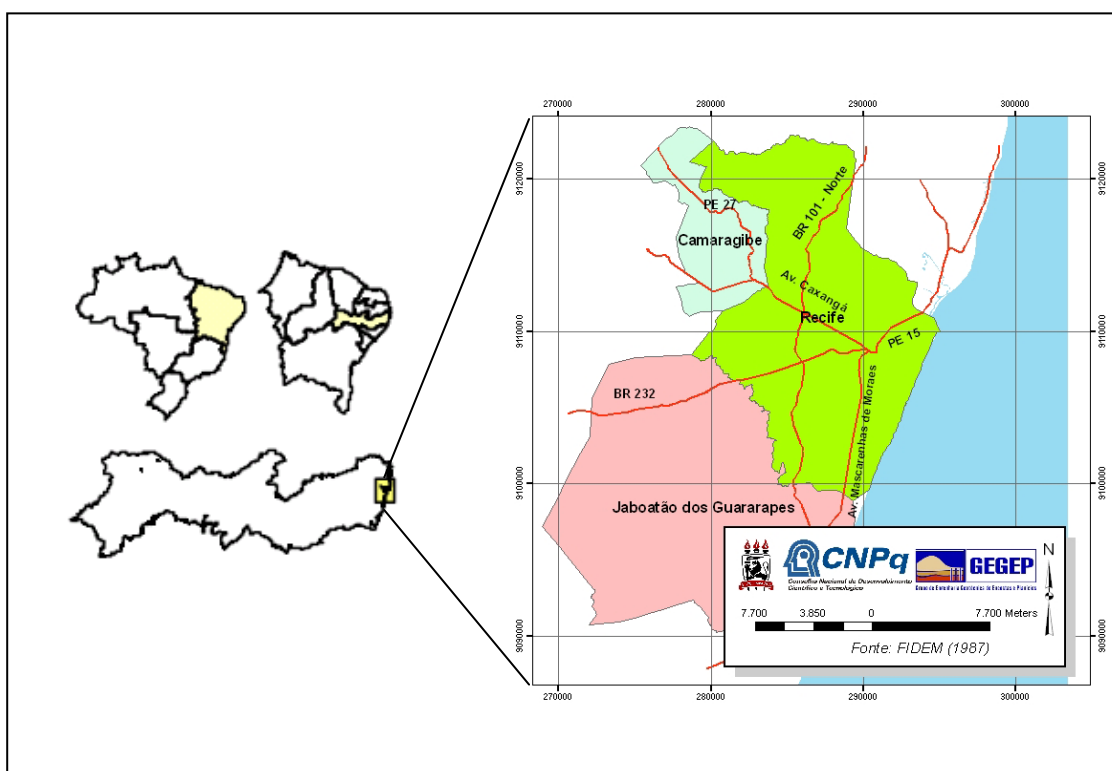


Figura IV.1: Localização da Área de Estudo: Municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

Os principais eixos viários que permitem a interligação entre estes municípios e os demais da Região Metropolitana do Recife são: a BR-101, com direção aproximada N-S; Avenida Abdias de Carvalho e BR-232, na direção ENE-WSW, além da PE-15 com direção aproximadamente NE e Av. Caxangá / PE-27, em direção NW.

4.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

4.2.1 CLIMA

A área de estudo encontra-se dentro da faixa de clima do tipo As', pela classificação de W. Köppen, caracterizado como clima tropical chuvoso, com verão seco e estação chuvosa, que se adianta para o outono, antes do inverno.

Segundo CORRÊA (2004), a localização latitudinal da Região Metropolitana do Recife, 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, ou seja, na 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, para o com menos horas de sol, no inverno.

A Figura IV.2 apresenta uma série histórica das precipitações médias registradas da Cidade do Recife, no período de 1910 à 1985, considerada como referência para toda a Região Metropolitana. Observa-se que entre os meses de março à agosto, há um período chuvoso concentrado, com médias mensais maiores que 150 mm. Este período é considerado de alerta para as defesas civis da Região Metropolitana do Recife. As precipitações máximas mensais são registradas nos meses de maio, junho e julho, com médias mensais maiores que 300 mm de chuva. O período que vai de setembro a fevereiro apresenta em média baixa precipitação pluviométrica mensal. Especificamente no município do Recife, o total médio anual de precipitação é de 2.243 mm (SUDENE, 1990, a partir de GIRÃO, 2007).

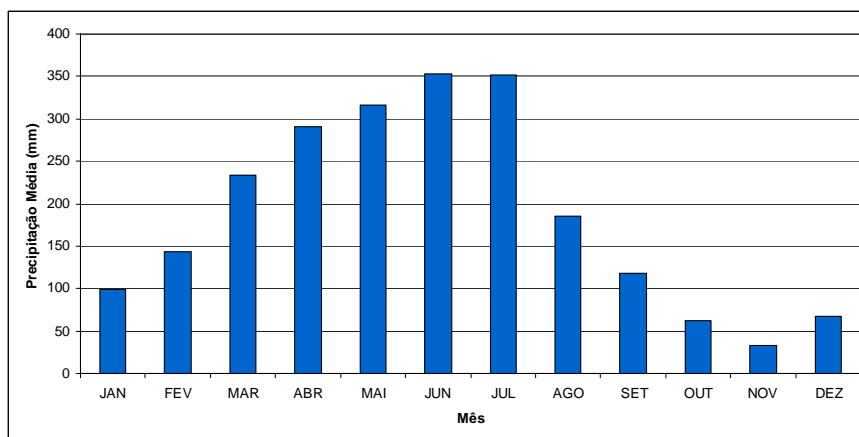


Figura IV.2: Pluviometrias Médias Mensais no Recife (1910-1985).

Fonte: SUDENE (1990), a partir de GIRÃO (2007)

Segundo JATOBÁ e APOLÔNIO, (1991), os meses de junho e julho constituem-se nos meses de maior precipitação na faixa oriental de Pernambuco, tendo como causas as eventuais invasões da FPA e, principalmente, instabilidades provocadas por cavados barométricos gerados sobre o Atlântico e avançam rumo a oeste, fenômeno conhecido como Sistemas Ondulatórios de Leste ou Ondas de Leste, que implica no desaparecimento da superfície de inversão térmica que separa a camada inferior, fresca e úmida, da camada superior, quente e seca, que forma a estrutura vertical dos ventos alísios austrais (a partir de GIRÃO, 2007).

Através desta pesquisa verificaram-se os dados históricos dos índices de chuva registrados nos pluviômetros próximos às áreas de risco de cada município envolvido na área de estudo. Para o município do Recife, apresentam-se os dados históricos registrados no Posto do Alto da Brasileira, Zona Norte do Recife, visto ser o pluviômetro mais próximo das áreas de risco alto e muito alto da cidade. Os dados registrados neste pluviômetro são desde 1997.

Considerando o histórico de índices de chuvas registrados no Alto da Brasileira (de 1998 a 2009, exceto o ano de 2000), observa-se que as precipitações médias e máximas mensais deste posto indicam um período chuvoso concentrado nos meses de março a agosto, com médias mensais maiores que 170 mm (Figura IV.3). O período que vai de setembro à fevereiro pode ser considerado de baixa precipitação pluviométrica. As máximas precipitações mensais registradas ocorreram nos meses de maio e junho/2005 (513,3 mm e 681,3 mm respectivamente) e julho/2004 (447,8 mm).

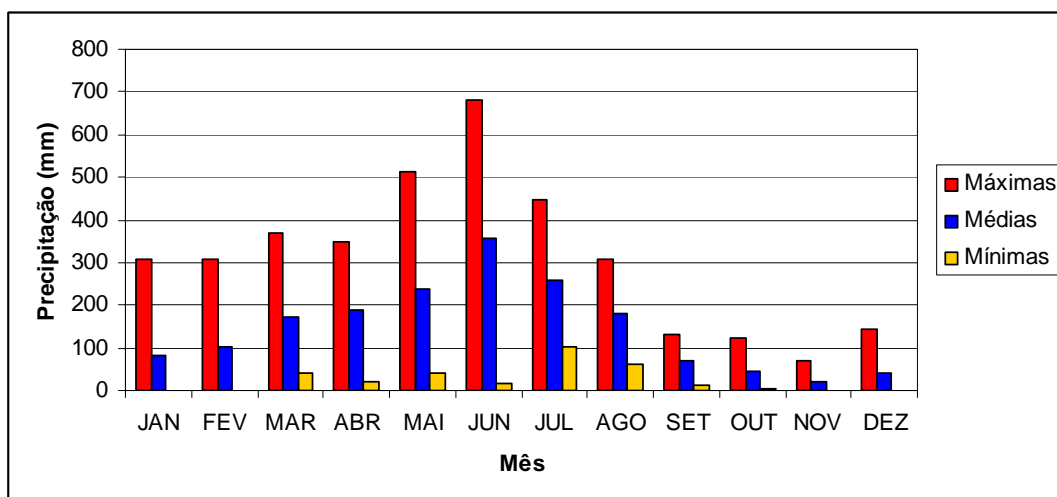


Figura IV.3: Máximas, Médias e Mínimas Mensais no Recife
(Posto do Alto da Brasileira - de 1998 a 2009, exceto o ano de 2000)

Em Camaragibe, os dados históricos de índices pluviométricos são registrados desde 1997, quando foi instalado o pluviômetro na Sede da Prefeitura; época em que também foi criada a COMDEC no município. As precipitações médias e máximas mensais no município indicam um período chuvoso concentrado nos meses de março a agosto, com médias mensais maiores que 180 mm (Figura IV.4). O período que vai de setembro a fevereiro pode ser considerado, em média, de baixa precipitação pluviométrica mensal (<110 mm). As precipitações máximas mensais registradas no município ocorreram nos meses de junho de 2005 (728,8 mm); julho de 2000 (487,0 mm) e agosto de 2000 (530,2 mm).

No município de Jaboatão dos Guararapes, os dados históricos de precipitação pluviométrica são desde 2001, quando foi implantada a sua COMDEC. As precipitações médias mensais no município indicam um período chuvoso concentrado nos meses de março à agosto, com médias mensais maiores que 150 mm (Figura IV.5). As máximas precipitações mensais registradas no município ocorreram nos meses de março de 2008 (445,8mm); maio de 2006 (430,6 mm) e junho de 2005 (609,9 mm).

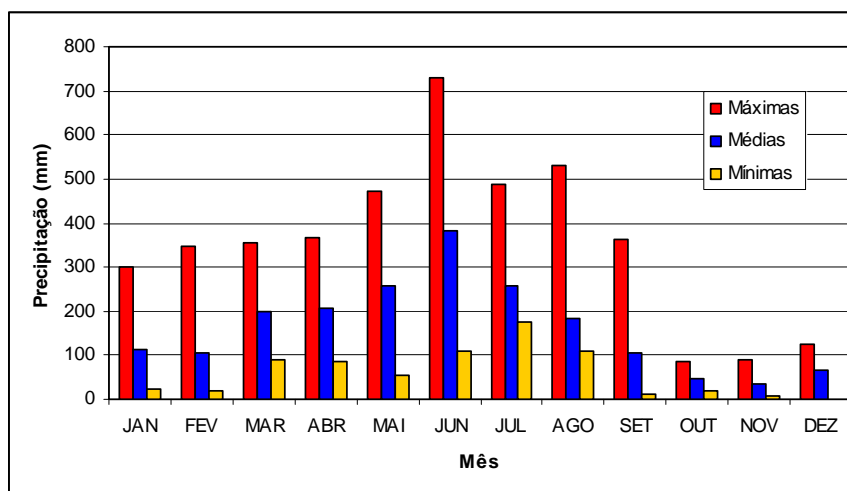


Figura IV.4: Máximas, Médias e Mínimas Mensais em Camaragibe (1997 a 2009)

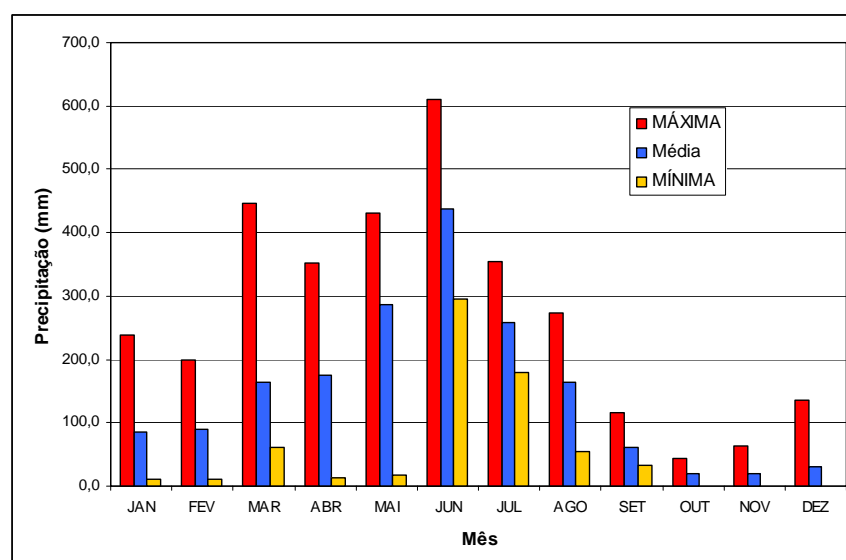


Figura IV.5: Máximas, Médias e Mínimas Mensais em Jaboatão (2001 a 2009)

Fazendo uma análise dos três municípios em conjunto observa-se que, em geral, as precipitações médias mensais indicam um período chuvoso concentrado nos meses de março à agosto, com médias mensais maiores que 150 mm, sendo o período considerado de alerta para as defesas civis da área de estudo. No mês de junho são registradas médias superiores a 350 mm. O período que vai de setembro a fevereiro pode ser considerado, em média, de baixa precipitação pluviométrica. As máximas precipitações mensais registradas nos municípios ocorreram no mês de junho de 2005 (681,3mm no Recife, 728,8 mm em Camaragibe e 609,9 mm em Jaboatão dos Guararapes).

O clima da região tem forte relação com a formação dos solos. As altas taxas de umidade e a elevada temperatura da RM-Recife favorecem os processos de intemperismo químico nos solos, decompondo os minerais mais frágeis, como os feldspatos e as micas, que são bastante comuns nas rochas graníticas do embasamento cristalino e nas coberturas de solos sedimentares (ALHEIROS et al., 2003). A ação do intemperismo, por sua vez, tem forte implicação nos processos dos movimentos de massa, visto que os grãos de feldspatos, no tamanho areia, dos sedimentos da Formação Barreiras (principal material presentes nas áreas de morros da RM-Recife) contribuem para o aumento do conteúdo de argila, favorecendo a ocorrência dos movimentos de massa (a partir de BANDEIRA, 2003).

4.2.2 VEGETAÇÃO

A vegetação dominante da área de estudo é formada por Mata Atlântica, ocorrendo na área de estudo em pequenos perímetros isolados estando circundadas por edificações urbanas e protegida por leis de preservação ambiental. Dentre estas, destacam-se: a Mata de Dois Irmãos, com 389 ha em Recife, a Mata Privê Vermont, com 170 ha em Camaragibe, a Mata do Gurjaú e outras (Mata do Engenho Salgadinho, Manassu, Mussaíba, etc), com uma total superior a 1.000 ha em Jaboatão dos Guararapes. Nos tabuleiros localizados a oeste podem ser observadas vegetações semelhantes à de Cerrado, como gramíneas e arbustos, e algumas culturas de subsistência. A Figura IV.6 apresenta a área de estudo com sua mancha urbana e as principais unidades vegetais.

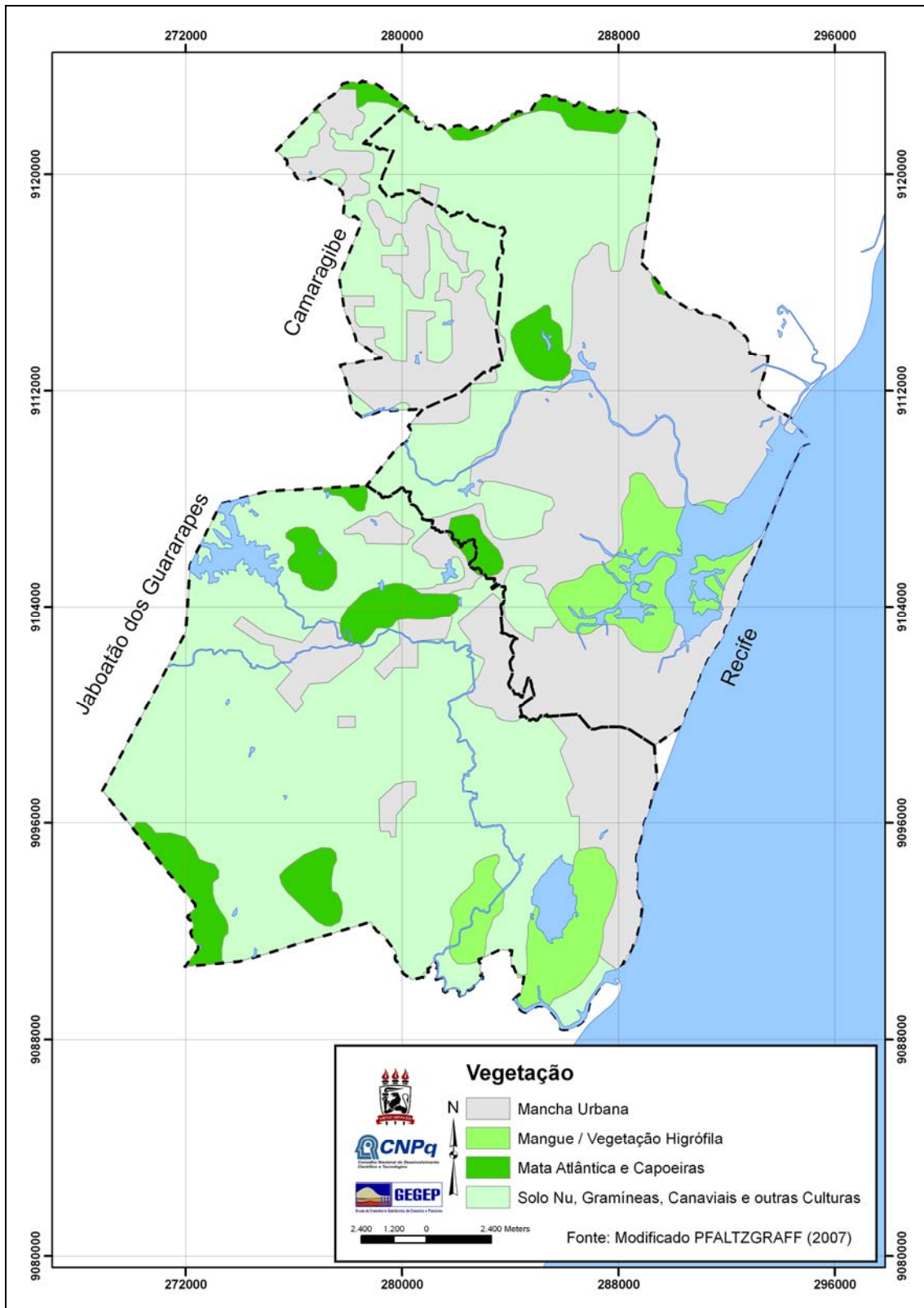


Figura IV.6: Mapa de Mancha Urbana e Principais Unidades Vegetais da Área de Estudo

4.2.3) RELEVO

O relevo da área de estudo é caracterizado por uma quebra pronunciada entre a planície e os morros. Nas áreas de morros é possível encontrar altitudes de até: 100 metros para Recife; 150 metros para Camaragibe; e 200 metros para Jaboatão dos Guararapes, todas em relação ao nível do mar (Figura IV.7). Na planície não são raras as regiões em que os terrenos estão cotados abaixo do nível do mar. Geomorfologicamente, a área está representada por pelo menos três componentes bem definidos: Planície, Tabuleiros, e Morros, que mostram uma planície flúvio-marinha circundada por morros cristalinos e tabuleiros de rocha sedimentares (Figura IV.8).

No Recife, as áreas de tabuleiros estão presentes na porção noroeste e sudoeste da cidade, apresentando freqüentemente superfícies relativamente planas no topo, enquanto “seus rebordos apresentam-se dissecados por uma importante rede de ravinas e por pequenos vales muito encaixados, o que lhes dá um aspecto festonado” (MELO, 1990, a partir de GIRÃO, 2007).

4.2.4 SOLO

Através do Mapa de Solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da área de estudo, verifica-se que há uma predominância de Argissolos e Latossolos. Também se encontram, em menor proporção, os Espodossolos e os Gleissolos Háplicos (Figura IV.9).

Os Argissolos são compostos por solos minerais não hidromórficos e constituídos por argilas de baixa atividade. Em geral são profundos, bem drenados e com seqüência de horizontes A, Bt, C ou, A, E, Bt e C. Na área de estudo os Argissolos abrangem principalmente as áreas mais elevadas a norte e a sudoeste, recobrando as unidades geológicas cristalinas; e o terço médio dos sedimentos da Formação Barreiras.

Os Latossolos compõem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico, em elevado estágio de intemperização. São bastante evoluídos e profundos, com espessura maior que 2,0 metros, com permeabilidade elevada, variando de bem a acentuadamente drenados. Possuem seqüência de horizontes do tipo A, Bw, C, distribuindo-se sobre as unidades cristalinas e sobre o topo dos tabuleiros da Formação Barreiras em áreas vizinhas aos Latossolos, no norte e sudoeste da área de estudo.

Os Espodossolos e os Gleissolos Háplicos estão localizados a oeste e sudoeste da área de estudo. São compostos por solos minerais, originado dos sedimentos arenosos, em geral são hidromórficos, comuns nas várzeas dos rios.

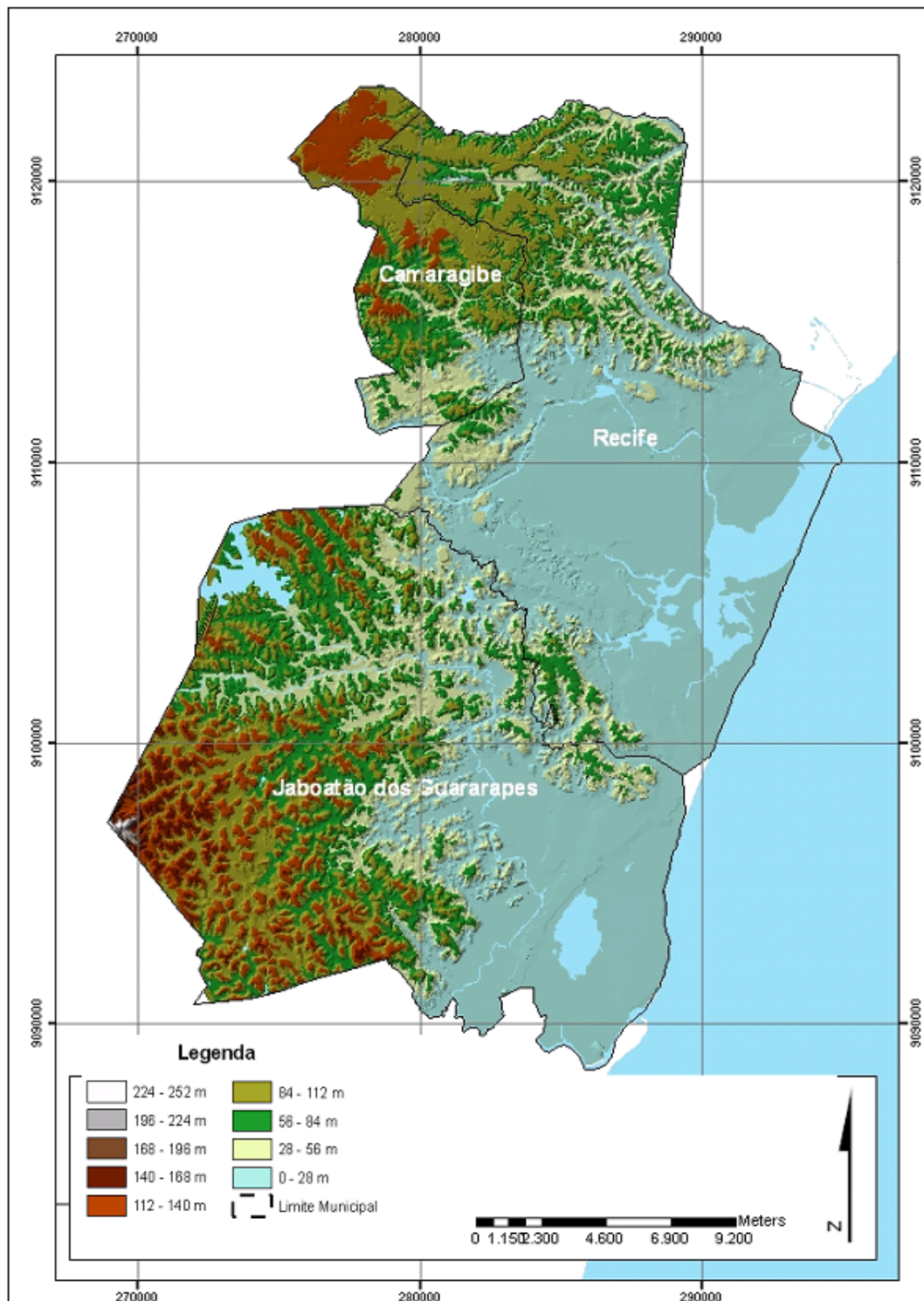


Figura IV.7: Mapa Hipsométrico da Área de Estudo.

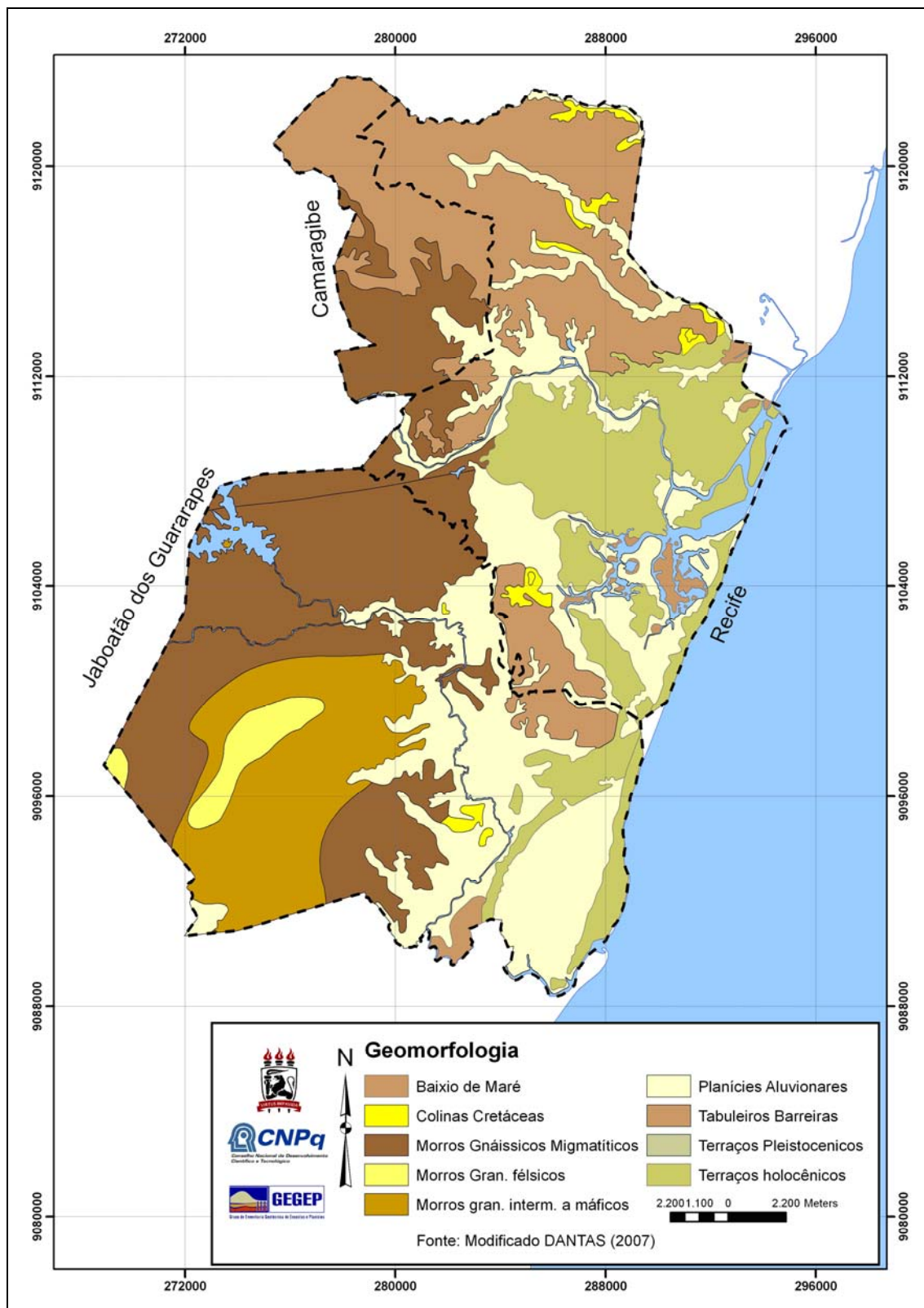


Figura IV.8: Mapa Morfoestrutural da Área de Estudo: Municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

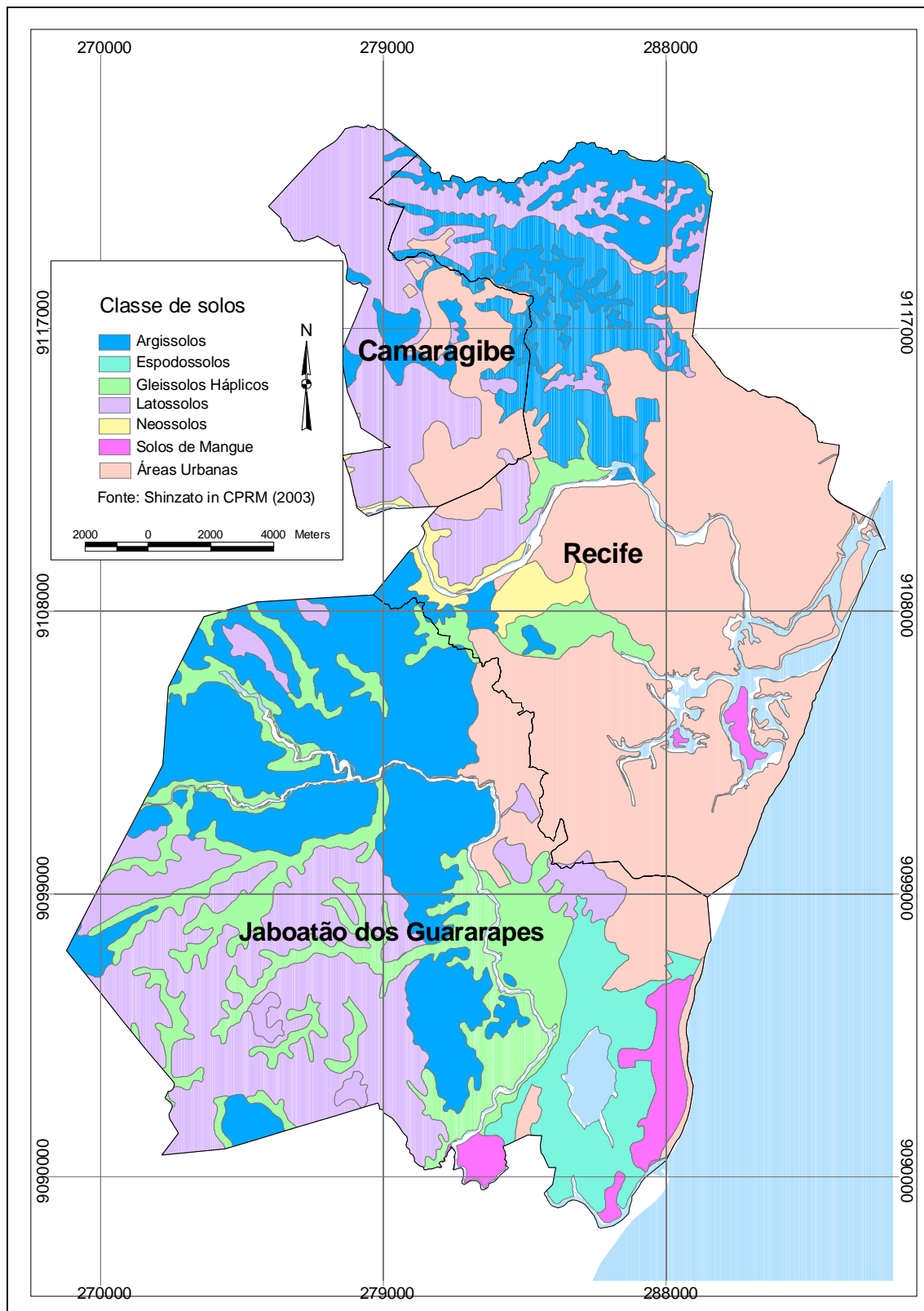


Figura IV.9: Mapa de Solos do SiBCS da Área de Estudo: Municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

4.2.5. HIDROGRAFIA

A hidrografia da área de estudo é caracterizada pelas Bacias Capibaribe, Beberibe, Tejipió e Jaboatão, constituindo os principais eixos de drenagem, além dos rios Jiquiá e Jordão, que formam um estuário comum e deságuam no Oceano Atlântico. Na área também há presença de lagos e lagoas, tais como a Lagoa do Araçá, no Recife e a Lagoa Olho D'Água, em Jaboatão dos Guararapes; e também alguns açudes, tais como: o da Prata, em Dois Irmãos, e o de Apipucos, ambos no Recife (Figura IV.10). Em Jaboatão dos Guararapes encontra-se a Barragem Duas Unas, localizada na região norte do município. O volume acumulado de água na barragem contribui para a elevação do lençol freático, o que pode colaborar com a ocorrência dos processos de instabilidade de encostas na sua área de influência. A urbanização das cidades, nas áreas das bacias hidrográficas causa uma redução na capacidade de infiltração do solo. A redução na capacidade de infiltração, por sua vez, somado ao assoreamento dos canais e córregos, que muitas vezes é causado pelo material oriundo das erosões das encostas, contribui com o aumento das enchentes e inundações nas áreas de planície. Este fato é comum na área de estudo desta pesquisa.

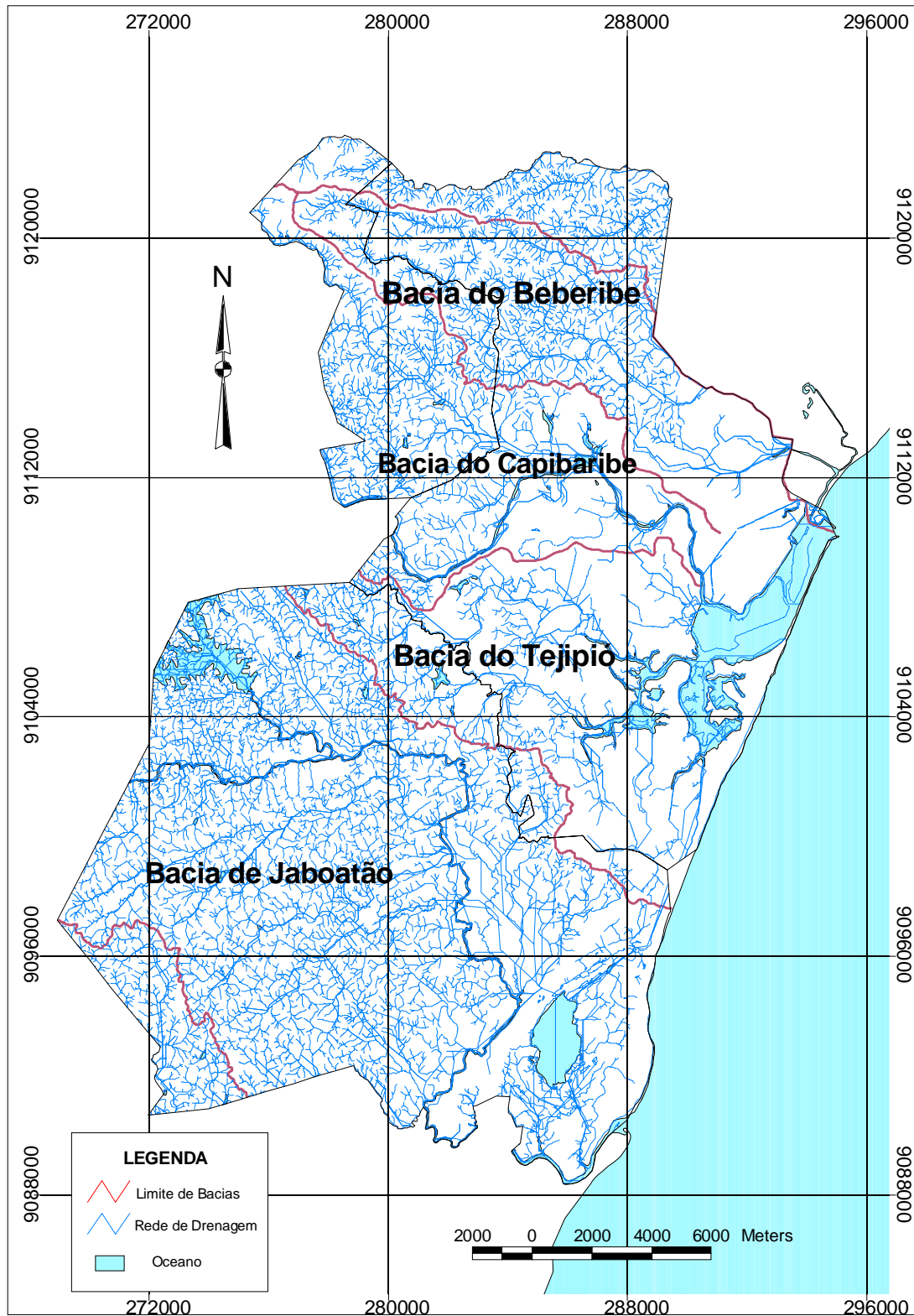


Figura IV.10: Mapa de Drenagens da Área de Estudo: Municípios de Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.

4.3 OCUPAÇÃO DAS ENCOSTAS URBANAS

A ocupação da Região Metropolitana do Recife tem sua origem na própria história da construção da cidade. Desde o período colonial, os segmentos pobres da população constroem em terrenos pouco propícios às edificações, cuja ocupação exige conhecimento especializado e elevados investimentos.

A necessidade por moradia levou a população pobre a criar o lugar através de uma ocupação espontânea, resultado da busca individual ou coletiva pela moradia. A decisão de onde e como morar foi estabelecida a partir da disponibilidade das terras, quase sempre encontrada em áreas de baixo valor imobiliário. As margens de rios, córregos e as encostas desocupadas tornaram-se susceptíveis a invasões por parte das camadas pobres da população, que passaram a ocupar essas áreas, criando chão sobre palafitas, aterros de áreas alagáveis e corte de barreiras, sem maiores preocupações com as características físico-naturais (FIDEM, 2006, a partir de <http://www.cidades.gov.br>)

Com a ocorrência das grandes enchentes que afetaram fortemente as planícies, por volta da década dos 1940, o Poder Público, através da Liga Social Contra os Mocambos, determinou a erradicação parcial dos mocambos das áreas centrais do Recife, deixando um déficit de quase cinco mil habitações. Iniciou-se então, a transferência não planejada dos moradores expropriados das suas habitações para os morros da zona norte do Recife (Casa Amarela, Beberibe e Água Fria), impulsionando a ocupação sistemática dos morros. Em 1964, com a criação do Banco Nacional de Habitação, a implantação das Vilas e Conjuntos Habitacionais da Companhia Estadual de Habitação Popular - COHAB inaugurou-se um ciclo de construção de habitações populares em conjuntos, que ocuparam os topos dos morros, deixando as encostas adjacentes, serem invadidas pela população carente.

As 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, desmatamentos, 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 (BANDEIRA, 2003).

Segundo ALHEIROS (1998), em decorrência do padrão de adensamento populacional, se deu a concentração dos problemas ambientais, associados aos riscos geológicos espacialmente distribuídos em função dos contextos ambientais que os favorecem. O êxodo rural referente às décadas de 40 e 70 associados à falta de planejamento urbano, bem como à diferença entre as classes sociais favoreceu a ocupação das encostas pela população de baixo poder aquisitivo, existindo um progressivo crescimento de ocupação desordenada, aumentando a densidade populacional nessas áreas. A forma desordenada de ocupação tem contribuído aos vários tipos de acidentes, desde erosões a escorregamentos dos terrenos com a destruição moradias e da infra-estrutura urbana, até perdas de vidas humanas e prejuízos materiais (a partir de MEIRA, 2008).

Para o assentamento das moradias, parte do morro é cortado, gerando necessariamente uma superfície verticalizada anexa ao terreno, ou seja, um talude de corte que passa a ameaçar a moradia ali construída. O talude de corte rompe o equilíbrio natural da encosta e deixa o terreno desprovido de cobertura vegetal. As águas superficiais, provenientes das chuvas, que antes escoavam suavemente sobre a encosta original, agora passa a agredir o patamar criado, devido à brusca energia cinética gerada pelo fluxo. Essas águas ao se infiltrarem no solo reduzem a resistência do mesmo, facilitando a ocorrência dos processos erosivos e de movimentos de massa (MEIRA, 2008).

Do ponto de vista financeiro, grande parcela da população urbana que ocupa funções no mercado informal, e mesmo no formal, percebe insignificantes recursos financeiros que, na maioria dos casos, obriga a mesma a ocupar áreas periféricas, afastadas do centro comercial e financeiro da cidade. Áreas como várzeas de rios e encostas de morros na periferia de bairros distantes se constituem nos principais locus dessa população. É o que ocorre nos municípios da Região Metropolitana do Recife (GIRÃO & CORRÊA, 2004).

No período de 1996 a 2002, verificou-se um aumento de 251,6 mil pessoas morando em áreas de morros, o que provocou aumento da densidade e a expansão desse território. Uma pesquisa realizada pela Agência Condepe / Fidem, em 2004, constatou a existência de 711 assentamentos precários com 345.714 domicílios, o que representa

38% do total de domicílios existentes na RMR, em sua quase totalidade localizada em morros e em áreas sujeitas a alagamentos. A Cidade do Recife concentra 59% desses domicílios e, juntamente, com Olinda e Jaboatão chegam a 81% (FIDEM, 2006, a partir de <http://www.cidades.gov.br>).

4.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS GERAIS

Na Região Metropolitana do Recife, as áreas de morros são ocupadas precariamente. Nessas áreas, onde são freqüentes os acidentes por deslizamentos de encostas, há presença significativa dos sedimentos da Formação Barreiras e de solos residuais do embasamento cristalino.

A Figura IV.11 apresenta um mapa das principais unidades geológicas da área de estudo. Observando os três municípios envolvidos neste estudo (Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes), verifica-se que, embora predominem áreas do embasamento cristalino, a unidade mais abrangente nas áreas de morros ocupados é a Formação Barreiras. Os sedimentos da Formação Barreiras estão localizados basicamente em duas porções: a primeira é mais setentrional, abrangendo os tabuleiros do norte de Camaragibe e do Recife; e a segunda, mais meridional, compreende restos de tabuleiros e morros existentes entre os limites municipais norte de Jaboatão dos Guararapes e sul do Recife.

A Formação Barreiras teve sua deposição associada aos eventos cenozóicos de natureza climática e/ou tectônica, que permitiram durante o final do Terciário (Plioceno) há cerca de 2 milhões de anos, o extenso recobrimento das superfícies expostas do embasamento, colmatando um relevo bastante movimentado (ALHEIROS, 1998 e ALHEIROS et al. 1988). No geral, esta formação constitui-se de sedimentos areno-argiloso, de coloração creme a avermelhada, dependendo da intensidade da oxidação do ferro, e ocorre através de uma extensa cobertura sedimentar. Em Pernambuco, a Formação Barreiras está exposta em faixas descontínuas e sua extensão continental varia de 35 km ao longo da costa litorânea norte, até 10 km na costa sul. Na RMR sua extensão máxima chega a 20 km (GIRÃO, 2007). É dominada por processos fluviais, expressos por três principais sistemas deposicionais, denominado de fácies. São elas:

fácies de leque aluvial proximal; leque aluvial / planície aluvial; e fácies de canal fluvial entrelaçado (ALHEIROS et al., 1988; BANDEIRA et al., 2006 e DE PAULA, 2008). As fácies sedimentares da Formação Barreiras estão intimamente ligadas às variações de sistemas deposicionais continentais, geradas ao longo de sua extensão geográfica. São classificadas de acordo com as características específicas destes sedimentos para determinados tipos de ambiente e se referem estritamente a processos de transporte, deposição e/ou diagênese (ver ALHEIROS & FILHO, 1991). A Figura IV.12 apresenta pontos de afloramento das fácies da Formação Barreiras. No Capítulo V serão detalhadas as características dessas fácies.

Na área de estudo, as rochas do embasamento cristalino são de composição granítica (granitos, migmatitos, gnaisses e micaxistos) pertencentes principalmente ao Complexo Granítico-Gnáissico e ao Complexo Gnáissico-Migmatítico e ocorrem extensivamente em toda faixa oeste da Região Metropolitana do Recife. Os maciços cristalinos estão em sua maior parte capeados pelo seu solo residual, sendo comum a presença de matacões sobre o terreno.

Essas rochas são intrusivas de idade arqueana (2,1 a 1,5 bilhões de anos), pertencentes ao Maciço Pernambuco-Alagoas (ALHEIROS, 1998). O embasamento cristalino apresenta pelo menos quatro fases de deformação, das quais a última, associada aos falhamentos sob regime cisalhante, resultou na formação do Lineamento Pernambuco. As rochas graníticas, quando sofrem ação do intemperismo químico altera os feldspatos para materiais argilosos, contribuindo para os deslizamentos ocorridos nos municípios da área de estudo.

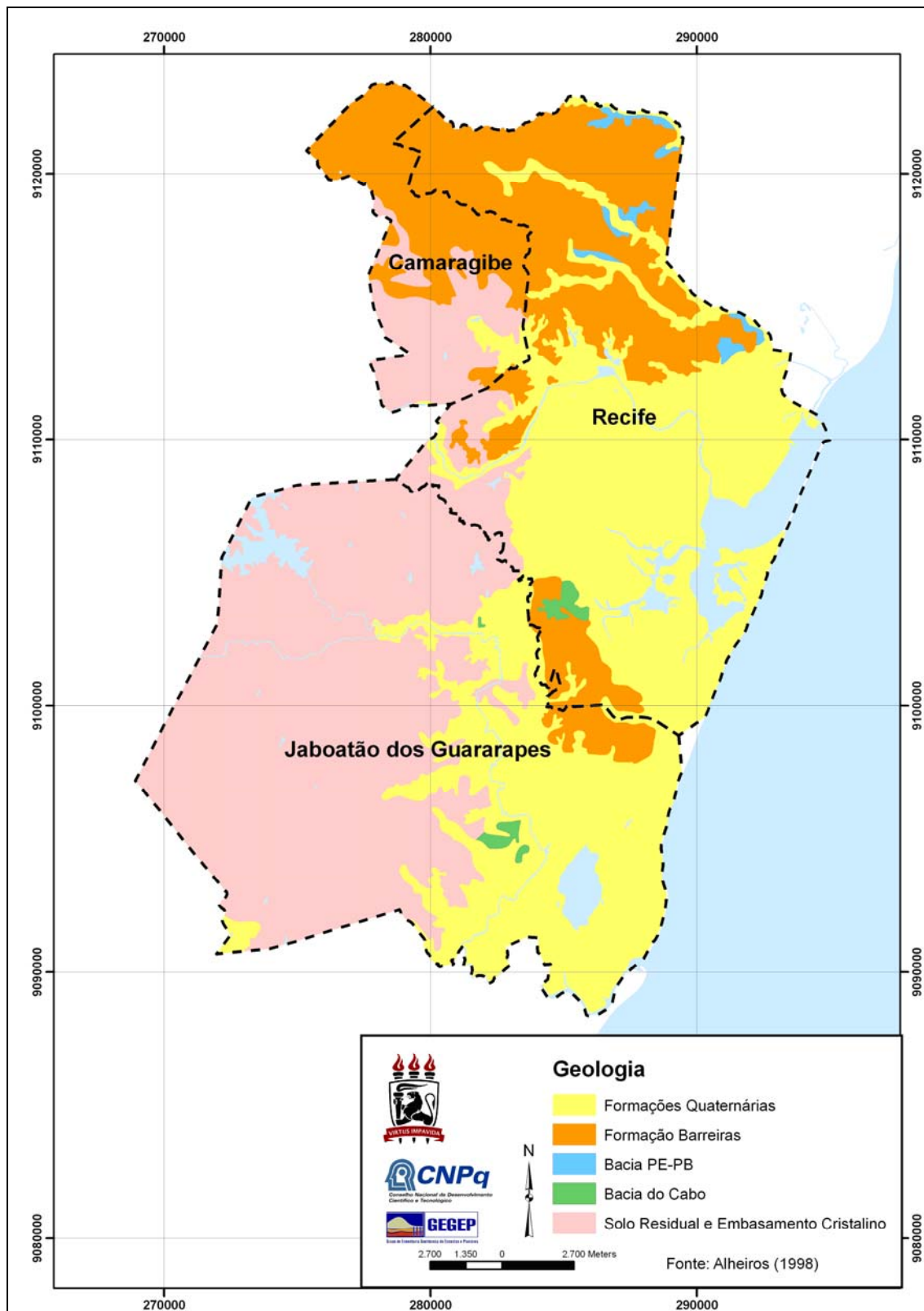


Figura IV.11: Mapa das Principais Unidades Geológicas da Área de Estudo.

(Fonte: BANDEIRA et al., 2009)

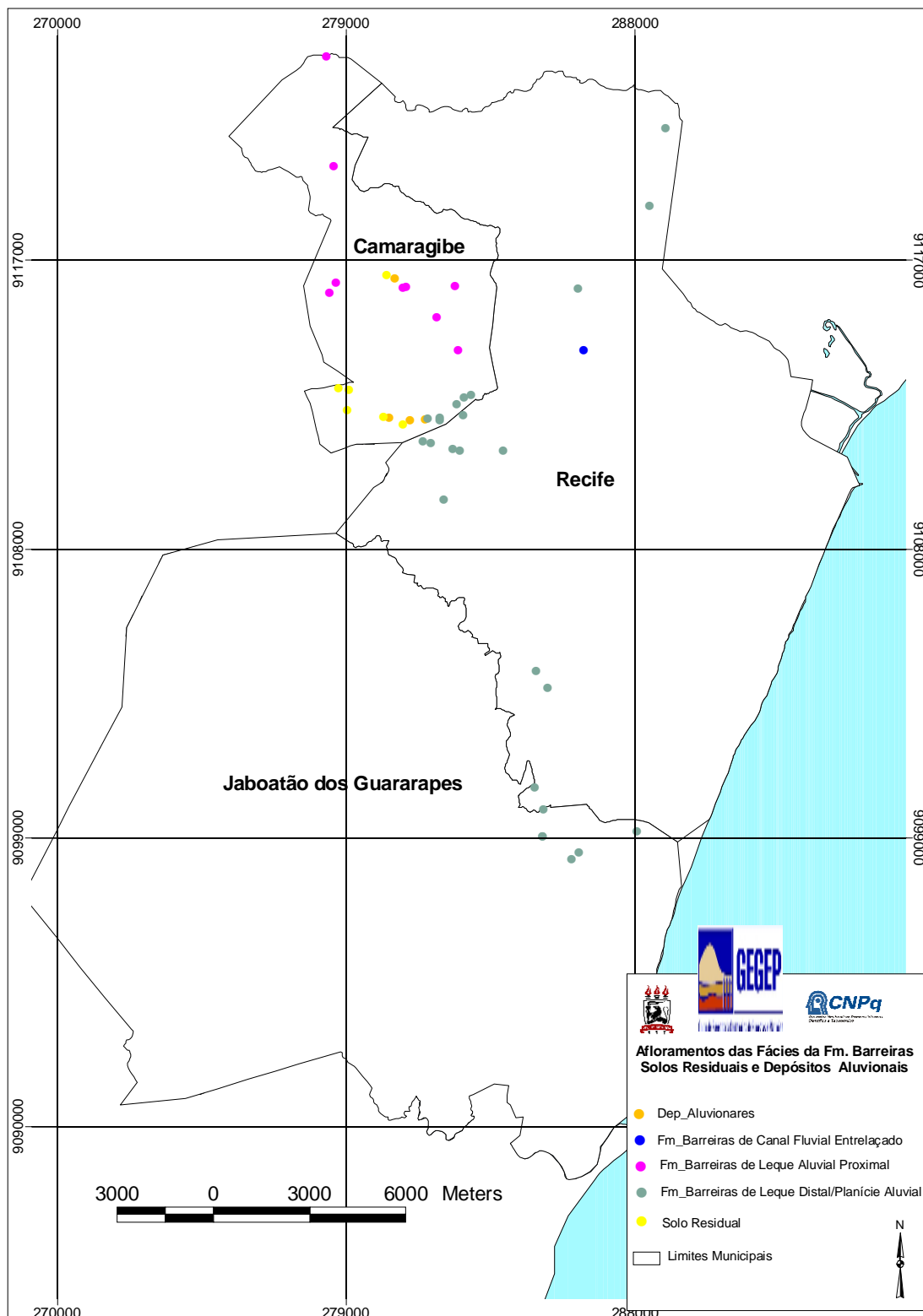


Figura IV.12: Mapa de Pontos de Afloramento das Fácies da Formação Barreiras.

(Fonte: Modificado de DE PAULA, 2008)

A espessura de um perfil de solo residual depende da intensidade dos processos associados ao intemperismo. Portanto, fatores relacionados ao clima, rocha matriz, topografia e tempo transcorrido são os principais responsáveis pelo desenvolvimento do perfil. Uma vez que o intemperismo procede a partir da superfície, sua intensidade é reduzida com o aumento da profundidade. É comum, num mesmo perfil de solo residual encontrar materiais completamente decompostos e relativamente homogêneos, como também blocos de rocha (matacões) alterada a sã, imersos em uma matriz de solo (SOUZA NETO, 2000). Vários autores apresentam sistemas de classificação do perfil de solo residual, dividindo-o em zonas de intemperismo. Dentre as classificações internacionais, a classificação apresentada por DEERE & PATTON (1971) é uma das mais aceitas. No Brasil vale destacar a proposta apresentada por VARGAS (1971). Nesta classificação o perfil (Figura IV.13) é dividido em cinco zonas de intemperismo:

- a) Zona 1: corresponde a camada superior. Em geral, constituída por solos argilosos, com coloração variando de vermelha, marrom a amarela e apresentando estrutura porosa. Esta zona pode ser um solo residual maduro ou coluvionar, muitas vezes difícil de distinguir-se. Esta zona pode estar ausente, especialmente no litoral.
- b) Zona II: zona intermediária. Geralmente constituída por uma argila vermelha, marrom ou amarela, com consistência variando de rija a dura; ou areia argilosa variando de média à compacta. Eventualmente com concreções de limonita ou camadas duras, sugerindo precipitação de material coloidal da camada superior.
- c) Zona III: zona de decomposição parcial de rocha, também conhecida como saprolito. Predominam solos argilosos ou arenosos com estrutura reliquiar da rocha matriz. Eventualmente com presença de matacões de rocha alterada.
- d) Zona IV: referida como zona de intemperismo fresco. É composta por blocos de rocha alterada ou camadas de rochas quase intactas interligadas com solos argilosos ou arenosos.
- e) Zona V: substrato de rocha sã, eventualmente fissurada até uma certa profundidade.

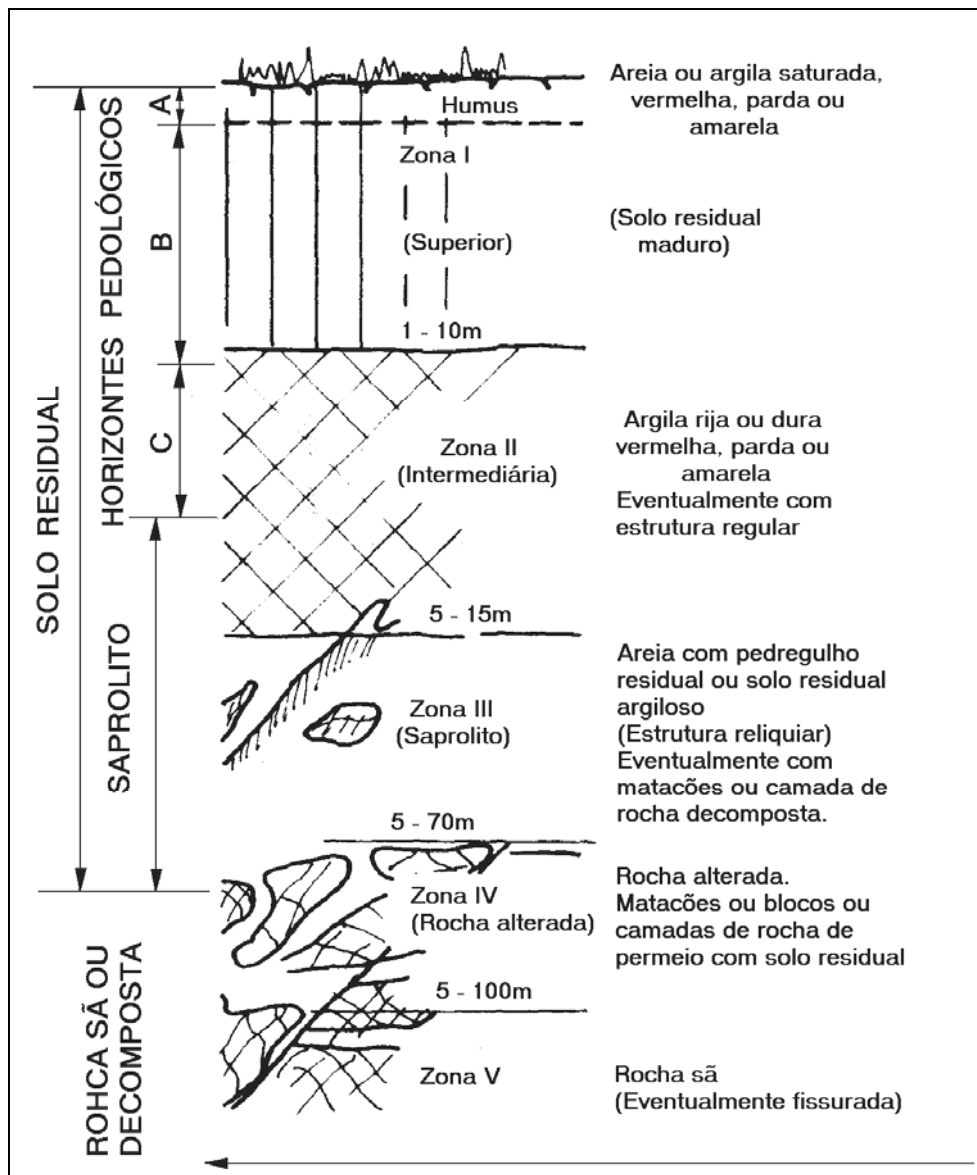


Figura IV.13: Perfil Típico de Solo Residual de Rocha Granítica (VARGAS, 1981)

A Figura IV.14 apresenta um perfil de sondagem em solo residual realizada no município de Camaragibe, como parte das atividades do convênio firmado entre a UFPE/FADE e a Prefeitura Municipal de Camaragibe para Elaboração de Projetos Básicos de Estabilização de Encostas, financiado pelo Ministério das Cidades.

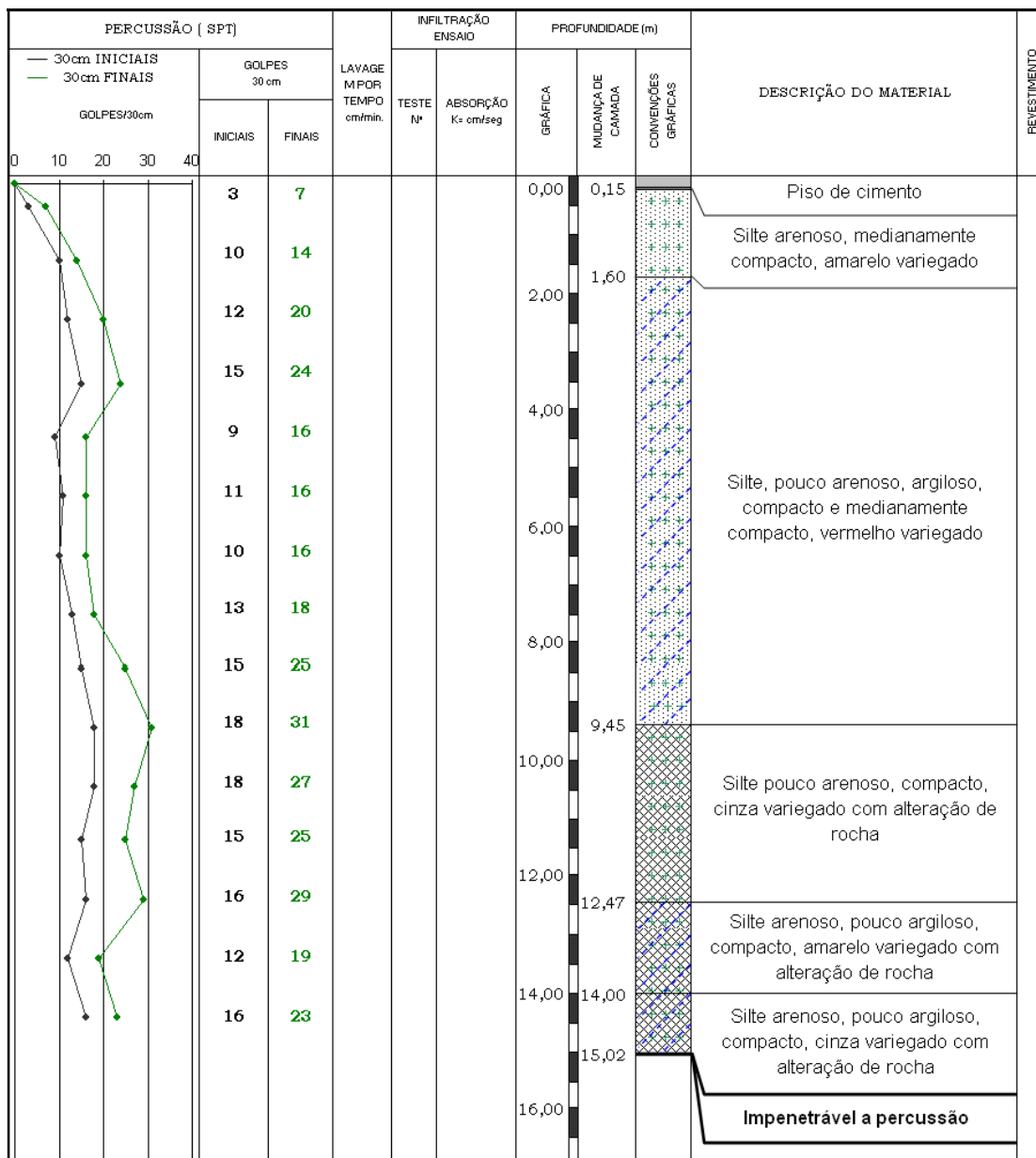


Figura IV.14: Perfil de Sondagem em Solo Residual de Granito na Localidade do Vale das Pedreiras no Município de Camaragibe (COUTINHO et al., 2009).

CAPÍTULO V

CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS E OS PROCESSOS ASSOCIADOS

5.1 A FORMAÇÃO BARREIRAS E SUAS FÁCIES

Os sedimentos da Formação Barreiras são encontrados em relevos de tabuleiros, com topos planos e bordas entrecortadas por vales estreitos e profundos, cujas vertentes apresentam elevadas declividades. A forma sub-horizontal do topo desses relevos tem favorecido a ocupação, seja através de culturas (ex: cana-de-açúcar), granjas e chácaras (lazer de segunda residência), como também por meio de núcleos urbanos, atestando desse modo, o seu potencial de uso (CPRM, 2003).

Devido à constituição argilo-arenosa dos depósitos da Formação Barreiras, os mesmos têm sido largamente explorados pela construção civil, motivando o desmonte de encostas de tabuleiros e taludes de rodovias, sobretudo quando localizados próximo de áreas de urbanização intensa (DE PAULA, 2008). No entanto, a ação antrópica sobre as encostas das bordas destes tabuleiros vem induzindo diferentes processos de instabilização, tais como erosões nas camadas mais arenosas e escorregamentos naquelas mais argilosas. É nos sedimentos da Formação Barreiras que se observa uma maior frequência no número de ocorrência de erosões e escorregamentos na RM-Recife, particularmente nos municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes, pelo fato dessas áreas terem sido altamente adensadas por ocupações espontâneas (ALHEIRO et al., 2003).

Na área de estudo os sedimentos da Formação Barreiras são dominados por processos fluviais, sendo expressos por três principais sistemas deposicionais: fácies de leque distal/planície aluvial; fácies de leque aluvial proximal; e fácies de canal fluvial entrelaçado (“braided”). O estudo das fácies sedimentar desta Formação tem grande importância para o entendimento dos processos atuantes. Sendo assim, os itens adiante apresentam as principais características das fácies e discute os principais processos atuantes de acordo com o tipo de solo e sua disposição na natureza da área de estudo.

5.1.1 Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial

O sistema deposicional de leque distal/planície aluvial corresponde aos depósitos formados em extensas áreas, que são recobertas ciclicamente por água nos períodos de cheia e transbordamento dos canais de sistemas fluviais. Apresenta camadas decantadas durante os períodos de menor energia do fluxo, nas partes mais baixas do relevo da época (BANDEIRA, 2003). Na área de estudo sua abrangência está restrita às porções à oeste, próximo ao limite municipal entre Camaragibe e Recife, e ao sul, próximo ao limite entre Jaboatão dos Guararapes e Recife. Este sistema deposicional mostra uma estratificação horizontal com intercalação de camadas arenosas e argilosas (Figura V.1).



Figura V.1: Sedimentos da Formação Barreiras - Fácies Leque Distal / Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe)

A alternância de argila e areia, na fácies de planície aluvial, cria situações peculiares quanto à estabilidade das encostas: se o talude cortado tiver como camada de topo um solo argiloso, então esta camada do relevo estará menos permeável, sustentará mais facilmente a cobertura vegetal e reduzirá a erosão da camada subjacente; porém, em casos de camadas arenosas desprovidas de cobertura superficial poderá haver erosão no pé do talude, e então a camada superior pode sofrer processos de queda e tombamentos (Figura V.2); quando a camada de topo é arenosa, a alta infiltração em superfície favorecerá a saturação desta camada podendo ocorrer processos erosivos na crista; a camada subjacente de solo argiloso funcionará como uma barreira impermeável, induzindo a um caminho preferencial de infiltração e conseqüentemente a possíveis escorregamentos.



Figura V.2. Erosão no Talude de Sedimentos da Formação Barreiras de Planície Aluvial
(Bairro dos Estados / Camaragibe)

De forma geral, os sedimentos mostram arenitos arcossianos à sub-arcossianos construídos sob fluxo detríticos, intercalados ciclicamente com níveis síltico-argilosos de fluxo de lama. A passagem dessas areias para o nível pelítico imediatamente acima, se dá gradualmente com a redução dos efeitos da tração que vão cedendo lugar à suspensão. Já a passagem dos finos para o próximo nível de areias se dá de modo brusco, caracterizando uma nova enxurrada (Figura V.3, a partir de DE PAULA, 2008).

As camadas produzidas por fluxo de lama se distribuem verticalmente, intercaladas com níveis mais finos de fluxo de detritos, sempre em ciclos de afogamento de areias por uma planície alagada, e mostram algumas variedades texturais e composicionais (DE PAULA, 2008).

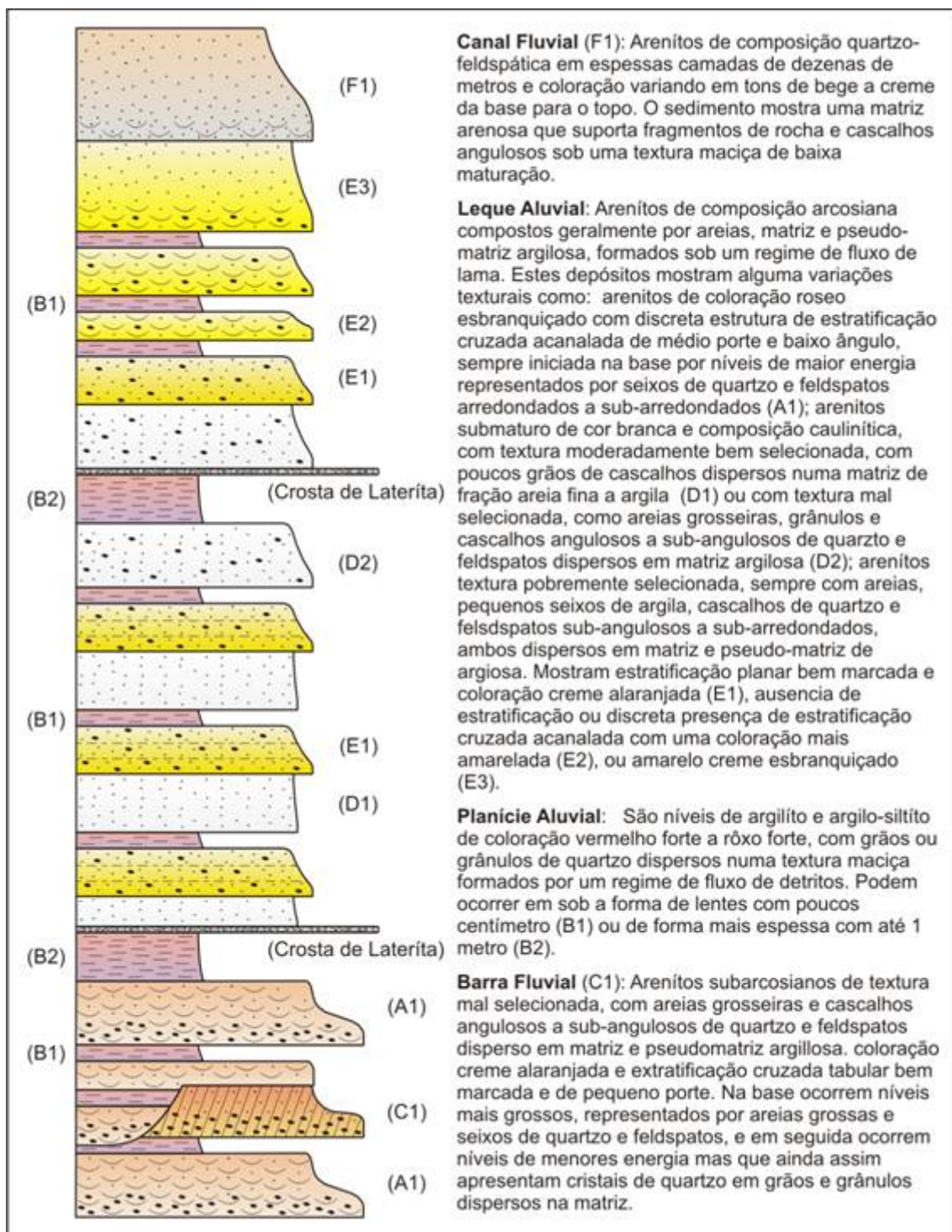


Figura V.3: Seção Colunar Esquemática da Fácies Leque Aluvial / Planície Aluvial (DE PAULA, 2008)

A primeira variedade textural e composicional (A1) está localizada mais na base dos depósitos e mostra arenitos arcossianos, com espessuras de algumas unidades de metros e de baixa maturidade textural, com cascalhos angulosos a sub-angulosos e matriz e pseudo-matriz argilosa. Sua coloração é róseo esbranquiçado, conforme os níveis de exposição à oxidação. Apresenta discreta estrutura de estratificação cruzada acanalada de médio porte e baixo ângulo, e sempre é iniciada na base por níveis de maior energia representados por seixos de quartzo e feldspatos arredondados a sub-arredondados.

Na segunda variedade textural as camadas mostram arenitos submaturos, de composição caulínica e textura moderadamente bem selecionada, com poucos grãos de cascalhos dispersos numa matriz de fração areia fina a argila (D1). No entanto as camadas mais jovens, tem seus sedimentos com textura mal selecionada, como areias grosseiras, grânulos e cascalhos angulosos a sub-angulosos de quartzo e feldspatos dispersos em matriz argilosa (D2). No geral, apresentam-se sob geometria tabular, com coloração branca e com estrutura maciça.

A terceira variedade tem camadas de arenitos arcossianos de geometria tabulares e textura pobremente selecionada, sempre com areias, pequenos seixos de argila, cascalhos de quartzo e feldspatos sub-angulosos a sub-arredondados, ambos dispersos em matriz e pseudo-matriz argilosa. As camadas mais antigas (E1) mostram estratificação planar bem marcada e coloração creme alaranjada. Algumas camadas se diferenciam apenas pela ausência de estratificação ou discreta presença de estratificação cruzada acanalada com uma coloração mais amarelada (E2) ou amarelo creme esbranquiçado, sendo esta última mais jovem e de maior espessura (E3).

Já os níveis pelíticos se subdividem em poucas variantes texturais conforme sua exposição vertical: A maioria dos níveis é de geometria lenticular (B1), com fração argila pura a argila siltosa e coloração fortemente roxa a avermelhada. Outros níveis de lentes (B3), podem se mostrar com saturação em água e a coloração creme a amarelada em função de menores teores de impregnação por óxido de ferro. Também podem ser identificados níveis mais tabulares (B2), com aproximadamente 1 metro de espessura, composto por materiais argilo-siltoso e cascalho angulosos de quartzo dispersos, ambos em estruturas maciças. Recobrimo estes níveis de sedimentação cíclica estão presentes

pacotes sedimentares típicos de canais fluviais (F) com coloração variando da base para o topo em tons de cinza a creme e uma textura maciça. Sob a forma tabular e em camadas de dezenas de metros, estes sedimentos convergem, no geral, em texturas de menor compactação e matriz arenosa, envolvendo fragmentos de rocha angulosos de composição quartzosa e feldspática. Também são encontradas barras fluviais contemporâneas aos sedimentos de leque aluvial (C). As barras exibem arenitos sub-arcosianos de textura mal selecionada, com areias grosseiras e cascalhos angulosos a sub-angulosos de quartzo e feldspatos disperso em matriz e pseudo-matriz argilosa. Sua coloração é creme alaranjado e apresenta estratificação cruzada tabular bem marcada e de pequeno porte. Encontra-se também formações sub-superficiais de camada esbelta resistente, ferruginosas e aluminosas, denominada de crosta laterítica. A Figura V.4 apresenta o detalhe da crosta laterítica no perfil dos sedimentos da Formação Barreiras de Leque Distal / Planície Aluvial.

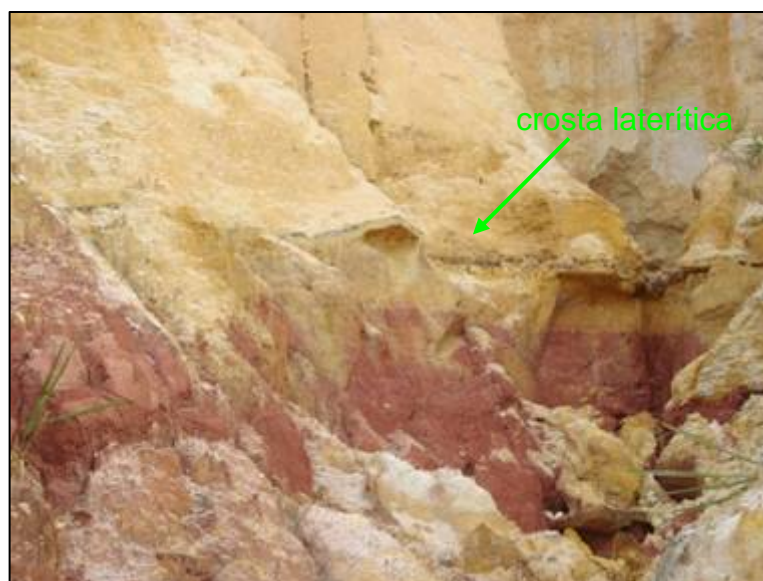


Figura V.4: Presença da Crosta Laterítica no Perfil dos Sedimentos da Formação Barreiras de Leque Distal / Planície Aluvial

5.1.2 Fácies de Leque Aluvial Proximal

O sistema deposicional de leque aluvial proximal é formado pela deposição de sedimentos no sopé de regiões com relevo acentuado e sob condições climáticas variando entre semi-árido e úmido. Na cidade do Recife, os depósitos deste sistema ocorrem na região norte, noroeste e oeste do município. Em Camaragibe ocorre no

centro norte e sudoeste. Num contexto mais regional, estão localizados na porção de faixa sedimentar, em contato com o embasamento cristalino. Este sistema deposicional é desenvolvido sob um regime de fluxos de alta energia decorrentes de fortes gradientes capazes de tracionar e depositar seixos e outros materiais provenientes dos solos do embasamento cristalino (Figura V.5). Este tipo de fácies apresenta significativa resistência ao cisalhamento devido ao travamento provocado pelo material granular.



Figura V.5: Formação Barreiras - Fácies Leque Aluvial Proximal
(Córrego da Andorinha / Camaragibe)

De forma geral, os sedimentos são constituídos por arenitos conglomeráticos ou diamictitos de baixa maturidade textural, de cor creme a avermelhada em função dos níveis de impregnação por óxido de ferro, e sob a forma de corpos tabulares com grânulos e cascalhos angulosos a sub-angulosos de quartzo e feldspatos, dispersos numa pseudo-matriz argilosa. Entre estes, há ainda a existência de vários níveis de maiores energias representados por seixos rolados de quartzo com elevado grau de arredondamento. Apresentam estruturas discretas estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte e de alto ângulo quando não ausentes (Figura V.6). A repetição sistemática destas seqüências litológicas comprova a natureza cíclica de leque aluvial proximal. O set para cada ciclo é dado por uma grano-decrescência ascendente iniciada por níveis conglomeráticos de seixo de quartzo, argila retrabalhada e fragmentos de rocha, e subseqüentemente a deposição de materiais gradativamente mais finos, como areias finas ou argilo-siltosas. O ciclo é encerrado e renovado no momento em que os níveis mais finos são recobertos por novos pulsos de sedimentação com maior energia (DE PAULA, 2008).

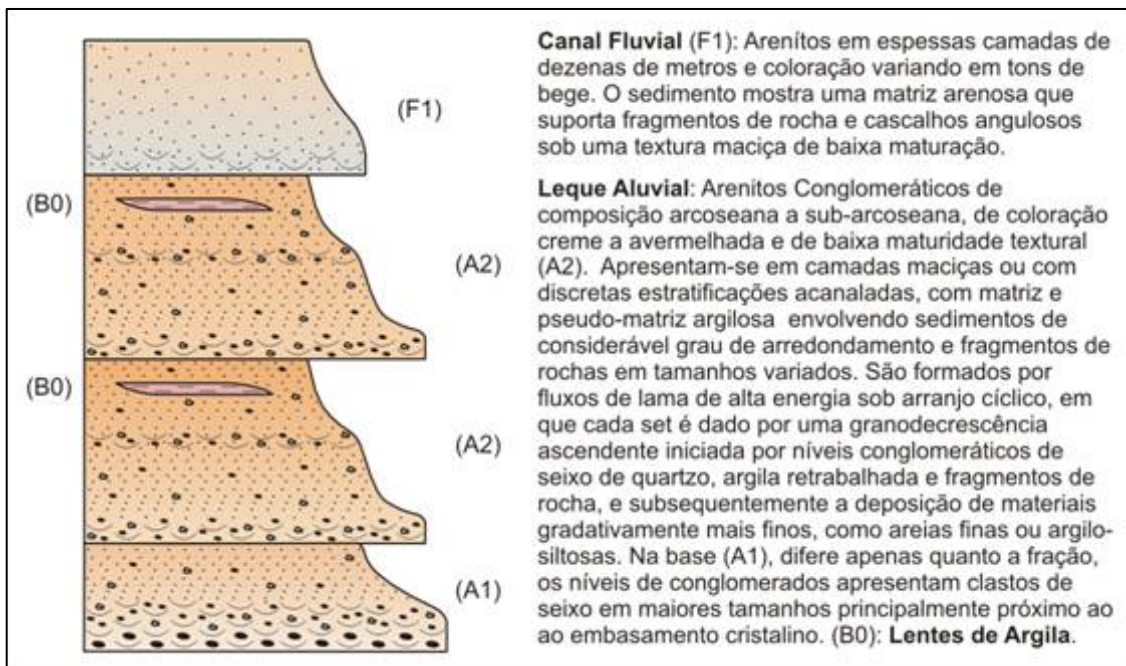


Figura V.6: Seção Colunar Esquemática da Fácies de Leque Aluvial Proximal
(DE PAULA, 2008)

5.1.3 Fácies de Canal Fluvial Entrelaçado (“Braided”)

O sistema deposicional de canal fluvial entrelaçado (“braided”) está presente nos depósitos a norte nordeste da área de estudo. É caracterizado por sedimentos formados sob regimes de fluxo de alta energia, que permitem o transporte de areias e cascalhos por tração, e de materiais finos por suspensão. Os fluxos aquosos são de alta energia, fortes declives e de elevadas taxas de suprimento sedimentar, resultando no estabelecimento de múltiplos canais rasos interligados e separados por barras fluviais de areia e cascalho. No geral, estas barras são dispostas de forma transversal ou longitudinal ao sentido do fluxo e emergem em períodos de menores descargas (Figura V.7).

Os depósitos desta fácies mostram litologias de arenitos, arcossianos imaturos a submaturos, de coloração forte variando entre creme-amarelado, vermelho e roxo, variando com aspecto mosqueado no perfil, deixando zonas esbranquiçadas em contraste com manchas avermelhadas do óxido de ferro. Geralmente mostram estratificações de médio a grande porte; e médio ângulo como cruzada acanalada, cruzada tabular e plano paralela, conforme a disposição dos canais e barras fluviais (Figura V.8).



Figura V.7: Sedimentos da Formação Barreiras - Fácies de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

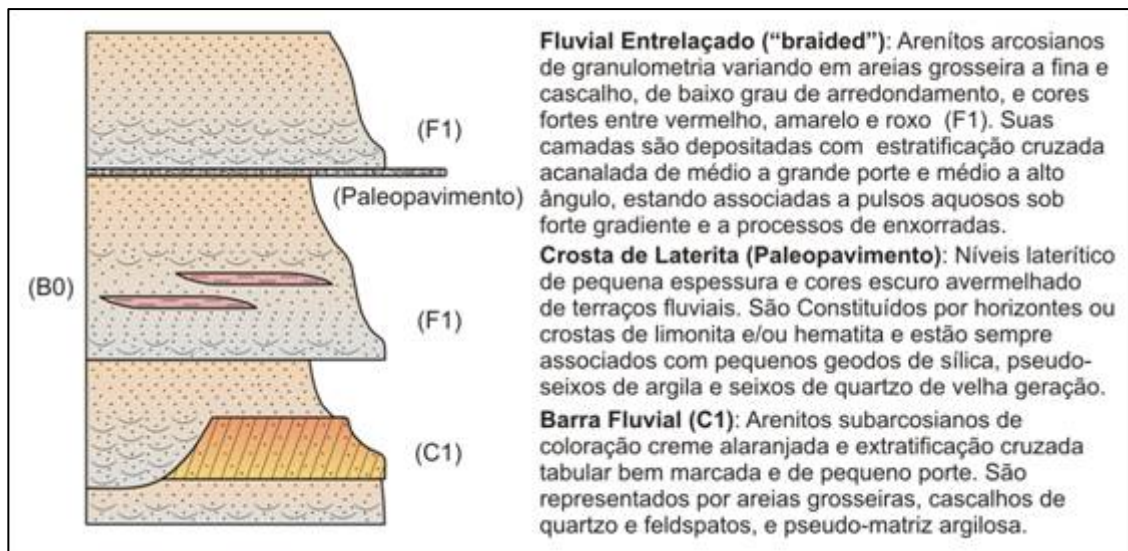


Figura V.8: Seção Colunar Esquemática da Fácies Fluvial Entrelaçado (DE PAULA, 2008)

Os sedimentos da Formação Barreiras da fácies de canal fluvial entrelaçado apresentam, em geral, texturas convergentes para sedimentos mal selecionados, de granulometria variando entre cascalhos e areias grossas a finas, com baixo grau de arredondamento e uma alta relação da fração areia sobre lama. No entanto, são comuns as intercalações com níveis siltico-argilosos de pequena espessura e boa continuidade lateral, associados às fases de enchentes, com transbordamento de canal e instalação temporária de uma planície de inundação. Este tipo de Formação Barreiras apresenta alta susceptibilidade a processos erosivos, como pode ser visto nos sulcos mostrados na Figura V.9.



Figura V.9: Detalhe dos Sulcos Erosivos nos Sedimentos da Formação Barreiras de Fácies de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife).

Os sedimentos obedecem a um arranjo típico apontando para ciclos associados a granodecrescência ascendente iniciadas a partir de níveis de cascalho quartzo-feldspático e seixos de argila na base e subsequente sobreposição por areias com estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte e médio a alto ângulo (F1). Outros níveis de seixos se restringem a pequenos pavimentos de alguns centímetros de espessura formados no leito ativo, e sobre os quais passam as areias das barras fluviais transversais desenvolvendo estratificações cruzada planar. Entre esses depósitos típicos de canais, destacam-se a intercalação de barras longitudinais de estratificação cruzada tabular de alto ângulo, que indica altas descargas de um sistema fluvial em canais confinados que migraram formando barras (C1). Estas barras são depositadas com

espessura considerável de até 1 metro e em ciclos, onde cada um deles destrói parte do ciclo anterior devido à alta declividade, o que resulta em maior poder de descarga e de erosão sobre a superfície dos depósitos pré-existentes (a partir de DE PAULA, 2008).

GIRÃO (2007), estudando amostras das fácies de leques proximal e distal da Formação Barreiras, apresenta uma tabela, reproduzida a seguir, indicando o tipo de processo erosivo mais predominante (Tabela V.1). Observa-se que os sedimentos das fácies de leque distal/planície aluvial apresentam predominância de susceptibilidade a processos erosivos de forma laminar, enquanto que os sedimentos de leque aluvial proximal apresentam ser mais susceptíveis a erosão, com processos erosivos mais profundos, na forma linear. Das 12 amostras estudadas por GIRÃO (2007), esses resultados são decorrentes de valores superiores de frações finas (silte e argila) nos sedimentos de leque distal em comparação com os de leque proximal.

Tabela V.1: Processos Atuantes nos Leques Depositionais Proximal e Distal
(GIRÃO, 2007)

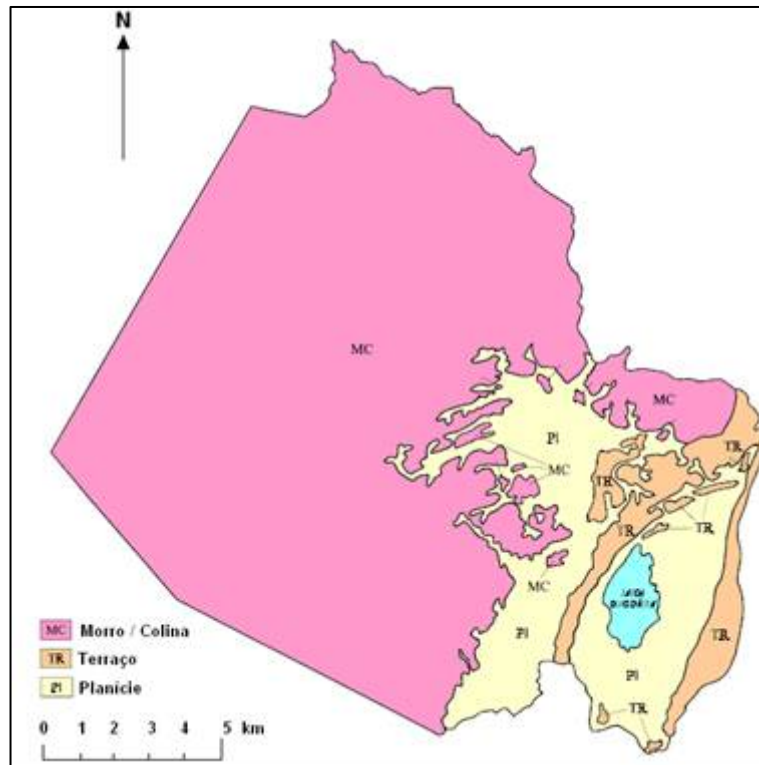
Amostras	Diferença Textural Frações Finas	Processo Vigente
01	> Distal	Laminar
02	> Proximal	Linear
03	> Distal	Laminar
04	> Distal	Laminar
05	> Distal	Laminar
06	> Distal	Laminar
07	> Distal	Laminar
08	> Distal	Laminar
09	> Proximal	Linear
10	> Distal	Laminar
11	> Distal	Laminar
12	> Distal	Laminar

5.2 O SOLO RESIDUAL DO EMBASAMENTO CRISTALINO

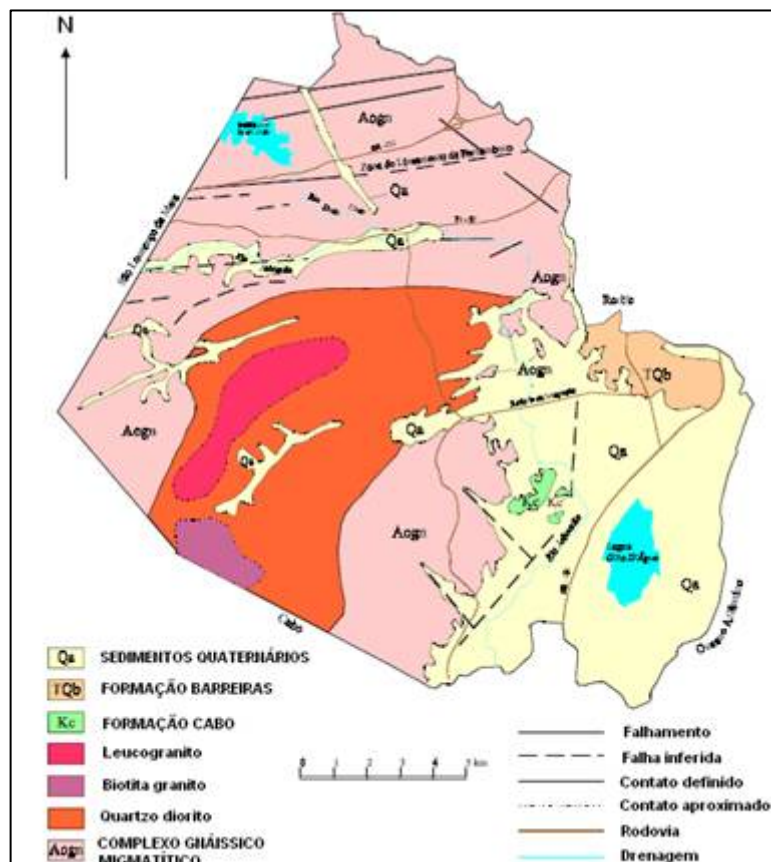
A presença de solo residual do embasamento cristalino na área de estudo é mais abrangente no município de Jaboatão dos Guararapes, apresentando, por consequência, maior número de ocorrências de deslizamentos de encostas em solos residuais. Neste município há dois grandes grupos de rochas, que juntos ocupam, aproximadamente, 75% da área do município, distribuídos nas porções norte, oeste e sul da cidade (CPRM, 1997). São as rochas do Complexo Gnaíssico-Migmatítico e as Rochas Plutônicas Proterozóicas (ver Figuras V.10a e V.10b).

Segundo relatório da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (1997), as rochas do Complexo Gnaíssico-Migmatítico são definidas como de idade arqueana, compondo a infraestrutura regional. São rochas de composição granítica e diorítica, migmatizadas. Ao longo da faixa correspondente ao Lineamento Pernambuco, na porção norte do município de Jaboatão dos Guararapes, essas rochas encontram-se foliadas, com textura cataclástica, observando-se com frequência a orientação e estiramento dos minerais. As Rochas Plutônicas Proterozóicas são definidas como quartzodioritos, biotita-granitóides porfíricos, e leucosienitos e leucomonzonitos, ocorrendo na região oeste do município. Individualizados com base na predominância de afloramentos, apresentam formas alongadas, grosseiramente arredondadas ou ainda se destacam pela expressiva área de ocorrência.

Os solos residuais presentes no município de Jaboatão dos Guararapes são produtos da decomposição físico-química das rochas do embasamento cristalino (rochas ortoderivadas e plutônicas), cujo resultado é um material areno-argiloso, de cores vermelha e amarela, com espessura variável (até 20 m). Esse processo dá origem a um relevo de colinas, morros e morrotes, distribuídos como numerosas ilhas na porção oeste do município, onde podem ser ainda encontrados blocos da rocha mãe, de tamanhos variados (matacões). Nas áreas de risco de deslizamentos de encostas do município há predominância do solo residual do Complexo Gnaíssico-Migmatítico.



a) Unidades de Relevô



b) Mapa Geológico Simplificado

Figura V.10: Características do Relevô e Unidades Geológicas de Jabotão dos Guararapes (CPRM, 1997)

O solo residual de milonito, originado de rocha do Complexo Gnaíssico-Migmatítico, está presente nas encostas ocupadas de Jaboatão dos Guararapes. Este solo residual apresenta composição granítica, porém profundamente triturados pelos esforços cisalhantes do Lineamento Pernambuco. Os solos residuais provenientes dos milonitos, devido ao intenso cisalhamento, são de fácil percolação determinando um alto grau de alteração pelo intemperismo químico. Nas proximidades da estação do Metrô do Recife em Cavaleiro, Jaboatão dos Guararapes, ocorreram vários deslizamentos sucessivos. Devido à intensa argilização desses solos, os técnicos municipais o denominam informalmente de mole-mole, devido a sua alta plasticidade (BANDEIRA et al., 2010).

A presença do solo residual de milonito no município de Jaboatão dos Guararapes tem contribuído para os diversos deslizamentos ocorridos em suas encostas, principalmente nos bairros de Cavaleiro, Sucupira e Socorro. A formação de argilominerais nos solos residuais tem um papel importante nas ocorrências dos deslizamentos, embora o relevo maduro e a cobertura vegetal tenham sido suficientes para manter as encostas em boas condições de estabilidade natural (ALHEIROS et al., 2003). A Figura V.11 apresenta um perfil de alteração de solo residual de milonito, com mais de 12 m de espessura.



Figura V.11: Perfil de alteração de milonito com mais de 12 m de espessura em Sucupira / Jaboatão dos Guararapes

O solo residual jovem de milonito apresenta minerais originais esmagados e grande número de planos de fraturas preenchidos com veios de feldspato, formando veios inter cruzados (Figura V.12). O perfil das encostas é bastante heterogêneo por pertencer à área de influência da falha geológica do Lineamento Pernambuco, importante zona de falhamento e principal feição estrutural da Região Metropolitana do Recife. Esta característica confere ao solo um caminho preferencial na percolação da água de subsuperfície, aumentando a susceptibilidade a processos de escorregamentos. Apresenta grande mobilidade do óxido de ferro, deixando o material ora amarelado ora avermelhado. Apresenta veios de quartzo de maior porte, possivelmente anterior à milonitização, através de fragmentos deslocados na massa da rocha, com evidências de fraturamento e falhamentos. O solo residual maduro de milonito está presente em cotas mais elevadas do relevo da cidade de Jaboatão dos Guararapes. Apresenta-se bastante intemperizado, não sendo possível observar características do material de origem e dos minerais presentes.

No município de Camaragibe há problemas de instabilidade de encostas ocupadas em solo residual do Complexo Granito-Gnaiss. Elas são extensamente capeadas pelo seu solo residual, aflorando de forma isolada em alguns pontos do município (Figura V.13).

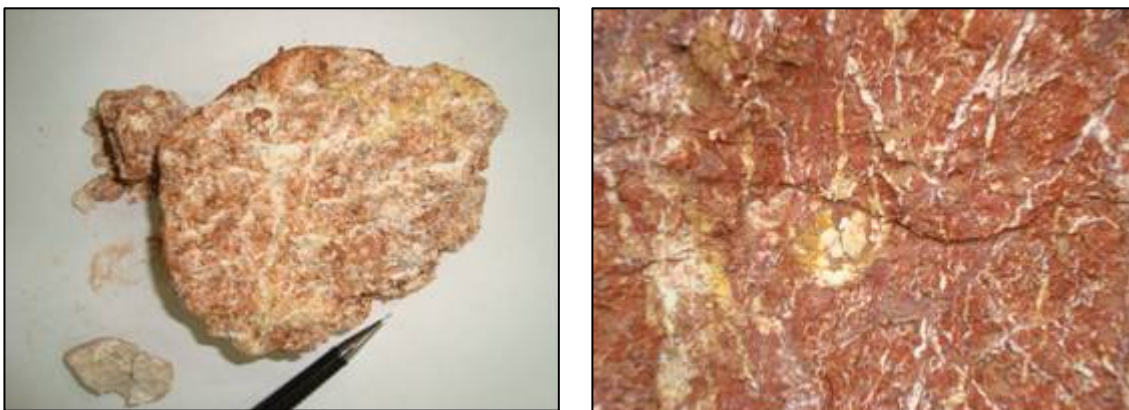


Figura V.12: Amostras de Solo Residual Jovem de Milonito Apresentando Veios de Feldspato Intercruzados



Figura V.13: Afloramento de Rocha Granito-Gnaiss em Timbi – Camaragibe

Algumas localidades do município de Camaragibe, em que há afloramento de rochas, foram palcos de exploração mineral. Segundo moradores da localidade de Borrione, este nome se dá devido à antiga pedreira que permaneceu em atividade durante os anos de 1962 a 1972. Hoje a área é utilizada para lazer da população, que a utiliza como campo de futebol (Figura V.14).



Figura V.14: Antiga Pedreira Borrione em Camaragibe (1962 à 1972)
(Fonte: BANDEIRA, 2003)

A localidade de Alberto Maia, em Camaragibe, é uma das que apresentam elevados registros de ocorrências de acidentes neste tipo de solo. Uma amostra de solo desta localidade apresentou características de solo saprolítico evoluindo para o residual maduro de coloração bastante avermelhada. Apresentou intercalações de níveis de quartzosos preservados na amostra com fragmentos de rocha apresentando bandamento estrutural indicando a possibilidade de ser de origem gnáissica (Figura V.15).



Figura V.15: Detalhe do Solo Residual Gnássica-Granítica
(Alberto Maia / Camaragibe).

CAPÍTULO VI

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS

6.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a caracterização geotécnica dos materiais presentes nas encostas da Área de Estudo. A caracterização foi realizada por meio de investigação de campo e de laboratório, através de ensaios básicos de caracterização física do solo, com identificação e classificação por meio de ensaios convencionais e ensaios de resistência ao cisalhamento. Os resultados encontrados poderão dar subsídios ao entendimento dos mecanismos e para a elaboração de projetos básicos de engenharia, para estabilização das encostas das áreas estudadas.

6.2 LOCAIS DE ESTUDO

Os locais escolhidos para o estudo dos materiais presentes nas encostas levaram em consideração o histórico de acidentes, o grau de risco da área (áreas de risco alto e muito alto), obtido através do Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR, e as características geológicas de interesse. Foram escolhidos 08 locais de amostragem na área de estudo. A Tabela VI.1 apresenta os locais e as unidades geológicas associadas. As Figuras VI.1 e VI.2 apresentam um esquema da localização das amostragens; e as Figuras VI.3 a VI.9 apresentam exemplos de ocupações nessas unidades geológicas.

Tabela VI.1: Locais de Amostragem com as Unidades Geológicas Associadas.

Município	Localidade	Unidade Geológica
Camaragibe	Bairro dos Estados	Formação Barreiras - Leque Distal / Planície Aluvial
	Ostracil	Formação Barreiras – Leque Aluvial Proximal
	Alberto Maia	Solo Residual de Rocha Gnáissica
Recife	Dois Unidos	Formação Barreiras - Canal Fluvial Entrelaçado
Jaboatão dos Guararapes	Alto II Carneiros	Formação Barreiras - Leque Aluvial Mediano com influência Proximal
	Cavaleiro	Solo Residual Jovem de Milonito evoluindo para o Maduro
	Vista Alegre	Solo Residual Maduro de Milonito
	Sucupira	Solo Residual Jovem de Milonito

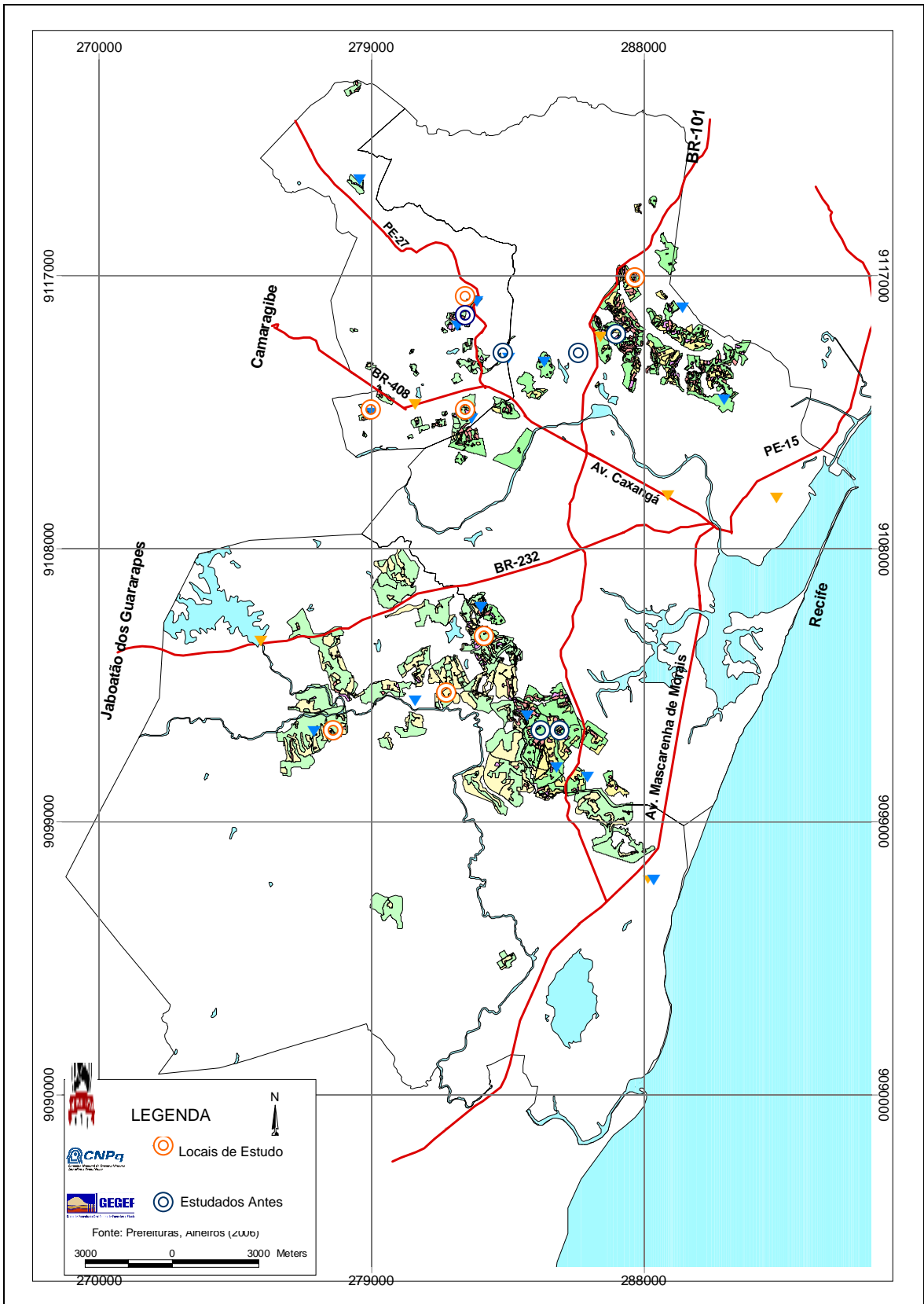


Figura VI.1: Localização das Áreas dos Estudos de Caracterização Geotécnica Sobrepostas às Área de Risco.

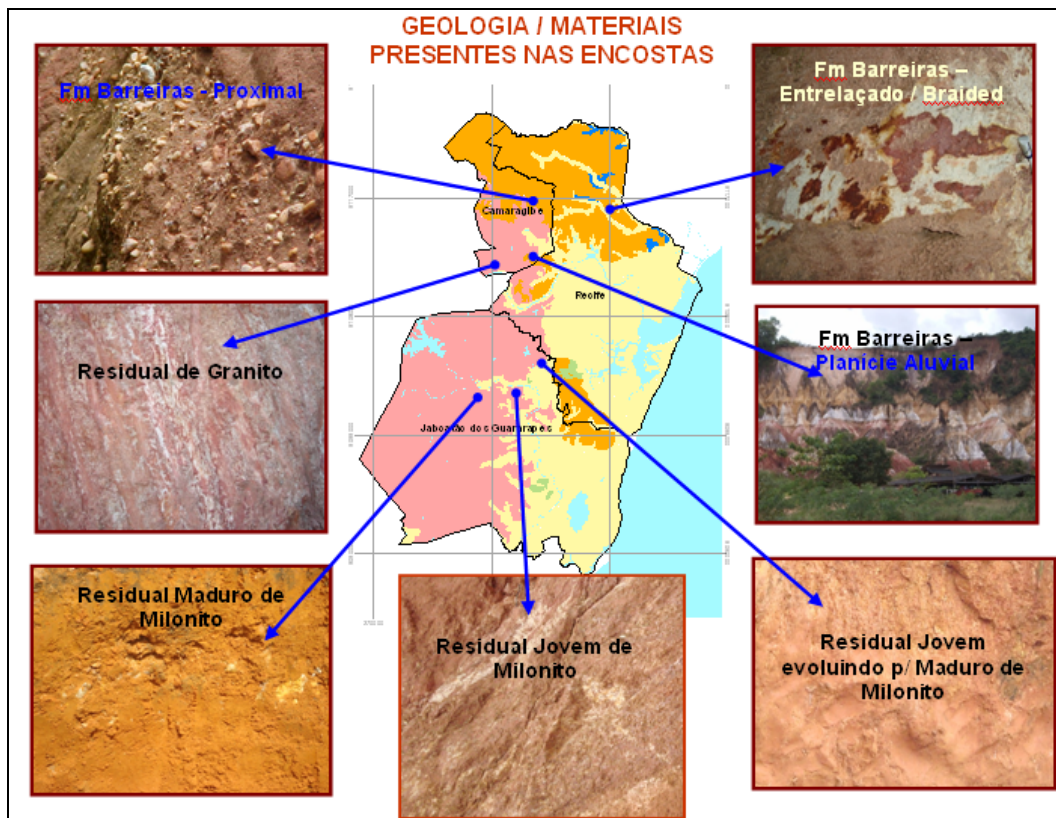


Figura VI.2: Esquema de Localização da Amostragem na Área de Estudo com Unidades Geológicas



Figura VI.3: Ocupação em Sedimentos da Formação Barreiras / Canal Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)



Figura VI.4: Ocupação em Sedimentos da Formação Barreiras – Leque Distal / Planície Aluvial (Bairro dos Estados/Camaragibe)



Figura VI.5: Ocupação em Solo Residual de Milonito (Cavaleiro / Jaboatão dos Guararapes)



Figura VI.6: Ocupação em Solo Residual de Milonito
(Sucupira / Jaboatão dos Guararapes)

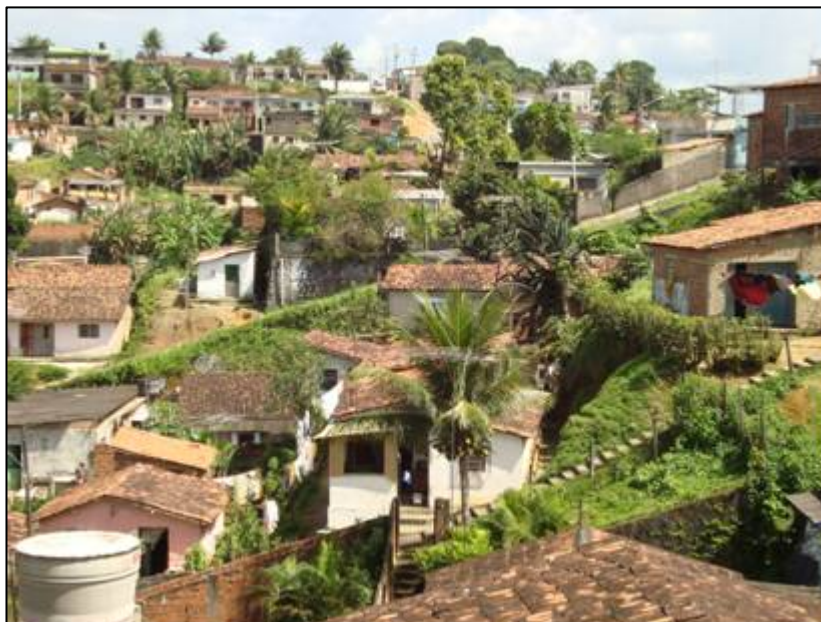


Figura VI.7: Ocupação em Solo Residual Maduro de Milonito
(Vista Alegre / Jaboatão dos Guararapes)



Figura VI.8: Ocupação em Solo Residual de Rocha Gnáissica-Granítica
(Alberto Maia / Camaragibe)



Figura VI.9: Ocupação em Sedimentos da Formação Barreiras de Leque Aluvial
Proximal (Ostracil / Camaragibe)

6.3 ATIVIDADES DE CAMPO

Para subsídios ao entendimento dos mecanismos dos processos atuantes (erosão e escorregamentos) nos morros da Região Metropolitana do Recife foram retiradas amostras deformadas (em saco) e indeformadas (tipo bloco), para a realização de ensaios de laboratório e para a caracterização geológico-geotécnica.

Nos locais de amostragem foi observado, através dos taludes de cortes, que alguns apresentavam camadas homogêneas e outros apresentavam camadas de cores e texturas diferentes. Nos taludes constituintes de camadas homogêneas, as amostras deformadas foram coletadas na profundidade do bloco. Nos taludes de perfis heterogêneos, as amostras amolgadas foram coletadas em cada mudança de camada. Os materiais coletados foram colocados em sacos plásticos, para a realização posterior dos ensaios de laboratório, etiquetados com as seguintes identificações: local, número da amostra, bloco correspondente, profundidade, data, textura do solo e cor. Também foram coletadas amostras em cápsulas de alumínio lacradas, para posterior determinação da umidade em laboratório.

Para obter os parâmetros de resistência do solo, foram coletadas amostras indeformadas, tipo bloco, de 30 cm de lado, para posterior moldagem de corpos de prova prismáticos, com dimensões de 4"x4" e altura de 4 cm; e realização de ensaios de cisalhamento direto. As coletas das amostras indeformadas foram realizadas conforme a norma ABNT NBR 9604, através de escavações manuais, obtendo-se os poços exploratórios. Devido à área de estudo ser de alta densidade de ocupação por parte da população de baixa renda, os poços foram escavados em cotas específicas, em profundidade de 1,0 m, para não comprometer a "estabilidade" das ocupações presentes. Após a execução do poço, os blocos foram moldados com auxílio de uma lâmina de aço inoxidável, com secções transversais de aproximadamente 0,30 x 0,30 x 0,30 m. Após a moldagem dos blocos, os mesmos foram envolvidos com papel alumínio e depois com um tecido de algodão para aderência da parafina derretida. Após estes procedimentos, as bases dos blocos foram seccionadas e então os blocos foram acondicionados em caixas de madeira, contendo isopor em todos os lados. Após o fechamento da base dos blocos, os mesmos foram identificados com as seguintes informações: local, data da coleta, número do bloco, profundidade da coleta, direção Norte, e indicação do topo e da base

da amostra. Após a retirada dos blocos os poços foram reaterrados e cobertos por lonas plásticas. As amostras foram cuidadosamente transportadas à câmara úmida do Laboratório de Solos e Instrumentação da UFPE, onde foram realizados os devidos ensaios. A Figura VI.10 apresenta etapas da retirada dos blocos.



a) Poço exploratório e moldagem do bloco



b) Envolvimento do bloco com papel alumínio



c) Parafinação do bloco



d) Acondicionamento do bloco em caixa de madeira

Figura VI.10: Etapas da Amostragem Indeformada tipo Bloco

Para caracterizar os sedimentos da Formação Barreiras de Leque Distal / Planície Aluvial foram retiradas amostras na localidade do Bairro dos Estados, em Camaragibe. As amostras foram coletadas nas camadas mais significativas do relevo, o que pode ser verificado pela diferença de cor no perfil apresentado na Figura VI.10. Neste perfil foram retirados 04 blocos, sendo que o 3º bloco foi composto por 02 camadas (amarela e vermelha) devido à pequena espessura no perfil.

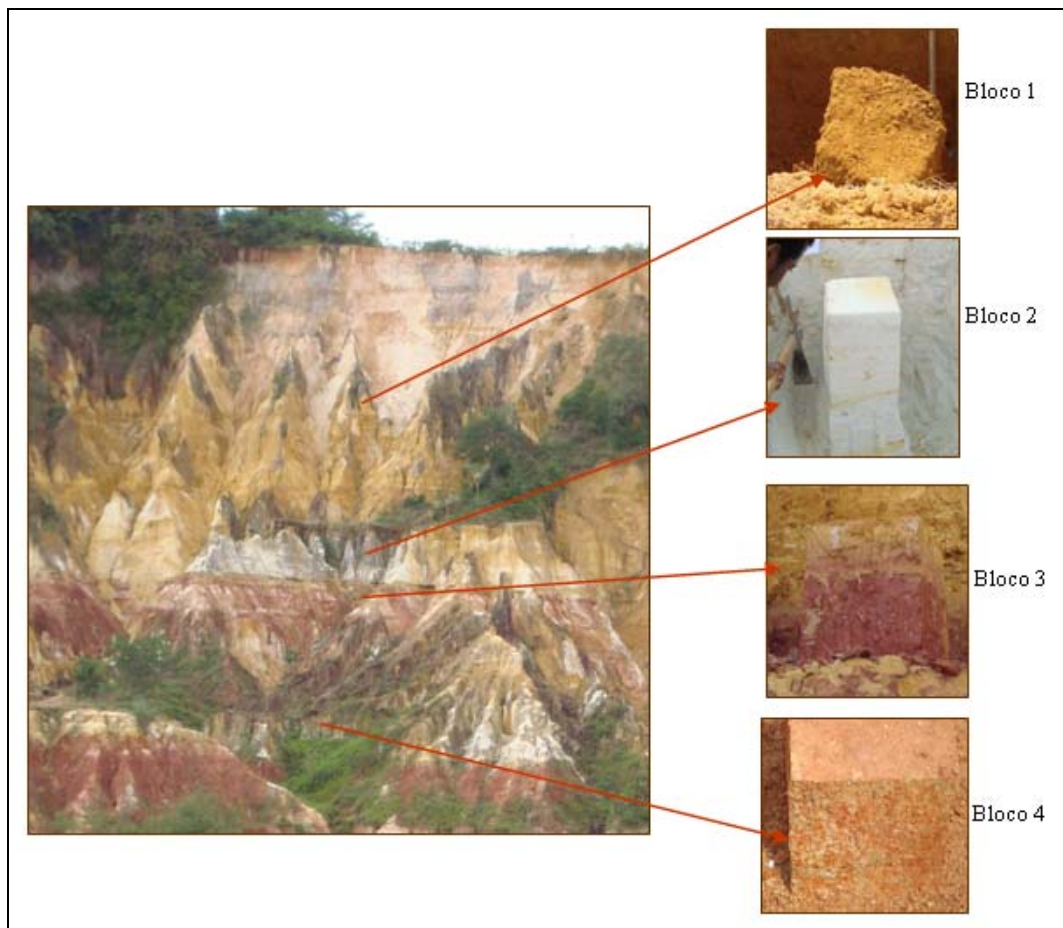


Figura VI.11. Camadas Amostradas na Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe).

A amostragem dos sedimentos da fácies de leque proximal foi realizada na localidade de Ostracil, zona central de Camaragibe. Nesta localidade foram retiradas amostras deformadas em 06 camadas de um perfil de um talude de corte para a classificação dos solos, além de dois blocos de amostras indeformadas na camada pedregulhosa (Figura VI.12).

Amostra de sedimentos da Formação Barreiras da fácies de canal fluvial entrelaçado foi retirada na localidade de Dois Unidos, zona oeste do Recife (Figura VI.13).



Figura V.12: Camadas Amostradas na Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe).

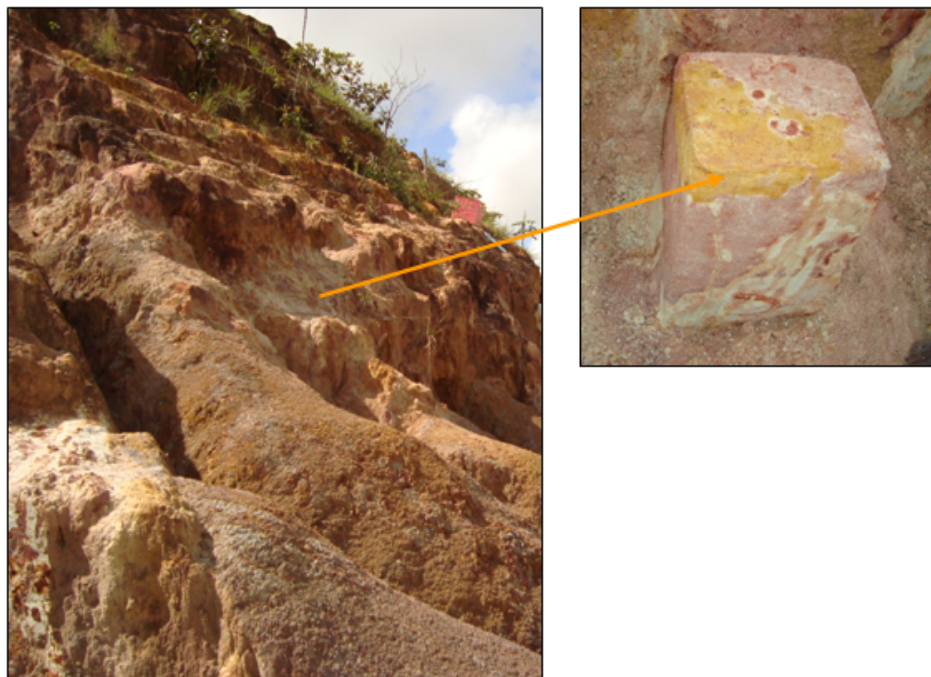


Figura VI.13: Talude de Formação Barreiras de Fácies de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

Durante a realização desta pesquisa houve um deslizamento provocando a morte de 03 pessoas, em 12 de junho de 2009, após uma precipitação de 159,25 mm em 12 horas de duração, na localidade do Alto Dois Carneiros, em Jaboatão dos Guararapes, limite com Recife (Figura VI.14). Devido à ocorrência do acidente foi realizada uma amostragem de solo neste local. O solo é constituído por sedimentos da Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal.



Figura VI.14: Acidente em encosta da Formação Barreiras de Fácies de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal (Alto Dois Carneiros / Jaboatão dos Guararapes).

Amostras de solos residuais de milonito foram retiradas, em diferentes cotas, de três localidades distintas, com características de serem solos residuais jovem e maduro. A amostra de solo residual maduro de milonito foi retirada na localidade de Vista Alegre, em Jaboatão dos Guararapes, que se deu em cota mais elevada do relevo (Figura VI.15). A amostra de solo residual jovem, evoluindo para o maduro, foi retirada da localidade de Cavaleiro, em Jaboatão dos Guararapes (Figura VI.16). A amostra retirada na localidade de Sucupira trata-se de um solo residual saprólito, guardando as características da rocha mãe (Figura VI.17).



Figura VI.15: Talude de Solo Residual Maduro de Milonito
(Vista Alegre / Jaboatão dos Guararapes)



Figura VI.16: Talude de Solo Residual de Milonito
(Cavaleiro / Jaboatão dos Guararapes)



Figura VI.17: Talude de Solo Residual de Milonito
(Sucupira / Jaboatão dos Guararapes)

A amostra de solo residual do Complexo Granito-Gnaiss se deu na localidade de Alberto Maia em Camaragibe (Figura VI.18).



Figura VI.18: Talude de Solo Residual do Complexo Granito-Gnaiss (Alberto Maia / Camaragibe)

6.4 ATIVIDADES DE LABORATÓRIO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.4.1 Ensaio de Caracterização Física

Para a caracterização geotécnica dos materiais foram realizados os ensaios convencionais, obedecendo as normas brasileiras:

- NBR 6457 - Preparação de amostras;
- NBR 7181 - Análise granulométrica;
- NBR 6508 - Massa específica dos grãos dos solos;
- NBR 6459 - Limite de Liquidez;
- NBR 7180 - Limite de Plasticidade;

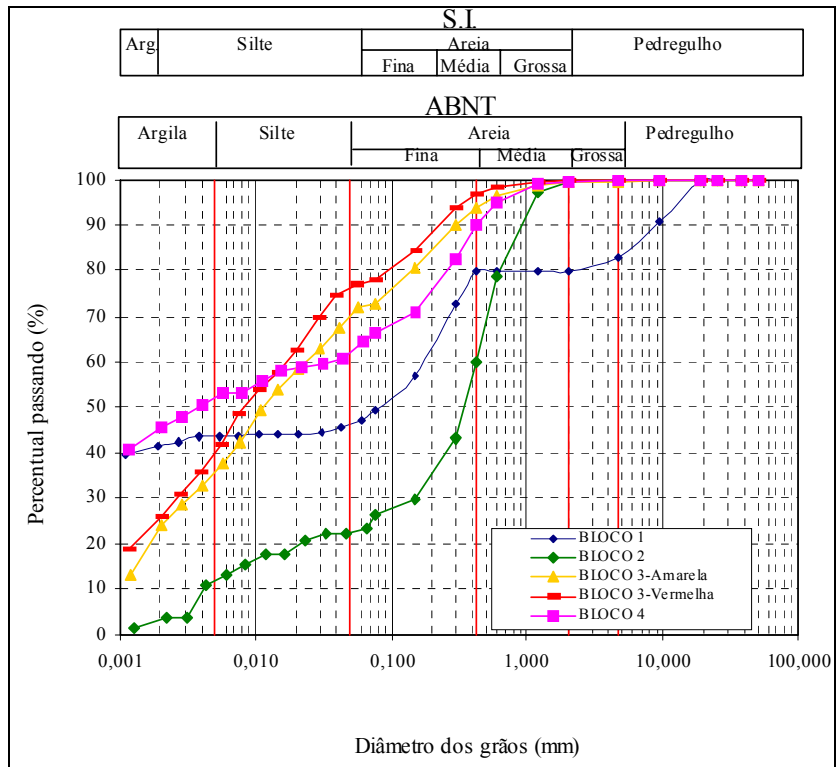
Os ensaios de granulometria foram realizados com e sem o uso de defloculante, no procedimento de sedimentação, mantendo-se todos os outros procedimentos recomendados pela Norma 7181 e substituindo-se o defloculante (hexametáfosfato de sódio) por água destilada.

Através da realização dos ensaios de granulometria, com e sem a utilização de defloculante, percebeu-se uma diferença nos percentuais de partículas constituintes de cada amostra ensaiada. Esta diferença de percentuais se dá devido ao agente dispersor (ou defloculante) que é utilizado para neutralizar as cargas elétricas nas partículas menores do solo. Com a presença de partículas eletricamente carregadas pode haver a uma floculação e produzir partículas maiores devido à atração entre elas, ou seja, as partículas aparecem agregadas entre si (SANTANA, 2006).

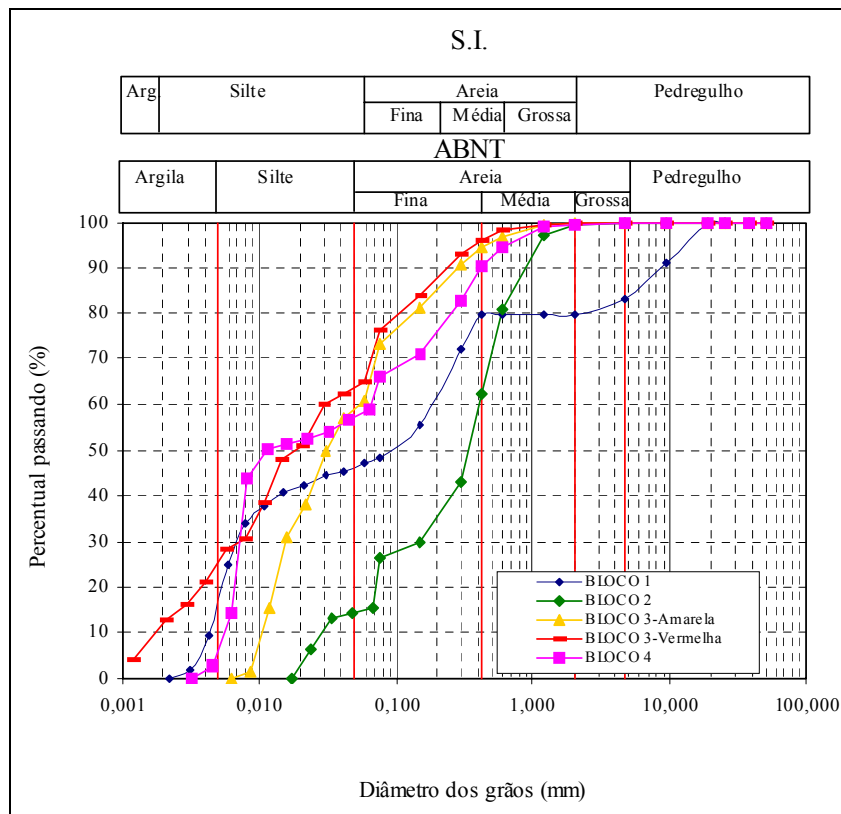
Os ensaios realizados conforme os dois procedimentos, com e sem o uso de defloculante, permitem a comparação das permeabilidades com a granulometria sem defloculante já que, em campo, as partículas se encontram floculadas, resultando em maiores valores de permeabilidade.

6.4.1.1 Resultados da Formação Barreiras de Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe)

As Figuras VI.19a e VI.19b apresentam as curvas granulométricas referente aos ensaios realizados nos sedimentos da Formação Barreiras de Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial, com e sem o uso de defloculante, segundo o procedimento da ABNT. A Tabela VI.2 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização das amostras. Os percentuais das frações dos solos foram classificados de acordo com as recomendações da ABNT NBR 7181, e as camadas foram enquadradas na classificação unificada (USCS).



(a) Ensaio com defloculante



(b) Ensaio sem defloculante

Figura VI.19: Curvas Granulométricas da Formação Barreiras de Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe)

Tabela VI.2: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação do Solo da Formação Barreiras de Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial

Bloco	Posição/ Prof.(m)	Cota (m)	Composição Granulométrica % ABNT				Consistência (%)		Classe (USCS)
			Pedreg	Areia	Silte	Argila	LL	IP	
1	Topo (1,0m)	93	17	37,7	1,8	43,5	36,7	15,2	SC
2	Topo (1,0m)	39	0,2	77,7	9,2	12,9	NL	NP	SM
3 amarela	Topo (1,0m)	35	0,2	32,3	29,6	37,9	37,9	16,4	CL
3 vermelha	Topo (1,0m)	35	0	25,3	32,9	41,8	44,9	21,7	CL
4	Topo (1,0m)	30	0	39,3	7,7	53,0	52,3	22,5	MH

As amostras retiradas nesses sedimentos apresentaram os seguintes resultados:

- As amostras do Bloco 1 foram compostas por solos de textura grossa (menos de 50% passando na peneira 0,075mm). Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam amostras de alta plasticidade ($IP > 15$), segundo a classificação de Jenkins, citado por CAPUTO (1987), com IP no valor de 15,14%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como SC (areia argilosa).

- As amostras do Bloco 2 foram compostas por solos de textura grossa. O solo deste bloco é altamente arenoso, não apresentando Limites de Atterberg. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como SM (areia siltosa).

- As amostras do Bloco 3, nas camadas amarela e vermelha, foram compostas por solos de textura fina (mais de 50% passando na peneira 0,075mm). Observando os Limites de Atterberg as amostras deram IP no valor de 16,36% para a amostra amarela; e de 21,74% para a amostra vermelha. Na classificação unificada (USCS), as duas amostras foram classificadas como CL (argila de baixa plasticidade).

- As amostras do Bloco 4 foram compostas por solos de textura fina. Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam amostras de alta plasticidade com IP no valor de 22,5%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como MH (silte de alta plasticidade).

6.4.1.2 Resultados da Formação Barreiras de Leque Aluvial Proximal

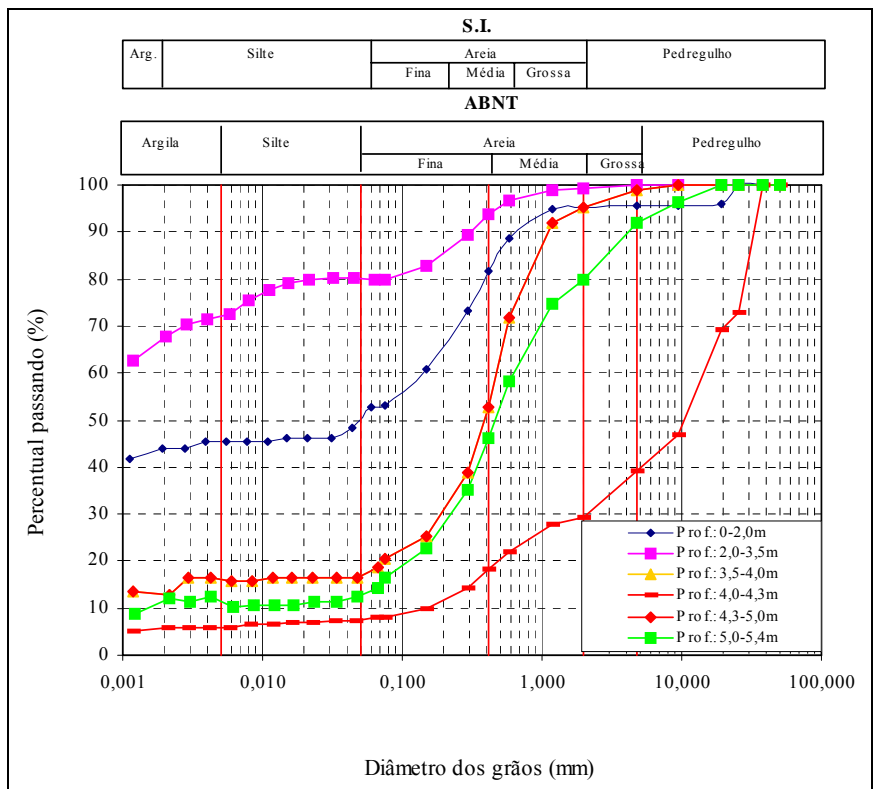
As Figuras VI.20a e VI.20b apresentam as curvas granulométricas referente aos ensaios realizados nos sedimentos da Formação Barreiras de Leque Proximal, com e sem o uso de defloculante. A Tabela VI.3 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização das amostras. Os percentuais das frações dos solos foram classificados de acordo com as recomendações da ABNT NBR 7181, e as camadas foram enquadradas na classificação unificada (USCS).

As amostras de Formação Barreiras de Leque Proximal apresentaram-se da seguinte forma:

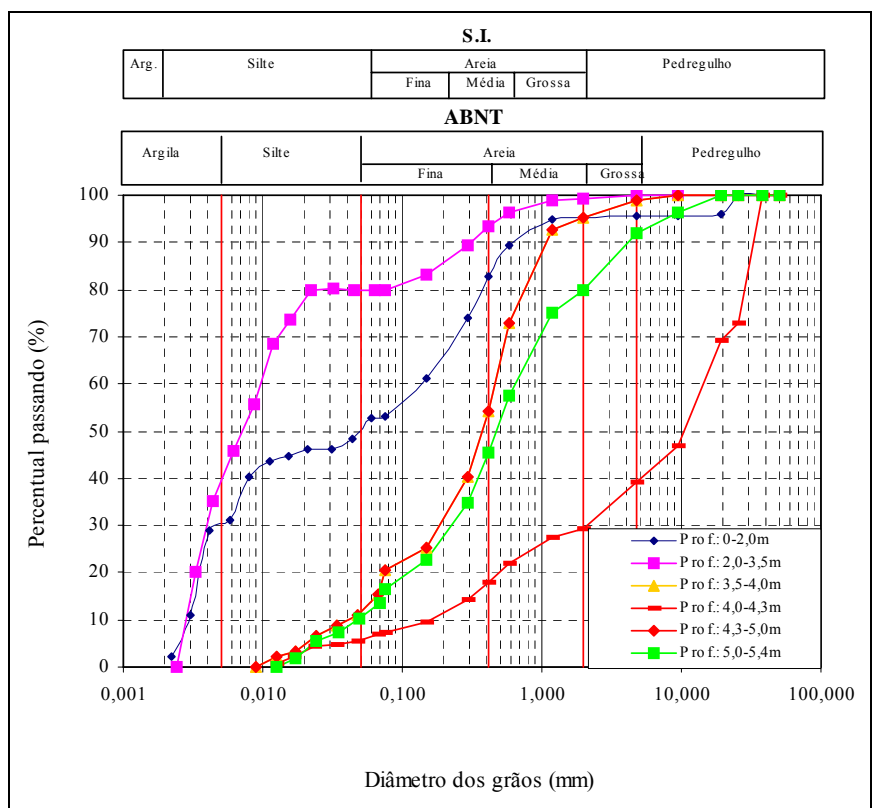
- A camada 1 é composta por solos de textura fina (53,0% passando na peneira 0,075mm). Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam LL de 48,5% e IP no valor de 23,54%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como CL (argila de baixa plasticidade).

- As amostras da camada 2 também foram compostas por solos de textura fina. Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam amostras de alta plasticidade, com IP no valor de 29,42%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como CH (argila de alta plasticidade).

- Na camada 3 as amostras foram compostas por solos de textura grossa (menos de 50% passando na peneira 0,075mm). O solo desta camada é arenoso, não apresentando Limites de Atterberg. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como SC (areia argilosa). A mesma característica é encontrada na camada 5. Observou-se então que as camadas 3 e 5 constituem uma única camada, apresentando uma estreita “injeção” de camada pedregulhosa.



(a) Ensaio com defloculante



(b) Ensaio sem defloculante

Figura VI.20: Curvas Granulométricas da Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe)

- As amostras da camada 4 foram compostas por solos de textura grossa, com cerca de 60% de pedregulho. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como GW-GS (pedregulho bem graduado arenoso).

- As amostras da camada 6 foram compostas por solos de textura grossa, com predominância de areia. Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam amostras de baixa plasticidade, com IP no valor de 5,1%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como SC-SM (areia argilosa-siltosa).

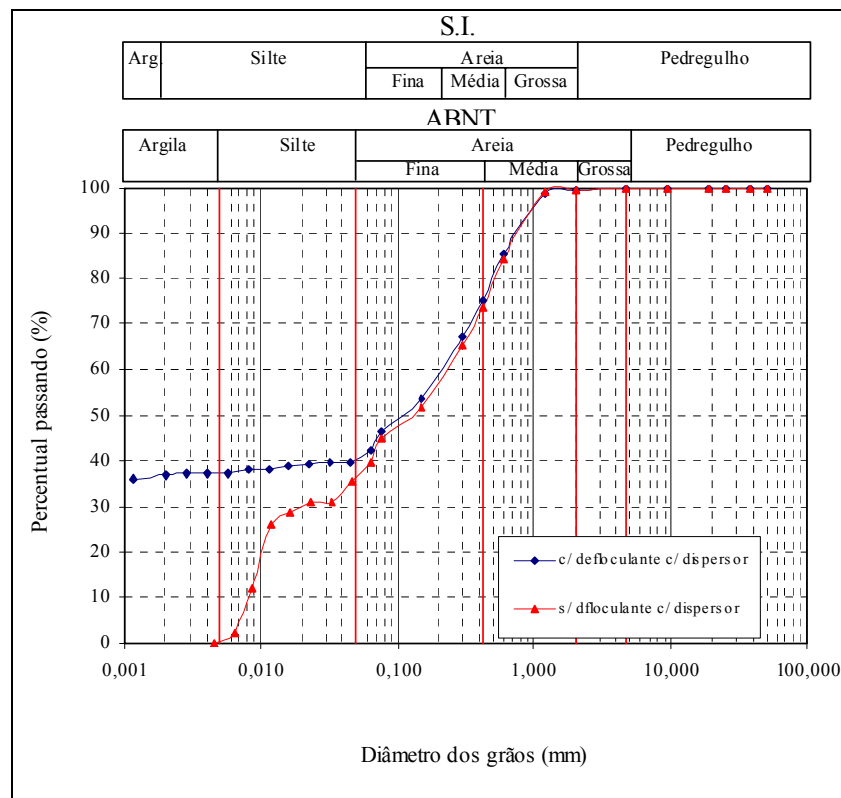
Tabela VI.3: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação do Solo da Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe)

Camadas	Posição	Prof. (m)	Composição Granulométrica % ABNT				Consistência (%)		Classe (USCS)
			Pedreg	Areia	Silte	Argila	LL	IP	
1	meia encosta	0,0-2,0	4,4	47,3	2,9	45,4	48,5	23,5	CL
2	meia encosta	2,0-3,5	0,1	19,6	7,6	72,7	58,8	29,4	CH
3	meia encosta	3,5-4,0	1,1	82,2	1,1	15,6	26,2	9,9	SC
4	meia encosta	4,0-4,3	60,7	32,0	1,4	5,9	NL	NP	GW-GS
5	meia encosta	4,3-5,0	1,1	82,2	1,1	15,6	26,2	9,9	SC
6	meia encosta	5,0-5,4	8,2	79,5	1,9	10,4	21,2	5,1	SC-SM

6.4.1.3 Resultados da Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

As Figuras VI.21 apresentam as curvas granulométricas referente aos ensaios realizados nos sedimentos da Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado, com e sem o uso de defloculante. A Tabela VI.4 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização das amostras. Os percentuais das frações dos solos foram classificados de acordo com as recomendações da NBR 7181, e as camadas foram enquadradas na classificação unificada (USCS).

As amostras de Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado são compostas por solos de textura grossa (46,5% passando na peneira 0,075mm). Os resultados obtidos nos ensaios de Limites de Atterberg indicam amostras de alta plasticidade com IP no valor de 22,65%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como SC (areia argilosa).



Ensaio com defloculante e sem defloculante

Figura VI.21: Curvas Granulométricas da Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

Tabela VI.4: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação do Solo da Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

Bloco	Prof (cota) (m)	Composição Granulométrica % ABNT				Consistência (%)		Classe (USCS)
		Pedreg	Areia	Silte	Argila	LL	IP	
1 (meia encosta)	1,0 (64)	0	60,4	2,4	37,2	46,4	22,7	SC

6.4.1.4 Resultados da Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal (Alto Dois Carneiros / Jaboatão dos Guararapes)

As Figuras VI.22 apresentam as curvas granulométricas referente aos ensaios realizados nos sedimentos da Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal (Alto Dois Carneiros / Jaboatão dos Guararapes), com e sem o uso de defloculante. A Tabela VI.5 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização das amostras. Os percentuais das frações dos solos foram classificados de acordo com as recomendações da NBR 7181, e as camadas foram enquadradas na classificação unificada (USCS).

As amostras de Formação Barreiras Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal são compostas por solos de textura fina (54% passando na peneira 0,075mm). Os resultados obtidos nos ensaios de Limites de Atterberg indicam LL de 42,4% e IP no valor de 17,7%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como CL (argila de baixa plasticidade).

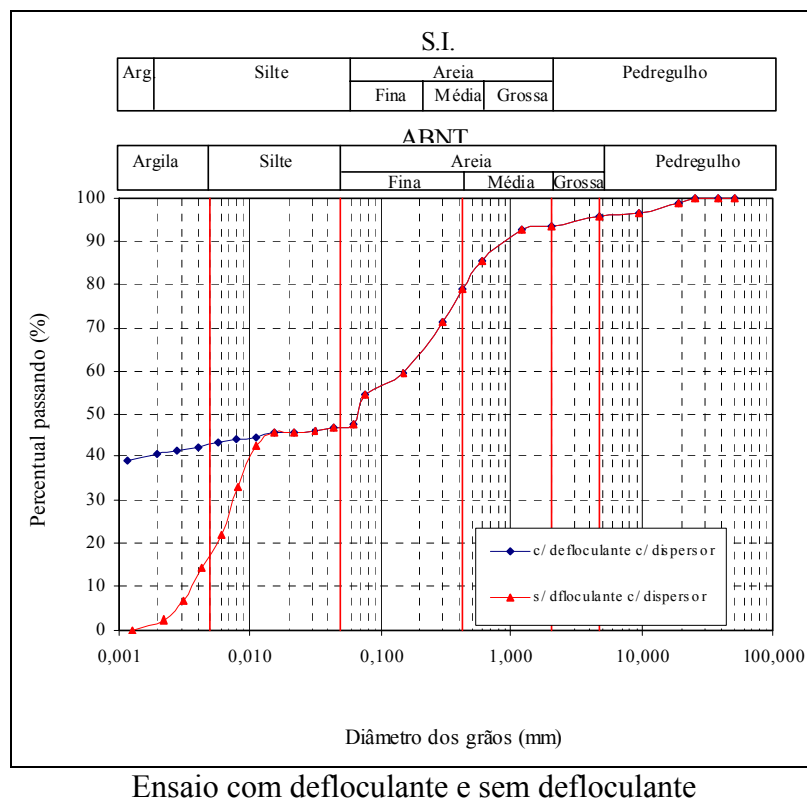


Figura VI.22: Curvas Granulométricas da Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal (Alto Dois Carneiros / Jaboatão dos Guararapes)

Tabela VI.5: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação do Solo da Fm Barreiras Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal

Bloco	Prof. (m) / (cota)	Composição Granulométrica % ABNT				Consistência (%)		Classe (USCS)
		Pedreg	Areia	Silte	Argila	LL	IP	
1 (meia encosta)	1,0 (61)	4,2	49,3	3,3	43,2	42,4	17,7	CL

6.4.1.5 Resultados dos Solos Residuais

As Figuras VI.23 e VI.24 apresentam as curvas granulométricas referente aos ensaios realizados nos solos residuais, com e sem o uso de defloculante. A Tabela VI.6 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização das amostras. Os percentuais das frações dos solos foram classificados de acordo com as recomendações da NBR 7181, e as camadas foram enquadradas na classificação unificada (USCS).

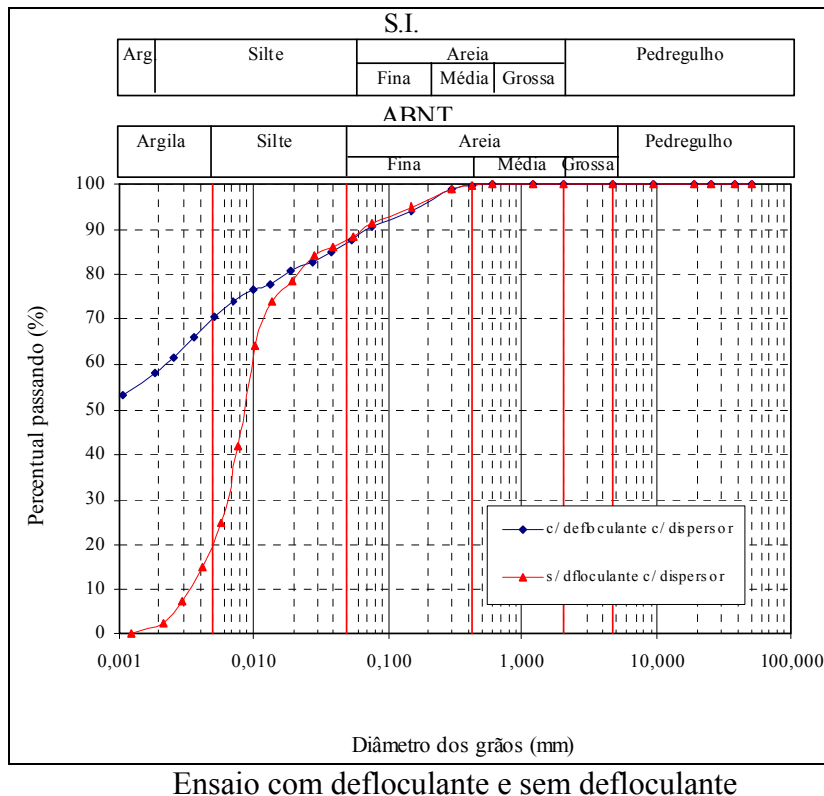
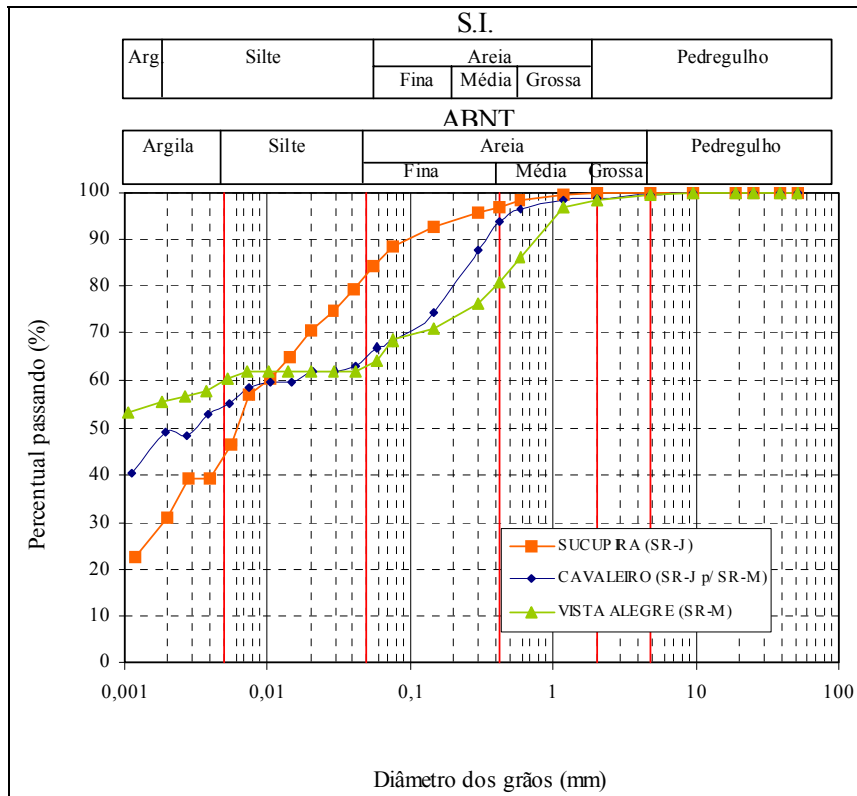
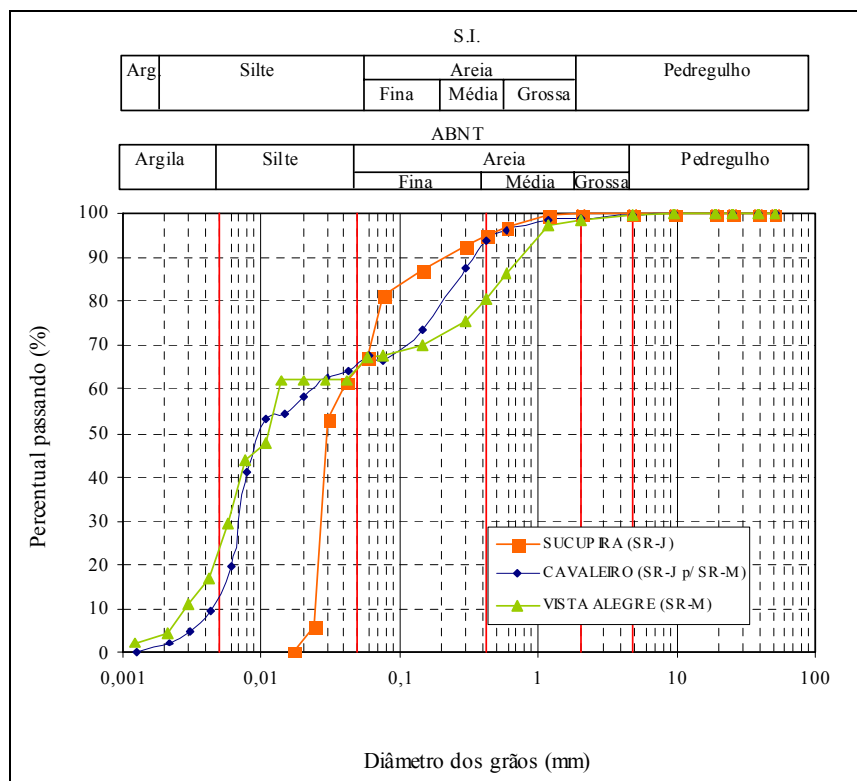


Figura VI.23: Curvas Granulométricas do Solo Residual Jovem evoluindo para o Maduro, do Complexo Granítico-Gnaissico (Alberto Maia / Camaragibe)



(a) Ensaio com defloculante



(b) Ensaio sem defloculante

Figura VI.24: Curvas Granulométricas dos Solos Residuais de Milonito (Jaboatão dos Guararapes)

Tabela VI.6: Composição Granulométrica, Consistência e Classificação dos Solos Residuais de Granito e Milonito

Tipo de Solo	Posição	Local (cota m)	Composição Granulométrica % ABNT				Consistência (%)		Classe (USCS)
			Pedreg	Areia	Silte	Argila	LL	IP	
Residual Jovem de Granito evoluindo p/ maduro	topo	Alberto Maia	0	14,8	14,8	70,4	63,1	26,1	MH
Residual Jovem de Milonito	terço inferior	Sucupira (46)	0	20,6	33	46,4	60,2	22,3	MH
Residual Jovem de Milonito evoluindo para o Maduro	meia encosta	Cavaleiro (37)	0,3	36,4	8	55,3	61,1	30,8	CH
Residual Maduro de Milonito	terço superior	Vista Alegre (80)	0,3	37,5	1,8	60,4	53,2	16,3	CH

As amostras de solo residual apresentaram as seguintes características:

- As amostras de solo residual jovem de granito, evoluindo para o maduro, são compostas por solos de textura fina (90% passando na peneira 0,075mm). Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam amostras de alta plasticidade com IP no valor de 26,08%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como MH (silte de alta plasticidade).

- As amostras de solo residual jovem de milonito são compostas por solos de textura fina (62% passando na peneira 0,075mm). Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam amostras de alta plasticidade com IP no valor de 22,3%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como MH (silte de alta plasticidade).

- As amostras de solo residual jovem de milonito, evoluindo para o maduro, são compostas por solos de textura fina (68% passando na peneira 0,075mm). Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam amostras de alta

plasticidade com IP no valor de 30,8%. Na classificação unificada (USCS), as amostras foram classificadas como CH (argila de alta plasticidade).

- As amostras de solo residual maduro de milonito são compostas por solos de textura fina (68,4% passando na peneira 0,075mm). Os resultados obtidos no ensaio de Limites de Atterberg indicam amostras de alta plasticidade com IP no valor de 16,3%. Na Carta de Plasticidade esta amostra se enquadrou abaixo da Linha A, no Grupo CH. Apesar desta localização é mais conveniente classificar este solo no grupo CH (argila de alta plasticidade).

Sabe-se que a Classificação Unificada é mais bem aplicada em solos sedimentares, onde há boas correlações entre as propriedades índices desses solos e os critérios de identificação adotados (a partir de SILVA, 2007). A Figura VI.25 apresenta a Carta de Plasticidade e a proposta de Classificação de solos tropicais de VARGAS (1992). Os solos da Formação Barreiras situaram-se, em sua maioria, acima da Linha A, sendo classificados no grupo CL, caracterizando-os como não cauliníticos. Já na Carta de Atividade os solos foram classificados abaixo da Linha E, no grupo KL (tipo caulinítico), mostrando uma divergência entre as classificações, sendo necessária a realização de ensaios complementares. Os solos residuais situaram-se, em sua maioria, abaixo da Linha A, sendo classificados no grupo KH, caracterizando-os como argila arenosa caulinítica. Mesma caracterização é dada na Carta de Atividade onde os solos localizam-se abaixo da Linha E, como de baixa atividade, típico de solos que apresentam predominância de caulinita. O fato deve ser confirmado através de ensaios complementares de mineralogias, os quais não foram realizados nesta pesquisa. Solos residuais de rochas gnáissicas, estudados por SOUZA NETO (1998), apresentaram boa concordância entre a Classificação de VARGAS (1992) e as características geológico-geotécnicas dos materiais (a partir de SILVA, 2007).

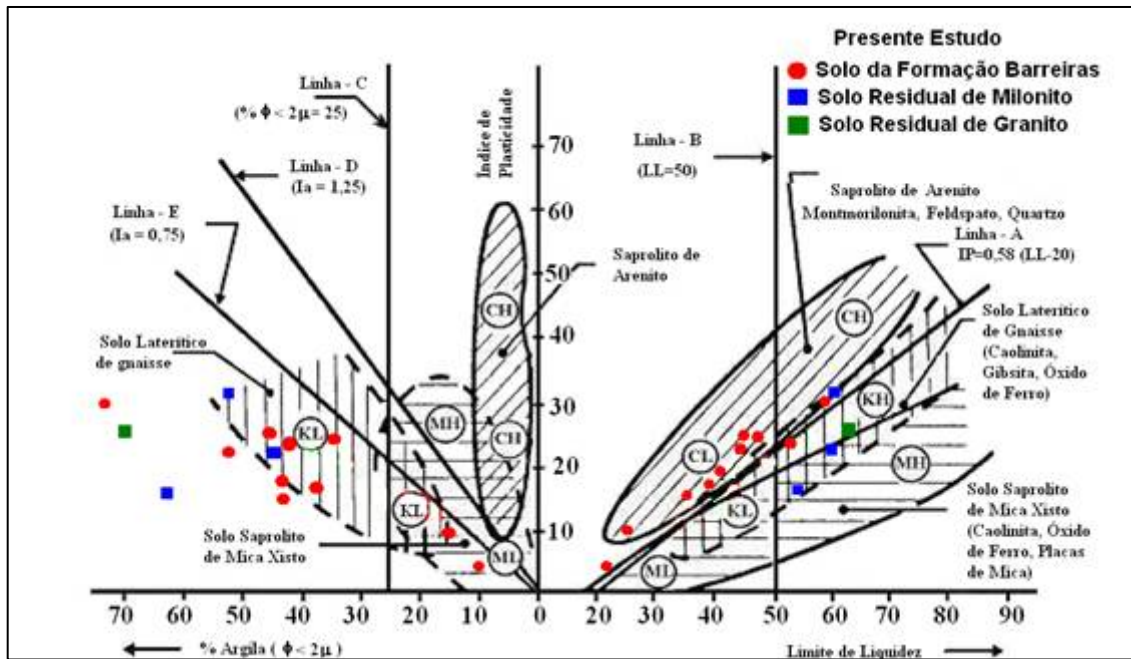


Figura VI.25: Carta de Plasticidade Associada à Carta de Atividade (VARGAS, 1992)

A Tabela VI.7 apresenta a caracterização de solos estudados na Região Metropolitana do Recife, incluindo os resultados desta pesquisa. Os grãos dos sedimentos da Formação Barreiras de Fácies Leque Distal / Planície Aluvial e de Leque Aluvial Proximal são predominantes em tamanho areia e em seguida de argila, sendo classificados, em sua maioria, como solos grossos pertencentes ao Grupo SC; quando classificados de solos finos, encontram-se no Grupo CL. Nestas duas fácies a maioria dos valores de índice de plasticidade (IP) e de limite de liquidez (LL) é baixa, estando associados às características mais arenosas dos sedimentos. Na fácies de Leque Aluvial Proximal ressalta-se a presença de pedregulhos nas camadas do solo. Nos sedimentos de Canal Fluvial também se observa a predominância de grãos tamanho areia. A maioria dos solos foi classificada no Grupo SC e/ou SM. Os Limites de Atterberg também são baixos nesta fácies. Em termos gerais os sedimentos da Formação Barreiras têm predominância de serem arenosos, com considerável teor de argila colaborando na ligação dos grãos e conseqüentemente na resistência ao cisalhamento.

Tabela VI.7: Caracterização de Solos Estudados na Região Metropolitana do Recife

Solo	Referência / Local	Classe	Granulometria				Limites de Atterberg		
			argila	silte	areia	pedreg	LL	IP	
Formação Barreiras	Leque Distal / Planície Aluvial	Nesta Pesquisa / Camaragibe	SC	43,5	1,8	37,7	17	36,7	15,2
		SM	12,9	9,2	77,7	0,2	NL	NP	
		CL	37,9-41,8	29,6-32,9	32,3-25,3	0-0,2	37,9-44,9	16,4-21,7	
		MH	53,0	7,7	39,3	0	52,3	22,5	
		SILVA (2007) / Camaragibe	SC	20-28	8-12	57-68	0-8	32-42	12-14
	BANDEIRA (2003)	SC e SM	10-35	4-24	58-85	0	20-31	6-11	
	Aluvial Mediano c/ influência Proximal	Nesta Pesquisa / Jaboatão	CL	43,2	3,3	49,3	4,2	42,4	17,7
	Canal Fluvial Entrelaçado	Nesta Pesquisa / Recife	SC	37,2	2,4	60,4	0	46,4	22,7
	Canal Fluvial	MEIRA (2008) / Recife	SM	20-29	3-8	66-72	0-1	25,7-25,9	7,9-9,2
		SANTANA (2006) / Recife	SC	17-20	4-13	65-67	2-6	24-29	7-12
			CL	0	47	53	0	36	14
			ML	0	32	65	3	36	12
		LAFAYETTE (2006) / Cabo	SC-SM	5-39	1-7	66-94	0,5-2,0	20-32	4-13
	Leque Aluvial Proximal	Nesta Pesquisa / Camaragibe	CL	45,4	2,9	47,3	4,4	48,5	23,5
			CH	72,7	7,6	19,6	0,1	58,8	29,4
SC			15,6	1,1	82,2	1,1	26,2	9,9	
GW-GS			5,9	1,4	32,0	60,7	NL	NP	
SC-SM			10,4	1,9	79,5	8,2	21,2	5,1	
LIMA (2002) / Recife		CS	58	3	39	0	42	16	
BANDEIRA (2003)		SC e SM	20-48	8-31	40-57	0-10	45-49	14-19	
Solo Residual	Jovem a Maduro de Granito-gnaiss	Nesta Pesquisa / Camaragibe	MH	70,4	14,8	14,8	0	63,1	26,1
	Maduro de Granito	SILVA (2007) / Camaragibe	SC	33	11	55	0	42	15
			CS	40-49	12-23	28-46	0	42-54	19-22
		LAFAYETTE (2006) / Cabo	SC	18-20	3-5	73,76	1-4	22-30	6-13
			CS	46	8	44	2	44	21
	Jovem de Milonito	Nesta Pesquisa / Jaboatão	MH	46,4	33,0	20,6	0	60,2	22,3
	Jovem a maduro de Milonito		CH	55,3	8,0	36,4	0,3	61,1	30,8
Maduro de Milonito	CH		60,4	1,8	37,5	0,3	53,2	16,3	

6.4.2 Ensaio de Resistência ao Cisalhamento

Os ensaios de resistência ao cisalhamento foram realizados através da prensa de cisalhamento direto, a qual visa avaliar a resistência ao cisalhamento dos solos em termos de tensões totais, utilizando o critério de ruptura de Mohr-Coulomb. Embora este ensaio apresente algumas limitações, tais como: plano de ruptura pré-determinado, que nem sempre corresponde ao plano de maior fraqueza; e a impossibilidade de medições das poro-pressões; por outro lado, tem sido de amplo emprego no meio geotécnico face a sua simplicidade (SOUZA NETO, 1998).

Os ensaios foram realizados na condição de corpo de prova inundado. Foram ensaiados todos os materiais de estudo em questão, exceto o solo pedregulhoso dos sedimentos da Formação Barreiras de Leque Aluvial Proximal. Neste tipo de fácies só foi possível realizar ensaios de resistência ao cisalhamento na camada que não havia presença de seixos, pois a existência de seixos de quartzito grosso (com dimensões de até 13 x 7 x 5 cm) dificultou a moldagem dos corpos de prova, além de comprometer o funcionamento da prensa (Figuras VI.26).

O ensaio foi realizado através da prensa de cisalhamento direto convencional produzida pela Ronald Top S/A, com sistemas de cargas verticais, através de peso em pendural. As leituras das deformações verticais e deslocamentos horizontais foram realizadas através dos extensômetros, da marca Mitutoyo, com sensibilidade de 0,01mm; e as forças horizontais aplicadas aos corpos de prova foram determinadas através de um anel de carga.

Os corpos de prova foram moldados em laboratório por meio de uma caixa prismática, de 4" (101,6mm) de aresta e altura de 38mm. Para o ensaio foram aplicadas tensões verticais de: 50 kPa; 100 kPa; 150 kPa e 200 kPa.

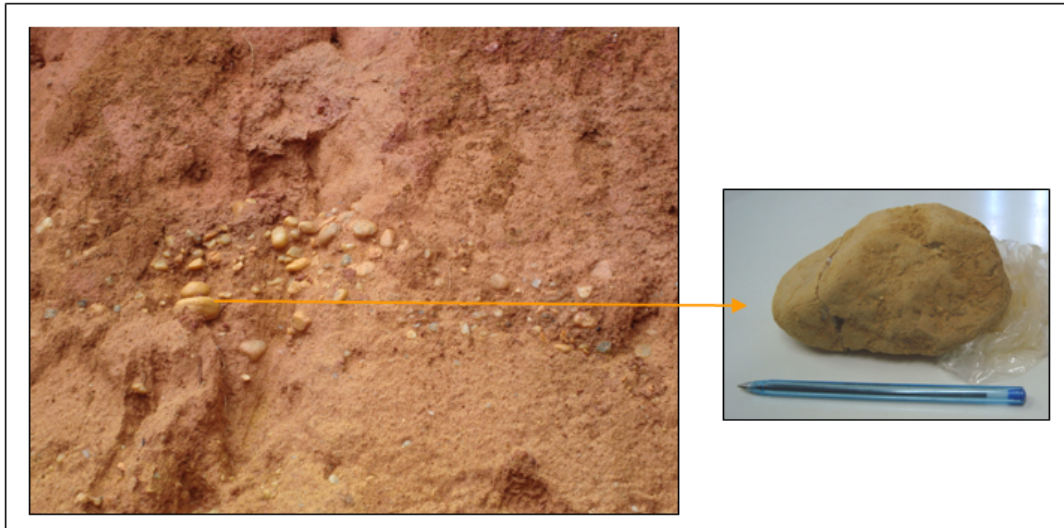


Figura VI.26: Sedimentos da Formação Barreiras de Leque Aluvial Proximal (Ostracil / Camaragibe).

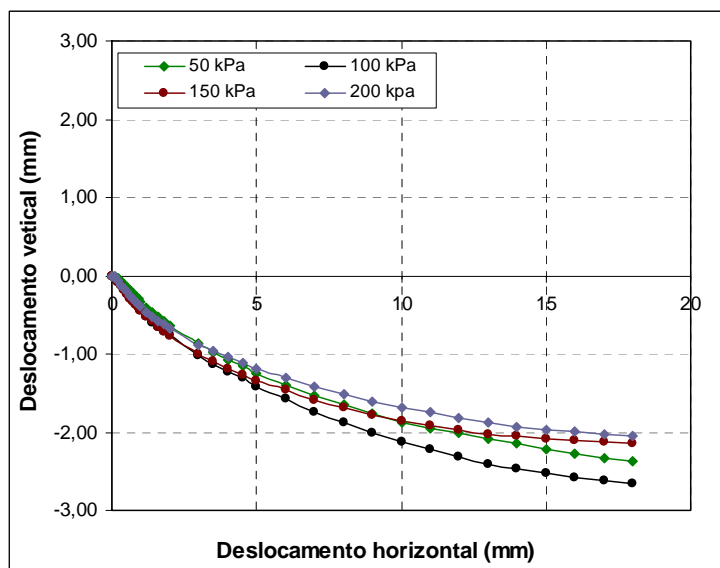
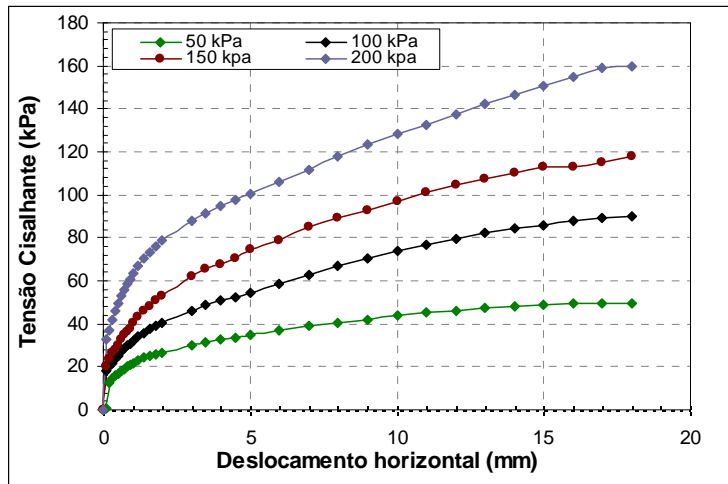
Os corpos de prova foram ensaiados na condição inundada, simulando invernos rigorosos, por apresentar a pior situação para deflagração dos escorregamentos de encostas. Eles foram inicialmente inundados por um período de 24 horas, sendo após este tempo, adensado por uma hora para estabilização dos recalques. O procedimento do ensaio seguiu as recomendações de HEAD (1980).

A velocidade de cisalhamento adotada no ensaio foi de 0,24 mm/min, a qual levou em consideração a não permissão do desenvolvimento de pressão neutra, para que o mesmo seja considerado drenado. Em cada tipo de material na formação geológica foram rompidos 04 corpos de prova. Em alguns ensaios, a máxima tensão de pico não foi bem definida, apresentando valores crescentes de tensão de cisalhamento com o deslocamento horizontal. Para os critérios de tensão de ruptura foram adotados os valores máximos de deslocamento horizontal. Os resultados dos ensaios de cisalhamento direto inundados estão apresentados nos itens a seguir.

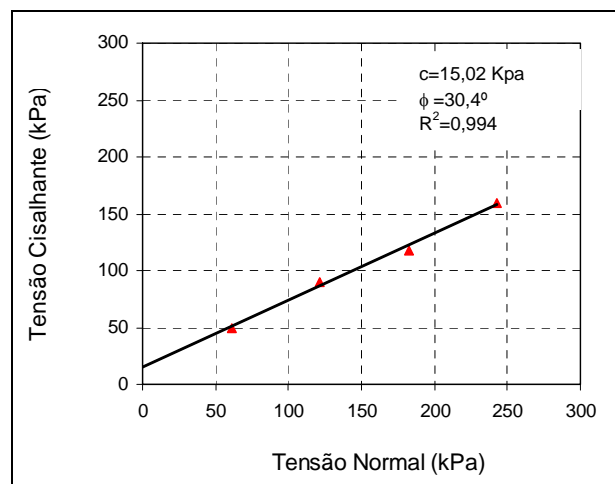
6.4.2.1 Resultados da Formação Barreiras de Fácies de Leque Distal / Planície Aluvial (Bairro dos Estados / Camaragibe)

Vale recordar que neste tipo de Formação Geológica foram retirados 04 blocos no perfil do solo. As Figuras VI.27 a VI.31 apresentam os gráficos de Deslocamento Horizontal (mm) versus Tensão Cisalhante (kPa) e os gráficos de Tensão Normal (kPa) versus Tensão Cisalhante (kPa), com os resultados da regressão linear (equação da reta), R^2 , coesão (c') e ângulo de atrito (ϕ').

As curvas $\tau x dh$ dos blocos 1 e 2 não evidenciam picos, apresentando valores de tensão de cisalhamento sempre crescente com a deformação horizontal, tendo comportamento de rupturas plásticas, com mobilizações das tensões cisalhantes máximas para elevados deslocamentos horizontais. Em todas as curvas que não evidenciaram picos foram levados em consideração os valores máximos tensões cisalhantes para a construção da envoltória de resistência ao cisalhamento. As curvas dos blocos 1 e 2 estiveram coerentes com o tipo do solo, com comportamento normalmente consolidado, no caso do bloco 1; e comportamento de uma areia fofa, no caso do bloco 2. As curvas $\tau x dh$ dos blocos 3 e 4 evidenciaram leves picos. As curvas deslocamento vertical *versus* deslocamento horizontal apresentaram amostras com comportamentos de compressão em todas as tensões de todas as amostras dos blocos.

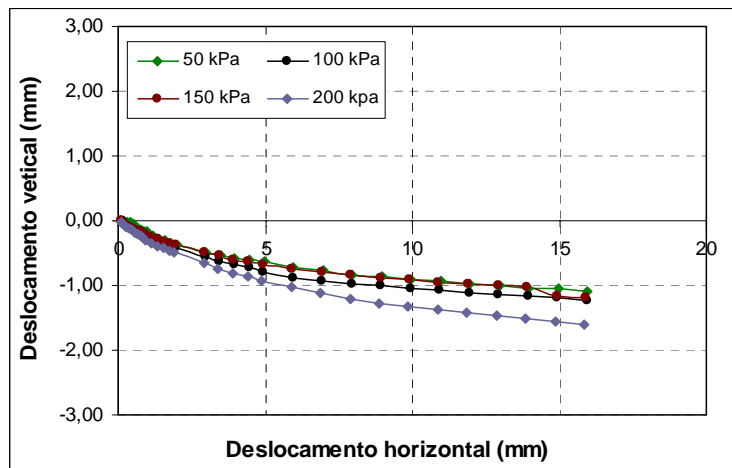
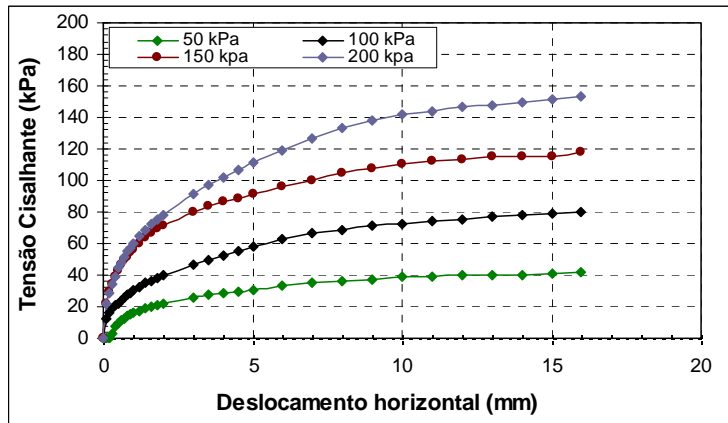


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal e deformação vertical x deformação horizontal*

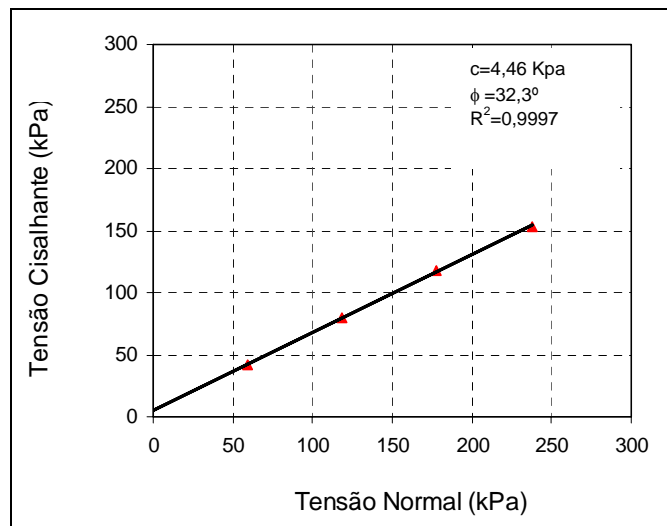


b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.27: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Leque Distal / Planície Aluvial (Bloco 1 - Solo SC)

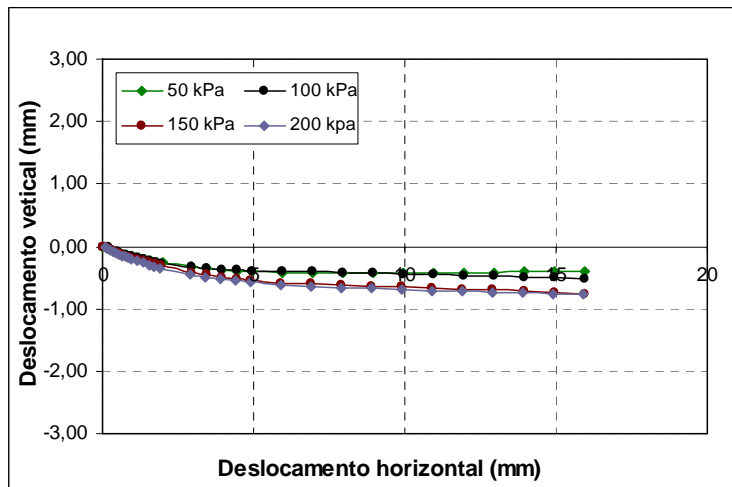
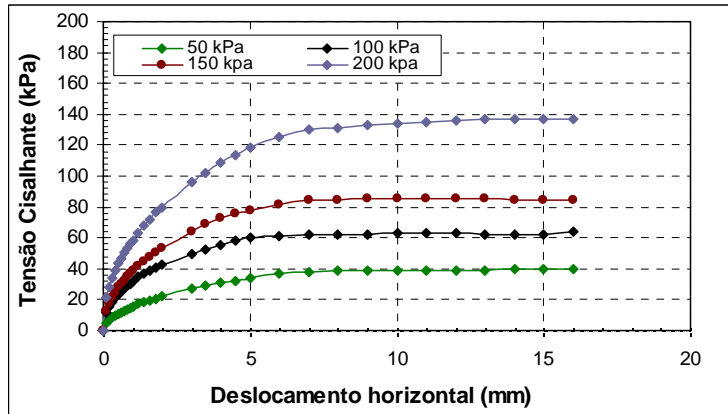


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal e deformação vertical x deformação horizontal*

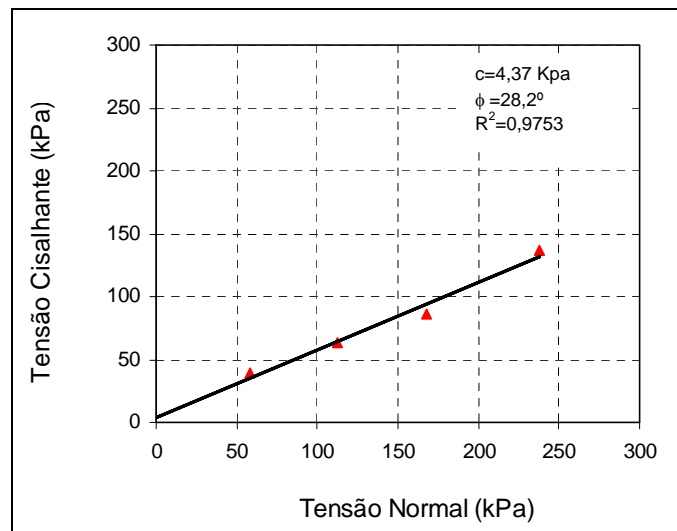


b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.28: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bloco 2 - Solo SM)

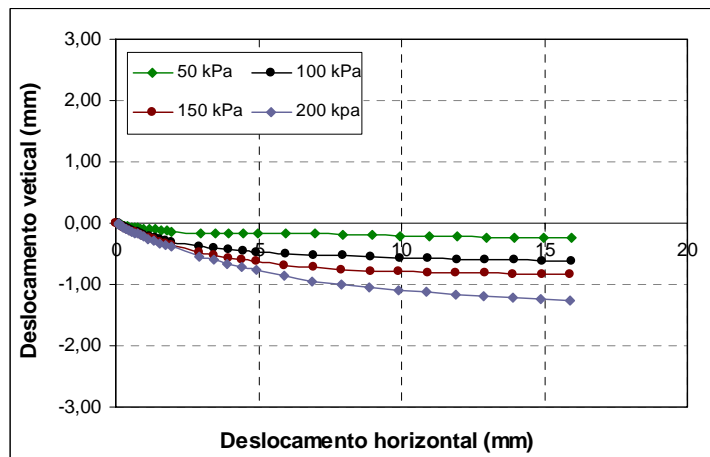
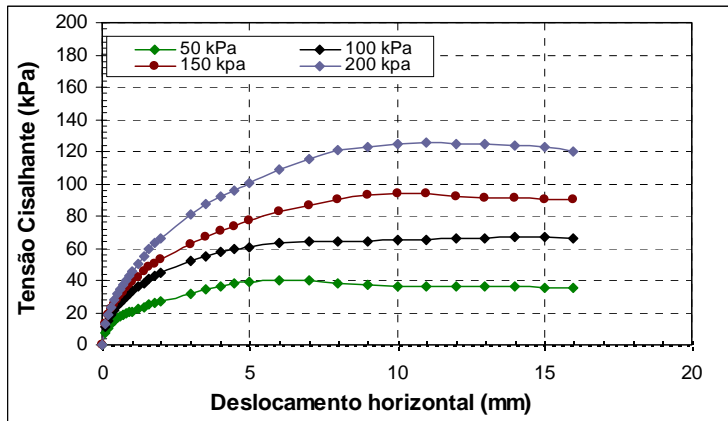


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal* e *deformação vertical x deformação horizontal*

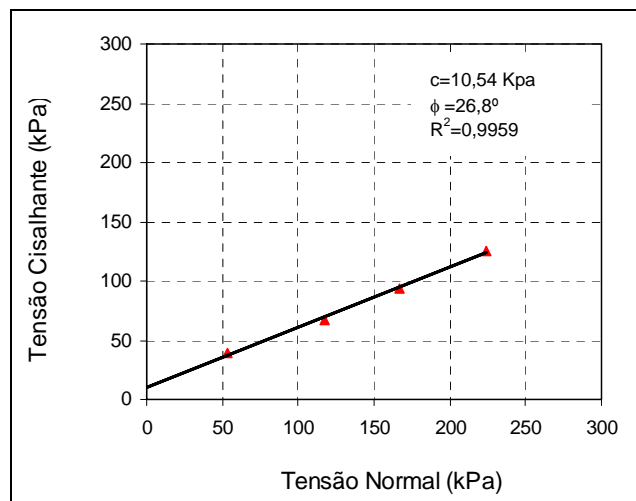


b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.29: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bloco 3 / Camada Amarela - Solo CL)

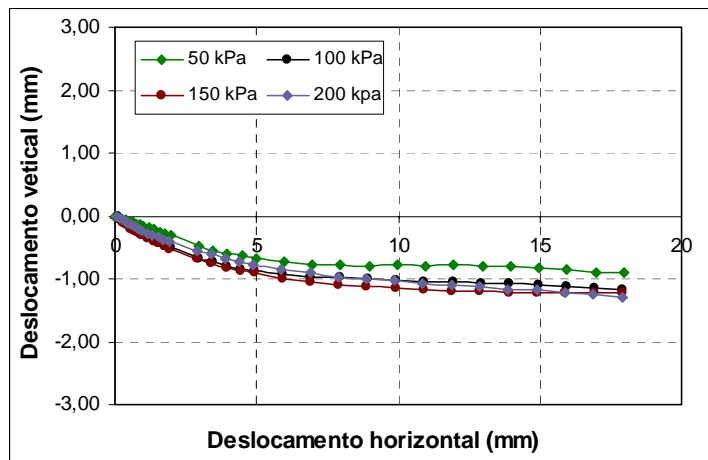
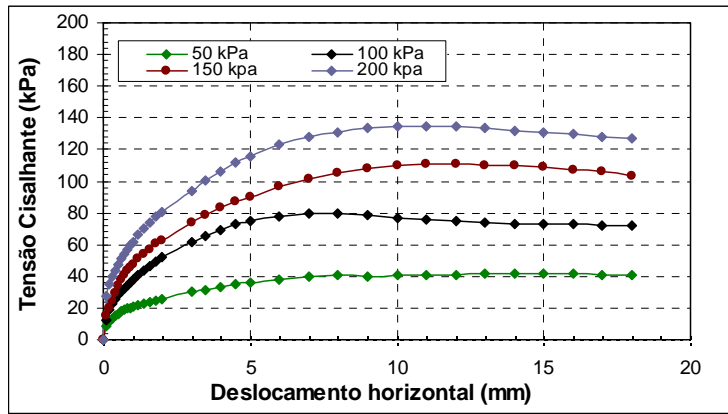


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal* e *deformação vertical x deformação horizontal*

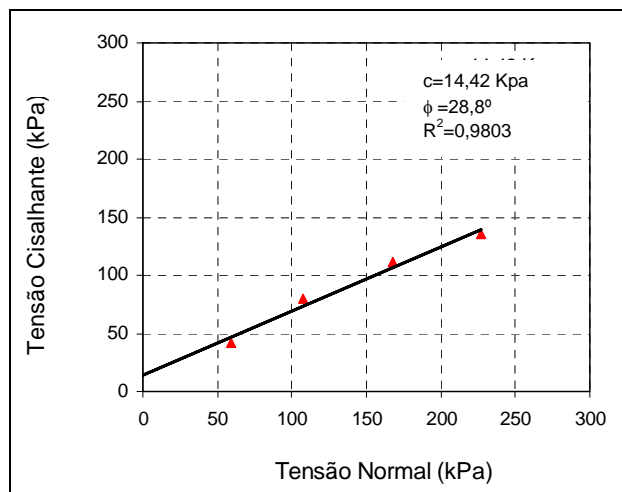


b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.30: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bloco 3 / Camada Vermelha - Solo CL)



a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal* e *deformação vertical x deformação horizontal*



b) Envolvória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.31: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo de Formação Barreiras de Planície Aluvial (Bloco 4 - Solo MH)

6.4.2.2 Resultados da Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe)

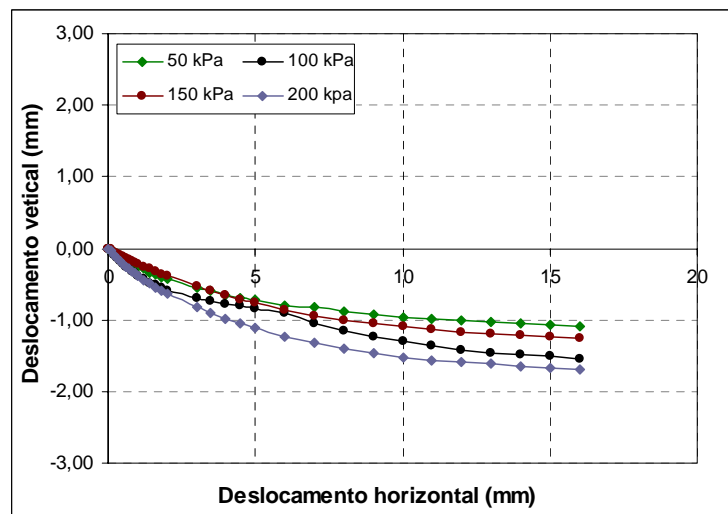
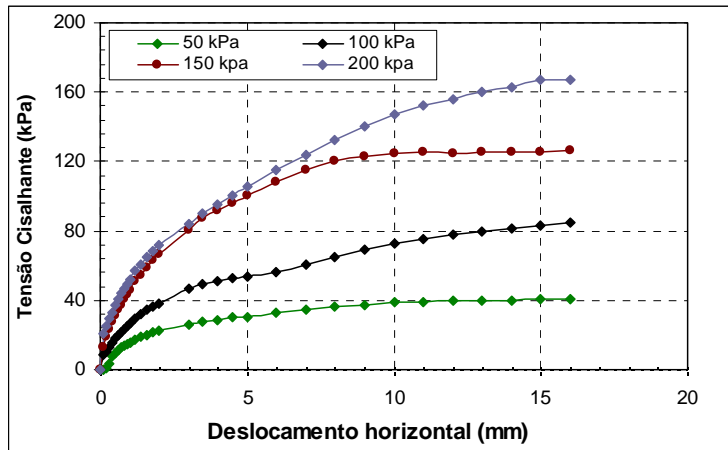
Os ensaios de resistência ao cisalhamento neste tipo de fácies foram realizados na camada classificada como areia argilosa, evitando a presença de pedregulho. A Figura IV.32 apresenta os gráficos de Deslocamento Horizontal (mm) versus Tensão Cisalhante (kPa) e Tensão Normal (kPa) versus Tensão Cisalhante (kPa), com os resultados da regressão linear (equação da reta), R^2 , coesão (c') e ângulo de atrito (ϕ').

As curvas $\tau \times dh$ não evidenciam picos, apresentando valores de tensão de cisalhamento sempre crescente com a deformação horizontal, tendo comportamento de rupturas plásticas, com mobilizações das tensões cisalhantes máximas para elevados deslocamentos horizontais. As curvas deslocamento vertical *versus* deslocamento horizontal apresentaram comportamentos de compressão em todas as tensões aplicadas.

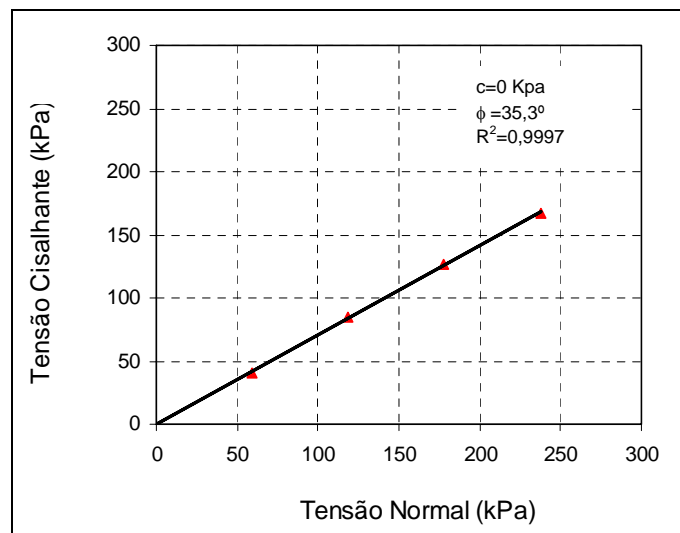
6.4.2.3 Resultados da Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife)

A Figura IV.33 apresenta os gráficos de Deslocamento Horizontal (mm) versus Tensão Cisalhante (kPa) e Tensão Normal (kPa) versus Tensão Cisalhante (kPa), com os resultados da regressão linear (equação da reta), R^2 , coesão (c') e ângulo de atrito (ϕ').

As curvas $\tau \times dh$ evidenciaram leves picos para as tensões de 150 e 200 kPa, nas demais os valores de tensão de cisalhamento esteve sempre crescente com a deformação horizontal. As curvas deslocamento vertical *versus* deslocamento horizontal apresentaram comportamentos de compressão nas tensões de 50 e 100 kPa e comportamento de compressão seguida de uma leve expansão nas tensões de 150 e 200 kPa.

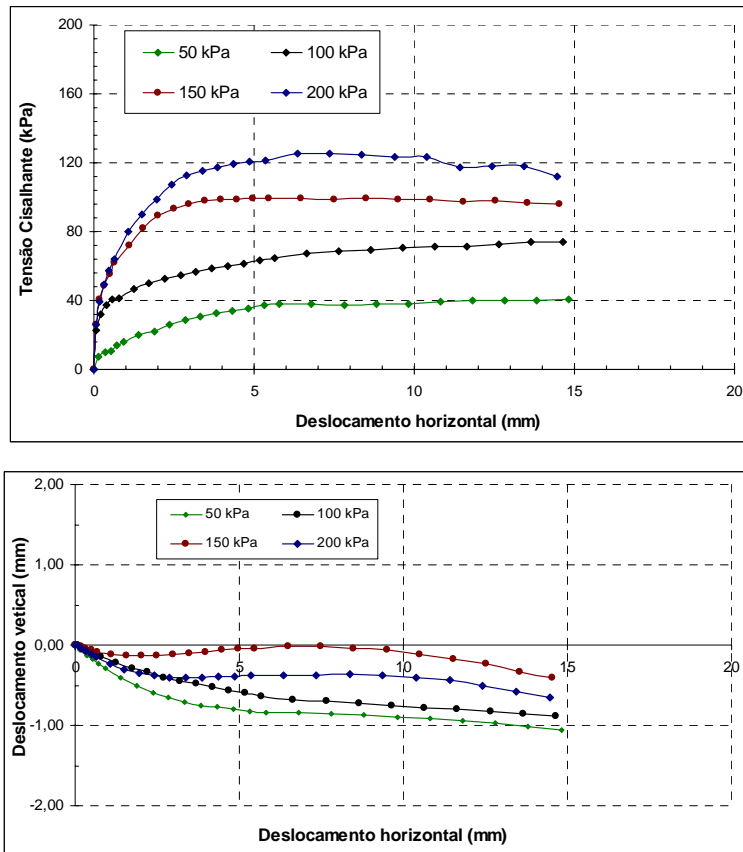


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal* e *deformação vertical x deformação horizontal*

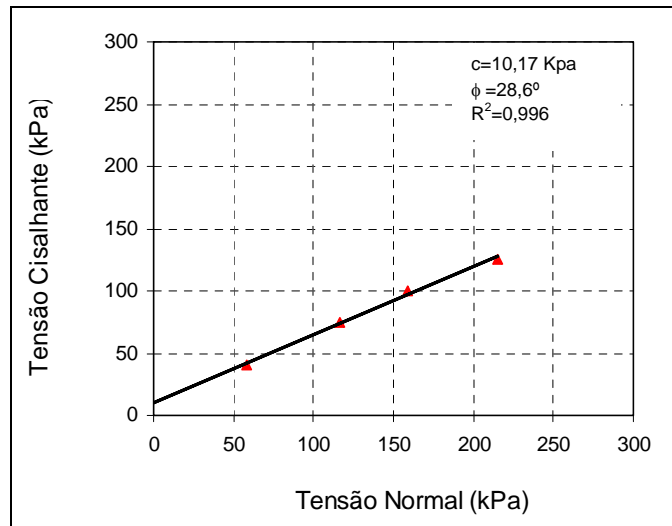


b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.32: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Formação Barreiras de Leque Proximal (Ostracil / Camaragibe - Solo SC)



a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal e deformação vertical x deformação horizontal*



b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.33: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo da Fm Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado (Dois Unidos / Recife - Solo SC)

6.4.2.4 Resultados da Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal (Alto Dois Carneiros / Jaboatão dos Guararapes)

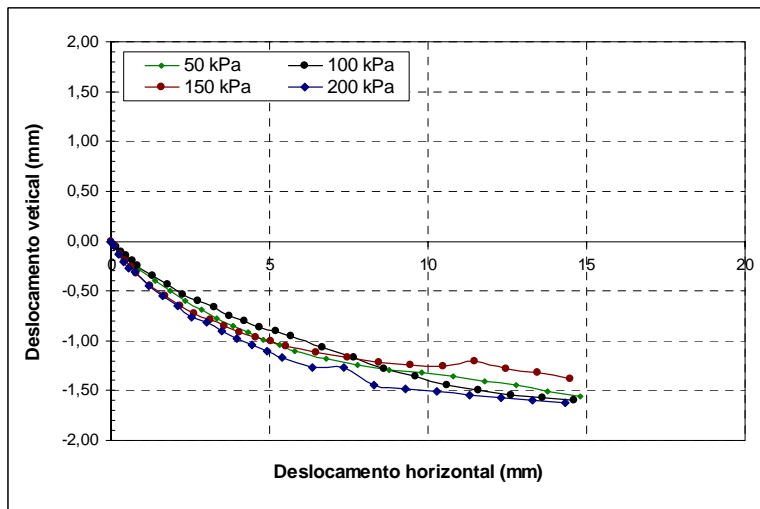
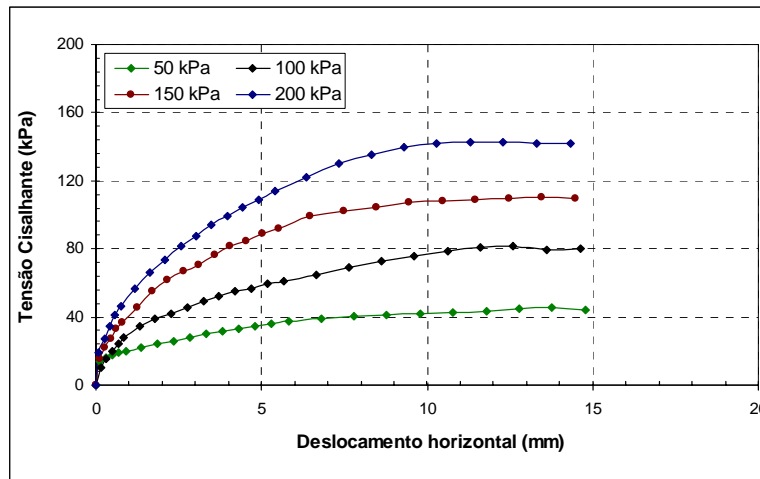
A Figura IV.34 apresenta o gráfico de Deslocamento Horizontal (mm) versus Tensão Cisalhante (kPa) e o gráficos de Tensão Normal (kPa) versus Tensão Cisalhante (kPa), com os resultados da regressão linear (equação da reta), R^2 , coesão (c') e ângulo de atrito (ϕ').

As curvas $\tau \times dh$ não evidenciaram picos, apresentando valores de tensão de cisalhamento sempre crescente com a deformação horizontal, tendo comportamento de rupturas plásticas, com mobilizações das tensões cisalhantes máximas para elevados deslocamentos horizontais. As curvas deslocamento vertical *versus* deslocamento horizontal apresentaram comportamentos de compressão em todas as tensões (50, 100, 150 e 200 kPa).

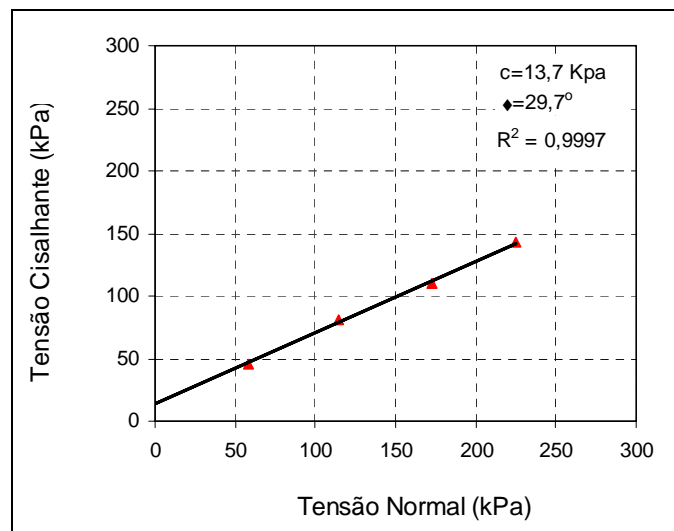
6.4.2.5 Resultados dos Solos Residuais

As Figuras VI.35 a VI.38 apresentam os gráficos de Deslocamento Horizontal (mm) versus Tensão Cisalhante (kPa) e os gráficos de Tensão Normal (kPa) versus Tensão Cisalhante (kPa), com os resultados da regressão linear (equação da reta), R^2 , coesão (c') e ângulo de atrito (ϕ') das amostras de solos residuais.

Observa-se que as curvas $\tau \times dh$ das amostras, em sua maioria, não evidenciam picos, apresentando valores de tensão de cisalhamento sempre crescente com a deformação horizontal. A exceção ocorreu na tensão mais baixa, de 50 kPa, evidenciando leves picos em três amostras. As curvas deslocamento vertical *versus* deslocamento horizontal apresentaram, na sua maioria, comportamentos de compressão, exceto na tensão de 50 kPa, do solo residual jovem de granito/evoluindo para o maduro, o qual teve comportamento de expansão.

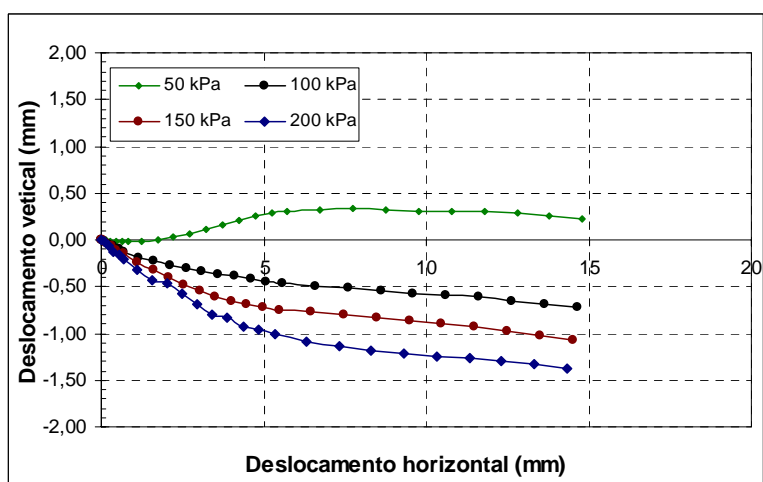
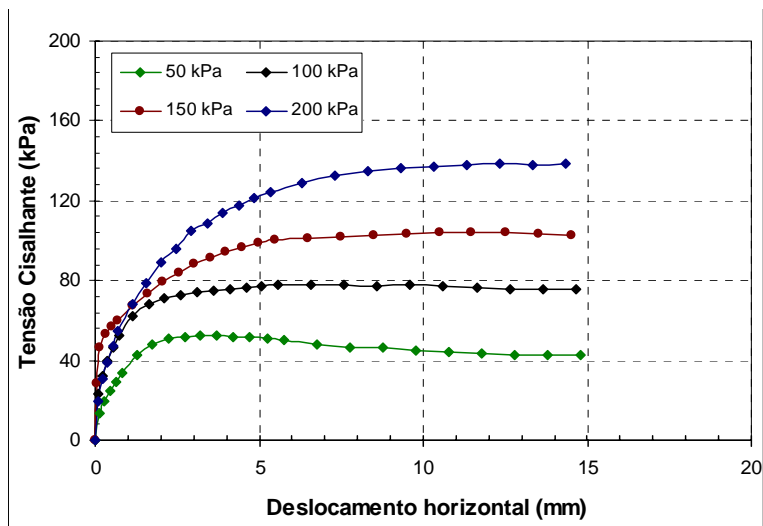


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal e deformação vertical x deformação horizontal*

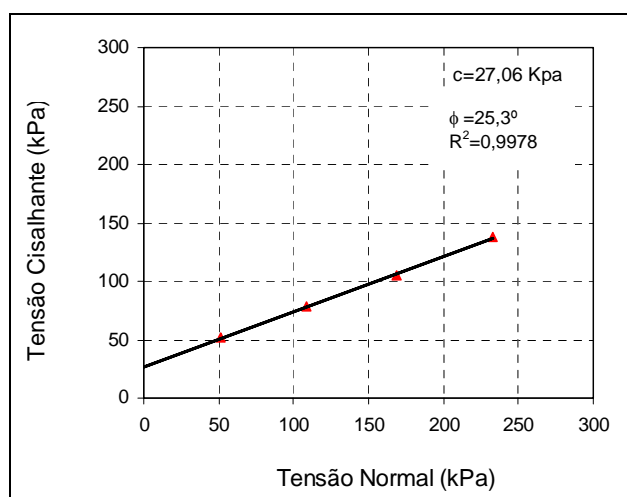


b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.34: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado)
Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com Influência Proximal

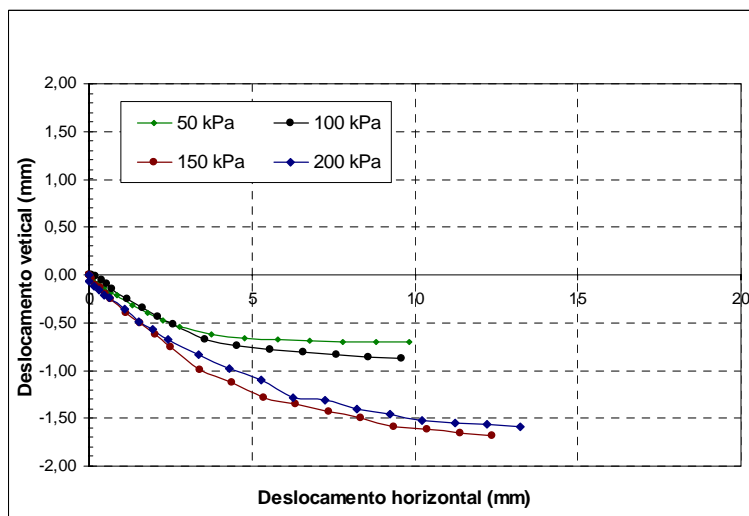
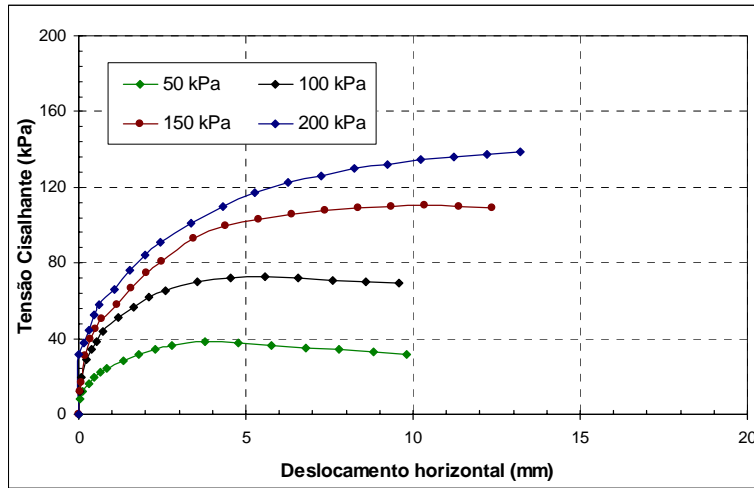


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal* e *deformação vertical x deformação horizontal*

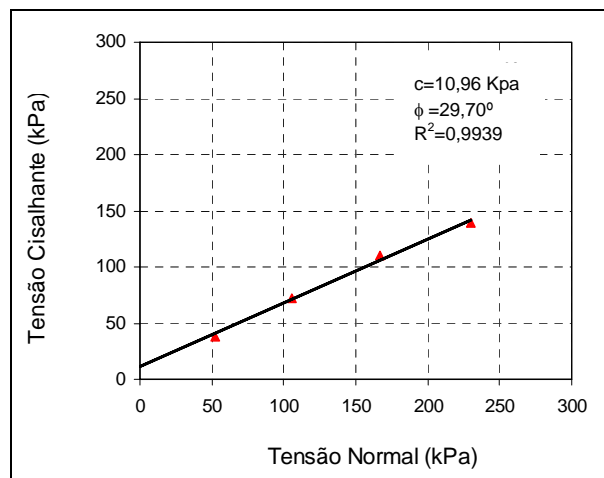


b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.35: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo Residual Jovem de Granito, evoluindo para o Maduro – Solo MH

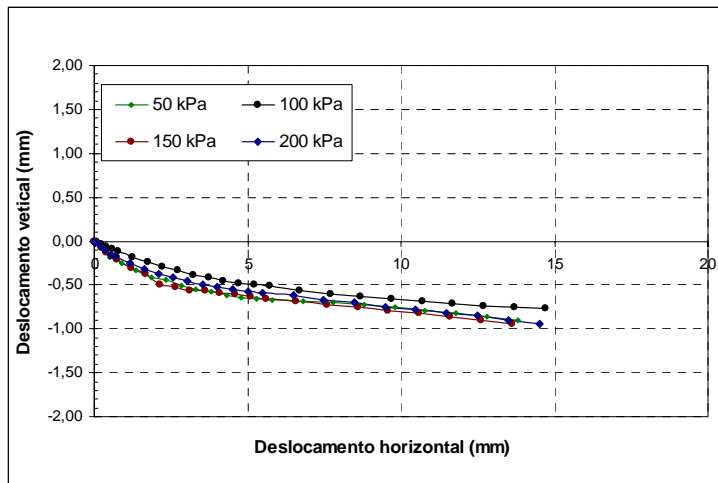
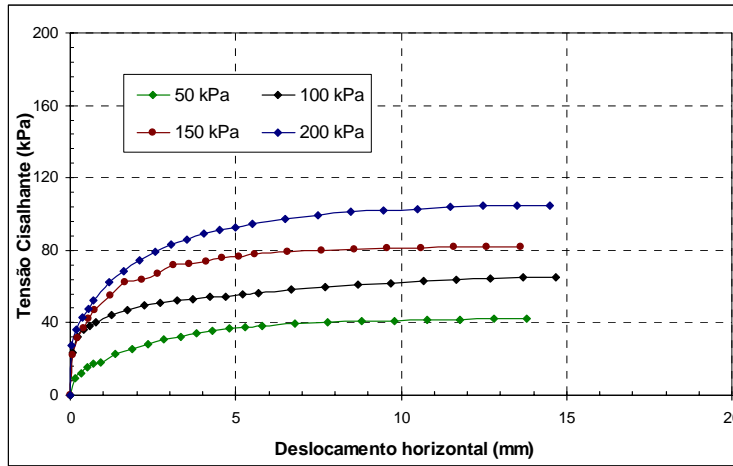


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal e deformação vertical x deformação horizontal*

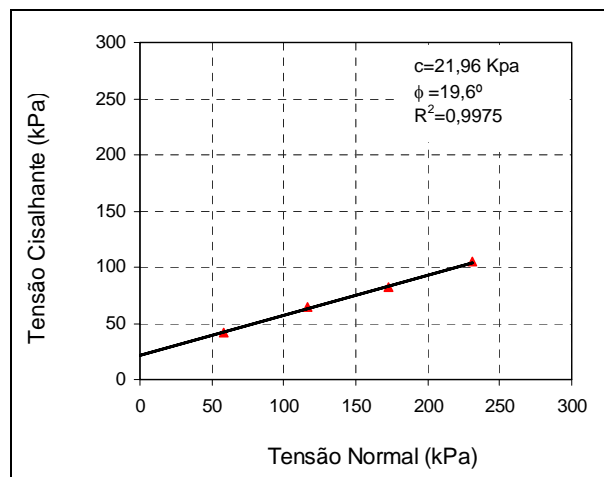


b) Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto

Figura VI.36: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo Residual Jovem de Milonito – Solo MH

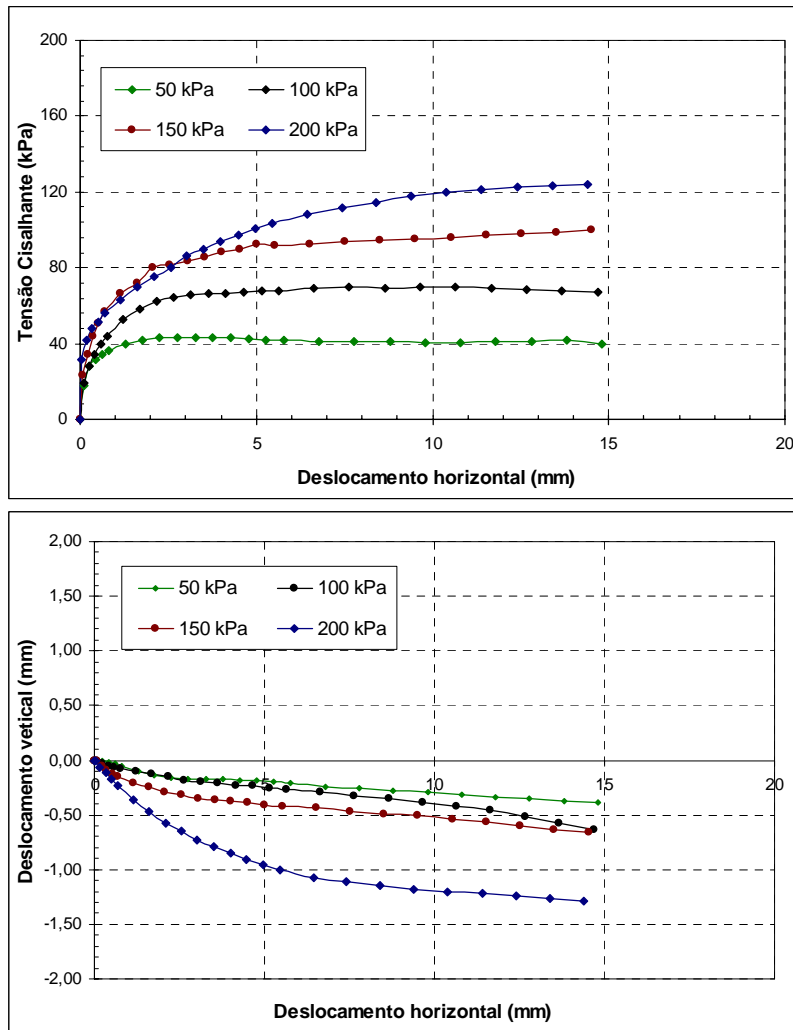


a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal e deformação vertical x deformação horizontal*

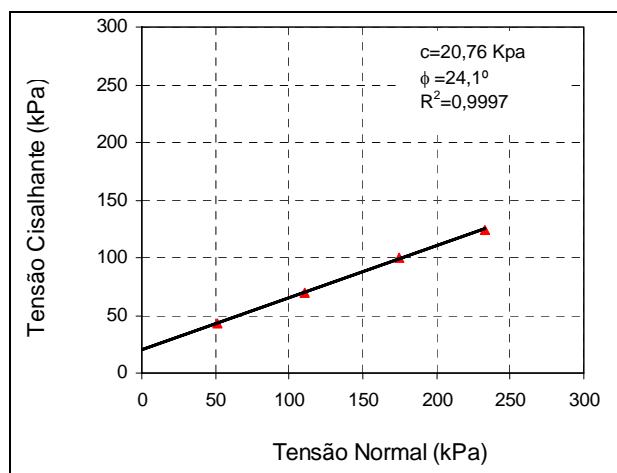


b) *Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto*

Figura VI.37: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo Residual Jovem de Milonito evoluindo para o Maduro – Solo CH



a) Curvas *tensão cisalhante x deformação horizontal e deformação vertical x deformação horizontal*



b) *Envoltória de Resistência dos Ensaios de Cisalhamento Direto*

Figura VI.38: Resultados de Cisalhamento Direto (Sucção 0 – Ensaio inundado) do Solo Residual Maduro de Milonito – Solo CH

As Tabelas VI.8 a VI.10 apresentam as condições iniciais e finais dos corpos de prova; e a Tabela VI.11 mostra uma síntese dos resultados dos parâmetros de resistência ao cisalhamento para os sedimentos da Formação Barreiras e para os solos residuais ensaiados.

Tabela VI.8: Condições Iniciais dos Corpos de Prova
(Solo de Formação Barreiras de Planície Aluvial)

Tipo de Solo	Bloco	σ_n (kPa)	Gs	Wo (%)	γ_{nat} - KN/m ³	e _o	So (%)
Fm Barreiras/ Planície Aluvial	1	50	2,68	23,75	18,44	0,80	79,85
		100		23,16	17,13	0,92	67,13
		150		25,62	18,67	0,80	85,73
		200		26,45	18,42	0,84	84,59
	2	50	2,64	9,25	16,46	0,75	32,46
		100		9,0	17,20	0,67	35,28
		150		8,80	16,57	0,73	31,69
		200		8,85	16,94	0,70	33,56
	3 Camada amarela	50	2,77	26,15	18,34	0,90	80,08
		100		26,51	19,01	0,84	87,08
		150		29,74	18,76	0,92	89,97
		200		30,82	18,00	1,01	84,31
	3 Camada vermelha	50	2,59	30,13	17,39	0,94	83,17
		100		29,61	16,97	0,98	78,43
		150		27,10	17,43	0,89	79,01
		200		28,54	17,11	0,95	78,15
	4	50	2,69	24,40	19,13	0,75	87,55
		100		25,38	19,21	0,76	90,34
		150		25,91	18,96	0,79	88,63
		200		25,32	19,18	0,76	89,90

Tabela VI.9: Condições Iniciais e no Adensamento dos Corpos de Prova (Solo de Formação Barreiras de Leque Proximal e Fluvial Entrelaçado)

Tipo de Solo	Bloco/Local	σ_n (kPa)	Gs	Wo (%)	γ_{nat} KN/m ³	e_o	So (%)
Fm Barreiras/ Leque Proximal	1 Ostracil	50	2,64	13,74	17,43	0,73	50,05
		100		13,58	17,64	0,70	51,13
		150		14,24	17,60	0,72	52,54
		200		14,92	17,43	0,74	53,12
Fm Barreiras/ Fluvial Entrelaçado	1 Dois Unidos	50	2,63	11,78	16,35	0,80	38,78
		100		11,18	15,51	0,89	33,18
		150		12,66	19,32	0,54	62,29
		200		13,88	19,59	0,53	68,81
Fm Barreiras/ com Influência Proximal	1 Alto Dois Carneiros	50	2,63	13,76	16,10	0,86	42,19
		100		14,26	17,83	0,68	54,74
		150		13,70	14,37	1,08	33,31
		200		14,24	16,48	0,82	45,53

Tabela VI.10: Condições Iniciais e no Adensamento dos Corpos de Prova (Solo Residual de Granito e Milonito)

Tipo de Solo	Bloco/Local	σ_n (kPa)	Gs	Wo (%)	γ_{nat} KN/m ³	e_o	So (%)
Solo Residual Jovem evoluindo p/ maduro de Granito	1 Alberto Maia	50	2,77	28,12	17,91	0,98	79,35
		100		28,65	17,35	1,05	75,30
		150		23,32	17,70	0,93	69,47
		200		28,39	16,80	1,12	70,41
Solo Residual Jovem de milonito	1 Sucupira	50	2,70	41,84	14,71	1,61	70,35
		100		42,23	14,91	1,58	72,29
		150		39,37	15,49	1,43	74,33
		200		22,96	16,53	1,01	61,40
Solo Residual Jovem evoluindo p/ maduro de milonito	1 Cavaleiro	50	2,68	23,75	18,44	0,80	79,85
		100		23,16	17,14	0,92	67,13
		150		25,62	18,68	0,80	85,73
		200		26,45	18,42	0,84	84,59
Solo Residual maduro de milonito	1 Vista Alegre	50	2,72	26,08	17,84	0,92	76,97
		100		24,69	17,40	0,95	70,84
		150		25,75	17,54	0,95	73,72
		200		22,96	16,46	1,03	60,58

Tabela VI.11: Resultados dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento (Condição Inundada)

Unidade Geológica		Classe	c'(kPa)	ϕ' (°)
Formação Barreiras	Leque Distal / Planície Aluvial	SC	15,0	30,4
		SM	4,5	32,3
		CL	4,4	28,2
		CL	10,5	26,8
		MH	14,4	28,8
	Leque Aluvial Proximal	SC	0	35,3
	Leque Aluvial Mediano com influência Proximal	CL	13,7	29,7
Canal Fluvial Entrelaçado	SC	10,2	28,6	
Solo Residual	Jovem a maduro de Rocha Granítica-Gnaissica	MH	27,1	25,3
	Jovem de Milonito	MH	11,0	29,7
	Jovem evoluindo p/ maduro de Milonito	CH	22,0	19,6
	Maduro de Milonito	CH	20,8	24,1

Os resultados obtidos neste estudo, para os sedimentos da Formação Barreiras, variam entre 0 a 15 kPa no intercepto de coesão; e de 27° a 35° no ângulo de atrito efetivo do solo, estando semelhantes aos apresentados na literatura para esse tipo de sedimento. No caso do solo residual, o intercepto de coesão variou de 11 a 27,1 kPa e o ângulo de atrito de 19,6° a 29,7°. Os valores de ângulos de atrito encontram-se próximo da faixa dos encontrados por MITCHELL & COUTINHO (1991), de 23° a 33° para solos em processo de laterização no Brasil. Ângulos de atrito na condição inundada de solos residuais de granito, na ordem de 29° também foram encontrados por BEVILAQUA et al. (2004) na região sul do Brasil (a partir de SILVA, 2007). O solo residual jovem de granito, evoluindo para o maduro, apresentou alto valor de coesão, 27,1 kPa. O valor mais baixo de ângulo de atrito (19,6°) foi encontrado no solo residual jovem de milonito, evoluindo para o maduro. Este material é o que os técnicos municipais chamam de “mole-mole”.

A Tabela VI.12 apresenta os parâmetros de resistência de materiais estudados na Região Metropolitana do Recife, junto com a classificação dos solos, associado às características geológicas.

Os parâmetros de resistência dos solos das fácies da Formação Barreiras e dos solos residuais, na condição inundada, estudados na RMR, variam da seguinte forma:

- Fácies de leque distal/planície aluvial: intercepto de coesão entre 0 a 15 kPa e ângulo de atrito efetivo do solo de 27° a 34°, em função da classe do solo;
- Fácies de canal fluvial: intercepto de coesão entre 0 a 9 kPa e ângulo de atrito efetivo do solo de 23° a 36°;
- Fácies de leque proximal: intercepto de coesão entre 0 a 12 kPa e ângulo de atrito efetivo do solo de 16° a 35°;
- Fácies de canal fluvial entrelaçado: intercepto de coesão entre 7,7 a 10,2 kPa e ângulo de atrito efetivo do solo de 28,6° a 35,7°;
- Em termos gerais, os sedimentos da Formação Barreiras apresentaram intercepto de coesão entre 0 a 15 kPa e ângulo de atrito efetivo do solo entre 16° a 36°.
- Os solos residuais maduros de granito apresentam intercepto de coesão entre 1,5 a 9,7 kPa e ângulo de atrito efetivo do solo entre 26,3° a 37°.
- Os solos residuais de milonito, em geral, apresentam intercepto de coesão entre 11 a 22 kPa e ângulo de atrito efetivo do solo entre 19,6° a 29,7°, dependendo se são jovens ou maduros.
- Comparando os resultados dos solos residuais de granito com o de milonito, percebe-se que os residuais de milonito apresentaram menores valores de ângulos de atrito efetivo dos solos, porém os valores de intercepto de coesão foram mais elevados.

Tabela VI.12: Parâmetros de Resistência dos Materiais Estudados na Região Metropolitana do Recife

Solo		Referência / Local	Classe	Condição do corpo de prova	c (kPa)	ϕ (°)	
Formação Barreiras	Canal Fluvial entrelaçado	COUTINHO et al. (1999) e SANTOS (2001) / Dois Irmãos	SC	Natural	13	41	
				Inundado	7,7	35,7	
		Nesta Pesquisa / Recife	SC	Inundado	10,2	28,6	
	Leque Distal / Planície Aluvial	SILVA (2007) / Camaragibe	SC	Natural	45-47	31-44	
				Inundado	0-3,7	31-34	
		Nesta Pesquisa / Camaragibe	SC	Inundado		15,0	30,4
					SM	4,5	32,3
					CL	4,4	28,2
					CL	10,5	26,8
	MH	14,4	28,8				
	Leque Aluvial Proximal	BANDEIRA (2003) / Camaragibe	ML	Inundado	12	29	
		LIMA (2002) Alto do Reservatório-Recife	SC	Natural	28-84	31-34	
				Inundado	1-10	16-32	
	Nesta Pesquisa / Camaragibe	SC	Inundado	0	35		
	Leque Aluvial Mediano/ Proximal	Nesta Pesquisa / Jaboatão	CL	Inundado	13,7	29,7	
Canal Fluvial	SANTANA (2006) / Recife	SC	Natural	20,28	31,8		
			Inundado	0	36,1		
		CL	Natural	43,57	43,7		
			Inundado	0	29,0		
		ML	Inundado	8,88	29,4		
			MEIRA (2008) / Recife	SM	Natural	1-4,2	28-34
	Inundado	0,4-3,5			23-29		
	LAFAYETTE (2006) / Cabo de S. Agostinho	SC	Natural	33 - 56	33- 36		
Inundado			1,5-1,8	33- 35			
Solo Residual	Maduro de granito	SILVA (2007) / Camaragibe	SC	Natural	42,3	43,7	
				Inundado	3,8	29,4	
		CL	Natural	9,8	29,2		
			Inundado	9,7	26,3		
	Maduro de Granito	BANDEIRA (2003) / Camaragibe	CL	Inundado	1,5-9,4	37	
	Maduro de Granito	LAFAYETTE (2006) / Cabo	CL	Natural	43-45	41	
				Inundado	7,6-8,2	30-31	
	Jovem a Maduro Granito-gnaiss	Nesta Pesquisa / Camaragibe	MH	Inundado	27,1	25,3	
Jovem de Milonito	Nesta Pesquisa / Jaboatão	MH	Inundado	11,0	29,7		
Jovem a maduro de Milonito	Nesta Pesquisa / Jaboatão	CH	Inundado	22,0	19,6		
Maduro de Milonito	Nesta Pesquisa / Jaboatão	CH	Inundado	20,8	24,1		

6.4.3 Ensaio de Permeabilidade

O ensaio de permeabilidade foi realizado em laboratório, em alguns materiais, através do equipamento Tri-Flex 2 (Figura VI.39), em condição saturada. O equipamento permite realizar ensaios simultaneamente em 03 amostras e tem capacidade de simular diferentes pressões. Podem ser realizados em amostras indeformadas, compactadas ou em corpos de prova de concreto.



Figura VI.39: Equipamento Tri-Flex-2

Nesta pesquisas as amostras foram indeformadas, cilíndricas, com dimensões de 10 cm de diâmetro e 10 cm de altura. A metodologia do ensaio pode ser vista em MEIRA (2008) e SANTANA (2006). Os resultados obtidos são mostrados na Tabela VI.13.

Através da Tabela VI.13 observa-se que as amostras de solos da Formação Barreiras de Leque Distal / Planície Aluvial, conforme seu perfil, possui uma camada de permeabilidade muito baixa ($5,511 \times 10^{-5}$ m/s) em relação as amostras da camada superior ($1,182 \times 10^{-0}$ m/s). No campo, esta “barreira” impermeável contribui para o acúmulo de águas que se infiltraram no solo não-saturado, resultando em considerável perda de resistência destes. A presença da barreira impermeável também é visível a “olho nu” através das camadas de laterita.

Tabela VI.13: Resultados das Permeabilidades Saturadas

Unidade Geológica		Classe	Permeabilidade (m/s)	Fração de finos (argila+silte) (%)
Formação Barreiras	Leque Distal / Planície Aluvial	SC	$4,585 \times 10^{-0}$	46
		SM	$1,182 \times 10^{-0}$	22
		CL	$5,511 \times 10^{-5}$	77
		MH	$2,315 \times 10^{-4}$	62
	Planície Aluvial Mediano com influência Proximal	CL	$3,351 \times 10^{-2}$	47
	Canal Fluvial Entrelaçado	SC	$7,639 \times 10^{-3}$	31
Solo Residual	Jovem a Maduro de Rocha Granítica-Gnaissica	MH	$8,488 \times 10^{-3}$	87
	Jovem de Milonito	MH	$4,703 \times 10^{-3}$	55
	Jovem evoluindo p/ maduro de Milonito	CH	$3,13 \times 10^{-3}$	65

Quanto aos solos residuais de milonito, classificados de MH e CH, observa-se que, apesar de apresentarem percentagens de finos maiores que o da Formação Barreiras, a permeabilidade se mostrou mais elevada. Nos solos residuais é comum encontrá-los com uma estrutura porosa, constituída por grumos (aglutinados de partículas argilosas e arenosas). Este tipo de estrutura deixa o solo com um comportamento semelhante a um solo granular (elevada permeabilidade, comportamento colapsível, etc) (SOUZA NETO, 1998). Este fato foi identificado nos solos residuais de milonito, através dos ensaios de granulometria, realizados com e sem defloculante.

A Tabela VI.14 apresenta resultados de estudos realizados nos solos da Região Metropolitana do Recife, a exemplo de COUTINHO et al. (1999), SILVA (2007), SANTANA (2006), LAFAYETTE (2000 e 2006) e LIMA (2002). Observa-se que a Formação Barreiras apresenta ampla faixa de valores de permeabilidade, variando de 10^{-0} a 10^{-7} m/s, dependendo de seu conteúdo de argila ou areia no perfil da fácies.

Tabela VI.14: Permeabilidade dos Solos da Região Metropolitana do Recife

Solo		Referência / Local	Classe	Permeabilidade (m/s)	
				Guelph	Tri Flex 2
Formação Barreiras	Leque Distal / Planície Aluvial	Nesta Pesquisa / Camaragibe	SC	---	$4,585 \times 10^{-0}$
			SM	---	$1,182 \times 10^{-0}$
			CL	---	$5,511 \times 10^{-5}$
			MH	---	$2,315 \times 10^{-4}$
		SILVA (2007) / Camaragibe	SC	$1,25 \times 10^{-6}$ a $3,6 \times 10^{-7}$	$1,22 \times 10^{-6}$ a $4,8 \times 10^{-7}$
	Planície Aluvial Mediano com influência Proximal	Nesta Pesquisa / Jaboatão	CL	---	$3,351 \times 10^{-2}$
	Canal Fluvial Entrelaçado	Nesta Pesquisa / Recife	SC	---	$7,639 \times 10^{-3}$
		COUTINHO et al. (1999) / Recife	---	$4,78 \times 10^{-5}$	---
	Canal Fluvial	MEIRA (2008) / Recife	SM	$1,3$ a $3,16 \times 10^{-5}$	$1,05$ a $2,3 \times 10^{-5}$
		SANTANA (2006) / Recife	SC	$1,89$ a $3,15 \times 10^{-5}$	$2,12 \times 10^{-5}$
			CL	---	$1,45 \times 10^{-6}$
			ML	---	$1,89 \times 10^{-5}$
	LAFAYETTE (2006) / Cabo	SC	$4,03$ a $8,94 \times 10^{-6}$	---	
	Leque Aluvial Proximal	LIMA (2002) / Recife	SC	$2,26$ a $5,53 \times 10^{-7}$	---
LAFAYETTE (2000) / Recife		SC	$2,5 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-5}$	
Solo Residual	Jovem a Maduro de Granito-gnaiss	Nesta Pesquisa / Camaragibe	MH	---	$8,48 \times 10^{-3}$
	Maduro de granito	SILVA (2007) / Camaragibe	CS	$1,1$ a $2,7 \times 10^{-7}$	$5,05$ a $8,76 \times 10^{-7}$
		LAFAYETTE (2006) / Cabo	---	---	$2,82$ a $4,83 \times 10^{-7}$
Jovem a Maduro de Milonito	Nesta Pesquisa / Jaboatão	CH/MH	---	$3,13$ a $4,7 \times 10^{-3}$	

CAPÍTULO VII

PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS E SUAS RELAÇÕES COM A PLUVIOMETRIA

7.1 HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA DE ESTUDO

Na Região Metropolitana do Recife há um registro de 202 mortes por deslizamentos de encostas, ocorridas nos últimos 25 anos (1984 a 2009). Esse número de mortes está distribuído em 73 ocorrências de processos severos de instabilidade de encostas (ver Tabela II.4, capítulo II).

No período de 1984 a 2009 foi registrado no município do Recife um número de 134 mortes, distribuídas em 37 ocorrências de processos de instabilidade de encostas. Já no município de Camaragibe foram registradas 17 mortes, distribuídas em 08 ocorrências. Em Jaboatão dos Guararapes este número é de 11 mortes, distribuídas em 06 ocorrências de deslizamentos com vítimas fatais (ver Figura II.27, capítulo II).

Durante a realização desta pesquisa foi construída uma base de dados de deslizamentos de encostas, ocorridos nos três municípios envolvidos na área de estudo. No levantamento das informações também foram considerados os registros históricos de deslizamentos sem vítimas fatais.

Em Camaragibe, o levantamento das informações foi realizado no período de 2001 a 2009. Para este intervalo registra-se 455 ocorrências de processos de instabilidade de encostas no município. A Figura VII.1 apresenta a distribuição mensal dessas ocorrências. Observa-se desta Figura que os meses que vai de fevereiro a julho foram registrados mais de 40 ocorrências mensais. Junho é o mês que historicamente apresenta maior número de ocorrências no município (total de 154 acidentes - 33,8%). No primeiro trimestre do ano (jan-fev-mar), historicamente registra-se 23% do total de ocorrências para o período considerado (2001 a 2009).

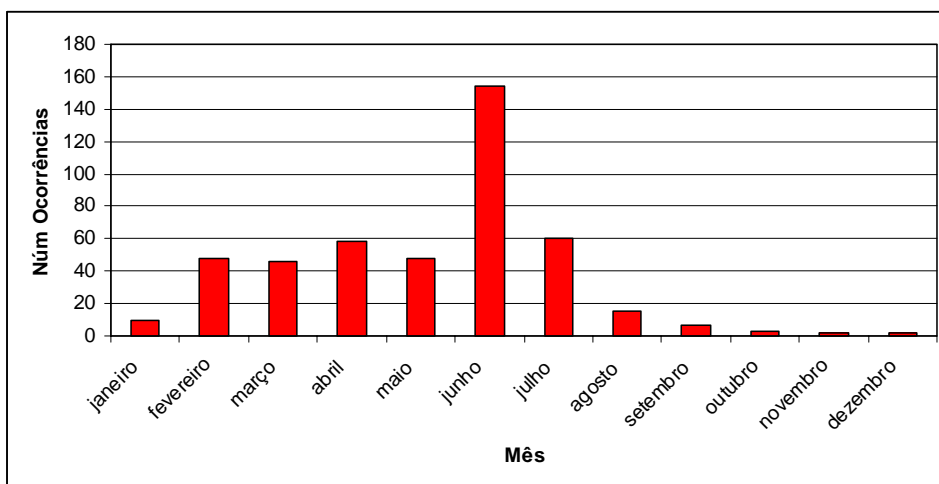


Figura VII.1: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências de Deslizamentos entre os Anos de 2001 a 2009 em Camaragibe

A análise dos dados levantados em Camaragibe permitiu identificar as localidades com maiores números de deslizamentos, possibilitando ter indicações sobre áreas mais susceptíveis aos processos. A Figura VII.2 apresenta as localidades dos 455 registros de movimentos de massa no município, ocorridos desde 2001. Desta Figura observa-se que a localidade de Bairro dos Estados apresenta-se com um histórico de 113 ocorrências de movimentos de massa (25% do total), indicando ser uma área de maior susceptibilidade aos processos de instabilização de encostas. Em seguida tem-se a localidade de Tabatinga, com um registro histórico de 74 deslizamentos (16% do total) indicando ser outra área de elevada susceptibilidade aos processos. As Figuras VII.3 a VII.6 apresentam ilustrações de ocupações nessas duas localidades.

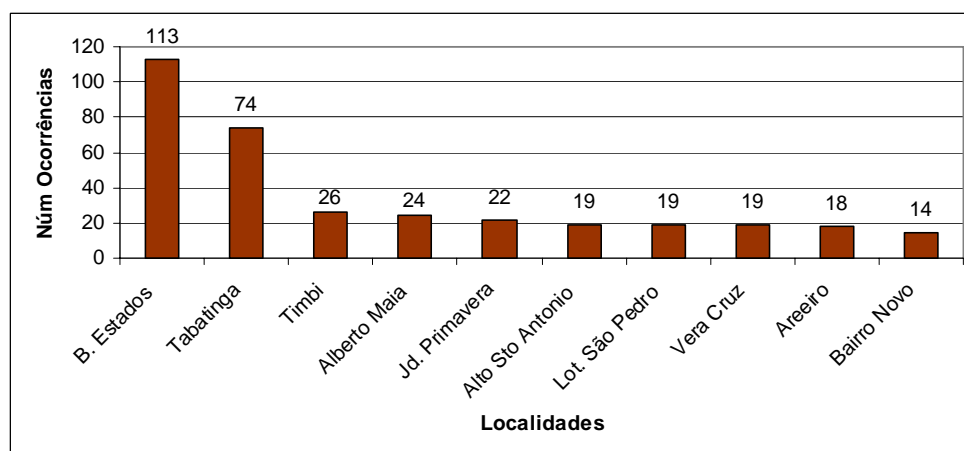


Figura VII.2: Histórico de Deslizamentos nas Localidades do Município de Camaragibe (2001-2009)



Figura VII.3: Ocupação na Localidade do Bairro dos Estados / Camaragibe



Figura VII.4: Ocupação na Localidade do Bairro dos Estados / Camaragibe



Figura VII.5: Ocupação na Localidade de Tabatinga / Camaragibe



Figura VII.6: Ocupação na Localidade de Tabatinga / Camaragibe

Em Jaboatão dos Guararapes, o levantamento dos registros dos processos de instabilidade de encostas foi realizado para o período de 2004 a 2009. Neste intervalo foram registradas 1.176 ocorrências de processos de instabilidade de encostas em todo o município. A Figura VII.7 apresenta a distribuição mensal dessas ocorrências. Observa-se que nos meses de fevereiro a julho foram registradas mais de 84 ocorrências mensais. O mês de junho historicamente apresenta maior número de ocorrências no município

(total de 382 acidentes - 32,5%). No primeiro trimestre do ano (jan-fev-mar), registra-se historicamente 23% do total das ocorrências, para o período considerado (06 anos). Vale ressaltar que os registros do ano de 2005, encontrados no levantamento realizado na prefeitura, são de apenas 15 ocorrências de deslizamentos, registrados no mês de maio. Sabe-se, no entanto, que deve ter ocorrido um maior número de deslizamentos no referido ano e que não estão contabilizados neste histórico.

O registro das informações do município de Jabotão dos Guararapes permitiu identificar as localidades que possuem maior histórico de deslizamentos de encostas. A Figura VII.8 apresenta as localidades dos 1.176 registros de processos de instabilidade de encostas no município, no período de 2004 a 2009. Desta Figura observa-se que as localidades de Vila Rica e Cavaleiro apresentam-se, cada uma, com histórico de mais de 100 ocorrências de movimentos de massa. As duas localidades somam 242 registros ($\approx 29\%$ do total) indicando serem áreas de maior susceptibilidade aos processos de instabilização de encostas. As Figuras VII.9 e VII.10 apresentam ilustrações de ocupações nessas duas localidades.

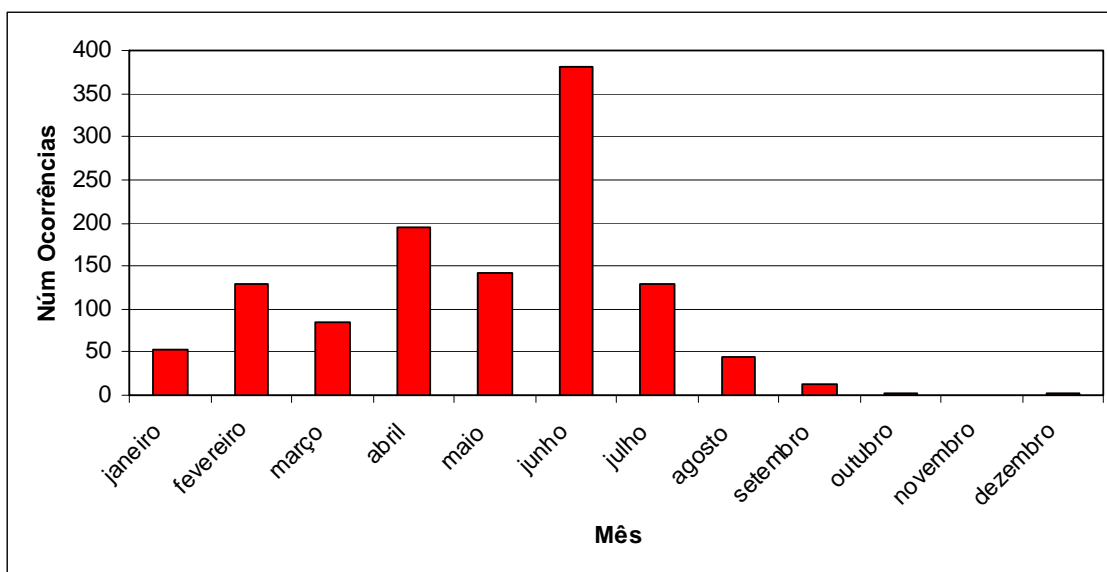


Figura VII.7: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências de Deslizamentos entre os Anos de 2004 a 2009 em Jabotão dos Guararapes

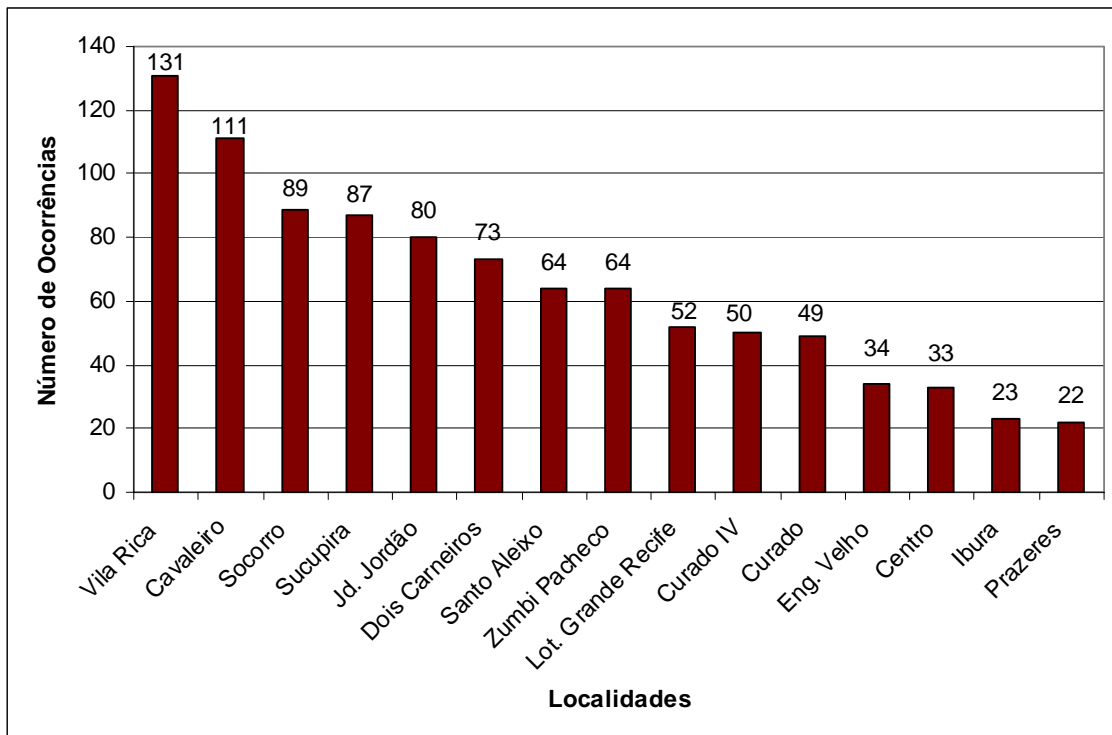


Figura VII.8: Histórico de Deslizamentos nos Bairros do Município de Jaboatão dos Guararapes (2004-2009)



Figura VII.9: Ocupação em Vila Rica (Foto: COMDEC-Jaboatão)



Figura VII.10: Ocupação em Cavaleiro (Foto: COMDEC-Jaboatão)

No município do Recife, para os anos anteriores a 2009, não foi possível obter os dados históricos detalhados dos deslizamentos. O número de ocorrências na cidade é bastante elevado e conseqüentemente o volume de fichas de vistorias. Como a prefeitura não dispõe de uma base de dados em meio digital, ficou impraticável realizar a pesquisa dos anos anteriores, em tempo hábil, face ao volume de informações e ao número de localidades envolvido nesta pesquisa. Então, para a cidade do Recife, o levantamento das ocorrências ficou restrito aos casos incluídos no Programa Auxílio Moradia. Neste programa são contempladas as famílias que tiveram suas residências destruídas por processos de instabilidade de encostas ou que se encontra em situações elevadas grau de desabamento, devido à instabilidade da encosta em processo avançado.

Devido às várias dificuldades encontradas no levantamento das informações da cidade do Recife, só foi possível consultar o cadastro das famílias incluídas no Programa Auxílio Moradia, dos anos de 2007 e 2008. Nesses dois anos, 63 famílias foram inseridas no Programa; foram anos que registraram precipitações pluviométricas anuais dentro da média histórica da cidade. Através do levantamento das informações verificou-se que o bairro do Ibura registrou maior número de casos de inclusão de famílias no Programa, nos últimos dois anos (18 famílias do total de 63 - 28%),

podendo ser uma indicação de área de alta susceptibilidade aos processos de instabilização de encostas (Figura VII.11). Este maior percentual também pode estar relacionado a uma comunidade mais ativa e envolvida nas ações da defesa civil.

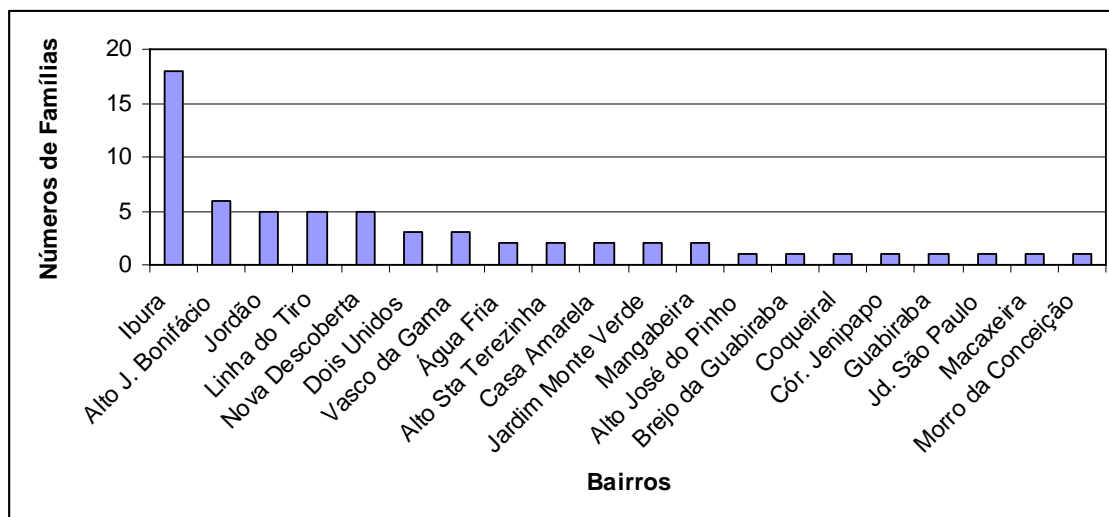


Figura VII. 11: Número de Famílias Incluídas no Programa Auxílio Moradia nos anos de 2007 e 2008 na Cidade do Recife

7.2 PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS NO ANO DE 2009

Na Região Metropolitana do Recife, o período chuvoso concentrado é de março à agosto. Em 2009, durante o período chuvoso, foram registradas as ocorrências de movimentos de massa nos municípios envolvidos nesta pesquisa.

Os dados das ocorrências foram levantados diretamente das fichas de vistorias das Defesas Civis dos municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes e a partir dos noticiários de jornais. As informações registradas pela imprensa constituem-se uma das principais fontes de dados disponíveis no Brasil. Muitos pesquisadores fazem uso desses elementos em suas pesquisas, pelo fato de serem acessíveis e trazerem uma cobertura relativamente satisfatória, no entanto essas informações devem ser analisadas, devido à prováveis erros nas ocorrências de informações. Este fato foi constatado através do acompanhamento dos índices pluviométricos da área de estudo, no ano de 2009, onde se observou que a notícia é generalizada para a área de influência da chuva e as informações referentes às durações das chuvas são divulgadas com imprecisões. Outro aspecto a ser considerado é que, em muitos casos, o evento pode não

ter sido noticiado, na imprensa, pois muitas vezes são registrados apenas os casos em que há danos materiais e às pessoas.

Durante o cadastramento foram registradas as ocorrências correlacionadas a processos de instabilidade de encostas (escorregamentos, erosões e desabamentos de muro), tomando as seguintes informações: município, local do evento, data da ocorrência e o tipo do movimento. No Capítulo II foi apresentado exemplo da planilha construída para a base de dados (Tabela II.5). Após a pesquisa das ocorrências, os dados de chuva foram inseridos na planilha.

Para o ano de 2009, o levantamento na área de estudo revelou os seguintes números de processos de instabilidade de encostas: 827 registros no município do Recife, 160 registros em Camaragibe e 380 registros em Jaboatão dos Guararapes, totalizando 1.367 ocorrências de processos de instabilidade de encostas na área de estudo. A Tabela VII.1 apresenta uma síntese dos resultados levantados. Das ocorrências registradas em 2009 nos municípios, 10 provocaram vítimas fatais, sendo registrados: 06 em Recife, 01 em Camaragibe e 03 em Jaboatão dos Guararapes.

Tabela VII.1: Número de Ocorrências de Movimentos de Massa em 2009

Município	Número de Ocorrências
Recife	827
Camaragibe	160
Jaboatão dos Guararapes	380
Total de Ocorrências	1.367

7.2.1 Processos de Instabilidade de Encostas no Município do Recife

A Defesa Civil do Recife atua em seu território, dividindo a cidade em Regionais: Regional Norte, Regional Noroeste, Regional Nordeste, Regional Sul, Regional Oeste e Regional Plana (ver Figura III.14, no capítulo 3). O levantamento das ocorrências de movimentos de massa realizado nesta cidade do Recife foi realizado através das Regionais atuantes nas áreas de morros, ou seja, a Regional Plana não fez

parte desta pesquisa, pois nela estão concentrados os problemas de enchentes e inundações.

Na cidade do Recife, as 827 ocorrências de processos de instabilidade de encostas, 258 (32%) ocorreram na Regional Norte; 234 (28%) na Sul; 143 (17%) na Noroeste; 108 (13%) na Nordeste e 84 (10%) na Regional Oeste (Figura VII.12). As Regionais Norte e Sul totalizaram 60% dos registros das ocorrências, indicando agregarem áreas com alta susceptibilidade aos processos de instabilidade encostas.

O levantamento das informações revelou que no período chuvoso de 2009, a localidade de Lagoa Encantada, situada na Zona Sul do Recife, apresentou maior número de processos de instabilização de encosta: foram 66 registros. O número de ocorrências nesta localidade foi praticamente três vezes maior que a segunda do ranking (24, no Córrego do Eucalipto, Zona Norte). A Figura VII.13 apresenta as localidades com pelo menos 10 registros de processos de instabilidade de encostas; e a Figura VII.14 apresenta a distribuição mensal das ocorrências, registradas na Cidade do Recife, no ano de 2009. Verifica-se desta figura que os meses de abril, junho e julho apresentam maiores registros de acidentes, os quais estão associados à pluviometria, conforme será discutida mais adiante.

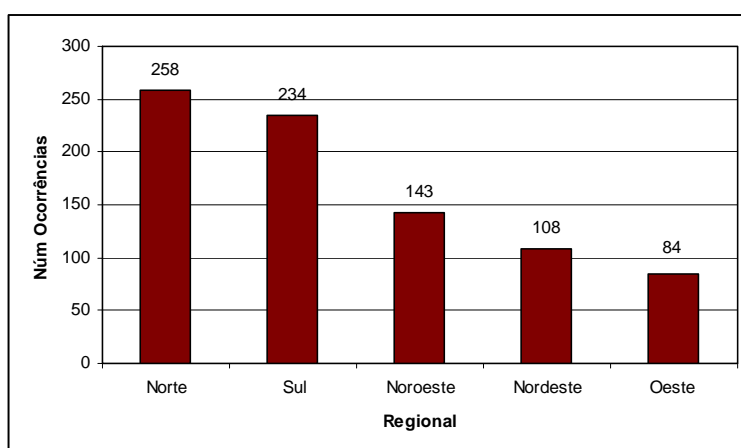


Figura VII.12: Número de Ocorrências da Cidade do Recife por Regional no Ano de 2009

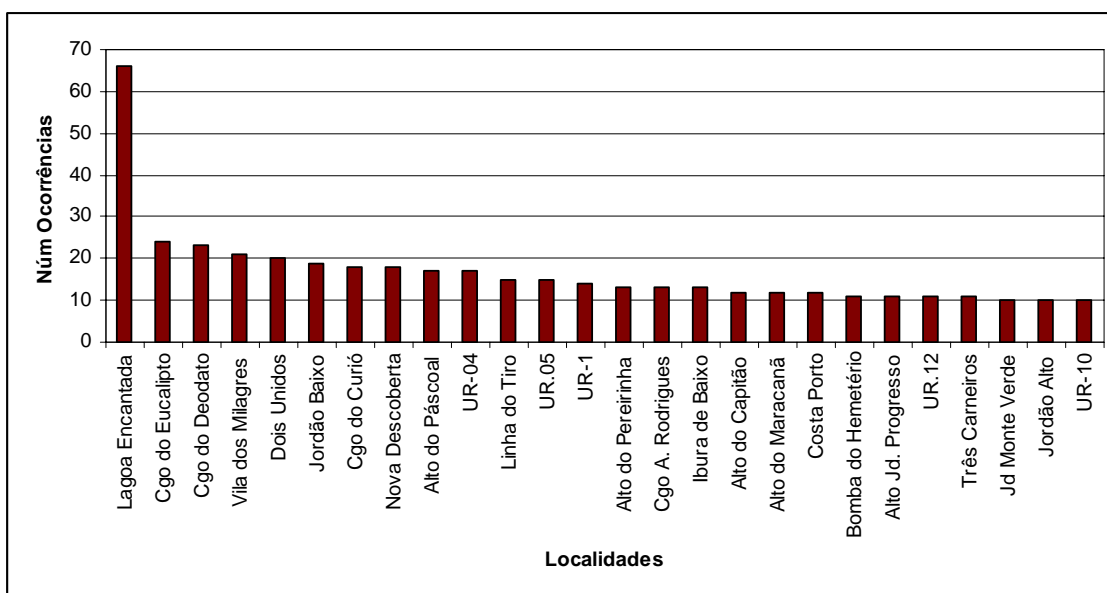


Figura VII.13: Localidades com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Recife no Ano de 2009

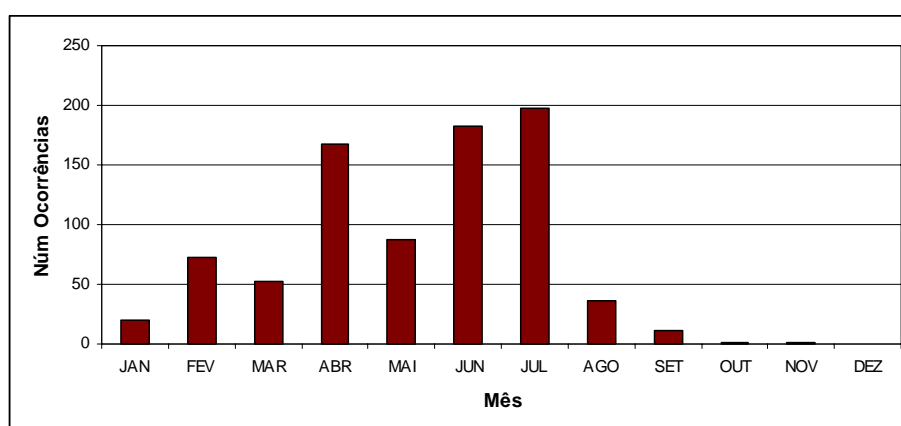


Figura VII.14: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências - Recife (2009).

Fazendo as análises das ocorrências de processos de instabilização de encostas nas localidades do Recife foram observadas, por Regional, as seguintes informações:

- Na **Regional Norte**, as localidades que registraram mais de 10 ocorrências foram (Figura VII.15): Córrego do Deodato (23), Dois Unidos (20), Córrego do Curió (18), Alto do Pascoal (17), Linha do Tiro (15), Alto do Pereirinha (13), Córrego Antônio Rodrigues (13), Alto do Capitão (12), Alto do Maracanã (12) e Bomba do Hemetério (11).

- Na **Regional Sul**, as localidades que mais registraram ocorrências de movimentos de massa foram (Figura VII.16): Lagoa Encantada (66), Jordão Baixo (19), UR-4 (17), UR-5 (15), Ibura de Baixo (13), Costa Porto (12), UR-12 (11), três Carneiros (11), Jordão Alto (10) e UR-10 (10).
- Na **Regional Noroeste**, as localidades que mais atingidas foram (Figura VII.17): Córrego do Eucalipto (24), Nova Descoberta (18), Alto Jardim Progresso (11), Alto José Bonifácio (9), Morro da Conceição (9), Alto N. Sra de Fátima (6), Córrego do Euclides (6), Macaxeira (6) e Vasco da Gama (6).
- Na **Regional Nordeste**, as localidades que mais registraram ocorrências de movimentos de massa foram (Figura VII.18): Córrego do Inácio (8), Sítio São Brás (8), Córrego do Jenipapo (7), Sítio dos Macacos (6), Alto do Refúgio (5), Córrego da Areia (5), Córrego Manoel Carroceiro (5), Córrego da Fortuna (4), Córrego do Marreco (4), Córrego Jardim Primavera (4), Córrego Manoel das Meninas (4) e Vila Canaã (4).
- Na **Regional Oeste**, as localidades mais atingidas foram (Figura VII.19): Vila dos Milagres (21), UR-1 (14), Jardim Monte Verde (10), UR-02 (9), Jardim Teresópolis II (7), Barreiras (4), 27 de Novembro (4) e Pantanal (4).

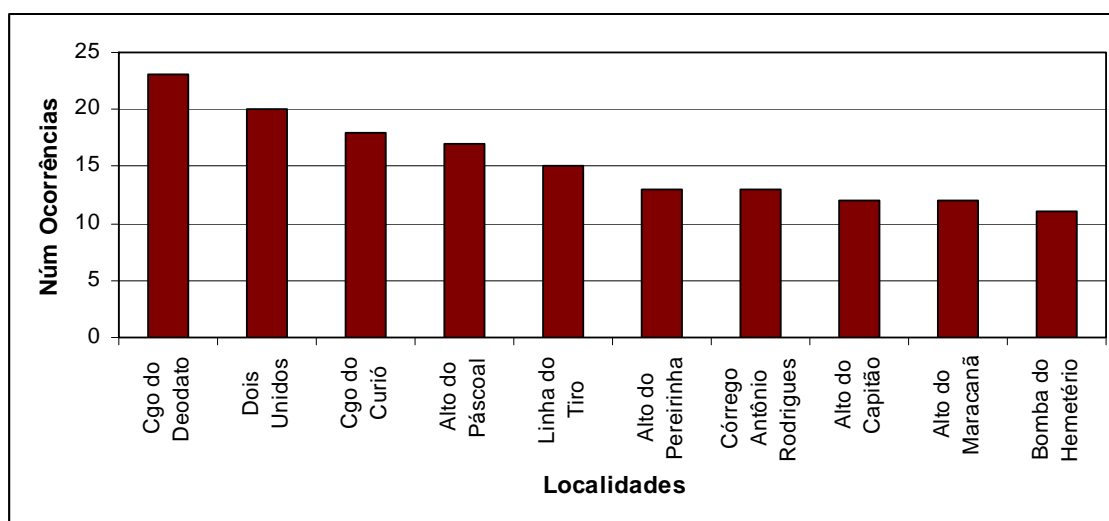


Figura VII.15: Localidades da Regional Norte, com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

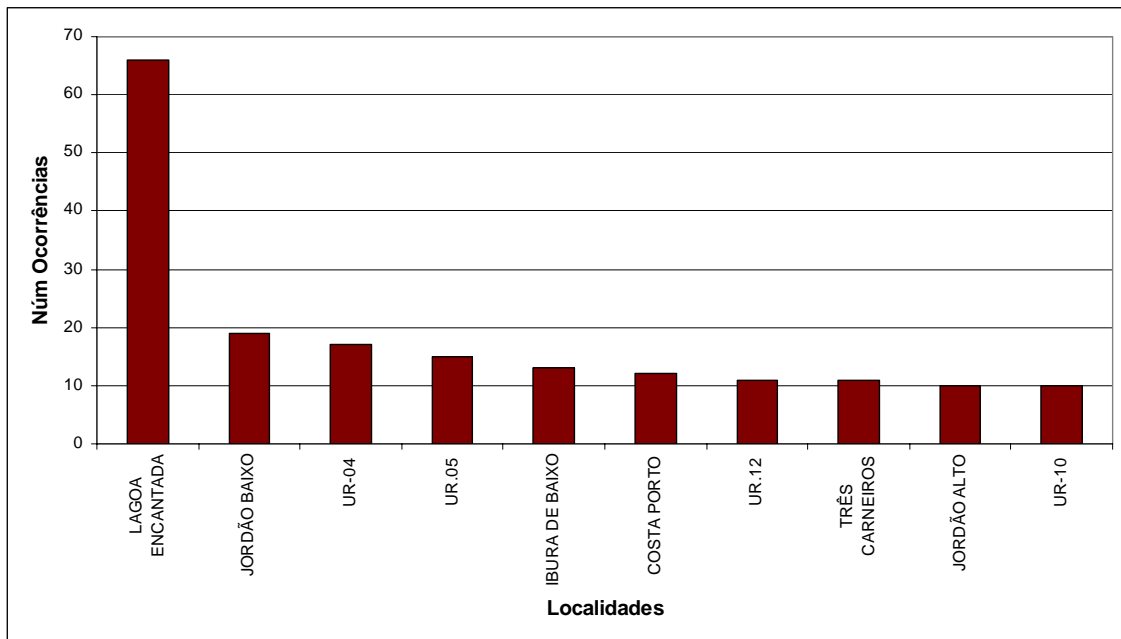


Figura VII.16: Localidades da Regional Sul com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

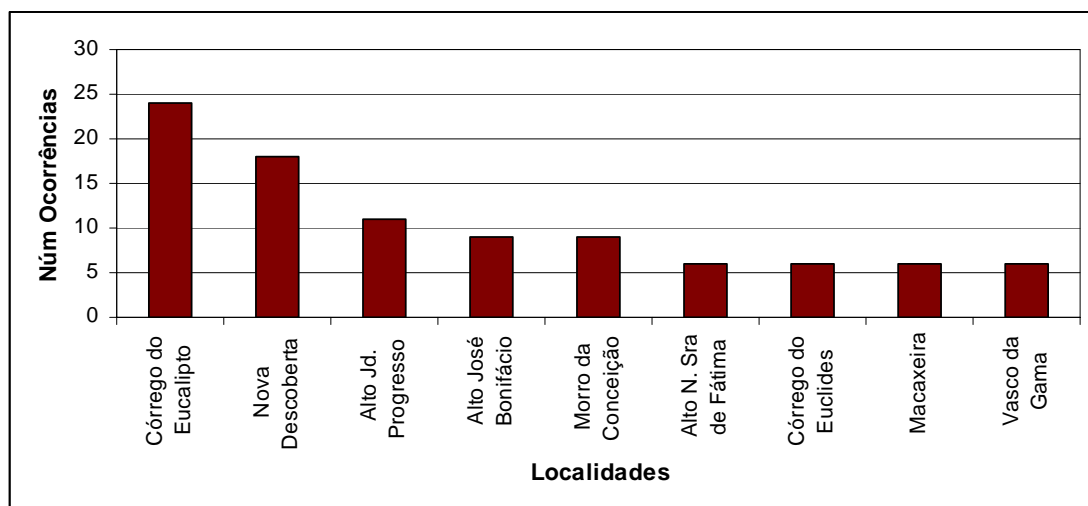


Figura VII.17: Localidades da Regional Noroeste, com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

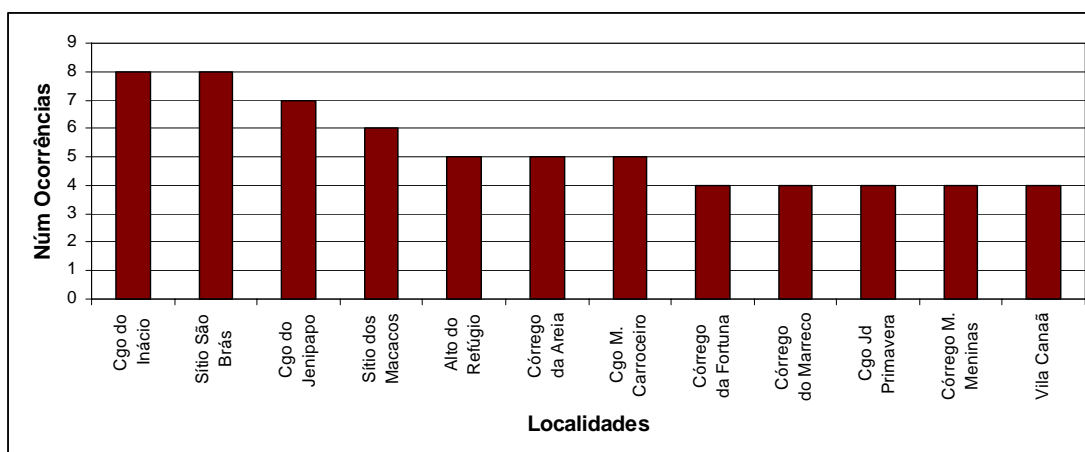


Figura VII.18: Localidades da Regional Nordeste, com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

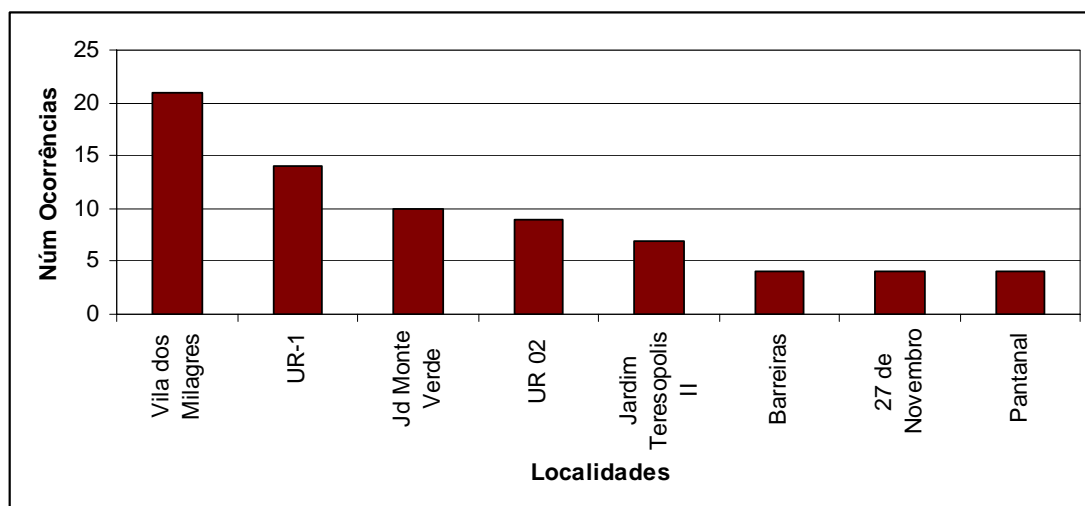


Figura VII.19: Localidades da Regional Oeste, com Maiores Registros de Ocorrências de Movimentos de Massa no Ano de 2009 (Recife)

A Figura VII.20 apresenta imagem de um local, na Regional Sul da cidade do Recife, em que houve deslizamento registrado no dia 14 de janeiro de 2009. Neste dia o índice de chuva diário não foi elevado, mas associado ao vazamento de uma tubulação de água, provocou a morte de 05 pessoas de uma única família. A Figura VII.21 apresenta ilustração de um deslizamento registrado em 13 de junho de 2009, também na Zona Sul do Recife. Neste dia foi registrado um volume de 160 mm em 48h, o qual agiu como fator acionante ou agravante do processo, provocando a destruição de uma moradia.



Figura VII.20: Vista de Área de Deslizamento com Morte Devido à Vazamento de Tubulação de Água, em 14/01/09 (Zona Sul do Recife)



Figura VII.21: Deslizamento com Destruição do Imóvel em 13/06/09 (Zona Sul do Recife)

7.2.2 Processos de Instabilidade de Encostas no Município de Camaragibe

Das 160 ocorrências de processos de instabilidade de encostas registradas no município, no ano de 2009, um percentual de 45% (66 registros) ocorreu na Área II (Figura VII.22). Este maior percentual ocorrido na Área II é explicado devido ao maior agrupamento de localidades nesta Área, com total de 13 bairros, sendo Alberto Maia e Timbí os mais críticos. Das 12 localidades que apresentaram maiores registros de acidentes, 07 encontram-se na Área II.

Considerando todo o município verificou-se que os registros estiveram concentrados nas seguintes localidades: Tabatinga (24), Bairro dos Estados (24), Alberto Maia (15), Timbí (13) e Vera Cruz (10), com número de ocorrências igual ou superior a 10 (Figura VII.23). Desse resultado observa-se que há um destaque nas localidades de Tabatinga e Bairro dos Estados dando indícios de áreas mais problemáticas do município.

A Figura VII.24 apresenta a distribuição mensal das ocorrências de movimentos de massa no ano de 2009. Observa-se nesta figura que os meses de fevereiro, abril e julho apresentam maiores registros, os quais estão associados à pluviometria.

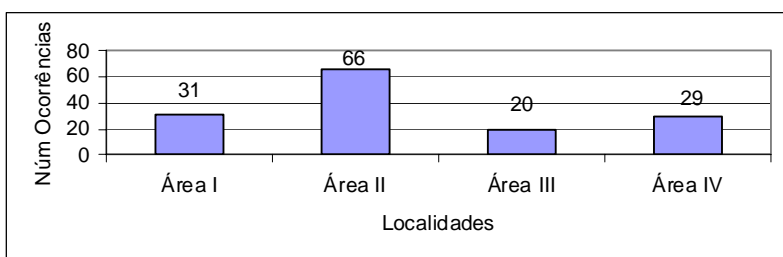


Figura VII.22: Distribuição das Ocorrências por Área - Camaragibe (2009).

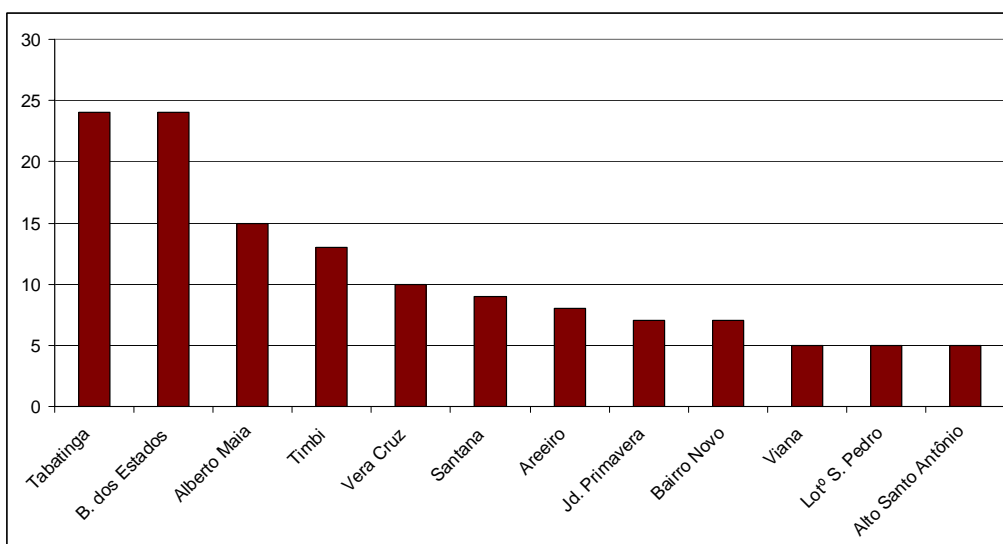


Figura VII.23: Localidades com Maiores Números de Ocorrências em Camaragibe no Ano de 2009.

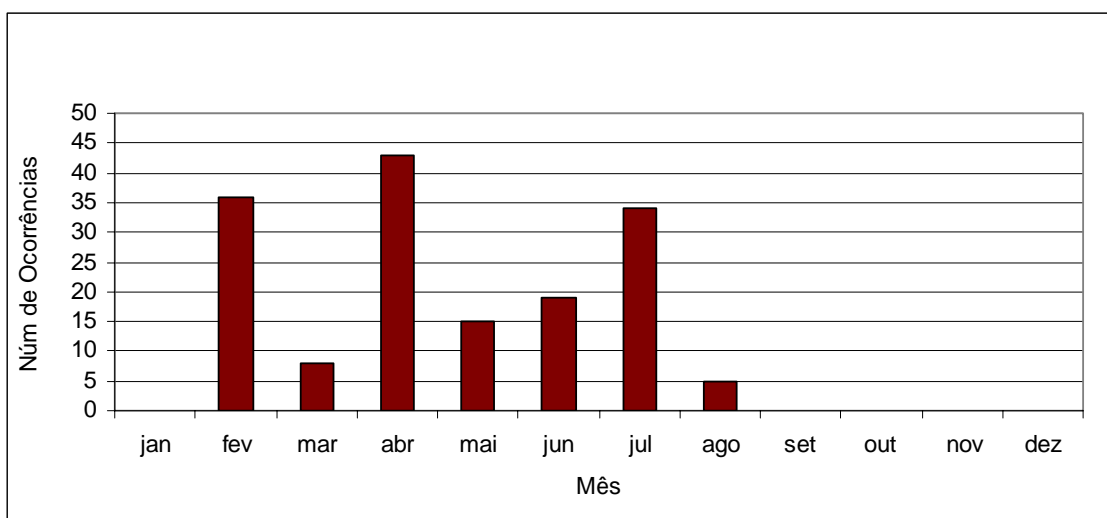


Figura VI.24: Distribuição Mensal das Ocorrências em Camaragibe (2009).

7. 2.3 Processos de Instabilidade de Encostas em Jaboatão dos Guararapes

Em Jaboatão dos Guararapes, no ano de 2009, foram registradas 380 ocorrências de movimentos de massa, onde 193 ocorreram nas Regionais de Jaboatão Centro e Cavaleiro, sendo responsáveis por 77 % dos registros. A Regional de Jaboatão Centro registrou 150 ocorrências (39,5%) e a Regional de Cavaleiro, 143 ocorrências (37,6%). A Figura VII.25 apresenta este resultado.

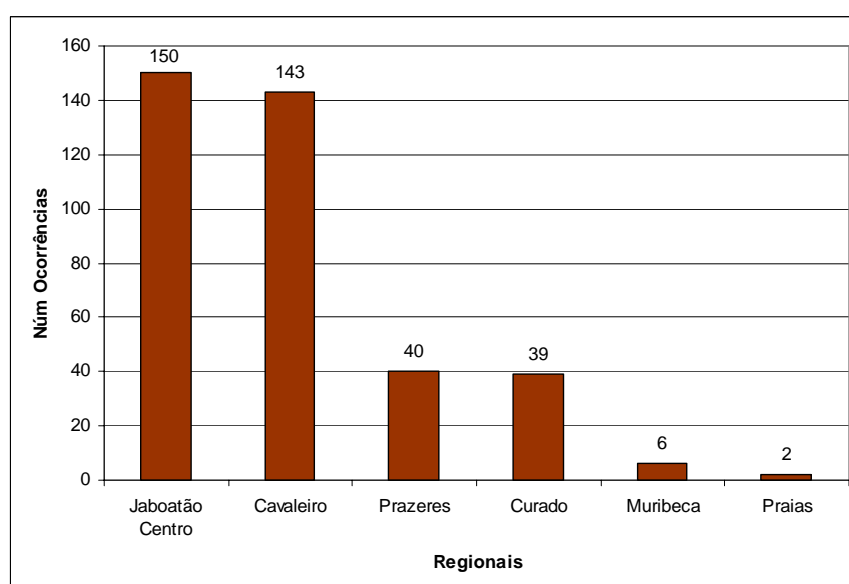


Figura VII.25: Números de ocorrências por Regional em Jaboatão dos Guararapes no Ano de 2009.

A Figura VII.26 apresenta os 15 bairros com maiores números de ocorrências em 2009, destacando-se: Socorro, Vila Rica, Loteamento Grande Recife, Curado IV, Dois Carneiros, Santo Aleixo, Jardim Jordão, Sucupira e Zumbi do Pacheco.

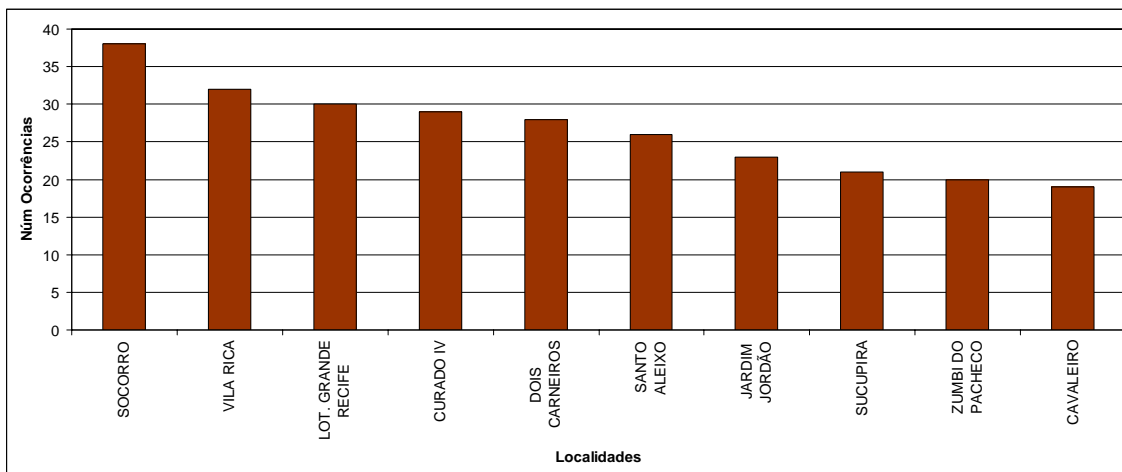


Figura VII.26: Bairros com Maiores Números de Ocorrências em Jaboatão dos Guararapes no Ano de 2009.

A Figura VII.27 apresenta a distribuição mensal das ocorrências de movimentos de massa no ano de 2009. Observa-se nesta figura que os meses de fevereiro, abril e junho apresentam maiores registros, os quais estão associados à pluviometria.

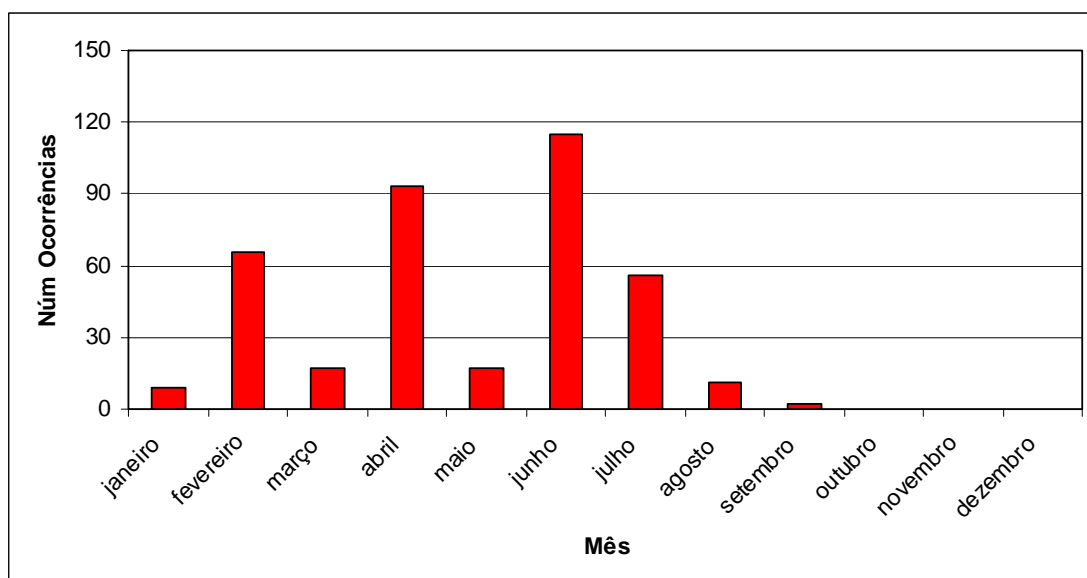


Figura VII.27: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências Jaboatão dos Guararapes (2009)

7.3 CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NOS MUNICÍPIOS

Na Região Metropolitana do Recife, a média do índice pluviométrico anual é de 2.200 mm. Na cidade do Recife há postos pluviométricos monitorados pelo LAMEPE, INMET e COMPESA. A Figura VII.28 apresenta os dados históricos dos postos de Santo Amaro e Alto da Brasileira, os quais a defesa civil se baseia em suas ações. Observa-se nesta Figura que os anos de 1998, 1999 e 2001, ligados ao fenômeno El Niño, foram considerados de baixa intensidade pluviométrica, com um total pluviométrico anual menor que 1.500 mm. Já o ano de 2000, considerado de La Niña, foi o mais chuvoso, com um total pluviométrico em torno dos 3.000 mm, sendo o mais excepcionalmente chuvoso dos últimos 14 anos de registro de dados (de 1996 a 2009). O ano mais recente, 2009, teve um total pluviométrico de dentro da média da RM-Recife, não ultrapassando 2.300 mm em vários postos.

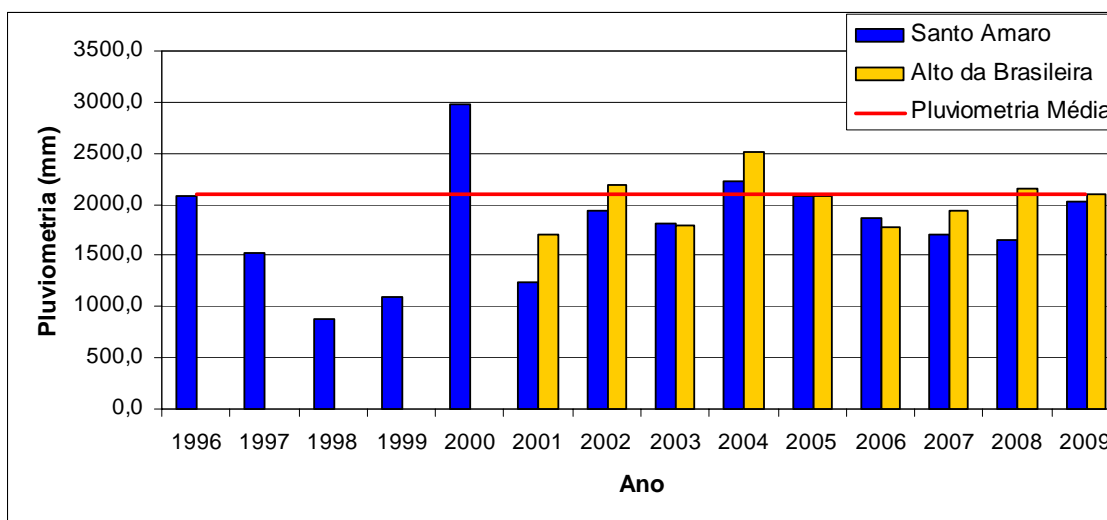


Figura VII.1028: Histórico de Índices Pluviométricos Anuais no Recife/PE
(Posto de Santo Amaro e Alto da Brasileira)

No município de Camaragibe, os registros de índices pluviométricos são desde 23 de maio de 1997, através do pluviômetro instalado na Sede da Prefeitura, na localidade do Timbí, o qual a defesa civil se baseia para suas ações. Em 2005, por meio de convênio firmado entre a Prefeitura de Camaragibe e a UFPE, foi instalado um pluviômetro na localidade do Vale das Pedreiras, para o desenvolvimento da pesquisa da tese de doutorado da engenheira Marília Mary da Silva, concluída em 2008. A Figura

VII.29 apresenta um histórico anual dos índices pluviométricos dos dois pluviômetros de registros mais antigos, localizados nos bairros do Timbí e do Vale das Pedreiras.

Observando os dados do município de Camaragibe, conclui-se que a média histórica do índice pluviométrico anual é de 2.100 mm. Os anos de 1998 e 1999 foram considerados de baixa intensidade pluviométrica, com totais pluviométricos anuais menores que 1.500 mm. Já o ano de 2000 foi considerado de alta intensidade, com um total anual ultrapassando os 3.000 mm de chuva, sendo o mais excepcionalmente chuvoso da década (Figura VII.29).

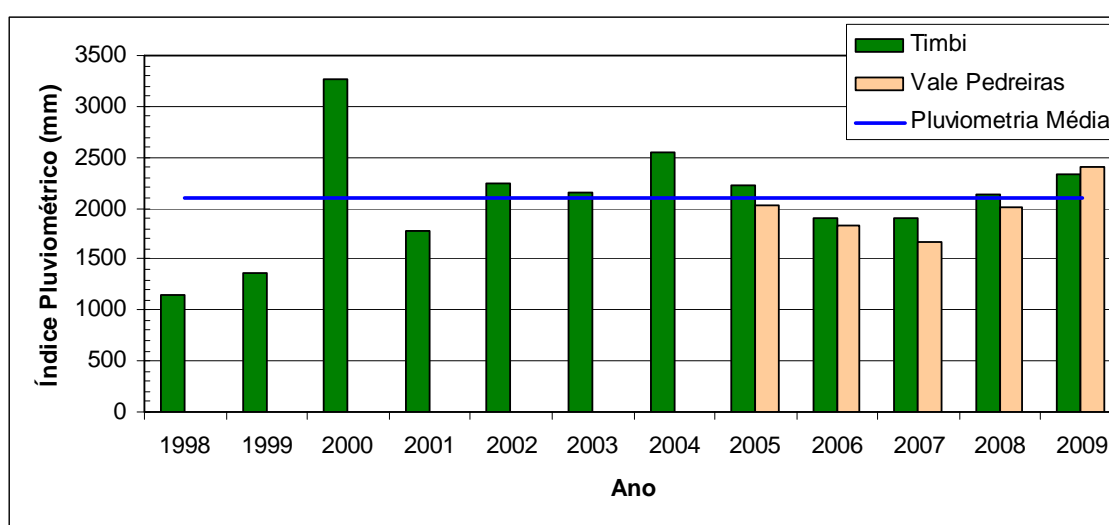


Figura VII.29: Histórico de Índices Pluviométricos em Camaragibe/PE (Posto de Timbí e Vale das Pedreiras)

O ano mais recente, 2009, teve um total pluviométrico de maior intensidade dos últimos cinco anos (2.333,2 mm), estando em 10% acima da média do município. Observa-se na Figura VII.29 que as precipitações pluviométricas anuais registradas no Vale das Pedreiras foram sempre inferiores às registradas no Timbí, com exceção para o ano de 2009.

Em Jaboatão dos Guararapes, o pluviômetro instalado na Sede da Prefeitura, na localidade de Prazeres, apresenta registros de índices pluviométricos desde 2001. Porém, seu primeiro ano de funcionamento não foi adequadamente monitorado; este equipamento é o que a defesa civil se baseia para suas ações. Há também no município, registros de índices pluviométricos de um equipamento localizado na Barragem Duas

Unas, o qual é monitorado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). A Figura VII.30, apresenta o registro histórico destes dois pluviômetros.

Observa-se da Figura VII.30 que os anos de 1995, 1998, 1999 e 2001 registraram totais anuais abaixo de 1.500 mm. No ano de 2000 foi registrado um total pluviométrico anual de 2.698 mm, ultrapassando a média histórica da região. Nos anos de 2008 e 2009 observa-se que os totais anuais registrados no pluviômetro da Barragem Duas Unas estão bem inferiores aos registrados em Prazeres. Este fato está relacionado à falta de registros dos índices de chuva em vários dias do ano, devido a algum tipo de problema.

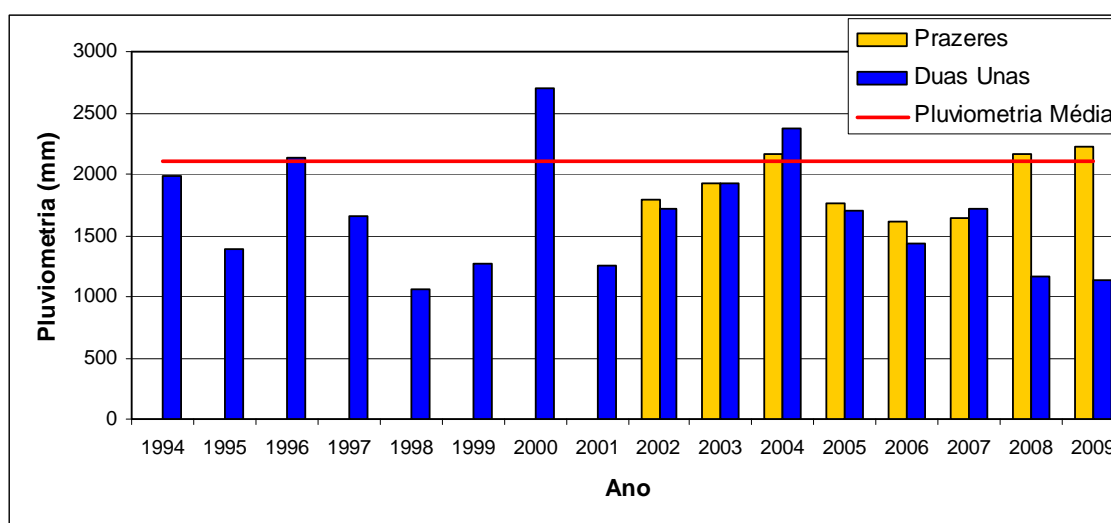


Figura VII.30: Histórico de Índices Pluviométricos em Jaboatão dos Guararapes/PE (Posto de Prazeres e Barragem Duas Unas)

No ano de 2009, o pluviômetro localizado em Prazeres registrou um total pluviométrico de maior intensidade dos últimos 08 anos (desde sua implantação), foram 2.222,2 mm de chuva, porém esteve na média da Região Metropolitana do Recife.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi necessário ampliar a rede de monitoramento dos índices pluviométricos na área de estudo. A partir das informações das áreas de risco, obtidas através dos relatórios dos Planos Municipais de Redução de Riscos – PMRR; e das unidades geológicas, foram definidos locais estratégicos para o monitoramento dos índices pluviométricos. Para o acompanhamento das chuvas, foram adquiridos pluviômetros manuais, do tipo Ville de Paris (11 unidades); e pluviômetros registradores, do tipo Data Logger, da Squitter do Brasil (06 unidades). A aquisição dos

equipamentos e o monitoramento das chuvas se deram através de apoio financeiro, por meio dos Projetos de Pesquisa do CNPq - PRONEX e CNPq - Universal. No município do Recife foram instalados 04 pluviômetros manuais e 01 pluviômetro registrador, em Camaragibe foram instalados 03 pluviômetros manuais e 01 registrador. Em Jaboatão dos Guararapes foram instalados 03 pluviômetros manuais e 02 pluviômetros registradores. A Figura VII.31 apresenta ilustrações dos pluviômetros adquiridos/instalados. A Tabela VII.2 apresenta a localização dos pluviômetros instalados através desta pesquisa e dos pré-existentes; e a Figura VII.32 apresenta a distribuição geográfica, sobrepostas às áreas de risco dos municípios de Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes.



a) Pluviômetro Registrador Data Logger em Jaboatão dos Guararapes

b) Pluviômetro Manual Ville de Paris em Camaragibe

Figura VII.31: Exemplos de Pluviômetros Instalados na Área de Estudo.

7.3.1 Variabilidade da Chuva nos Municípios

Os municípios integrantes da RMR contam com uma rede reduzida de pluviômetros. A maioria das defesas civis tem apenas um equipamento para obter informações de chuva e tomar medidas de ações preventivas em todo seu território. Neste item discute-se a variabilidade do índice pluviométrico e analisar o quanto a chuva se precipita em diferentes volumes nas diversas áreas das cidades, sendo de fundamental importância no processo do gerenciamento das áreas de risco.

Tabela VII.2: Localização dos Postos Pluviométricos

Município	ID	Localidade	Tipo	Coord.UTM
Recife	1	Alto da Brasileira*	Ville Paris	286520L / 9115015N
	2	Dois Unidos	DataLogger	289347L / 9115957N
	3	Curado*	Ville Paris	288719L / 9109911N
	4	Córrego da Fortuna	Ville Paris	284479L / 9114151N
	5	Bomba do Hemetério	Ville Paris	290760L / 9113052N
	6	Jordão Alto	Ville Paris	285970L / 9100646N
	7	Lagoa Encantada	Ville Paris	285028L / 9100725N
	8	Santo Amaro – COMDEC*	Ville Paris	292330L / 9109833N
Camaragibe	9	Timbí – COMDEC*	Ville Paris	281849L / 9115336N
	10	Bairro dos Estados	Ville Paris	282317L / 9112326N
	11	Tabatinga	Ville Paris	281730L / 9115486N
	12	Ostracil	DataLogger	282594L / 9116350N
	13	Vera Cruz	Ville Paris	278590L / 9120119N
	14	Vale das Pedreiras*	Ville Paris	283533L / 9114231N
Jaboatão dos Guararapes	15	Prazeres – COMDEC	DataLogger	288405L / 9097348N
	16	Prazeres – Prefeitura*	Ville Paris	288405L / 9097113N
	17	Socorro	DataLogger	280409L / 9102964N
	18	Vista Alegre	Ville Paris	277176L / 9101981N
	19	Alto da Colina	Ville Paris	282594L / 9106221N
	20	Jd Monte Verde	Ville Paris	284243L / 9102609N
	21	Duas Unas*	Ville Paris	275449L / 9105122N

* Localização dos Pluviômetros Pré-existentis à Pesquisa

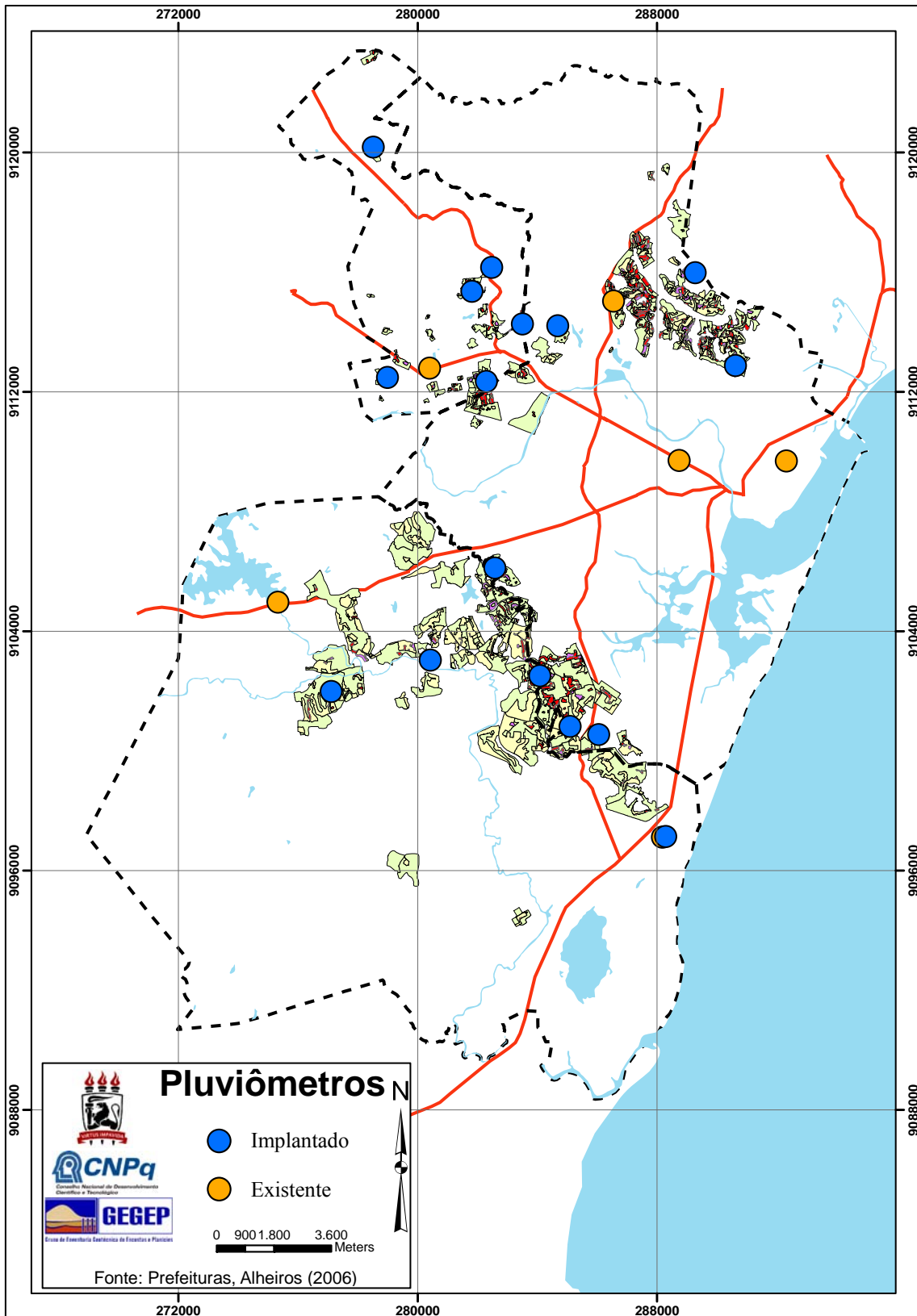


Figura VII.32: Distribuição Geográfica dos Pluviômetros na Área de Estudo

Para iniciar uma discussão sobre a variabilidade da chuva, dentro de um território municipal, tomam-se como referência os volumes de chuva precipitados no dia 13 de abril de 2009, dia em que houve uma precipitação pluviométrica, de alta intensidade, em toda a Região Metropolitana do Recife. Observando os índices pluviométricos do dia 13 de abril de 2009, em todos os pluviômetros considerados nesta pesquisa, verificaram-se diferentes volumes de chuva registrados pelos pluviômetros localizados em certo território municipal.

No município de Camaragibe, o pluviômetro instalado em Vera Cruz, registrou 99,7 mm de chuva em 24 h; enquanto que o pluviômetro localizado no Timbí, o qual a defesa civil toma como referência em suas ações, registrou uma chuva de 54,2 mm, nas mesmas 24 h, correspondendo a 54% da chuva registrada em Vera Cruz.

No município do Recife, o mesmo fato foi observado. No dia 13 de abril houve uma precipitação de 123,6 mm de chuva na Zona Sul (Lagoa Encantada), enquanto que na Zona Norte (Dois Unidos) foi registrado 67,25 mm de chuva (54,4% da precipitação da Zona Sul), para o mesmo intervalo de tempo, 24 horas.

No município de Jaboatão dos Guararapes também foi verificado a variabilidade da chuva. Neste dia (13 de abril), foi registrado no Bairro de Socorro, 160 mm em 24 horas, enquanto que no Bairro de Prazeres, o pluviômetro em que a Defesa Civil toma como referência para suas ações, registrou um índice pluviométrico de 80,75 mm nas mesmas 24 horas, correspondendo a 50,5% da precipitação de Socorro. A Figura VII.33 apresenta a distribuição espacial dos pluviômetros, com volumes de precipitação registrados no dia 13 de abril de 2009.

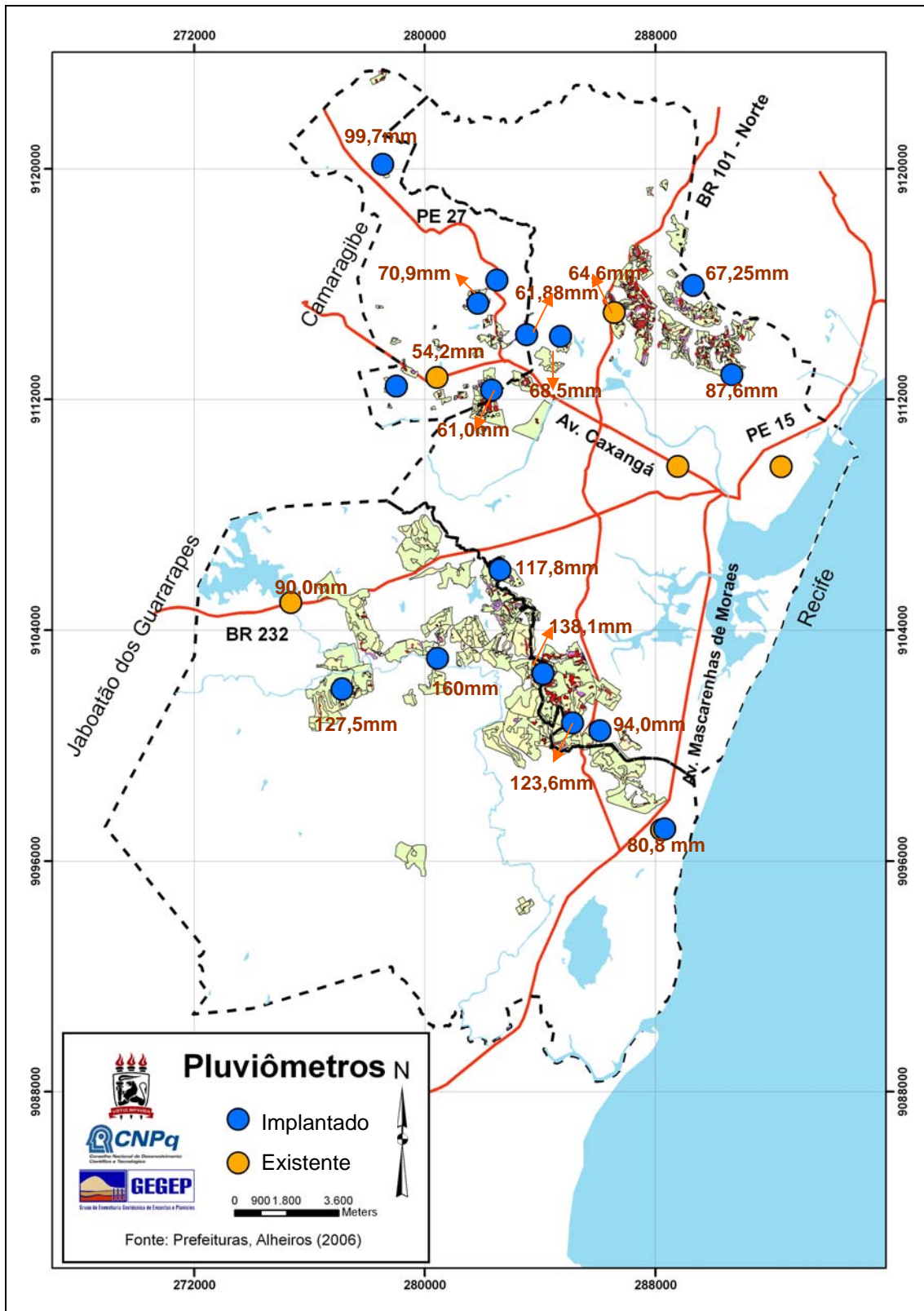


Figura VII.33: Índices Pluviométricos em 24 horas Registrado nos Pluviômetros, no dia 13 de Abril de 2009.

No dia 13 de abril de 2009, o maior volume de chuva precipitado foi registrado no pluviômetro do Bairro de Socorro, em Jaboatão dos Guararapes. O pluviômetro registrador Data Logger, em funcionamento neste bairro, registrou o volume de chuva em 10 horas de duração. A Figura VII.34 apresenta as chuvas horárias registradas por este pluviômetro, das 7h do dia 12/04 às 7h do dia 13/04, com um total de 160 mm em 24h. Observa-se nesta Figura que a concentração da chuva foi iniciada às 20:00 horas do dia 12, permanecendo concentrada até às 05:00 horas do dia 13 de abril, com um volume de chuva de 133,35 mm em 10 horas de duração, sendo um índice pluviométrico considerado bastante elevado para a Região Metropolitana do Recife. Este evento pluviométrico provocou várias ocorrências de deslizamentos na cidade de Jaboatão dos Guararapes e em toda a RM-Recife.

O registro de chuvas, em intervalos menores que 24 horas, é muito importante para definição de parâmetros técnicos e auxílio às ações de defesa civil. O conhecimento da duração da chuva é tão importante quanto o conhecimento de seu volume, sendo possível identificar, através destas informações, os eventos extremos de precipitação e obter parâmetros técnicos para elaboração de planos preventivos de defesa civil.

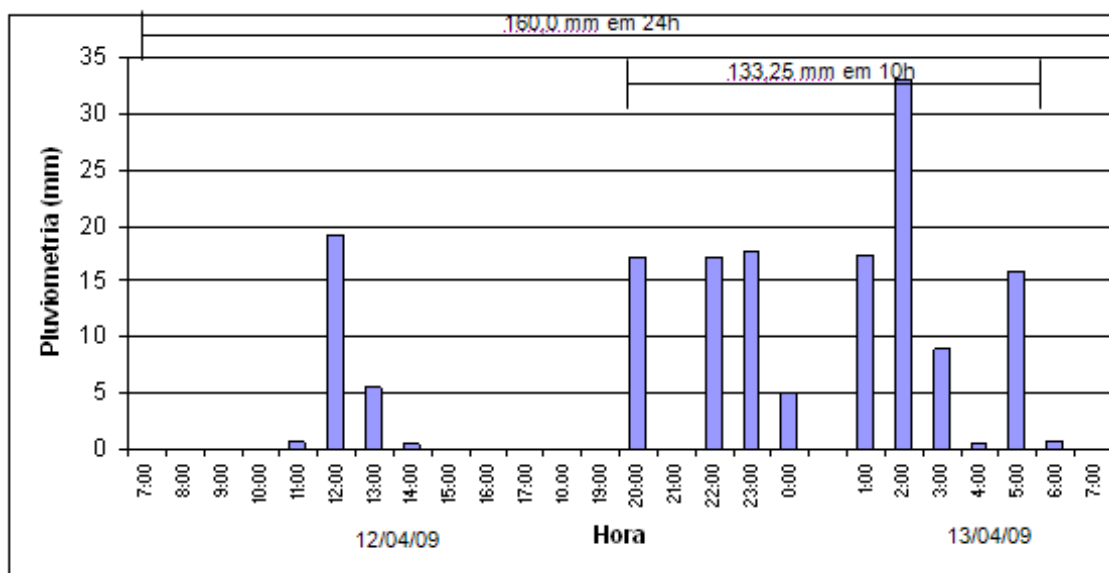


Figura VII.34: Precipitação Pluviométrica entre 7:00h do dia 12/04/09 às 7:00h do dia 13/04/09, no Bairro de Socorro / Jaboatão dos Guararapes

Durante a realização desta pesquisa observou-se que há uma generalização da intensidade da chuva por parte da imprensa. Como exemplo deste fato, podemos citar a notícia de um jornal local, no dia 12 de junho de 2009, em que houve precipitações de chuvas de grande intensidade em toda a Região Metropolitana do Recife. Neste dia a imprensa divulgou uma precipitação pluviométrica de 109,7 mm em 24 horas de duração, no Recife e em toda a Região Metropolitana. Através dos pluviômetros registradores, observou-se que as mesmas se deram em menor intervalo de tempo. Na localidade de Dois Unidos (Zona Norte do Recife), por exemplo, choveu 70,0 mm em 10 horas de duração (Figura VII.35); em Ostracil (Camaragibe) choveu 66,0 mm em 11h de duração (Figura VII.36); e na localidade Socorro (Jaboatão dos Guararapes), choveu 133,25 mm em 9h de duração (Figura VII.37); contados até às 7h00minh do dia do registro. Em Jaboatão permaneceu chovendo até as 11 horas da manhã, com um total de 172,25 mm de chuva em 14 horas de duração. Neste dia, 12 de junho de 2009, houve várias ocorrências de movimentos de massa em toda a RM-Recife; algumas delas com vítimas fatais (01 vítima na Zona Sul do Recife e 03 vítimas em Jaboatão dos Guararapes).

A Figura VII.38 apresenta os registros das chuvas no dia 12 de junho de 2009, nos pluviômetros monitorados na área de estudo. Observa-se que a chuva não é homogênea para o mesmo território municipal. No município do Recife, por exemplo, verifica-se que no Alto da Brasileira (Zona Norte), a precipitação pluviométrica (57,6 mm em 24 horas) foi de 50% da precipitação de Lagoa Encantada (Zona Sul), que registrou 130 mm em 24 horas. Em Camaragibe, o pluviômetro localizado no Timbi registrou 101,1 mm de chuva em 24 horas, enquanto que o de Vera Cruz registrou 58,8 mm. Em Jaboatão dos Guararapes, na localidade de Jardim Monte Verde, houve uma precipitação de 142,5 mm em 24 horas, enquanto que em Duas Unas a precipitação foi de 65,2 mm nas mesmas 24 horas. As Figuras VII.39 a VII.41 apresentam os totais mensais e anuais de chuvas nos pluviômetros de cada município.

Esses resultados mostram a importância de ampliar a rede de pluviômetros nos municípios, para que as Defesas Civis obtenham parâmetros confiáveis e atuem de forma racional nas ações de gerenciamento, utilizando sua equipe técnica de maneira adequada e atuando nas áreas de maior necessidade instalada, conforme a sinalização dos parâmetros considerados.

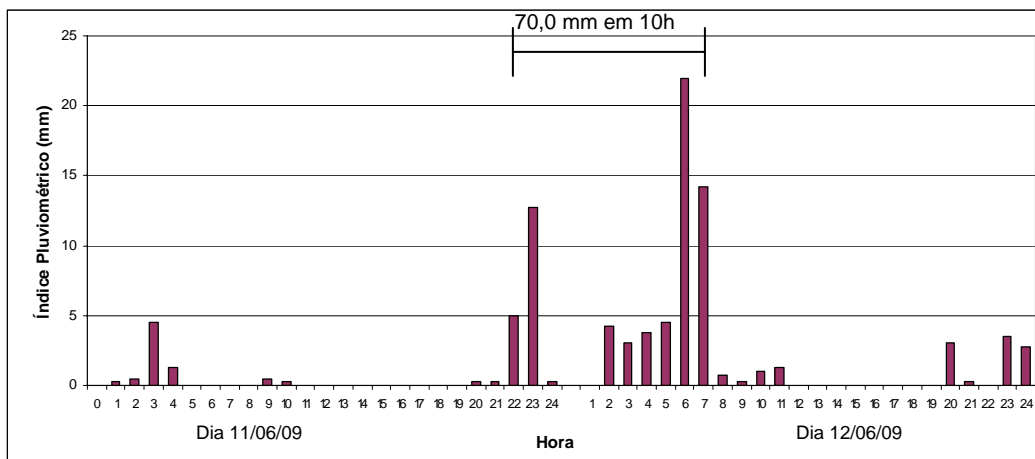


Figura VII.35: Chuva Horária nos dias 11 e 12 de Junho/2009 em Dois Unidos (Zona Norte do Recife)

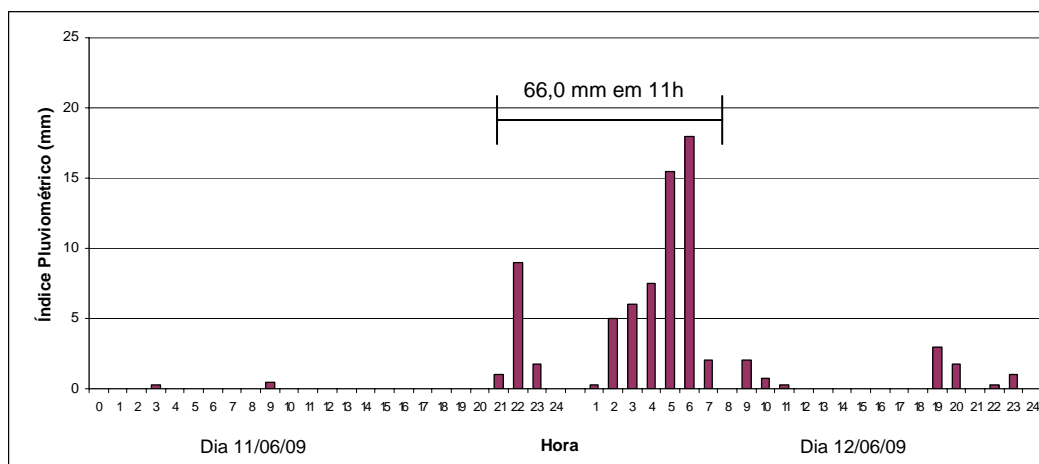


Figura VII.36: Chuva Horária nos dias 11 e 12 de Junho/2009 em Ostracil (Camaragibe)

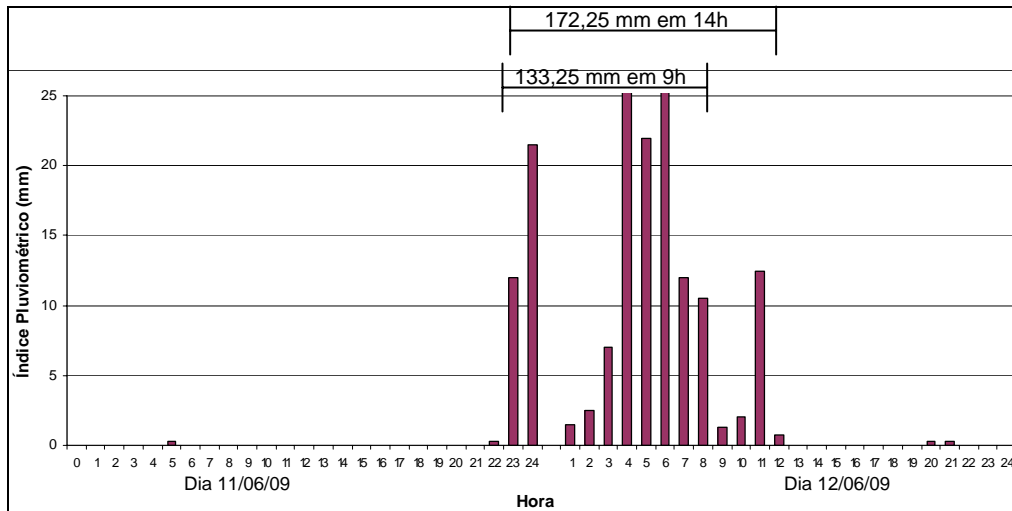


Figura VII.37: Chuva Horária nos dias 11 e 12 de Junho/2009 em Socorro (Jaboatão dos Guararapes)

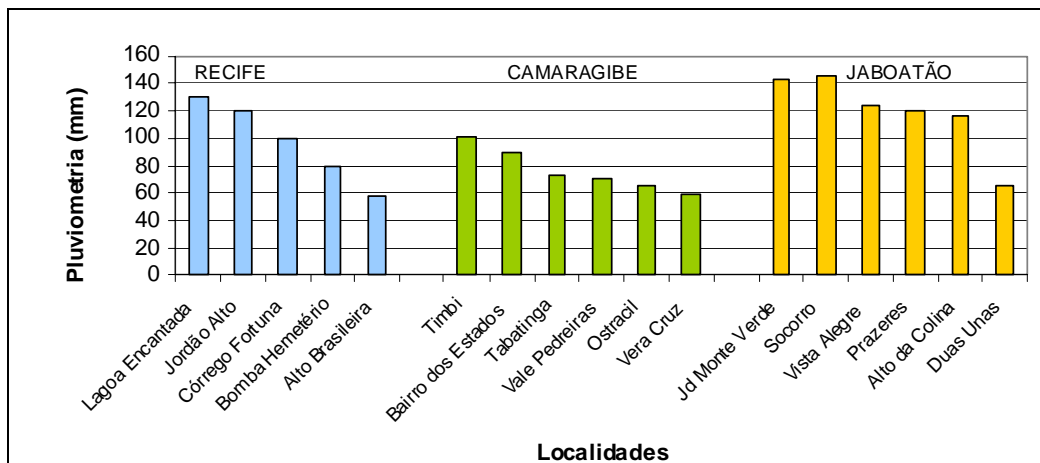
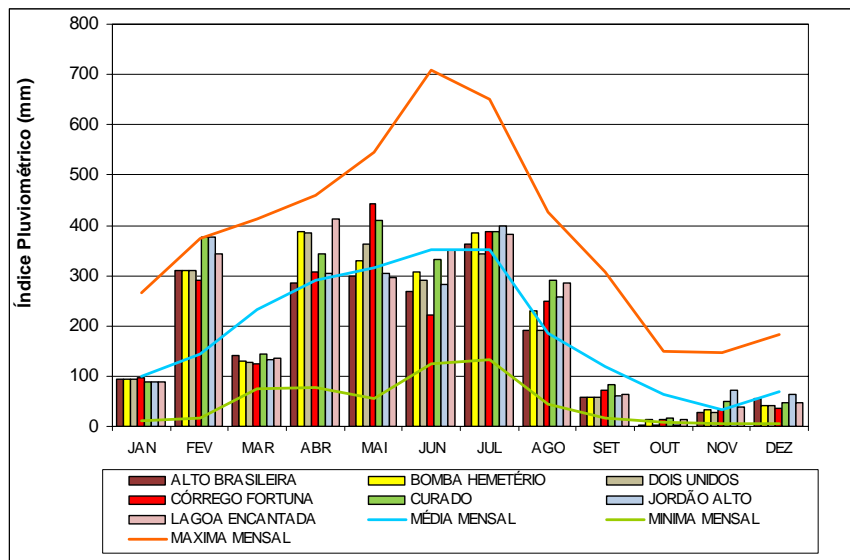
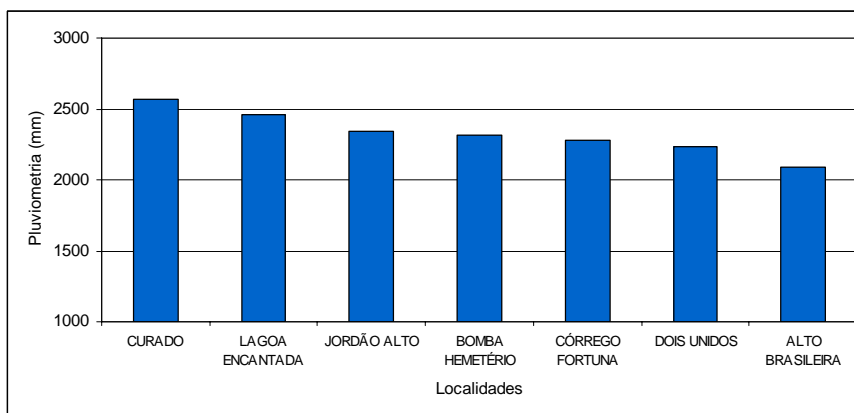


Figura VII.38: Chuvas Registradas no dia 12/06/09 nos Pluviômetros da Área de Estudo

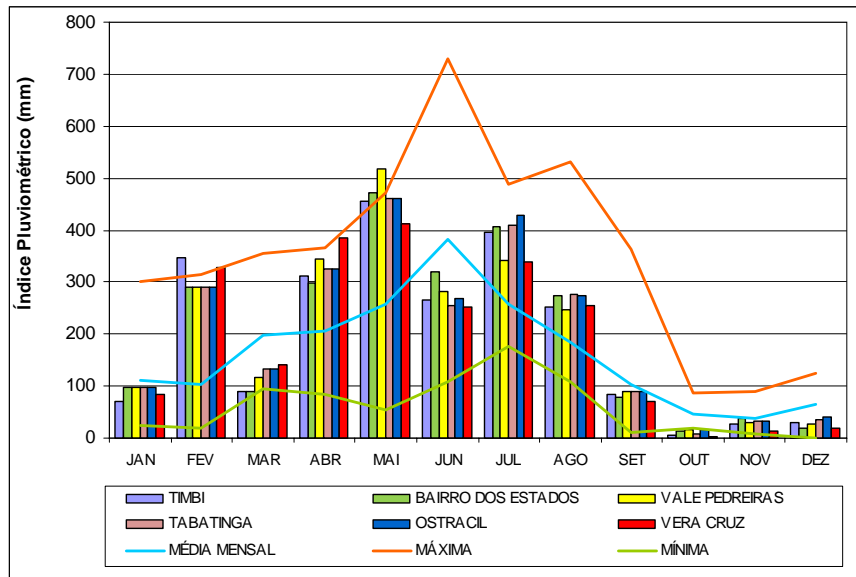


a) Totais Pluviométricos Mensais

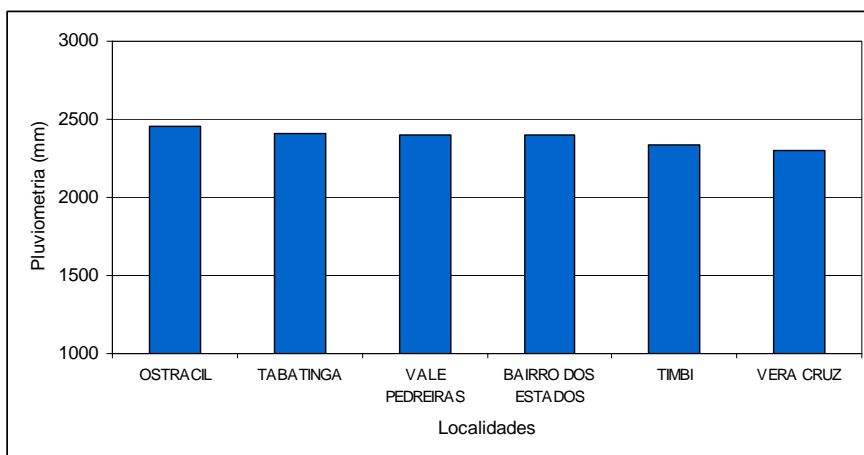


b) Totais Pluviométricos Anuais

Figuras VII.39: Totais Pluviométricos Mensais e Anuais, em 2009, na Cidade do Recife

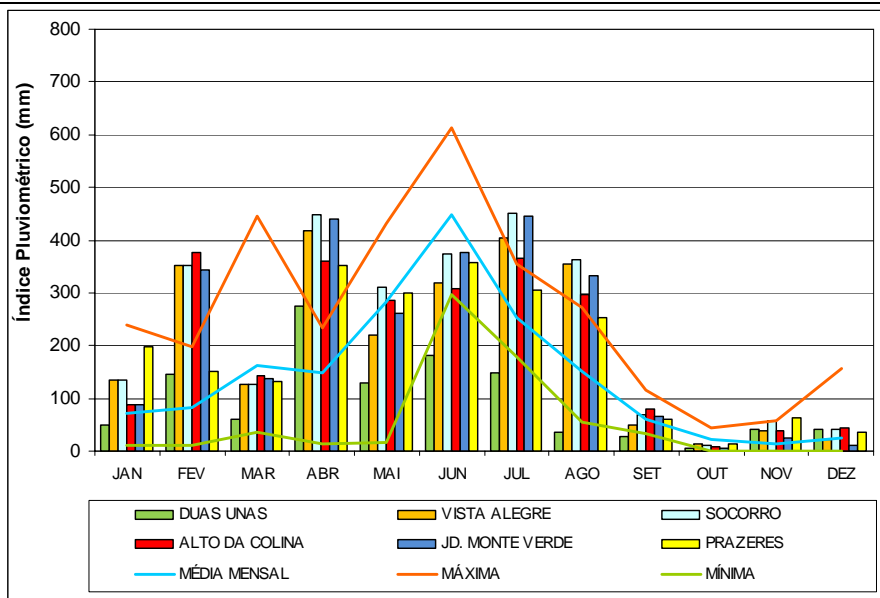


a) Totais Pluviométricos Mensais

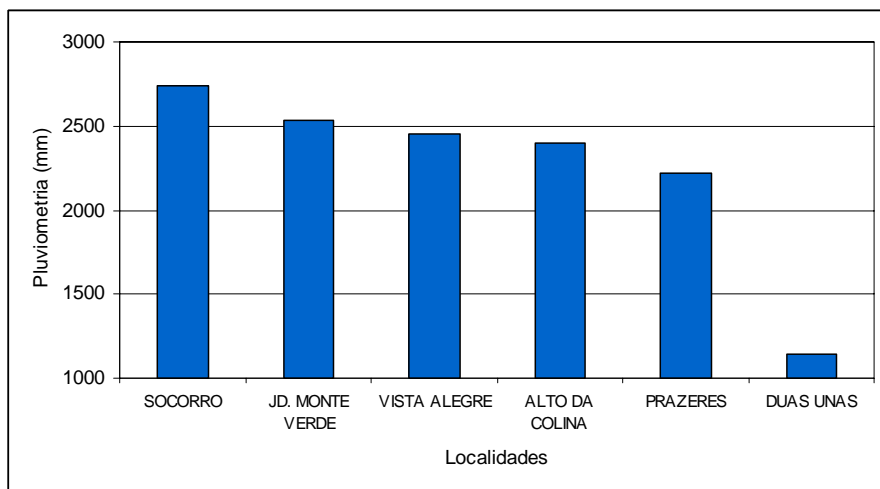


b) Totais Pluviométricos Anuais

Figuras VII.40: Totais Pluviométricos Mensais e Anuais, em 2009, na Cidade de Camaragibe



a) Totais Pluviométricos Mensais



b) Totais Pluviométricos Anuais

Figuras VII.41: Totais Pluviométricos Mensais e Anuais, em 2009, na Cidade de Jaboatão dos Guararapes

7.3.2 Índícios de Eventos Extremos de Precipitação na Área de Estudo

Observando os índices pluviométricos registrados em 2009 podem-se encontrar indícios de eventos extremos de precipitação, ocorridos na Região Metropolitana do Recife. Segundo HEATHCOTE (1985), os eventos extremos são aqueles que se dão em curto prazo, com altos fluxos de energia e com valores acima da média histórica, podendo considerar uma frequência com tempo de retorno de 10 anos (ver item 2.2, capítulo II).

A Tabela VII.3 apresenta as máximas chuvas diárias precipitadas e registradas pelos pluviômetros considerados neste estudo. Nesta Tabela encontram-se, em destaque, os dias em que houve registros maiores que 100 mm de chuvas. De todos os pluviômetros monitorados nos três municípios envolvidos na pesquisa, observou-se que a máxima chuva diária, ocorreu no Bairro de Socorro, Jaboatão dos Guararapes. Foram 160 mm em 24 horas, registrado às 7 horas da manhã, do dia 13 de abril de 2009. Este volume diário foi o maior registrado no município, nos últimos 09 anos. Da Tabela VII.3 verifica-se que os dias de maiores precipitações pluviométricas ocorreram nos meses de maior total pluviométrico histórico nos municípios (junho e julho). As precipitações diárias elevadas nos meses de fevereiro, abril e maio estiveram acima da média histórica nos municípios. O mês de fevereiro superou os demais, em volume de chuva acima da média, para toda a Região Metropolitana do Recife. Segundo dados de referência na RM-Recife, desde 1989 não havia registros tão intenso de chuvas diárias no mês de fevereiro, o que pode ser considerado um evento extremo de precipitação, cujo tempo de retorno é de 20 anos.

Tabela VII.3: Máximas Chuvas Diárias Registradas na Área de Estudo em 2009

Município	ID	Localidade	mm/24h	Data de ocorrência
Recife	1	Lagoa Encantada	130,0	12/jun
	2	Curado	122,8	22/fev
	3	Jordão Alto	120,0	12/jun
	4	Bomba do Hemetério	111,0	6/jul
	5	Córrego da Fortuna	91,5	06/jul
	6	Dois Unidos	87,0	06/jul
	7	Alto da Brasileira	83,0	06/jul
Camaragibe	8	Tabatinga	119,8	23/mai
	9	Timbi – COMDEC	117,0	6/jul
	10	Vera Cruz	99,7	13/abr
	11	Vale das Pedreiras	98,5	22/fev
	12	Ostracil	96,8	6/jul
	13	Bairro dos Estados	95,5	6/jul
Jaboatão dos Guararapes	14	Socorro	160,0	13/abr
	15	Jardim Monte Verde	142,5	12/jun
	16	Vista Alegre	123,5	12/jun
	17	Prazeres - COMDEC	120,1	12/jun
	18	Alto da Colina	117,8	13/abr
	19	Duas Unas	90,0	13/abr

7.3.2.1 Índícios de Eventos Extremos de Precipitação no Recife

Em Recife, para a identificação de indícios de eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009, tomou-se como referência os pluviômetros do Curado e Lagoa Encantada, onde houve maiores registros de volume de precipitações anual (ver Figura VII.39b). Os meses de fev, abril, julho e agosto foram os mais chuvosos na Zona Sul do Recife. Os elevados índices diários foram comparados com os dados históricos registrados nos principais pluviômetros da cidade.

No mês de fevereiro de 2009, houve uma chuva de alta intensidade. Foi registrado um volume no mês de 344,17 mm (140% acima da média), sendo que a máxima mensal em mais de 20 anos. A média histórica do mês é de 143,6 mmm, sendo a máxima precipitação diária ocorreu em 22 de fevereiro, no valor de 122,8 mm registrada no pluviômetro do Curado.

No mês de abril observou-se um volume intenso de chuva. Foram registrados 412,7 mm no mês (60% acima da média), sendo a máxima mensal dos últimos 10 anos. A média histórica de chuva deste mês no município é de 290 mm. A máxima precipitação diária foi registrada em 13 de abril, no valor de 123,6 mm. Este índice foi o máximo diário registrado no mês, nos últimos 09 anos.

Em junho de 2009 houve uma precipitação mensal de 352,5 mm, registrado no pluviômetro de Lagoa Encantada, coincidindo com a média histórica deste mês no município do Recife. Apesar de o volume mensal ter estado na média, houve chuvas diárias concentradas. Em 12 de junho, por exemplo, foram registrados 130,0 mm de chuva em 24h, sendo a máxima diária do mês, dos últimos 04 anos. Os valores máximos já registrados nos últimos 10 anos no município, no mês de junho, foram: 148,5 mm (01/06/05) e 135,5 mm (08/06/02).

No mês de julho houve um acumulado mensal de 381,8 mm. A média histórica no município para este mês é de 185,6 mm. Foi o máximo mensal registrado nos últimos 04 anos. A máxima precipitação diária no mês foi de 93,9 mm, registrada em 04 de julho de 2009. Os valores máximos já registrados no município, no mês de julho, foram: 97,4 mm (08/07/07) e 125,9 mm (31/07/00).

Em agosto, houve um registro mensal de 285,78 mm (54% acima da média, que é de 185,6 mm). A máxima precipitação diária foi registrada em 06 de agosto, no valor de 94,6 mm, 51% do que se espera para todo o mês. Este índice foi o máximo diário registrado no mês, nos últimos 09 anos. Em 01/08/00 houve uma precipitação diária intensa de 185,9 mm, a qual provocou elevados números de acidentes e foi registrada 25 vítimas fatais em toda a Região Metropolitana do Recife.

7.3.2.2 Indícios de Eventos Extremos de Precipitação em Camaragibe

Em Camaragibe, foi possível identificar indícios de eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009, através da observação dos volumes de chuvas nos meses de fevereiro, abril, maio, junho e julho.

Para o mês de fevereiro, a média histórica de chuva é de 103,9 mm no município de Camaragibe. Em 2009 choveu 348,4 mm neste mês, sendo a máxima mensal dos últimos 12 anos, ou seja, desde a implantação do monitoramento pluviométrico na cidade. Em 22 de fevereiro se deu a máxima precipitação pluviométrica diária, com total de 99,8 mm, registrado em 24 horas, correspondente a 96% do que se esperava para todo o mês de fevereiro. Foi a máxima diária do mês dos últimos 12 anos.

No mês de abril houve um acumulado mensal de 311,8 mm, registrado no pluviômetro do Timbí. A média histórica no município deste mês é de 205,7 mm. Este registro foi a máxima chuva mensal dos últimos 09 anos (desde 2000). A máxima precipitação diária foi de 99,7mm, registrada em 13 de abril. Este índice foi o máximo diário registrado no mês desde a implantação do pluviômetro no município, em 1997.

Em maio, houve um registro mensal de 456,8 mm (77% acima da média do município, que é de 258 mm). Dos dados históricos, este volume mensal de chuva foi o segundo maior já registrado no município, ficando abaixo apenas do registrado em 2005, em que houve uma precipitação de 472 mm de chuva no mês. No dia 23 de maio de 2009 foi registrada a maior precipitação diária do mês, 119,8 mm. Foi o maior índice diário registrado em de maio entre os dados históricos do município (desde 1997).

No mês de junho a média histórica do município é de 383,1 mm. No ano de 2009 houve uma precipitação de 269,7 mm, estando abaixo da média, porém houve chuvas concentradas diárias. Em 12 de junho registrou-se 64,5 mm de chuva em 10h de duração e 101,1mm de chuva em 24h, sendo a máxima diária do mês, nos últimos 04 anos.

Em julho houve um acumulado mensal de 395,5 mm. A média histórica do município é de 257,5 mm. Este registro foi o máximo mensal dos últimos 09 anos (desde 2000). Em 06 de julho, uma precipitação de 117 mm em 24h foi a máxima diária registrada no mês entre os dados históricos no município (desde 1997). O volume de chuva de 117,0 mm, em um dia, foi um dos maiores volumes diários registrados pelo pluviômetro localizado em Timbí, desde sua implantação.

Desde a implantação do monitoramento dos índices pluviométricos no município de Camaragibe, têm-se os seguintes volumes diários de chuvas intensas: 259,1 mm em 01/08/00; 109,0mm em 08/06/2002; 128,9 mm em 02/06/05 e 117,0mm em 06/07/09.

7.3.2.3 Índícios de Eventos Extremos de Precipitação em Jaboatão dos Guararapes

Em Jaboatão dos Guararapes, foi possível identificar indícios de eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009, através da observação dos volumes de chuvas registrados no pluviômetro do Bairro de Socorro, cujo equipamento registrou o maior volume de chuva anual entre os demais do município (ver Figura VII.41b).

No mês de fevereiro, a média histórica de chuva no município é de 90,5 mm. Em 2009 choveu 351,1 mm neste mês, sendo a máxima mensal desde a implantação do monitoramento pluviométrico na cidade (desde 1994). Em 22 de fevereiro se deu a máxima precipitação pluviométrica diária, com total de 137,35 mm, registrado em 24 horas; maior do que se esperava para todo o mês de fevereiro. Foi a máxima diária do mês, dos últimos 15 anos.

No mês de abril houve um acumulado mensal de 447,25 mm. A média histórica no município deste mês é de 174,5 mm. Este registro foi a máxima chuva mensal dos últimos 15 anos (desde 1994). A máxima precipitação diária foi de 160 mm, registrada em 13 de abril. Este índice foi o máximo diário registrado no mês desde 1996.

Em maio, o registro mensal de 310,75 mm ficou em torno da média do município, porém houve chuvas concentradas. No dia 03 de maio de 2009 foi registrada

a maior precipitação diária do mês, 81,25 mm. Foi o maior índice diário, já registrado no mês de maio, dos últimos 03 anos.

No mês de junho a média histórica do município é de 437,6,1 mm. No ano de 2009 houve uma precipitação de 374,5 mm, estando abaixo da média, porém também houve chuvas concentradas diárias. Em 12 de junho registrou-se 145,5 mm de chuva em 24h, sendo a máxima diária do mês registrada no município nos últimos 15 anos.

Em julho houve um acumulado mensal de 450,0 mm (75% acima da média mensal). A média histórica do município para o mês de julho é de 257,8 mm. Este registro foi o máximo mensal dos últimos 15 anos. Em 06 de julho, uma precipitação de 93,75 mm em 24h foi a máxima diária registrada nos últimos 09 anos.

A Tabela VII.4 sintetiza os eventos de precipitação em 2009, com indícios de serem extremos, para os municípios do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes. Em Recife o evento pluviométrico máximo diário ocorreu em 22 de fevereiro, com volume de 143,6 mm. Em Camaragibe o máximo diário de seu em 23 de maio, com registro de 119,8 mm. Em Jaboatão dos Guararapes a máxima precipitação pluviométrica diária ocorreu em 13 de abril, onde foram registrados 160,0 mm de chuva. Apesar de haver alguns acumulados mensais com curto tempo de retorno (TR) e outras na média, observa-se que houve elevadas precipitações diárias, com tempo de retorno de no mínimo 09 anos. Os números mostram que avaliar apenas a média mensal é enganoso, sendo importante analisar o volume de chuva diário; neste caso a previsão meteorológica de detalhe é essencial para a prevenção dos desastres. Vale salientar que na análise do tempo de retorno devem ser considerados os eventos com gênese climáticas semelhantes, observados ao longo de uma série temporal mais prolongada (CORRÊA, 2010, comunicação verbal). Como isto não foi verificado neste estudo, ficando restrito à apenas ao volume de chuva na análise do tempo de retorno, apresentamos aqui os resultados como indícios de serem considerados eventos extremos.

A ocorrência de eventos extremos de precipitação no Brasil e o aumento do número de deslizamentos e alagamentos nas cidades levaram a alguns cientistas a estudarem as possíveis mudanças nos padrões de precipitação nas regiões. NUNES et.

al. (2001) elaboraram um estudo na região do Vale do Paraíba-SP, visando avaliar se os padrões de precipitação apresentaram uma mudança que pudesse ser responsável pelo aumento de eventos de deslizamento e alagamentos observados na área. Eles concluíram que as estações de outono e o inverno apresentaram aumento nos totais pluviométricos no período de 1978 a 1997, o que pode estar ligado à atuação do El Niño. Variações da circulação atmosférica, associadas às variações da temperatura de superfície do mar (TSM) como, por exemplo, alterações na frequência de ocorrência de eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), são outras causas de mudanças significativas na temperatura global (MOLION, 2005). Na Região Nordeste, a chuva é favorecida pela atuação do La Niña, o qual causa o esfriamento das águas do pacífico equatorial favorecendo as precipitações pluviométricas. Segundo informações do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE, ainda não se têm informações sobre alterações no comportamento dos índices pluviométricos na RM- Recife, visto que os estudos ainda se encontram incipiente. O que se tem observado é que há um aumento no volumes de chuvas concentrado em curto prazo, apesar de a total anual permanecer na média. É o que foi constado nesta pesquisa.

NUNES (2002) verificou a relação entre a pluviosidade e os problemas ambientais no município de São Sebastião-SP. A pesquisa mostrou que o local não apresenta processos de mudanças climáticas que justificassem o aumento do número de deslizamentos e inundações na área, sendo que a minimização de tais problemas estaria no planejamento da ocupação territorial, baseado em estudos dos processos climáticos, físicos, biológicos e das questões socioeconômicas da cidade.

Diante dos estudos realizados nas cidades, sabe-se que as chuvas acima da média, a impermeabilização do solo, os entupimentos de canais e galerias, o precário sistema de esgotamento sanitário e a falta de educação ambiental são os principais fatores que contribuem para o aumento dos alagamentos e os deslizamentos de encostas nos municípios brasileiros

Tabela VII.4: Índícios de Eventos Extremos de Precipitação
na Área de Estudo no ano de 2009

Município	Mês	mm/mensal	TR (anos) mm/30d	Dia	mm/24h	TR (anos) mm/24h
Recife	fev	344,17 mm	+ 20 anos	22/fev	143,6 mm	+20anos
	abril	412,7 mm	10 anos	13/abr	123,6 mm	09 anos
	agosto	285,78 mm	01 ano	06/ago	94,6 mm	09 anos
Camaragibe	fevereiro	348,4 mm	12 anos	22/fev	99,8 mm	12 anos
	abril	311,8 mm	9 anos	13/abr	99,7 mm	12 anos
	maio	456,8 mm	4 anos	23/mai	119,8 mm	12 anos
	julho	395,5 mm	9 anos	06/jul	117,0 mm	12 anos
Jaboatão dos Guararapes	fevereiro	451,1 mm	15 anos	22/fev	137,4 mm	15 anos
	abril	447,25 mm	15 anos	13/abr	160,0 mm	13 anos
	junho	374,5 mm	01 ano	12/jun	145,5 mm	15 anos
	julho	450,0 mm	15 anos	06/jul	93,75 mm	09 anos

7.4 IDENTIFICAÇÃO DE CHUVAS CRÍTICAS PARA AÇÕES DE DEFESA CIVIL

As Defesas Civas da RM-Recife se baseiam em parâmetros subjetivos para operar suas ações. Os níveis de operação e os parâmetros estão indicados a seguir:

- *OBSERVAÇÃO: no início do inverno*
- *ATENÇÃO: com chuvas esparsas*
- *ALERTA: ocorrência de solos saturados com deslizamentos e chuvas contínuas*
- *ALERTA MÁXIMO: ocorrência de solos saturados com deslizamentos e chuvas concentradas.*

Para uma contribuição ao gerenciamento das áreas de riscos na RM-Recife, buscou-se, através desta pesquisa, identificar parâmetros técnicos mais objetivos, através do volume crítico de chuva de curto e longo prazos, que deflagram processos de instabilidade de encostas nas áreas precárias das cidades do Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes. Os parâmetros foram baseados na metodologia do Plano Preventivo de Defesa Civil de São Paulo (ver item 3.2.2, no capítulo III) e no índice acumulado desde 1º de janeiro, conforme as defesas civis adotam para a ação do Alerta, baseadas no estudo de GUSMÃO FILHO (1997).

O acumulado de chuva e a previsão meteorológica indicam maior ou menor possibilidade de ocorrências de deslizamentos. Tomando como base os níveis de operação das defesas civis buscamos, através desta pesquisa, encontrar um acumulado crítico em 72h para estabelecer o nível de *Atenção*. Neste estado procede-se a remoção temporária ou definitiva das famílias situadas nas áreas de risco alto e muito alto verificado nas vistorias. Para o estado do *Alerta* buscamos encontrar um acumulado crítico, a partir de 1º de janeiro, associado às ocorrências de eventos pluviométricos críticos em 72h e à previsão de continuidade de chuvas intensas dada pela meteorologia. No Estado do Alerta recomenda-se a evacuação em massa da população situada nas áreas críticas. Vale ressaltar que os parâmetros técnicos sugeridos aqui são apenas indicações para deflagrar as ações, não sendo absolutos para tomadas de decisões.

Para o conhecimento da chuva crítica de curto prazo, analisou-se o número de acidentes registrados em 2009, em intervalos acumulados de chuva em 72h, nas áreas de atuação das defesas civis dos municípios envolvidos nesta pesquisa. Baseado nos registros históricos dos deslizamentos nas cidades tomou-se como referência o percentual de 30% dos acidentes ocorridos para definir a chuva crítica em 72h como parâmetro de mudança do nível de *Observação* para o de *Atenção* nas ações da Defesa Civil.

Ressalta-se a importância da previsão meteorológica para a tomada de decisões nos níveis de operação das defesas civis. Sabe-se que a maioria dos desastres em encostas se dá sob condições de chuvas intensas. Frequentemente, por falta de previsões, as ações das autoridades governamentais ocorrem pós-evento, ou seja, agem remediando os danos já causados por não poder preveni-los e mitigá-los. Boas previsões de tempo de fenômenos meteorológicos extremos podem municiar ações eficazes de prevenção e mitigação dos riscos, com resultados na diminuição de perdas de vidas humanas e de materiais. Através das previsões meteorológicas e observações pluviométricas em tempo real, provenientes de diversas fontes (rede pluviométrica convencional e estimativas a partir de imagens de satélites e radares meteorológicos), juntamente com o mapeamento das áreas de risco e identificação das chuvas críticas nas áreas, será possível identificar as regiões sob riscos de deslizamentos de encostas; e as defesas civis poderão atuar com ações de mitigação e prevenção.

7.4.1 CHUVAS CRÍTICAS ACUMULADAS EM 72 HORAS

7.4.1.1 Chuvas Críticas na Cidade do Recife

A Figura VII.42 apresenta as ocorrências mensais registradas na cidade do Recife juntamente com os índices pluviométricos registrados no Alto da Brasileira (Zona Norte) e Lagoa Encantada (Zona Sul). Observa-se que foram registrados deslizamentos durante os meses chuvosos. Os meses de abril, junho e julho apresentaram maiores registros de deslizamentos e de chuvas, principalmente na Zona Sul da cidade.

Para a análise da chuva crítica que deflagra movimentos de massa, na cidade do Recife, a mesma foi analisada por Regional, as quais a Defesa Civil se baseia para suas ações. Assim analisou-se a chuva crítica para as seguintes Regionais: Norte, Noroeste, Nordeste, Sul, Oeste. A Tabela VII.5 apresenta as Regionais com seus respectivos bairros e os pluviômetros de referência. A Figura VII.43 apresenta a distribuição das ocorrências por chuva acumulada em 72h, considerando todo a cidade do Recife; e a Figura VII.44 apresenta a distribuição das ocorrências em cada Regional.

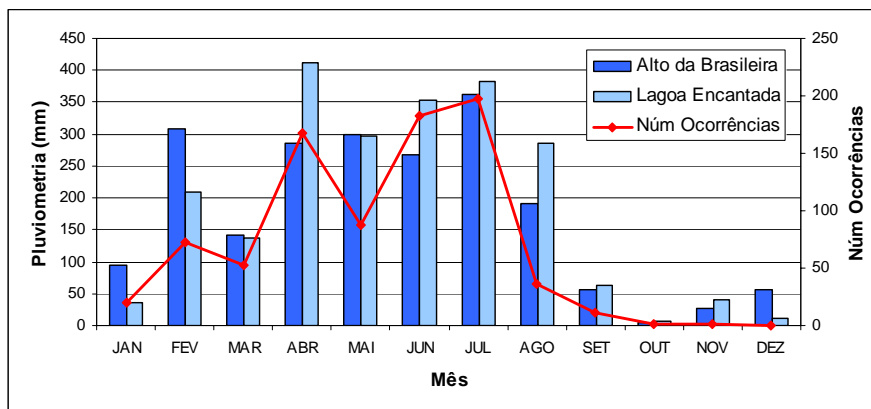


Figura VII.42: Número de Ocorrências Associadas a Pluviometria - Recife (2009)

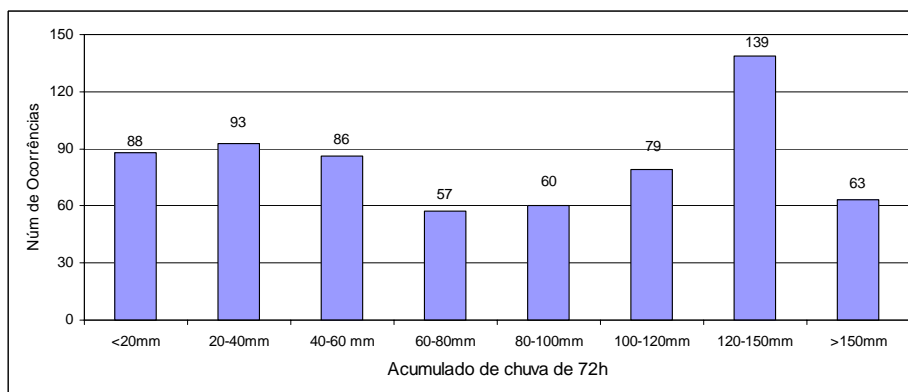
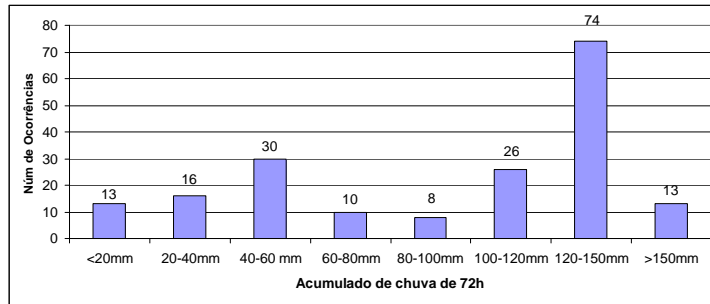


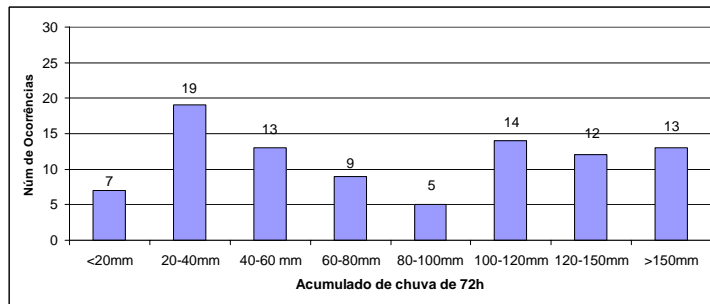
Figura VII.43: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h na Cidade do Recife

Tabela VII.5: Regionais, Localidade e Pluviômetro de Referência no Recife

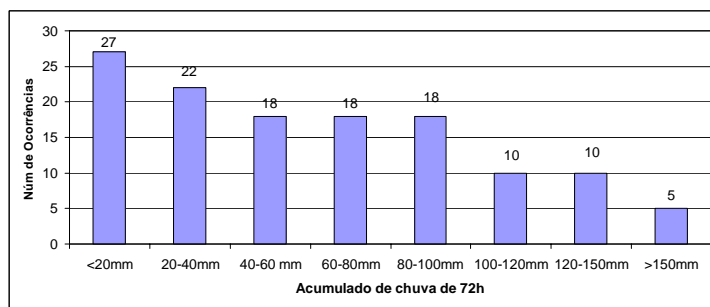
REGIONAIS	LOCALIDADE	PLUVIÔMETRO
Regional Norte (Beberibe)	Alto do Deodato, Alto do Guilhermino, Alto do Pascoal, Alto do Pereirinha, Alto Santa Terezinha, Alto do Cotó, Alto do Céu, Alto do Miramar, Alto dos Coqueiros, Alto do Benjamim, Beberibe, Bomba do Hemetério, Córrego Antônio Rodrigues, Córrego da Calma, Córrego da Jaqueira, Cgo. do Deodato, Cgo. João Carvoeiro, Cgo. da Padaria, Cgo. São Sebastião, Cgo. Pastor Benoby, Cgo. do Bombeirense, Cgo. do Cotó, Cgo. João Francisco, Cgo. Central, Cgo. da Padaria, Cgo. do Sargento, Cgo. do Tiro, Cgo. Leôncio Rodrigues, Fundão, Linha do Tiro, Porto Madeira, Vila Monarca.	Bomba do Hemetério
	Alto do Agave, Alto do Capitão, Alto da Esperança, do Rosário, Cara e Coroa, Cgo. da Camila, Cgo. do Curió, Cgo. do Morcego, Cgo. Tancredo Neves, Cgo. São José, Cgo. São Sebastião, Dois Unidos, Cajueiro, Sítio Rosário, Vale do Senhor.	Dois Unidos
	Alto do Maracanã, Alto da Liberdade.	Alto da Brasileira
Regional Nordeste (Guabiraba)	Alto da Bica, Alto da Telha, Alto do Carroceiro, Alto Santa Tereza, Córrego da Telha, Alto do Refúgio, Alto da Brasileira Alto do Reservatório, Alto Santa Luzia, Alto do Venâncio, Alto José Idalino, Alto do Marreco, Alto das Queimadas, Alto da Telha, Córrego do Marreco, Córrego Manoel das Meninas, Córrego da Areia, Córrego do Inácio, Córrego do Joaquim, Córrego do Boleiro, Córrego José Idalino, Córrego Pedro da Cocada, Córrego do Jenipapo, Córrego da Loura, Córrego Jardim Primavera.	Alto da Brasileira
	Alto da Guabiraba, Alto da Loura, Arca de Noé, Alto Só Nós Dois, Alto Jiqueri, Bola na Rede, Bom Clima, Córrego Fernandinho, Córrego José Aprígio, Córrego da Bica, Córrego do Carroceiro, Córrego Santa Tereza, Passarinho Alto, Três Morros, Vila Canaã, Vila do Tetra, Vila da Amizade, Vila da Paixão, Vila da Boa Vista.	Dois Unidos
	Córrego da Fortuna, Sítio dos Pintos, Sítio São Braz, Sítio dos Macacos.	Cór. da Fortuna
Regional Noroeste (Av. Norte)	Alto N. S ^a de Fátima, Alto Jd Progresso, Alto Pedrinhas, Alto Eucalipto, Alto Leonardo, Burity, Bola de Noiva, Córrego Euclides, Córrego Eucalipto, do Botijão, da Josélia, do Arcanjo, Macaxeira, N. Descoberta, Olho d'água, Visgueiro, V. Gama.	Alto da Brasileira
	Córrego José Grande, Córrego do Ouro, Alto José Bonifácio, Alto da Esperança, Morro da Conceição, Mangabeira.	B. do Hemetério
	Alto Santa Isabel	Dois Unidos
Regional Sul (L.Encantada)	Alto da Bela Vista, Alto da Esperança, Alto da Jaqueira, Cidade Operária, Costa Porto, Jordão Alto, Jordão Baixo	Jordão Alto
	Asa Branca, Ibura de Baixo, Lagoa Encantada, Três Carneiros, UR-04, UR-05, UR-10, UR-12, Vila do Sesi	Lagoa Encantada
Regional Oeste (Jd. S. Paulo)	Jardim Petrópolis, Jardim Petrópolis I, Jardim Petrópolis II, Jardim Teresópolis, Brega e Chique, Barreiras, UR-07,	B. dos Estados
	Coqueiral	Alto da Colina
	Alto da Bela Vista, Planeta dos Macacos, Jardim São Paulo	Jordão Alto
	UR-01, UR-02, Jardim Monte Verde	J. Monte Verde
	27 de Novembro, Pantanal, Vila dos Milagres, Parque dos Milagres	Lagoa Encantada



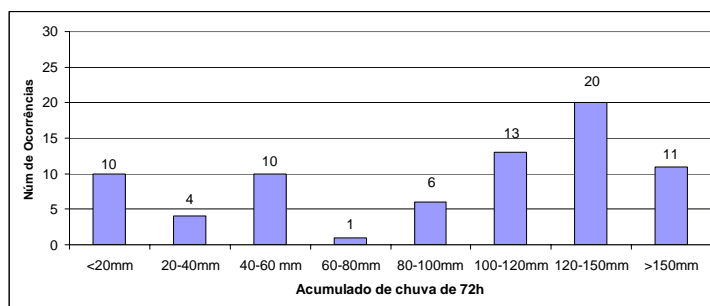
a) Regional Sul



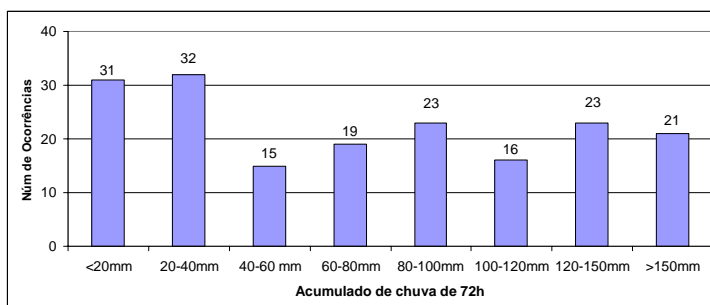
b) Regional Nordeste



c) Regional Noroeste



d) Regional Oeste



e) Regional Norte

Figura VII.44: Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h nas Regionais do Recife.

Considerando toda a cidade (Figura VII.43) foi verificado que 27% dos deslizamentos ocorreram com chuva acumulada em 72h no valor de 40,0 mm. Considerando os números por Regionais foi verificado o seguinte:

- Na Regional Sul (Figura VII.44a), 69% dos processos de instabilidade de encostas foram registrados com chuva acumulada maiores que 60,0 mm em 72h. Através do levantamento das informações para a construção da base de dados dos deslizamentos foi verificado que a maioria das ocorrências foi registrada na localidade de Lagoa Encantada. Com este acumulado (60,0 mm em 72h), registrou-se 75% dos deslizamentos de Lagoa Encantada. Este índice de chuva acumulada poderá ser considerado como crítico para Regional Sul;
- Na Regional Nordeste, 72% das ocorrências se deram com chuva acumulada, em 03 dias, maiores que 40,0 mm (Figura VII.44b). Da base de dados implantada foi verificado que os processos ocorridos na Regional Nordeste estão distribuídos em 04 localidades principais: Córrego do Inácio, Sítio São Braz, Córrego do Jenipapo e Sítio dos Macacos. Por ter ocorrências de deslizamentos distribuídos em várias localidades, observou-se que a partir de 40 mm de chuva acumulada em 72h, ocorrem processos de instabilidade de encostas em várias localidades dessa Regional. Então, na Regional Nordeste pode-se considerar um índice crítico de 40,0 mm, ou seja, a partir deste valor acumulado em 03 dias é possível ocorrer deslizamentos em uma das localidades desta Regional;
- Na Regional Noroeste, quando a chuva acumulada em 72h esteve entre 40,0 mm e 60,0 mm, registrou-se 18 ocorrências de acidentes (Figura VII.44c), sendo 06 deles situados nas localidades mais atingidas por processos de instabilidade de encostas. A chuva crítica para esta Regional pode então ser considerada a partir de 40,0 mm em até 72h. O registro de 62% das ocorrências da Regional Noroeste se deu com chuva acumulada de 03 dias maiores que 40,0 mm;

- Na Regional Oeste, a maioria dos deslizamentos (28% do total) ocorreu na localidade denominada Vila dos Milagres. Nesta Regional 67% das ocorrências se deram com chuva acumulada em 03 dias maiores que 80,0 mm. Após altas taxas de saturação do solo houve registros de deslizamentos com chuvas acumuladas entre 40,0 mm e 60,0 mm, em 72h. O fato ocorreu mais especificamente no mês de junho, com destaque às 07 ocorrências de processos de instabilidade na Vila dos Milagres, com chuva acumulada de 45,7 mm em 03 dias. Então, para a Regional Oeste pode-se considerar uma chuva crítica no valor de 80 mm acumulada em até 03 dias (Figura VII.44d);
- Na Regional Norte, os processos de instabilidade de encostas foram distribuídos em várias localidades. 35% dos acidentes ocorreram com registros menores que 40,0 mm de chuva acumulada em 03 dias. Esse percentual pode indicar a forte ação do fator antrópico nesta Regional. A partir do acumulado crítico de 40,0 mm em 72 horas foram registrados 65% das ocorrências dos acidentes nas encostas em 2009 (Figura VII.44e). A Tabela VII.6 apresenta um resumo dos resultados.

Tabela VII.6: Índice Pluviométrico Crítico Acumulado em 72h no Recife

REGIONAL	Chuva crítica em 72h
Regional Norte	40,0 mm
Regional Sul	60,0 mm
Regional Oeste	80,0 mm
Regional Nordeste	40,0 mm
Regional Noroeste	40,0 mm

7.4.1.2 Chuvas Críticas na Cidade de Camaragibe

A Figura VII.45 apresenta as ocorrências mensais de processos de instabilidade registradas na cidade de Camaragibe juntamente com os índices pluviométricos registrados nas localidades do Bairro dos Estados e de Tabatinga, por apresentar maior número de ocorrências. Observa-se que foram registradas maiores números de processos de instabilidade durante os meses chuvosos na cidade (fevereiro, abril e julho).

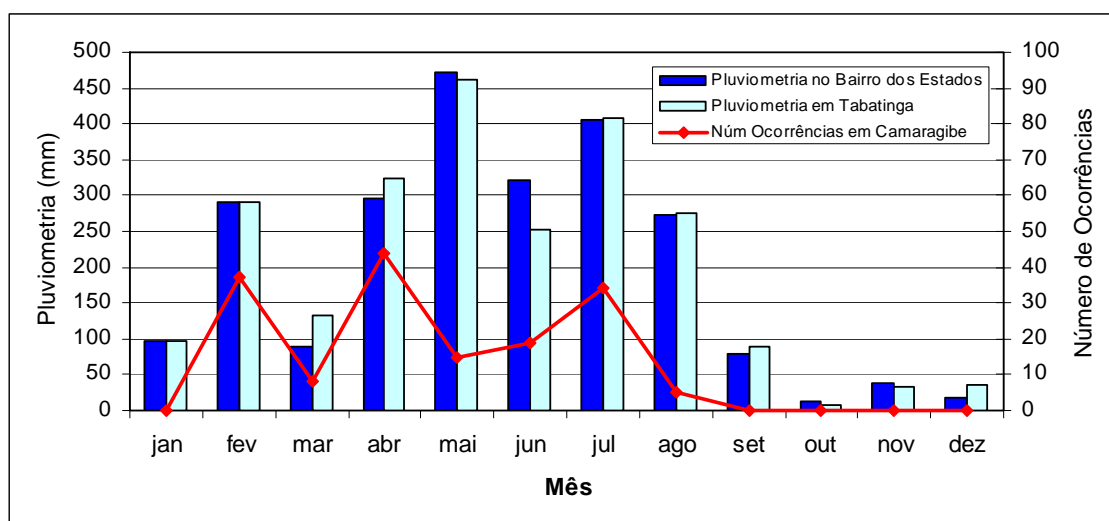


Figura VII.45: Número de Ocorrências Associada a Pluviosidade - Camaragibe (2009).

Para a análise da chuva crítica que deflagra movimentos de massa na cidade de Camaragibe, os índices pluviométricos foram analisados de acordo com as Áreas de atuação da Defesa Civil (Área I a Área IV). A Tabela VII.7 apresenta as localidades pertencentes às Áreas e os pluviômetros de referência. A Figura VII.46 apresenta a distribuição das ocorrências por chuva acumulada em 72h, considerando toda a cidade de Camaragibe-PE; e a Figura VII.47 apresenta a distribuição das ocorrências por chuva acumulada em 72h em cada Área.

Durante a análise dos dados foi observado que do total de 160 ocorrências, 14 não estavam relacionadas diretamente com as chuvas intensas, mas estavam relacionadas a outros fatores, como por exemplo, o antrópico, pois ocorreram com chuvas de pequena intensidade ou mesma sem precipitação pluviométrica. Então se verificou que 146 ocorrências de movimentos de massa, tiveram as chuvas como agente

deflagrador, acionante ou predisponente dos processos. Este universo é que foi considerado para as análises da chuva crítica acumulada, de curto prazo, nas Áreas de atuação da defesa civil.

Tabela VII.7: Áreas, Localidades e Pluviômetro de Referência em Camaragibe
(Fonte: Prefeitura de Camaragibe)

ÁREA	LOCALIDADES	PLUVIÔMETRO
Área I	Bairro dos Estados, Carmelitas, Areinha, Alto Padre Cícero, Rosa Selvagem e J.Teresópolis.	Bairro dos Estados
Área II	Areeiro, Alto Santo Antônio, Córrego do Desastre, J. Paulo II, Viana, Bairro Novo, Alberto Maia, Santana, Paulo Afonso, Timbi, Sta Mônica, Céu Azul e Estação Nova.	Timbi
Área III	Vale das Pedreiras, Jardim Primavera, Loteamento São Pedro e São Paulo, Vila da Fábrica, Nazaré, Inabi, Aldeia de Baixo, Alto da Boa Vista e Sítio dos Macacos.	Vale das Pedreiras
Área IV	- Tabatinga (Córregos: da Andorinha, do Burro, do Inferno, do Jacaré), Loteamento São Jorge, Baixinha.	Tabatinga
	- Vera Cruz e Loteamento Santa Cristina (TELEBRAS).	Vera Cruz

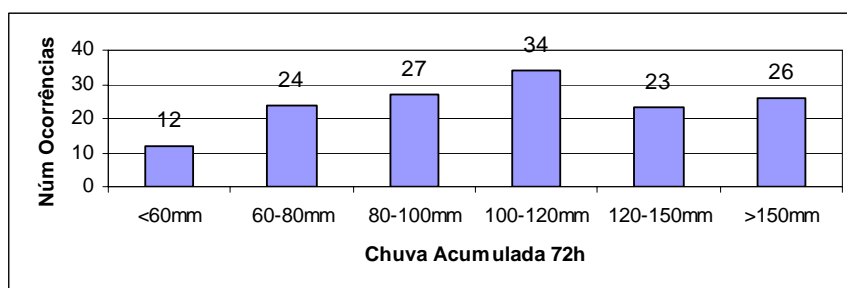
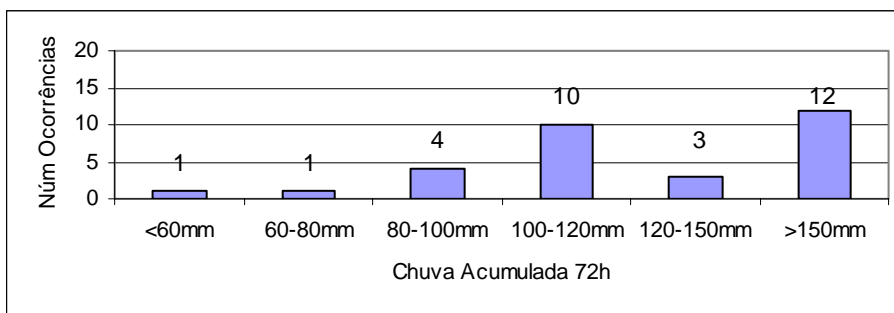
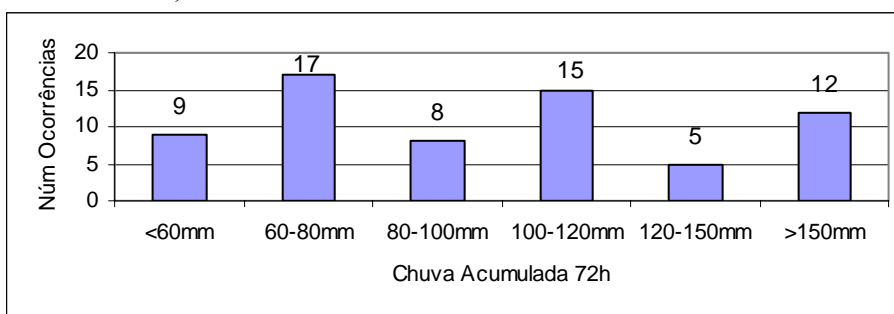


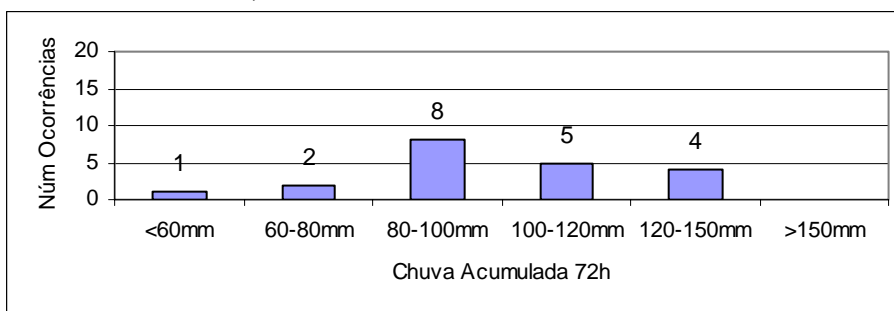
Figura VII.46: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h na Cidade de Camaragibe-PE.



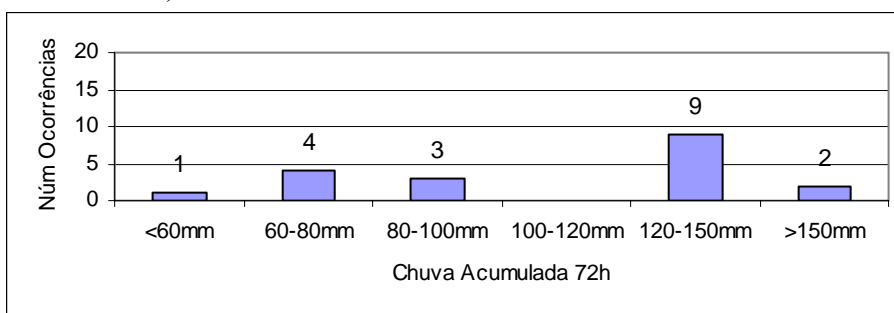
a) Área I – Pluviômetro do Bairro dos Estados



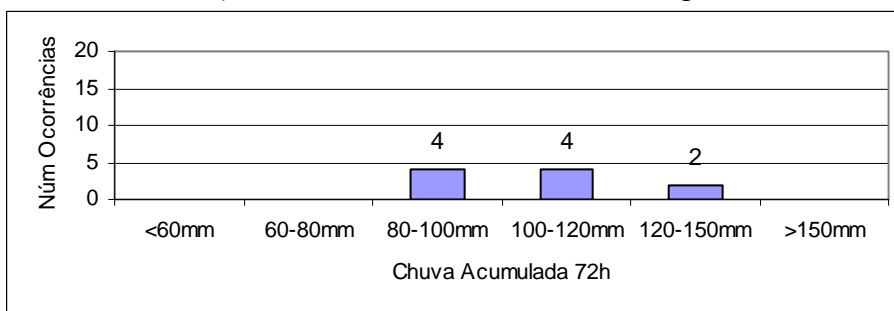
b) Área II – Pluviômetro do Timbi



c) Área III – Pluviômetro do Vale das Pedreiras



d) Área IV – Pluviômetro de Tabatinga



e) Área IV – Pluviômetro de Vera Cruz

Figura VII.47: Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h nas Áreas de Camaragibe

Considerando toda a cidade (Figura VII.46), observa-se que quando o acumulado de chuva esteve acima de 100 mm, em 03 dias, foram registradas 83 ocorrências (57%). Quando o acumulado de chuva esteve entre 80 mm e 100 mm, foram registradas 27 ocorrências (19%). Quando o acumulado de chuva esteve entre 60 mm e 80 mm foram registradas 24 ocorrências (16%) e quando esteve menor que 60 mm foram registrados processos 12 movimentos de massa (8%). As ocorrências em chuva acumulada em 72h menor que 60 mm podem estar relacionadas aos fatores antrópicos (lançamento de águas servidas, cortes inadequados do talude, aterro mal compactado, etc.). Analisando os acidentes de toda a cidade pode-se estimar um acumulado crítico de 80,0 mm de chuva, em 72h, para o Alerta geral na cidade.

Fazendo as análises dos acumulados críticos de chuva em 72h, que causaram grande número de processos nas Áreas de atuação da Defesa Civil observou-se que:

- Na Área I a maioria dos processos ocorreu com chuva acumulada superiores a 100,0 mm em 72h (Figura VII.47a). Da base de dados dos deslizamentos verificou-se que a concentração dos processos nesta Área está na localidade do Bairro dos Estados, ficando então estabelecida uma chuva crítica, acumulada em 3 dias, no valor de 100,0 mm. A partir deste valor os registros apontam para um percentual acima de 30% das ocorrências;
- Na Área II foi registrado um percentual de 40% dos deslizamentos quando os acumulados estiveram em até 80,0 mm (Figura VII.47b). Os deslizamentos ocorridos nesta Área estiveram distribuídos em 06 localidades principais, as quais estão entre as 12 que apresentaram maiores números de processos de instabilidade na cidade, são elas: Areeiro, Alberto Maia, Bairro Novo, Santana, Timbi e Viana. Por ter ocorrências distribuídas nas localidades, o valor crítico da chuva acumulada pode ser considerado de 60,0mm, ou seja, a partir deste valor acumulado em 72h é possível ocorrer processos de instabilidade em uma das localidades desta Área;
- Na Área III (Figura VII.47c) o valor crítico de chuva acumulada em 72h pode ser considerada a partir de 80,0 mm. Nesta Área as localidades de Jardim Primavera e Loteamento São Pedro reúnem o maior número de ocorrências (60% do total);

- Na Área IV – Tabatinga e Vera Cruz, o valor crítico é pode ser considerado a partir de 80mm, chuva acumulada em 72h, (Figuras VII.47d e 47e). Após este índice foram registradas altas taxas de deslizamentos de encostas em 2009. A Tabela VII.8 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

Tabela VII.8: Índice Pluviométrico Acumulado Crítico, em 72h, em Camaragibe

ÁREA	Chuva acumulada crítica em 72h
Área I	100,0 mm
Área II	60,0 mm
Área III	80,0 mm
Área IV – Tabatinga	80,0 mm
Área IV – Vera Cruz	80,0 mm

Na falta de monitoramento dos índices pluviométricos nas áreas de atuação da defesa civil, o parâmetro de precipitação crítica acumulada, em 72h, pode ser considerado de 60 mm, visto que a partir deste índice foram registrados elevados números de acidentes na cidade.

Através da análise da chuva e das ocorrências dos processos de instabilização de encostas na cidade, observou-se que após altas taxas de saturação do solo, é possível ocorrer problemas de desabamentos/tombamentos de muros, mesmo com acumulado de chuva em 72 horas abaixo do crítico. O total de ocorrências desses processos, de instabilização de “obras de contenção”, registrado na cidade de Camaragibe, foi de 22 casos. Desse total, 05 casos ocorreram com precipitação acumulada abaixo do índice crítico.

7.4.1.3 Chuvas Críticas na Cidade de Jaboatão dos Guararapes

A Figura VII.48 apresenta o número de ocorrências de processos de instabilidade de encostas, registrado no ano de 200, na cidade de Jaboatão dos Guararapes, juntamente com os índices pluviométricos mensais. Observa-se que foram registradas ocorrências de movimentos de massa durante os meses chuvosos, tomando como referência o pluviômetro do Bairro de Socorro, por ter apresentado maior número de ocorrências no território municipal.

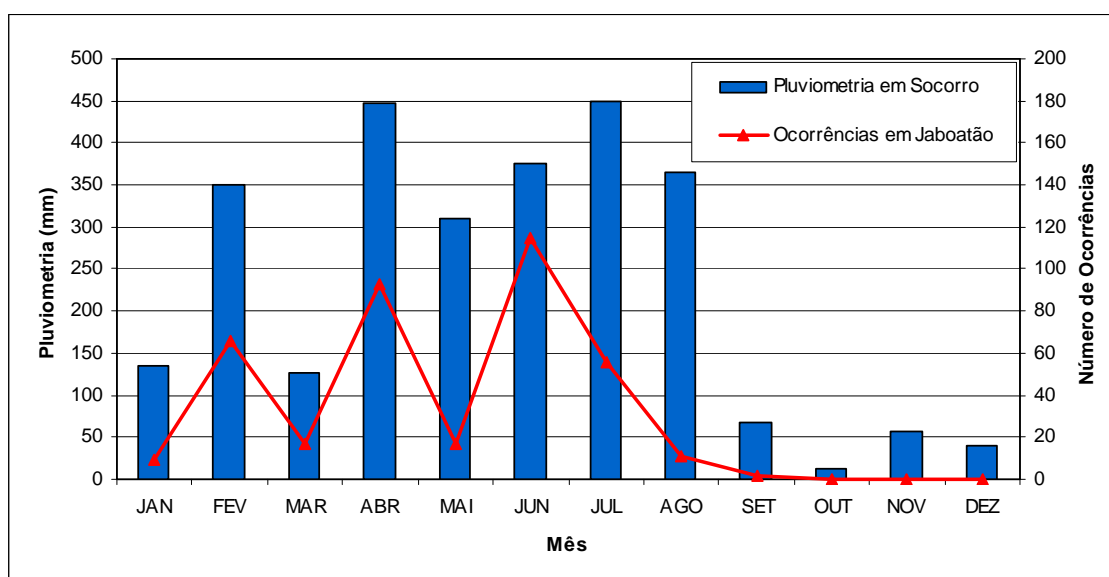


Figura VII.48: Distribuição Mensal do Número de Ocorrências Associada a Pluviometria - Jaboatão dos Guararapes (2009).

Para a análise da chuva crítica na cidade de Jaboatão dos Guararapes, o estudo foi realizado por Regional, as quais a Defesa Civil se baseia para suas ações (ver Figura III.19 no capítulo III). Assim analisou-se a chuva acumulada em 72h para as Regionais de: Cavaleiro, Jaboatão Centro, Curado, Muribeca, Prazeres e Praias. A Tabela VII.9 apresenta as Regionais com seus respectivos bairros e os pluviômetros de referência.

A Figura VII.49 apresenta a distribuição das ocorrências nas Regionais da cidade. Observa-se nesta Figura que a Regional de Jaboatão Centro registrou maior número de ocorrências de processos de instabilidade de encostas (150 ocorrências - 39,5%), seguida da Regional de Cavaleiro (143 ocorrências- 37,6%). Esses resultados indicam uma maior necessidade de equipes técnicas nestas duas Regionais. Na Regional “Praias” não se encontram problemas com deslizamentos de encostas, mas sim outros

tipos de processos, como os de erosão marinha e de instabilidade de prédios. As duas ocorrências registradas em 2009 na Regional Praias (Figura VII.49) tratam-se de casos de instabilidade de “muros de contenção”. A Figura VII.50 apresenta a distribuição das ocorrências por chuva acumulada em 72h, considerando a cidade de Jaboatão dos Guararapes como um todo; e a Figura VII.51 apresenta a distribuição das ocorrências por chuva acumulada de 72h em cada Regional.

Tabela VII.9: Regionais, Bairros e Pluviômetro de Referência em Jaboatão

REGIONAL	BAIROS	PLUVIÔMETRO
Regional 1 - Jaboatão Centro	Engenho Velho, Floriano, Santana, Socorro	Socorro
	Bulhões, Centro, Santo Aleixo, Vista Alegre, Vargem Fria, Vila Rica	Vista Alegre
	Manassu	Duas Unas
	Muribequinha	Prazeres
Regional 2 - Cavaleiro	Cavaleiro	Alto da Colina
	Dois Carneiros, Sucupira, Zumbi do Pacheco	Jd Monte Verde
Regional 3 - Curado	Curado	Alto da Colina
Regional 4 - Muribeca	Muribeca e Marcos Freire	Prazeres
Regional 5 - Prazeres	Cajueiro Seco, Comportas, Guararapes, Prazeres	Prazeres
	Jardim Jordão	Lagoa Encantada
Regional 6 - Praias	Barra de Jangada, Candeias e Piedade	Prazeres

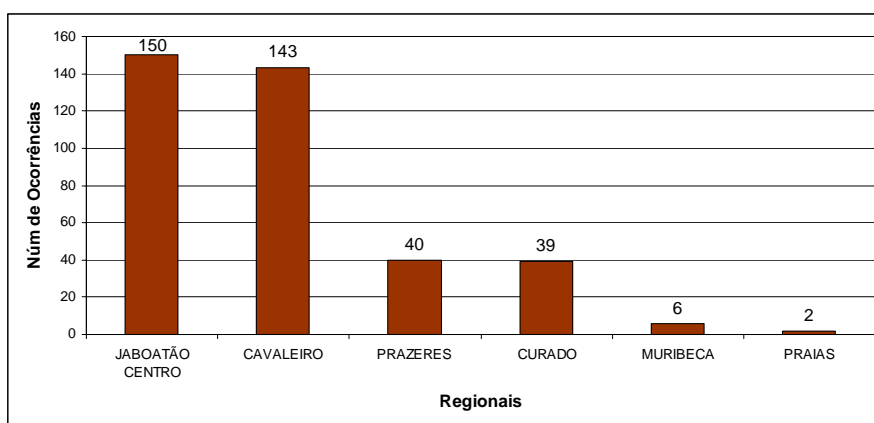


Figura VII.49: Distribuição das Ocorrências por Regional de Jaboatão dos Guararapes (2009)

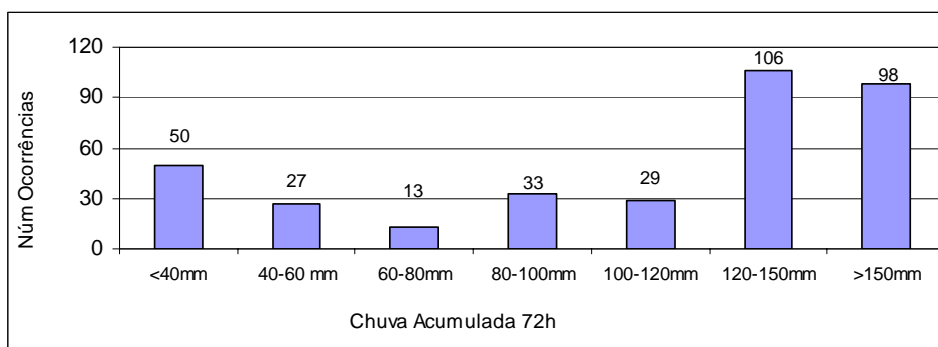
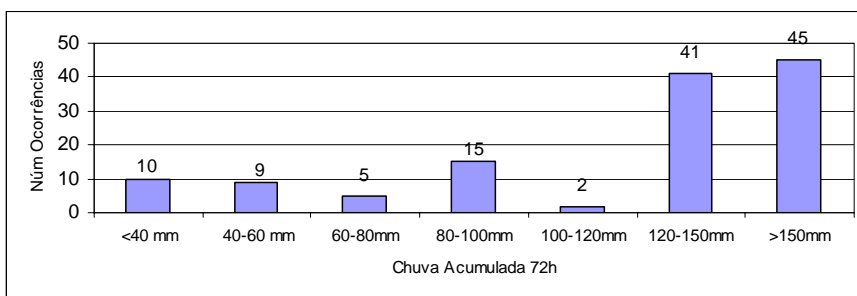
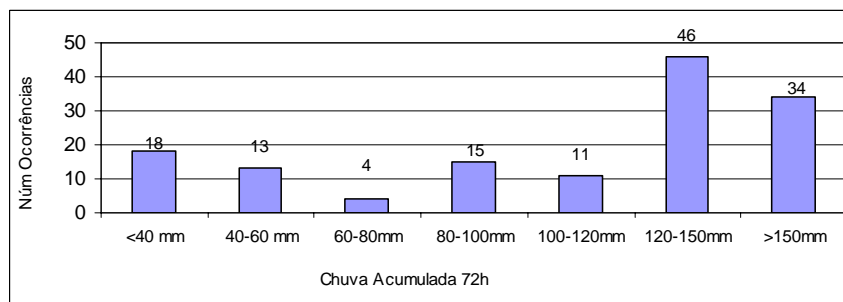


Figura VII.50: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h na Cidade de Jaboatão dos Guararapes-PE.

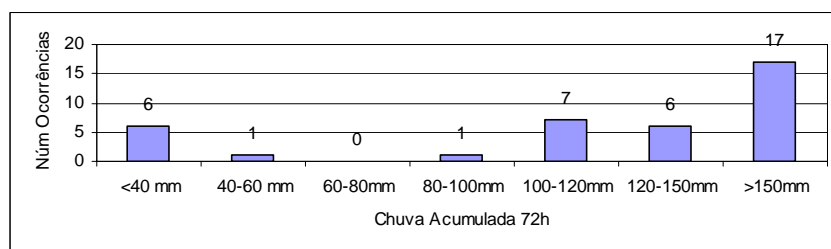
Observando a distribuição das ocorrências de movimentos de massa, por faixa de chuva acumulada em 72 horas, em toda a cidade de Jaboatão dos Guararapes (Figura VII.50) verifica-se que há um maior registro de acidentes quando se tem um índice de chuva no valor de 100 mm, acumulada em 03 dias. Em 2009, quando as precipitações estiveram acima deste índice, foram registradas 65% dos acidentes em toda cidade. No entanto, há um significativo registro de ocorrências quando se tem um acumulado em 72h entre 40,0 mm e 100,0 mm. As ocorrências com chuva acumulada em 72h menor que 40,0 mm podem estar relacionadas aos fatores antrópicos (lançamentos de águas servidas, cortes inadequados dos taludes, aterros mal compactados, etc).



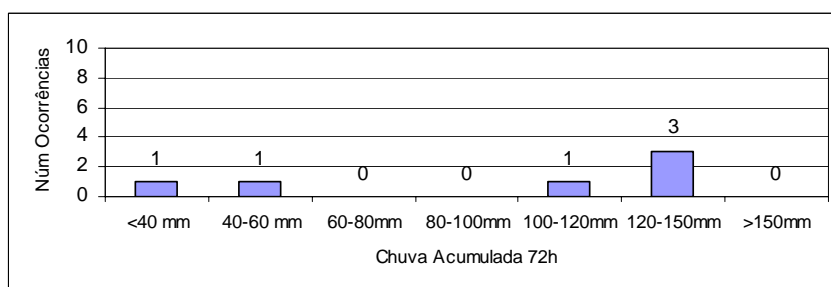
a) Regional 1 (Jaboatão Centro) – Pluv. de Socorro, V. Alegre, Duas Unas e Prazeres



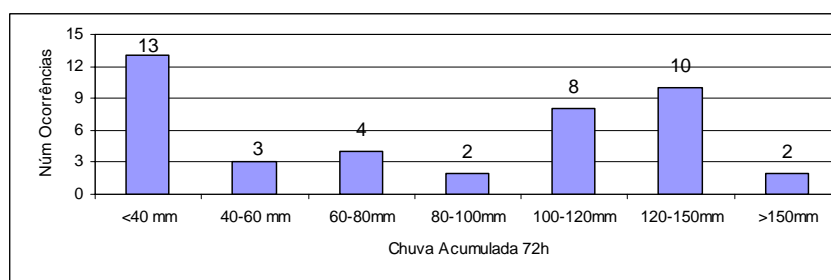
b) Regional 2 (Cavaleiro) – Pluviômetro do Alto da Colina e Jd Monte Verde



c) Regional 3 (Curado) – Pluviômetro do Alto da Colina



d) Regional 4 (Muribeca) – Pluviômetro de Prazeres



e) Regional 5 (Prazeres) – Pluviômetro de Prazeres e Lagoa Encantada

Figura VII.51: Ocorrências por Chuva Acumulada em 72h nas Regionais de Jaboatão

Fazendo as análises do acumulado de chuva em 72h, que causa grande número de processos de instabilização de encostas em cada Regional, observa-se o seguinte:

- A maioria dos processos de instabilidade de encostas da Regional I (Jaboatão Centro) ocorreu com um acumulado de chuva maior que 100,0 mm em 72h (69% dos casos), sendo este o índice que pode ser considerado crítico (Figura VII.51a). As localidades mais atingidas foram: Bairro de Socorro (27%), Bairro de Vila Rica (23%) e Santo Aleixo (19%);
- Os deslizamentos ocorridos na Regional de Cavaleiro estão muito concentrados nas comunidades pertencentes ao Bairro de Sucupira. Por ter ocorrências de escorregamentos distribuídos nas comunidades de Sucupira, o valor crítico da chuva acumulada pode ser considerado de 80,0mm, ou seja, a partir deste valor acumulado em 72h é possível ocorrer processos de instabilidade em uma das localidades desta Área;
- Na Regional do Curado os deslizamentos se concentraram no Bairro do Curado IV. Nesta Regional pode-se considerar o valor crítico de chuva acumulada em 72h no valor de 100,0 mm;
- Na Regional 4 (Muribeca) a maioria das ocorrências foi registrada com chuva acumulada em 72h no valor de 100 mm, sendo este o índice que pode ser considerado crítico (Figura VII.51d);
- Na Regional 5 (Prazeres) a maioria dos deslizamentos foi registrada na localidade do Jardim Jordão. Nesta Regional pode-se admitir uma chuva crítica de 60 mm, pois a partir deste índice ocorreram 62% dos acidentes. A Tabela VII.10 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

Tabela VII.10: Índice Pluviométrico Acumulado Crítico, em 72h, em Jaboatão

REGIONAL	Chuva crítica em 72h
Regional 1- Jaboatão Centro	100,0 mm
Regional 2 - Cavaleiro	80,0 mm
Regional 3 - Curado	100,0 mm
Regional 4 - Muribeca	100,0 mm
Regional 5 - Prazeres	60,0 mm

Na falta de monitoramento direto dos índices pluviométricos nas áreas de atuação da defesa civil, recomenda-se o parâmetro de precipitação acumulada de, no mínimo, 60 mm em 72h. A partir deste índice são registrados elevados números de acidentes em algumas das localidades de Jaboatão dos Guararapes.

Através da análise da chuva para cada registro de processos de instabilização de encostas na cidade, observou-se que após a saturação do solo, é possível ocorrer problemas de desabamentos/tombamentos de muros, mesmo com acumulado de chuva em 72 horas abaixo do crítico. O total de ocorrências de processos de instabilização de “obras de contenção”, registrado em Jaboatão, foi de 35 casos. Desse total, 10 casos ocorreram com precipitação acumulada abaixo do índice crítico.

As chuvas críticas encontradas para a Área I em Camaragibe e para as Regionais de Jaboatão Centro, Curado e Muribeca em Jaboatão dos Guararapes são semelhantes às encontradas para a Baixada Santista e o Vale do Paraíba, em São Paulo, por MACEDO et al. (1999), no valor de 100 mm em até 72h. As chuvas críticas acumuladas, no valor de 80 mm em até 72h, encontradas para a Regional Oeste na cidade do Recife; para as Áreas III e IV em Camaragibe; e para a Regional de Cavaleiro em Jaboatão dos Guararapes são semelhantes às encontradas por MACEDO et al. (1999) para Regiões Paulistas. Os autores encontraram o valor de 80 mm de chuva acumulada, em até 72h, para Campos do Jordão, Campinas, ABC e Sorocaba. As chuvas críticas encontradas para as Áreas II em Camaragibe e para a Regional Sul da cidade do Recife, bem como para a Regional de Prazeres, no valor de 60,0 mm estiveram abaixo dos encontrados por MACEDO et al. (1999). O índice foi ainda mais baixo nas Regionais Norte, Nordeste e Noroeste da cidade do Recife, no valor de 40,0

mm em até 72h de chuva acumulada. Esses baixos valores de chuvas acumuladas críticas são indicadores de que o fator antrópico tem um papel muito forte nas áreas, onde uma “gota d’água” de uma chuva é suficiente para provocar ocorrência dos deslizamentos.

TAVARES et al. (2004) analisaram a variabilidade temporal e espacial das chuvas associada aos movimentos na Zona Costeira de São Paulo e concluíram que há um predomínio de movimentos de massa quando se tem uma chuva acumulada em 72 horas acima de 120 mm. Ocorrências com chuva acumulada abaixo deste valor pode estar correlacionadas à ação antrópica ou chuvas intensas em 24 horas. Na área de estudo desta pesquisa, chuvas a partir de 30,0 mm em 24h causaram alguns deslizamentos nas localidades.

GONÇALVES (2003) constatou que os eventos de chuvas intensas em Salvador-BA, de maior repercussão espacial, são aqueles iguais ou superiores a 60 mm em 24h; a partir desse limiar ocorrem inundações, sendo os escorregamentos mais efetivos a partir da intensidade de 70 mm / 24h.

Os índices de chuvas críticos encontrados nesta pesquisa são limites para a mudança de nível operacional das ações de Defesa Civil nas áreas estudadas. A partir deste parâmetro, a defesa civil deve realizar vistorias nas áreas de risco, para verificar a necessidade de uma ação preventiva imediata, através, por exemplo, da retirada da população, evitando um desastre. É um índice que dá indicação da necessidade de vistoriar as áreas de risco alto e muito alto. No PPDC de São Paulo, após as chuvas atingirem o índice crítico, o plano sai do nível de Observação e entra no nível de Atenção, onde são realizadas as vistorias de campo. No caso de serem identificadas feições de instabilidade, como, por exemplo, fenda no solo, opera-se o nível de Alerta e se procede à retirada dos moradores que se encontram em situação de risco muito alto. Quando as condições meteorológicas indicam a continuidade de chuvas e ocorrem escorregamentos generalizados nas áreas de risco há a necessidade de evacuação de toda a população, dando início ao nível de Alerta Máximo.

7.4.2 CHUVAS CRÍTICAS ACUMULADAS A PARTIR DE 1º DE JANEIRO

O entendimento dos mecanismos e o conhecimento da chuva crítica que deflagra movimentos de massa em curto e longo prazos são importantes parâmetros técnicos para elaboração de planos preventivos. A obtenção destes parâmetros na RM-Recife dará uma grande contribuição ao gerenciamento das áreas de risco nas cidades (BANDEIRA et al., 2010).

Atualmente as Defesas Civis da Região Metropolitana do Recife adotam um índice de chuva acumulada, a partir dos primeiros registros de chuva no ano ou durante a ocorrência de chuvas contínuas, no valor de 600 mm, para decretar o Estado de Alerta em suas cidades. Este parâmetro é baseado nos estudos de GUSMÃO FILHO (1997) realizados nos morros da cidade de Olinda-PE, os quais são constituídos por sedimentos da Formação Barreiras. No estudo de GUSMÃO FILHO (1997), foi observado que a estabilidade da encosta é reduzida com a elevação do nível piezométrico, a qual foi monitorada no período de três anos. Concluiu-se que a instabilidade das encostas resulta da ação combinada entre a intensidade de chuva acumulada (P_{ac}), de janeiro até aquela data, com a ocorrência de uma chuva diária de intensidade mínima (I) naquela data. Definiu-se então o parâmetro R_{crit} como sendo o produto da chuva de 24 horas pela chuva acumulada até o dia do evento ($R_{crit} = P_{ac} \times I$). Neste estudo encontrou-se o valor de $R_{crit} = 60.000 \text{ mm}^2$ como representativo de movimento iminente. A partir desse valor de R_{crit} , o nível d'água permanece no seu valor máximo. Então se a chuva acumulada é de 600 mm, é provável uma situação de solo com elevada taxa de saturação, bastando uma chuva de 100 mm para instabilizar o maciço, na medida em que atinge o R_{crit} . Se o acumulado é de 800 mm e houver uma chuva de 75 mm/24h o R_{crit} será atingido, aumentando a probabilidade de ocorrência de deslizamentos de encostas. Este estudo também mostra a importância da previsão meteorológica, onde pode ser verificada a possibilidade de alcançar o valor de R_{crit} e tomar medidas de prevenção de acidentes (ver também GUSMÃO FILHO, 2001).

Esta pesquisa também buscou analisar quais os índices de chuva acumulada, de longo prazo, nas áreas de atuação das defesas civis, que poderiam indicar parâmetros técnicos para o anúncio do estado do Alerta. Para cada cidade envolvida nesta pesquisa foi realizada uma análise dos processos ocorridos relacionados às chuvas, registradas a

partir de 1º de janeiro. Os itens a seguir apresentam os resultados por cidade. Ressalta-se que os índices críticos de chuvas acumuladas em longo prazo encontrados para as áreas de atuação das defesas civis, para indicação ao estado do Alerta, só são válidos com o registro de ocorrências de chuvas concentradas críticas em 72 horas e com a previsão de continuidade de chuvas intensas.

7.4.2.1 Chuvas Críticas a Partir de 1º de Janeiro na Cidade do Recife

A cidade do Recife registra historicamente um volume médio de 600 mm de chuva acumulada, contados a partir de 1º de janeiro, na 1ª quinzena do mês de abril. Analisando os registros dos índices pluviométricos do Curado verificou-se que no ano de 2009 o índice foi atingido em 31 de março. Até o final do mês de março os acidentes registrados na cidade, no ano de 2009, foram de 20% do total dos acidentes; e no final do mês de abril os acidentes registrados na cidade foram num percentual de 38% do total dos acidentes.

Tomando como referência a localidade de Lagoa Encantada, por apresentar maior registro de ocorrência de acidentes, foi observado que o índice pluviométrico acumulado de 600 mm de chuva foi atingido no dia 06 de abril, naquele pluviômetro. Até esta data foram registradas 171 ocorrências de processos de instabilidade de encostas em toda a cidade (21% do total das ocorrências do ano) devido à ocorrência de chuvas concentradas em poucos dias.

A Figura VII.52 apresenta a distribuição dos processos de instabilidade de encostas ocorridos em 2009, por faixa de chuvas acumuladas em toda cidade do Recife. Analisando os números verifica-se que a maioria dos processos ocorreu com uma chuva acumulada maior que 750 mm, contadas a partir de 1º de janeiro. Até este acumulado foram registrados 24% dos deslizamentos. O registro de 147 ocorrências (18%), com chuvas acumuladas menores que 600 mm estão apenas relacionadas a picos concentrados de chuva em poucos dias (72h), como foi verificado nas ocorrências dos meses de janeiro e fevereiro, onde foram registrados índices de chuvas diários elevados, como se observa na Figura VII.53, a qual apresenta os índices de chuvas diários, para os meses de janeiro a abril de 2009, com informações dos deslizamentos.

Para a análise dos dados por áreas de atuação da defesa civil, foram construídas as distribuições das ocorrências, por faixas de chuva acumulada de longo prazo, em cada Regional da cidade do Recife. Os índices de chuva, acumulados críticos, foram estabelecidos tomando como referência o percentual de 30% do total. A Figura VII.54 apresenta os resultados.

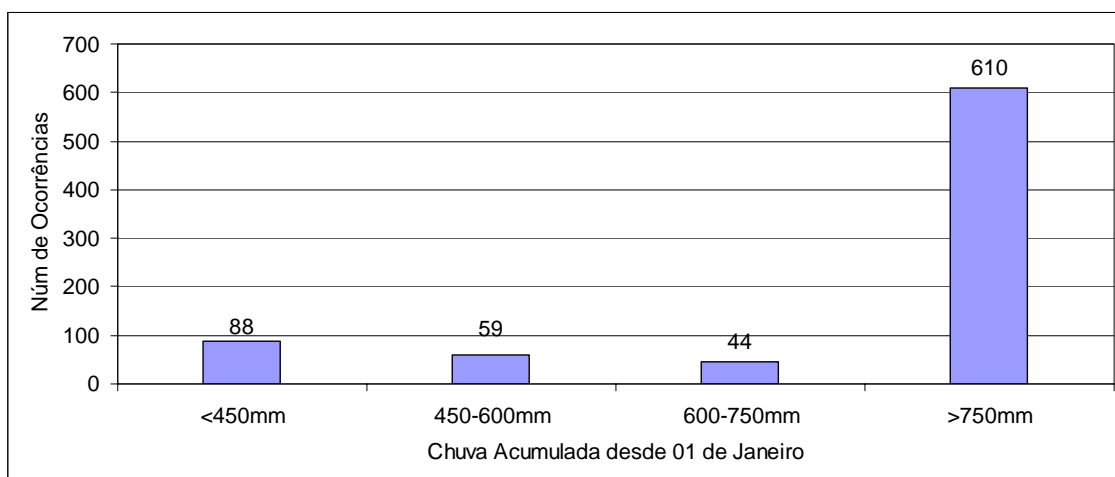


Figura VII.52: Distribuição das Ocorrências de 2009, por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro na Cidade do Recife-PE.

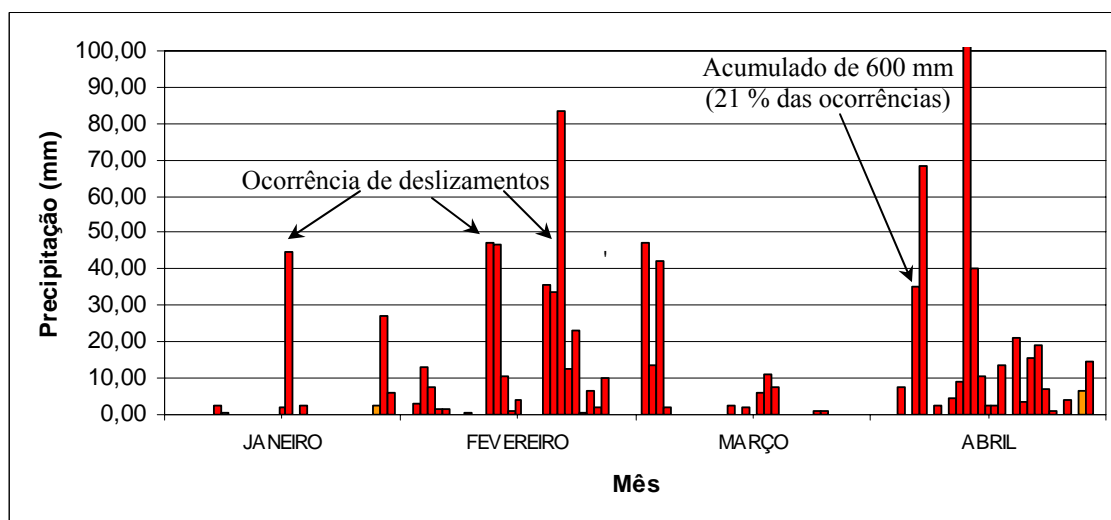
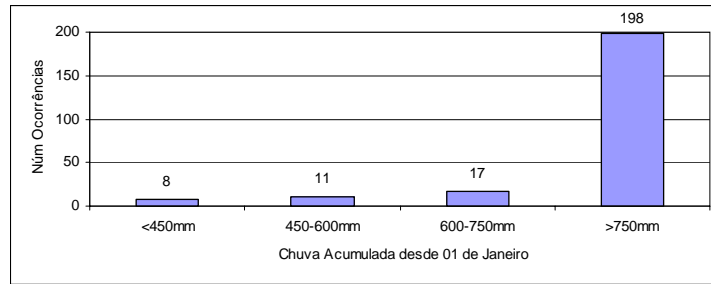
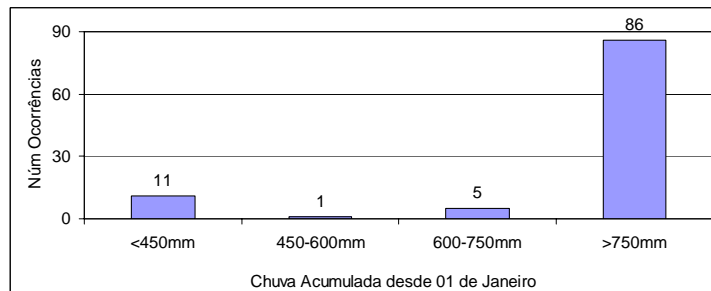


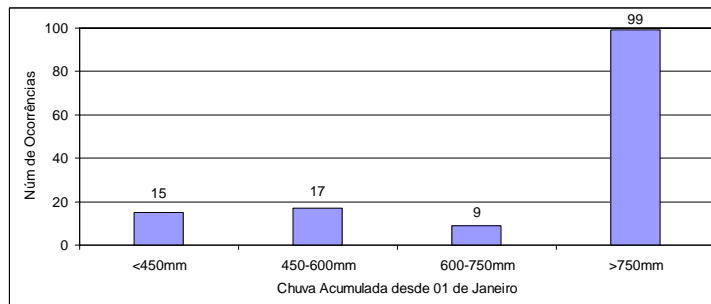
Figura VII.53: Precipitações Diárias de Janeiro a Abril de 2009 Lagoa Encantada / Recife



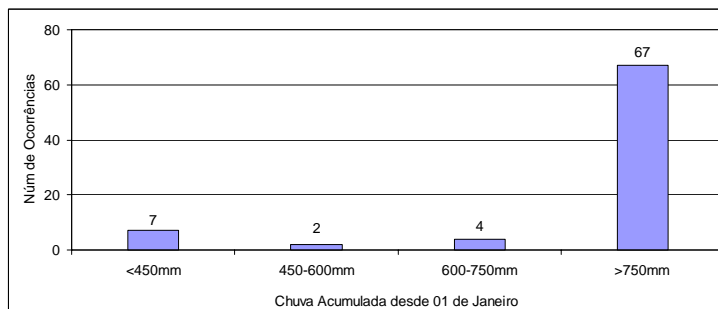
a) Regional Sul



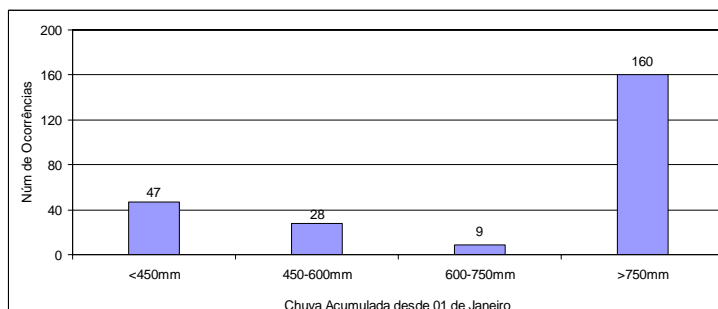
b) Regional Nordeste



c) Regional Noroeste



d) Regional Oeste



e) Regional Norte

Figura VII.54: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro nas Regionais do Recife-PE.

Fazendo as análises do acumulado crítico de chuva de longo prazo, observa-se que o valor crítico, a partir de 1º de janeiro, para as Regionais Sul, Nordeste, Noroeste e Oeste pode ser considerado a partir de 750 mm. Os percentuais de ocorrências de processos de instabilidade de encostas registrados nestas Regionais, com um acumulado menor que 750 mm, ficaram abaixo dos 30%. Já a Regional Norte apresentou um percentual de 30% dos acidentes com chuvas acumuladas de 600 mm, sendo então este o índice considerado crítico, conforme adotou a defesa civil, baseada nos estudos de GUSMÃO FILHO (1997). A Tabela VII.11a e 11b resumem os resultados encontrados e informam os parâmetros de chuva para os níveis de operação considerando as chuvas críticas.

Tabela VII.11a: Índice Pluviométrico Crítico Acumulado desde 1º de Janeiro no Recife

REGIONAL	Chuva Acumulada Crítica*
Regional Sul	750,0 mm
Regional Nordeste	750,0 mm
Regional Noroeste	750,0 mm
Regional Oeste	750,0 mm
Regional Norte	600,0 mm

* Considerada crítica com o registro de chuvas críticas em 72 horas e previsão de continuidade de chuvas intensas.

Tabela VII.11b: Recomendações de Parâmetros para os Níveis de Operação no Recife

NÍVEL / REGIONAL	NORTE	SUL	OESTE	NORDESTE	NOROESTE
OBSERVAÇÃO	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro
ATENÇÃO	40,0 mm / 72h	60,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h	40,0 mm / 72h	40,0 mm / 72h
ALERTA	600,0 mm* e 40,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	750,0 mm * e 60,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	750,0 mm * e 60,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 60,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 60,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas

* Acumulado desde 01 de janeiro

7.4.2.2 Chuvas Críticas a Partir de 1º de Janeiro na Cidade de Camaragibe

Análises realizadas nos dados históricos dos índices de chuva da cidade de Camaragibe mostraram que, o volume de 600 mm de chuva acumulada, contados a partir de 1º de janeiro, é atingido, em média, no final do mês de abril. Analisando o histórico de acidentes na cidade (ver Figura VII.1), verifica-se que ao findar o mês de abril, tem ocorrido um razoável registro do número de acidentes: historicamente 36% do total. É um percentual considerado razoável para o anúncio do Estado do Alerta.

Observando os registros dos índices pluviométricos e dos processos de instabilidades ocorridos em 2009 verificou-se que os 600 mm de chuva foi ultrapassado no dia 14 de abril, registrado pelo pluviômetro localizado em Timbi, o qual a defesa civil toma como referência para suas ações. Até esta data tinham sido registradas 32% do total das ocorrências do ano, em toda a cidade. Segundo informações da defesa civil municipal, o Alerta no ano de 2009 foi oficializado em 30 de maio, pois o município considera o índice acumulado para períodos de “chuvas contínuas”. Fazendo uma retro-análise dos dados de chuva “contínua”, observou-se que o acumulado foi considerado a partir de 20 de abril. Das ocorrências registradas pela defesa civil, observou-se que até o Alerta foram registradas 93 ocorrências de movimentos de massa, o que corresponde a 64% do total de 146 ocorrências, no ano de 2009, ou seja, o anúncio do Alerta em Camaragibe se deu com um registro elevado do número de acidentes.

A Figura VII.55 apresenta a distribuição das ocorrências por faixa de chuvas acumuladas em toda a cidade de Camaragibe. Analisando os números verifica-se que a chuva acumulada de 600 mm, contadas a partir de 1º de janeiro, para o anúncio do Alerta é válida para a cidade de Camaragibe como um todo. O registro de 48 ocorrências de processos de instabilidade de encostas (30%), com chuvas acumuladas menores que 600 mm estão relacionadas a picos de chuva concentradas em poucos dias e/ou ao fator antrópico. Exemplos desse fato foram constatados nos registros dos deslizamentos ocorridos nos meses de fevereiro, março e abril, em chuvas concentradas de 60 mm, em 72h. A Figura VII.56 apresenta os índices de chuvas diários para os meses de janeiro a abril de 2009 com informações dos deslizamentos.

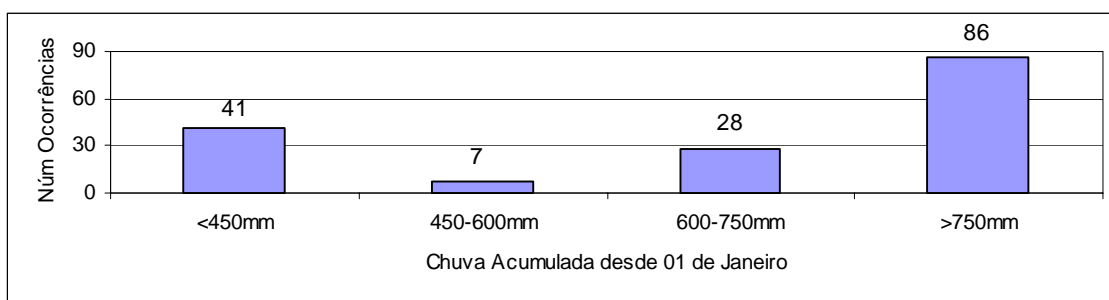


Figura VII.55: Distribuição das Ocorrências de 2009, por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro na Cidade de Camaragibe-PE.

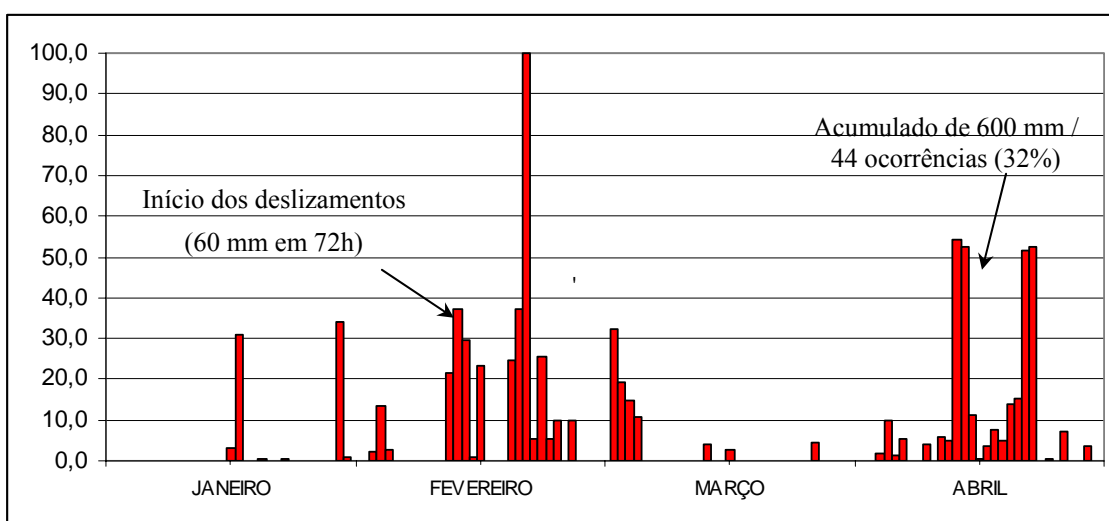
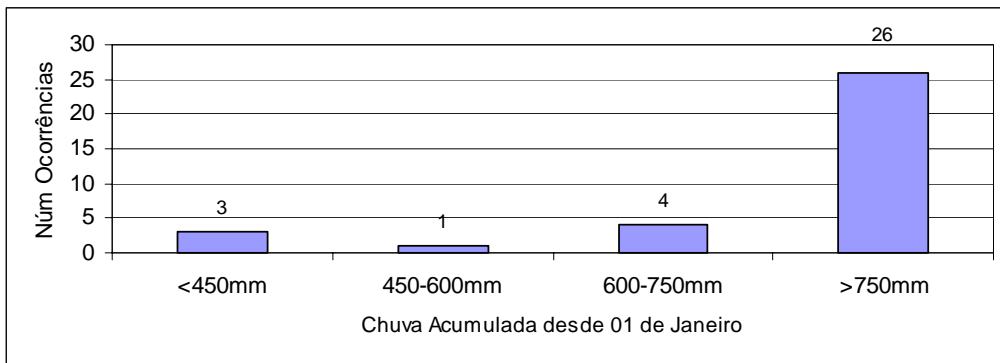
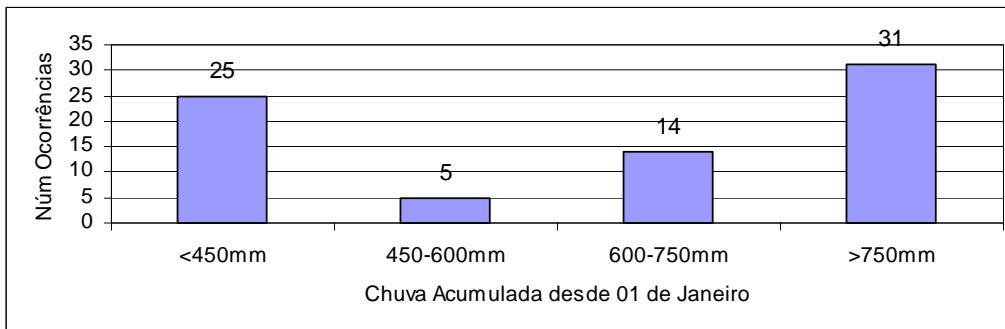


Figura VII.56: Precipitações Diárias de Janeiro a Abril de 2009 – Timbí / Camaragibe.

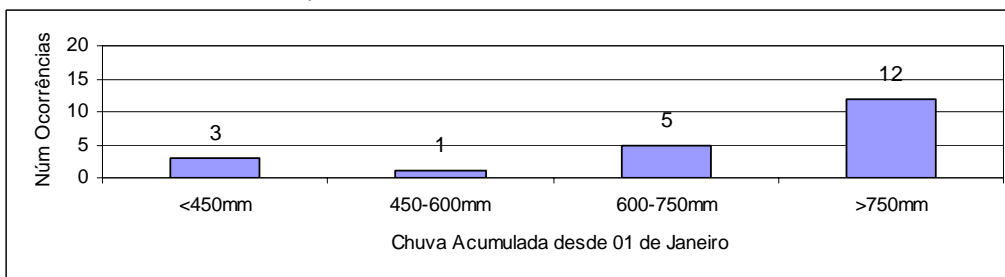
Para a análise dos dados por Área de atuação da defesa civil, foram construídas as distribuições das ocorrências, por faixas de chuva acumulada de longo prazo, em cada Área da Cidade de Camaragibe. Os índices de chuva, acumulados críticos, foram estabelecidos tomando como referência o percentual das ocorrências, em torno de 30% do total. A Figura VII.57 apresenta os resultados.



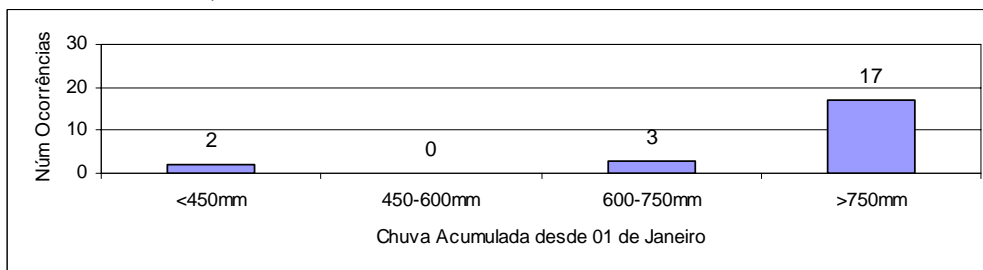
a) Área I – Pluviômetro do Bairro dos Estados



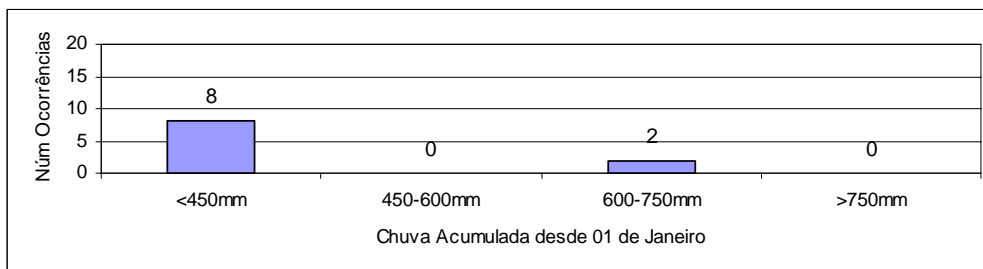
b) Área II – Pluviômetro do Timbi



c) Área III – Pluviômetro do Vale das Pedreiras



d) Área IV – Pluviômetro de Tabatinga



e) Área IV – Pluviômetro de Vera Cruz

Figura VII.57: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro nas Áreas da Cidade de Camaragibe-PE.

Fazendo as análises do acumulado crítico de chuva de longo prazo, observa-se que o valor crítico, a partir de 1º de janeiro, para as Áreas I e IV (Tabatinga) é de 750 mm. A Área II apresentou um registro de 25 acidentes com chuva acumulada menor que 450 mm. Estes registros foram relacionados a chuvas concentradas em 72 horas, ocorridas em fevereiro. Neste mês foram registrados 23% das ocorrências, com chuva acumulada de 147,0 mm a partir de 01 de janeiro. Nesta Área II pode-se considerar uma chuva acumulada crítica, para o anúncio do Estado do Alerta, a partir de 600,0 mm, contados desde 01 janeiro, desde que tenham ocorridos eventos concentrados críticos em 72h durante os dias anteriores. Como a Área II agrega um grande número de localidades, acima deste acumulado é possível ocorrer deslizamentos, em diversos bairros da Área em questão. As Áreas III e IV (Vera Cruz) apresentaram volumes críticos de chuva no valor de 600 mm. Na falta de monitoramento do índice pluviométrico nas Áreas específicas, o município pode considerar como índice crítico para o anúncio do Alerta, o acumulado máximo de 600 mm de chuva, estando relacionado às ocorrências de chuvas críticas em 72 horas. A Tabela VII.12a e 12b resumem os resultados encontrados e informam parâmetros para os níveis de operação considerando as chuvas críticas.

Tabela VII.12a: Índice Pluviométrico Crítico Acumulado a Partir de 1º de Janeiro em Camaragibe

ÁREA	Chuva Acumulada Crítica*
Área I	750,0 mm
Área II	600,0 mm
Área III	600,0 mm
Área IV – Tabatinga	750,0 mm
Área IV – Vera Cruz	600,0 mm

* Considerada crítica com o registro de chuvas críticas em 72 horas e previsão de continuidade de chuvas intensas.

Tabela VII.12b: Recomendações de Parâmetros para os Níveis de Operação em Camaragibe

NÍVEL / ÁREA	ÁREA I	ÁREA II	ÁREA III	ÁREA IV - TABATINGA	ÁREA IV-VERA CRUZ
OBSERVAÇÃO	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro
ATENÇÃO	100,0 mm / 72h	60,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h
ALERTA	750,0 mm* e 100,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	600,0 mm* e 60,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	600,0 mm* e 80,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 80,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	600,0 mm* e 80,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas

* Acumulado desde 01 de janeiro

7.4.2.3 Chuvas Críticas a Partir de 1º de Janeiro na Cidade de Jaboatão dos Guararapes

Em Jaboatão dos Guararapes, através das médias mensais históricas dos índices pluviométricos, verificou-se que a chuva acumulada de 600 mm é atingida na primeira quinzena do mês de maio. Analisando os dados das ocorrências registradas entre os anos de 2004 a 2009 (Figura VII.7), observa-se que neste período foram registrados 43% dos acidentes em encostas. É um percentual maior que o registrado historicamente na cidade de Camaragibe (36%).

Observando os registros dos índices pluviométricos e dos processos de instabilidades ocorridos em 2009, verificou-se que os 600 mm de chuva acumulada foi atingido no dia 12 de abril, tendo como referência o pluviômetro localizado em Prazeres, o qual a defesa civil se baseia em suas ações. Até esta data foram registradas 26% do total das ocorrências do ano, em toda a cidade. Para a análise da chuva crítica acumulada nas Regionais tomou-se como parâmetro o volume de chuva acumulado, cujo registro dos deslizamentos ficou em torno de 30% do total.

A Figura VII.58 apresenta a distribuição dos processos de instabilidade de encostas ocorridos em 2009, por faixa de chuvas acumuladas em toda a cidade de Jaboatão dos Guararapes. Analisando os números verifica-se que a maioria dos processos ocorreu com uma chuva acumulada maior que 750 mm, contadas a partir de 1º de janeiro. O registro de 56 ocorrências (16%), com chuvas acumuladas menores que 450 mm estiveram apenas relacionadas a picos de chuva concentradas em poucos dias, como foi verificado nas ocorrências dos meses de janeiro e fevereiro, onde houve índices de chuvas diários elevados (Figura VII.59).

Para a análise dos dados por área de atuação da defesa civil, foram construídas as distribuições das ocorrências, por faixas de chuva acumulada de longo prazo, em cada Regional da Cidade de Jaboatão dos Guararapes. A Figura VII.60 apresenta os resultados.

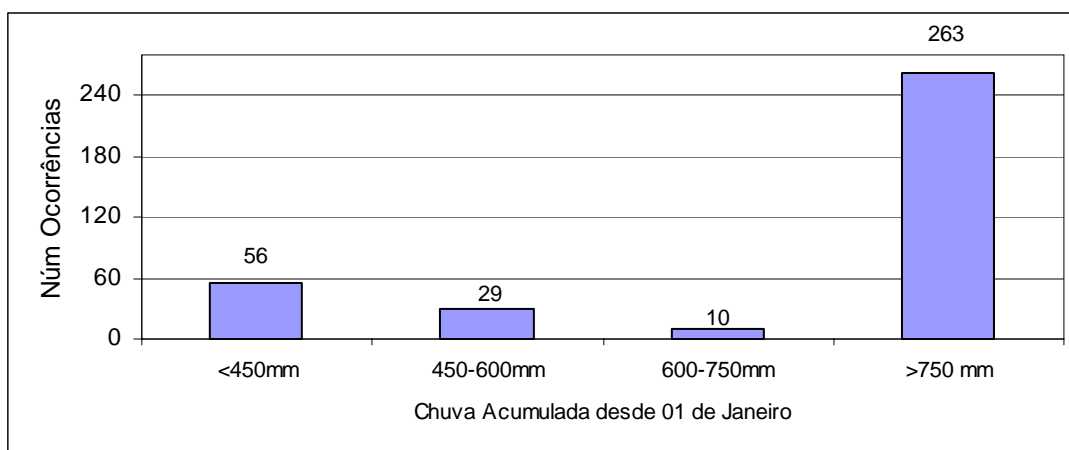


Figura VII.58: Distribuição das Ocorrências de 2009, por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro na Cidade de Jaboatão dos Guararapes-PE.

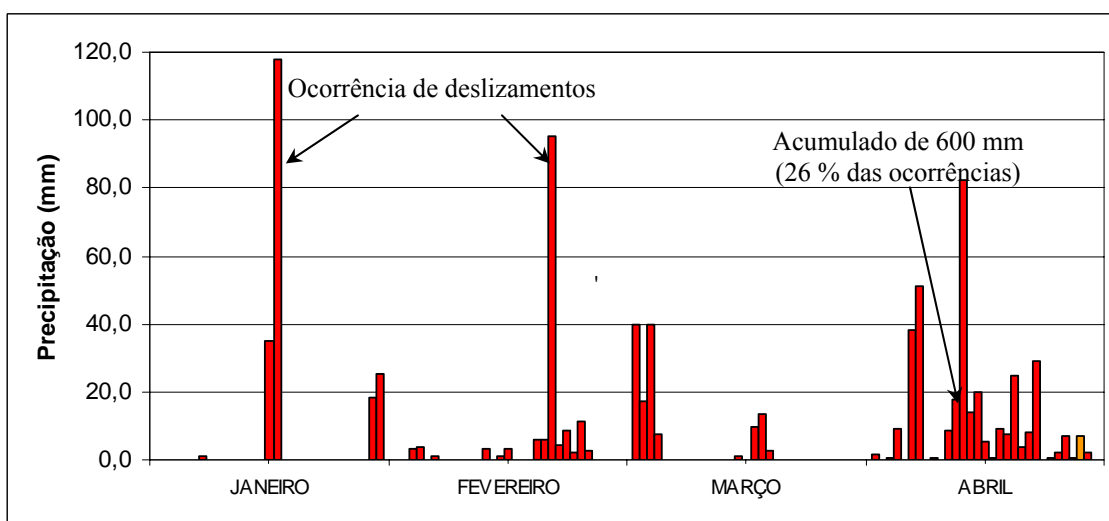
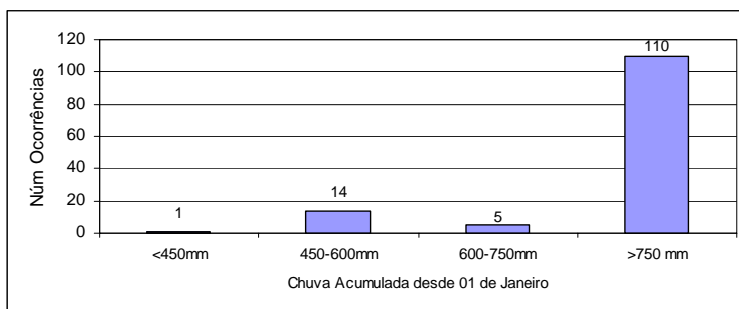
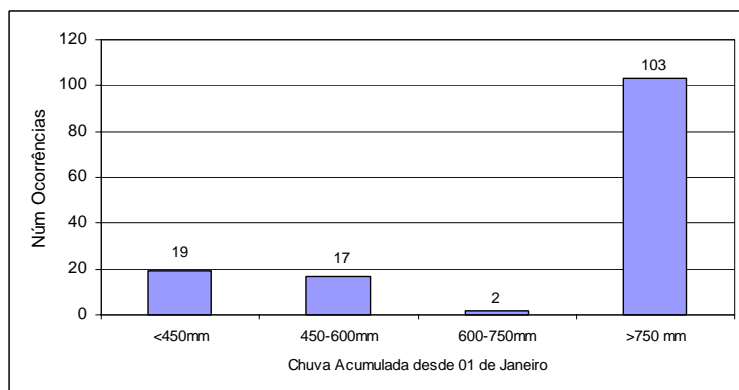


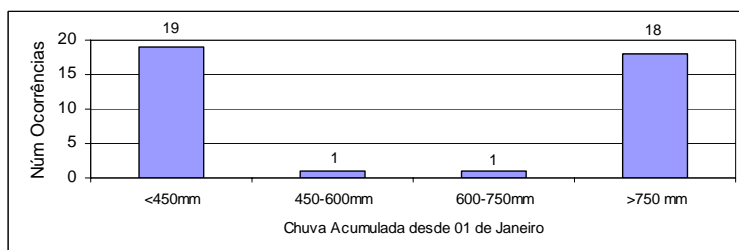
Figura VII.59: Precipitações Diárias de Janeiro a Abril de 2009
Prazeres / Jaboatão dos Guararapes



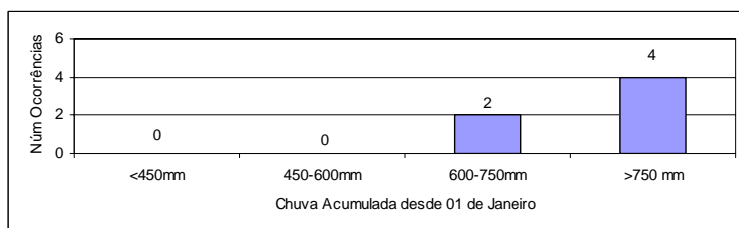
a) Regional 1 (Jaboatão Centro) – Pluv. de Socorro, V. Alegre, Duas Unas e Prazeres



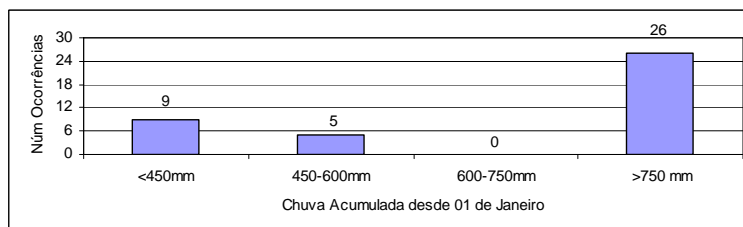
b) Regional 2 (Cavaleiro) – Pluviômetro do Alto da Colina e Jd Monte Verde



c) Regional 3 (Curado) – Pluviômetro do Alto da Colina



d) Regional 4 (Muribeca) – Pluviômetro de Prazeres



e) Regional 5 (Prazeres) – Pluviômetro de Prazeres e Lagoa Encantada

Figura VII.60: Distribuição das Ocorrências por Chuva Acumulada a Partir de 1º de Janeiro nas Regionais de Jaboatão dos Guararapes-PE.

Fazendo as análises do acumulado crítico de chuva de longo prazo, observa-se que o valor crítico, a partir de 1º de janeiro, para as Regionais 1, 2, 3, e 5 é de 750 mm desde que tenha havido chuvas concentradas críticas em 72h. A Regional 3 (Curado) em geral não apresenta historicamente grandes números de deslizamentos de encostas. Os 19 processos de instabilidade de encostas registrados com chuva acumulada abaixo de 450 mm, contados a partir de 1º de janeiro, se deram devido apenas à concentração de chuvas diárias. A maioria deles ocorreu em 22 de fevereiro, onde foi registrada uma precipitação de 122,8 mm em 24 horas, no pluviômetro do Curado. Para esta Regional indica-se uma chuva acumulada crítica, de longo prazo, no valor de 750 mm. A Regional 4 (Muribeca) apresentou um índice crítico de chuva acumulada, de longo prazo, no valor de 600 mm. A Tabela VII.13a e 13b resumem os resultados encontrados e informam parâmetros para os níveis de operação considerando as chuvas críticas.

Tabela VII.13a: Índice Pluviométrico Crítico Acumulado a Partir de 1º de Janeiro em Jaboatão dos Guararapes

REGIONAL	Chuva Acumulada Crítica*
Regional 1- Jaboatão Centro	750,0 mm
Regional 2 - Cavaleiro	750,0 mm
Regional 3 - Curado	750,0 mm
Regional 4 - Muribeca	600,0 mm
Regional 5 - Prazeres	750,0 mm

* Considerada crítica com o registro de chuvas críticas em 72 horas e previsão de continuidade de chuvas intensas.

Tabela VII.13b: Recomendações de Parâmetros para os Níveis de Operação em Jaboatão dos Guararapes

NÍVEL / REGIONAL	Jaboatão Centro	Cavaleiro	Curado	Muribeca	Prazeres
OBSERVAÇÃO	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro
ATENÇÃO	100,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h	100,0 mm / 72h	100,0 mm / 72h	60,0 mm / 72h
ALERTA*	750,0 mm* e 100,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 80,0 mm / 72h ,com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 100,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	600,0 mm* e 100,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 60,0 mm / 72h, com previsão de chuvas intensas

* Acumulado desde 01 de janeiro

As Figuras VII.61 a VII.66 apresentam os mapas das cidades envolvidas nesta área de pesquisa, com a distribuição das chuvas consideradas críticas para os volumes acumulados em 72 horas e a partir de 1º de janeiro.

A Tabela VI.14 apresenta os registros de acidentes com mortes ocorridos em 2009, com as chuvas acumuladas em 72h e desde de 1º de janeiro. Observa-se que há um registro de acidente com chuva acumulada menor que 40,0 mm em 72 horas. Este acidente se deu devido ao vazamento da tubulação de água.

Tabela VI.14: Registros de Acidentes com Mortes em 2009, com as Chuvas Acumuladas em 72h e desde de 1º de janeiro.

DATA	CIDADE	BAIRRO	N ^o MORTES	CHUVA EM 72h	CHUVA DESDE 01/JAN
14/jan	Recife	Ibura	5	28,2 mm/24h *	31,2 mm
22/fev	Camaragibe	Tabatinga	1	120,7 mm/72h	335,2 mm
12/jun	Jaboatão	Dois Carneiros	3	142,5 mm/24h	1.501,7 mm
12/jun	Recife	Ibura	1	130,8 mm/24h	1.472,0 mm

* ocorrência de vazamento de tubulação de água

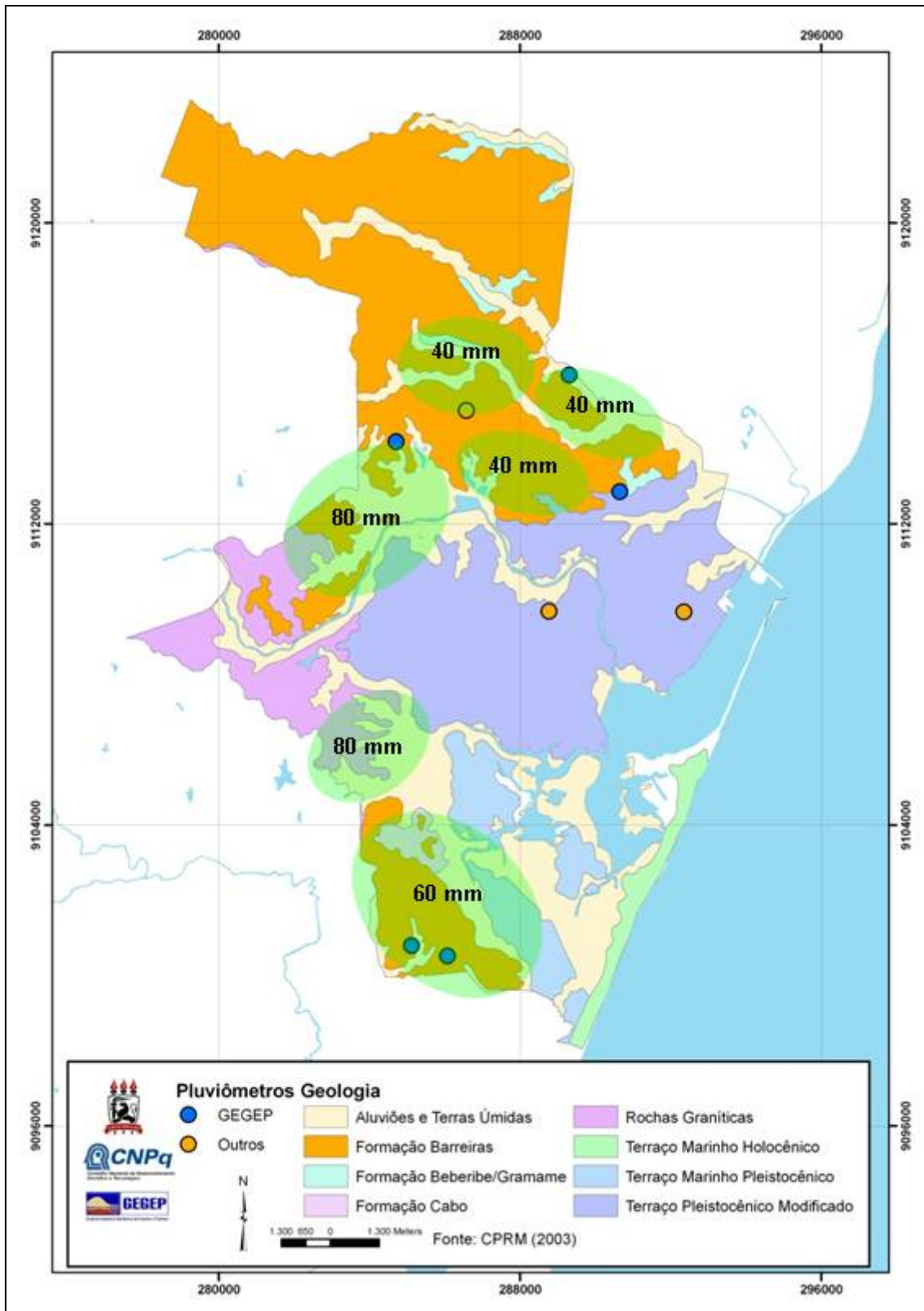


Figura VII.61: Chuvas Críticas Acumuladas em 72 horas no Recife

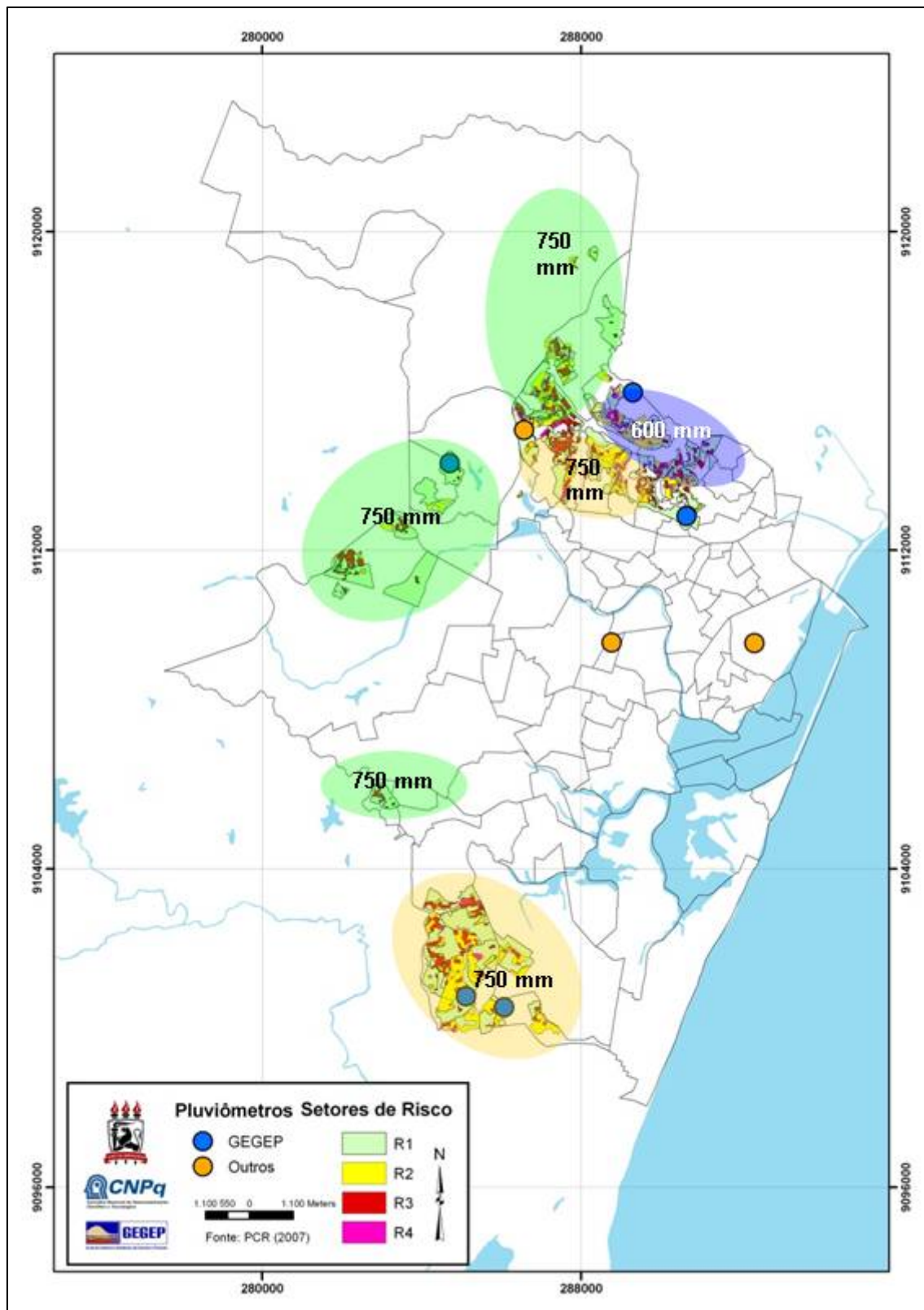


Figura VII.62: Chuvas Críticas Acumuladas desde de 1º de Janeiro no Recife

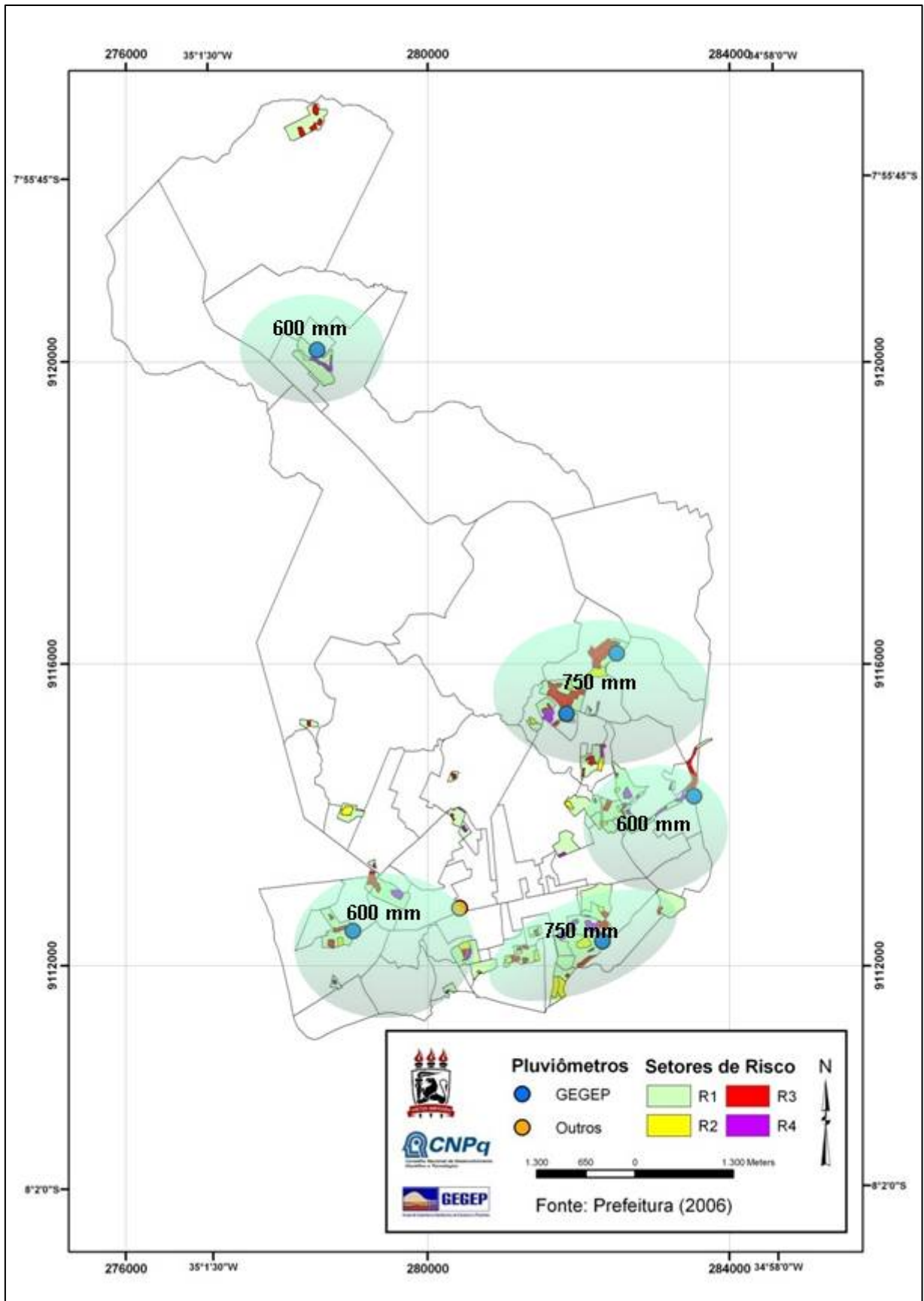


Figura VII.64: Chuvas Críticas Acumuladas desde de 1º de Janeiro em Camaragibe

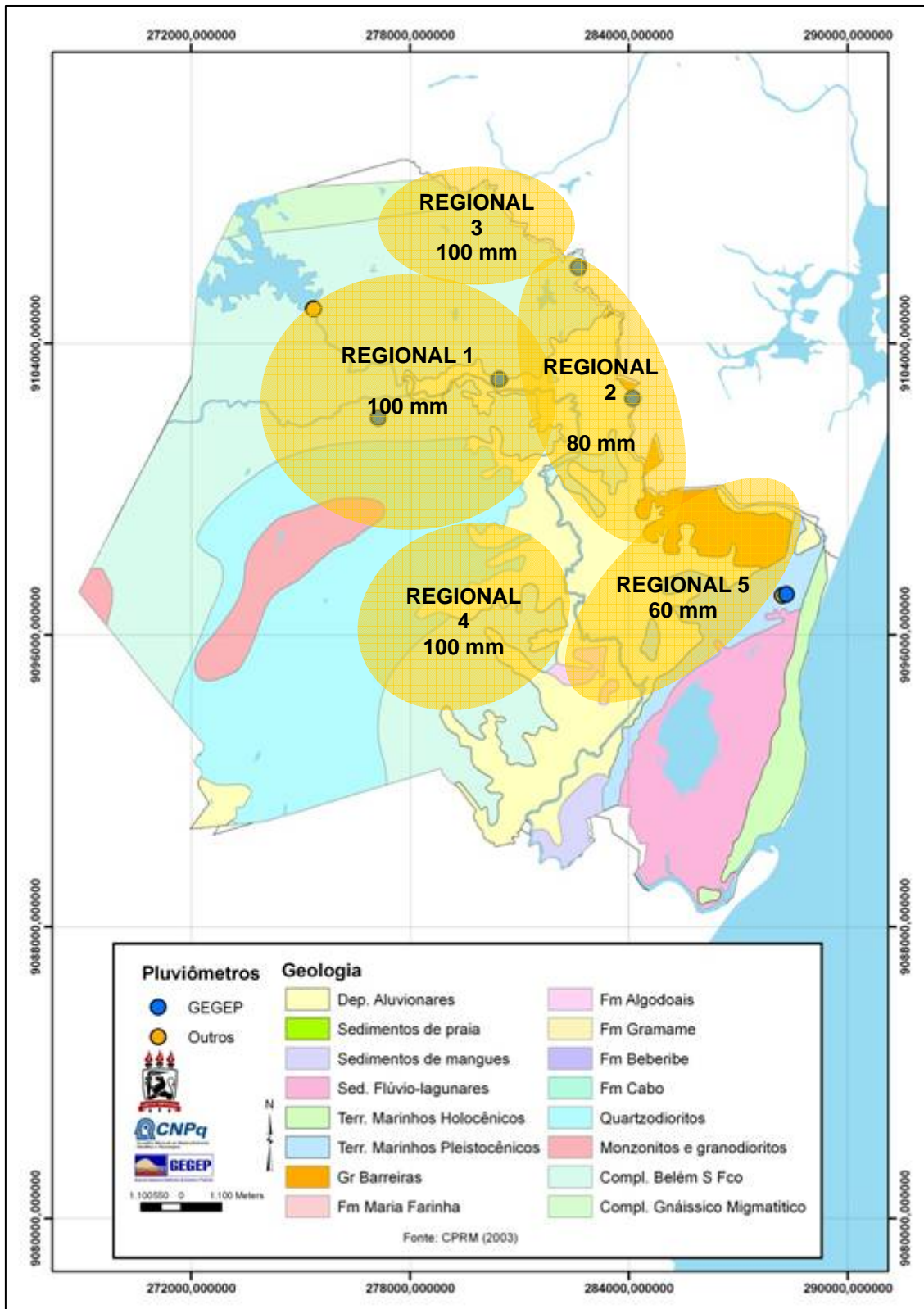


Figura VII.65: Chuvas Críticas Acumuladas em 72 horas em Jaboaão dos Guararapes

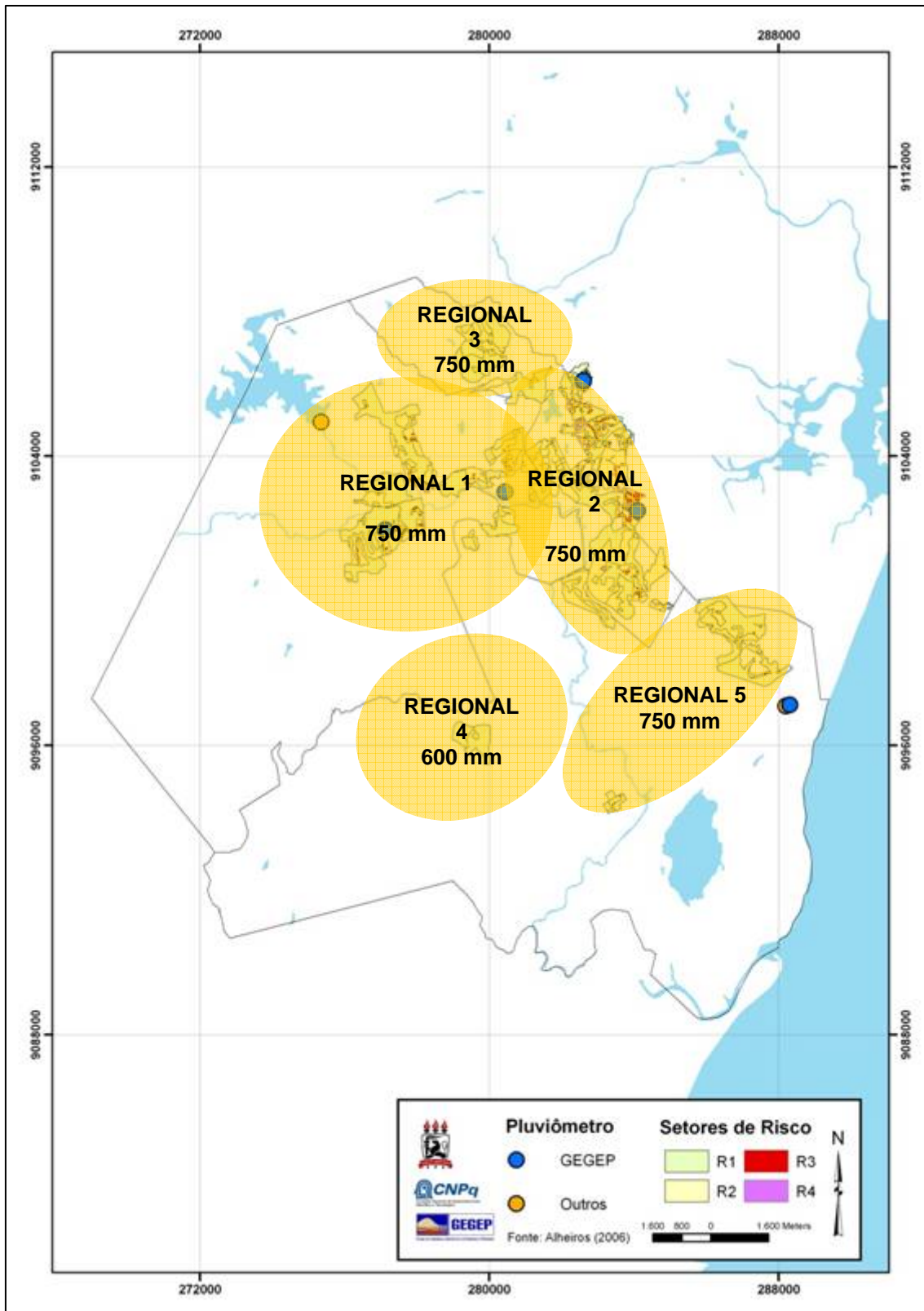


Figura VII.66: Chuvas Críticas Acumuladas desde de 1º de Janeiro em Jaboatão dos Guararapes

7.5 RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES CRÍTICOS DE CHUVAS E A CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DOS SOLOS

7.5.1 Análise nas Regionais da Cidade do Recife

A Regional Sul da cidade do Recife apresenta encostas constituídas por sedimentos predominantemente arenosos da Formação Barreiras de Fácies de Canal Fluvial e de Leque Distal/Planície Aluvial (Tabela VII.14). Nesta última há presença de camadas de texturas, arenosas e siltosas, sendo predominantes as arenosas, com diferentes permeabilidades (ver capítulo VI). Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos estiveram entre 0 a 8,8 kPa no intercepto de coesão; e de 23° a 36,3° no ângulo de atrito (MEIRA, 2008 e SANTANA, 2006). Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos têm forte relação com ao grau de susceptibilidade dos processos de instabilização de encostas. A baixa coesão do solo se relaciona com a alta susceptibilidade aos processos erosivos. Segundo LOPES TRILHO (1999), os solos arenosos e os siltosos são mais susceptíveis a esses processos. O baixo valor de ângulo do atrito se relaciona com o alto grau de susceptibilidade dos processos de escorregamentos. Os sedimentos arenosos da Formação Barreiras dos morros localizados na Regional Sul são em sua maioria, susceptíveis aos processos erosivos, tendo como fator predisponente a distribuição dos materiais com diferentes texturas, interferindo na permeabilidade das camadas e gerando superfície potencial de ruptura; e como fatores agravantes têm-se a ação antrópica e os elevados índices pluviométricos. Quanto ao mecanismo de instabilização, entende-se que devido à baixa coesão dos solos, os grãos são facilmente removidos e transportados pela ação das águas de chuvas e servidas, provocando a erosões nos taludes. Quando a camada erodível se encontra no pé do talude, o avanço do processo causa o desequilíbrio do maciço, ou seja, os deslizamentos do terço superior do talude. Esta Regional apresentou razoável valor de acumulado de chuva crítica em 72h (60,0 mm) e valor de chuva crítica em longo prazo igual aos obtidos para maioria das Regionais (750,0 mm). Observa-se que a chuva de curto prazo nesta Regional tem grande influência nos processos de instabilização das encostas. As chuvas precipitadas em longo prazo percolam facilmente nos solos arenosos, enquanto que as concentradas em curto prazo causam um efeito maior na desagregação e transporte das partículas. Chuvas de alta intensidade (duração e volume) produzem enxurradas suficientes para gerar erosão, após superar a capacidade de

infiltração do solo (a partir de MEIRA, 2008). O menor valor de chuva acumulada em 72h, entre as Regionais, pode estar relacionado fortemente com a ação antrópica e/ou a chuvas concentradas em 24 horas.

A Regional Nordeste apresenta encostas constituídas por sedimentos argilosos da Formação Barreiras de Leque Aluvial Proximal, com presença de pedregulhos; e de Leque Distal/Planície Aluvial, com presença de camadas alternadas de solos argilosos e arenosos (Tabela VII.14). Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos dos sedimentos nesta área estiveram entre 1 a 10 kPa no intercepto de coesão; e de 16° a 32° no ângulo de atrito (LIMA, 2002). Os sedimentos argilosos da Formação Barreiras dos morros localizados na Regional Nordeste são em sua maioria, mais susceptíveis aos processos de escorregamentos quando comparados aos solos da Regional Sul. Observa-se que houve um leve aumento nos valores da coesão dos solos e uma redução nos valores de ângulos de atrito. Esta Regional apresentou menor valor de acumulado de chuva crítica em 72h (40,0 mm) e valor de chuva crítica em longo prazo igual aos obtidos para maioria das Regionais (750,0 mm). O valor do índice de chuva acumulada de curto prazo (72h) na Regional Nordeste mais baixo que o da Regional Sul tem forte relação com os fatores antrópicos.

Tabela VII.14: Características nas Regionais da Cidade do Recife

REGIONAL	GEOLOGIA	TIPO DE SOLO	CHUVA CRÍTICA (72 h)	CHUVA CRÍTICA ACUMULADA DESDE 1º JAN
Sul	Fm Barreiras (Canal Fluvial e Leque Distal / Planície Aluvial)	Arenosa Areia/silte	60,0 mm	750,0 mm
Nordeste	Fm Barreiras (Leque Aluvial Proximal e Leque Distal / Planície Aluvial)	Argila-arenosa Argilosa/arenosa	40,0 mm	750,0 mm
Noroeste	Fm Barreiras (Canal Fluvial Entrelaçado)	Areia-argilosa	40,0 mm	750,0 mm
Oeste	Fm Barreiras (Leque Distal / Planície Aluvial)	Arenosa /argilosa	80,0 mm	750,0 mm
Norte	Fm Barreiras (Leque Distal / Planície Aluvial)	Arenosa /argilosa	40,0 mm	600,0 mm

A Regional Noroeste apresenta encostas constituídas por sedimentos de areias argilosas da Formação Barreiras de Canal Fluvial Entrelaçado. Através dos ensaios realizados verificou-se que os parâmetros de resistência ao cisalhamento foram: coesão de 10 kPa e ângulo de atrito de 28,6°. Esta Regional também apresentou baixo valor de chuva crítica acumulada em 72h (40,0 mm); e valor de chuva crítica em longo prazo igual aos obtidos para maioria das Regionais (750,0 mm). Os valores foram semelhantes aos encontrados para a Regional Nordeste que fica em sua proximidade. As características geológico-geotécnicas do solo da Regional Noroeste indicam áreas susceptíveis a processos erosivos e de escorregamentos, conforme o tipo de solo. O baixo valor de coesão indica elevada susceptibilidade aos processos erosivos, enquanto que o valor de ângulo de atrito indica susceptibilidade aos processos de escorregamentos. O solo areno-argiloso contribui para a redução dos processos, devido a presença de diferentes texturas. O baixo valor de chuva acumulada em 72h pode estar relacionado ao fator antrópico e/ou a chuvas diárias de alta intensidade.

A Regional Oeste apresenta encostas constituídas por camadas alternadas de solos argilosos e arenosos da Formação Barreiras de Leque Distal/Planície Aluvial (Tabela VII.14). Com relação aos parâmetros de resistência dos solos, nesta Regional não foi realizada amostragem, porém houve amostragem em outras áreas de mesma caracterização geológica. A investigação do solo, realizada na amostra retirada em Camaragibe, limite com a Regional Oeste do Recife, apresentou coesão variando entre 4,4 e 15 kPa e ângulo de atrito entre 26,8 e 32,3°, conforme a textura da camada. Esta Regional apresentou o mais alto valor de acumulado de chuva crítica em 72h (80,0 mm) e valor de chuva crítica em longo prazo igual aos obtidos para maioria das Regionais (750,0 mm). A presença de camadas com diferentes permeabilidades nas encostas da Regional Oeste gera superfícies potenciais de ruptura. É provável que as encostas sejam predominantes de camadas de texturas arenosa, o que pode justificar o maior valor encontrado de chuvas acumuladas críticas.

A maioria dos deslizamentos ocorridos na Regional Norte, a segunda maior regional em número de acidentes registrados em 2009, ocorreu nas localidades que apresentam características geológico-geotécnicas, os sedimentos da Formação Barreiras de Leque Distal/Planície Aluvial. Conforme dito anteriormente esses sedimentos apresentam camadas de diferentes permeabilidades. Nesta Regional não foi realizado

amostragem, mas é provável que as encostas sejam predominantes de camadas de texturas argilosas. O que pode justificar o menor valor encontrado de chuva acumulada crítica de longo prazo (600,0 mm).

7.5.2 Análise nas Áreas da Cidade de Camaragibe

Em Camaragibe, a Área I apresenta encostas constituídas por sedimentos da Formação Barreiras de Fácies de Leque Distal/Planície Aluvial (Tabela VII.15), com alternância de camadas de textura arenosas e argilosas com diferentes permeabilidades. Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos estiveram entre 4,4 a 15 kPa no intercepto de coesão; e de 26,8° a 32,3° no ângulo de atrito, conforme a textura do solo (ver capítulo VI). Dependendo da disposição da camada arenosa, ora a encosta estará susceptível a processos erosivos em seu topo, ora estará susceptível ao processo em sua base, o que descalçará o pé do talude, provocando deslizamento da massa restante. Vale ressaltar que a presença de materiais com diferentes permeabilidades é um importante fator predisponente, gerando uma superfície potencial de ruptura. Este fator predisponente somado aos fatores agravantes (ação antrópica e os elevados índices pluviométricos) aumenta o potencial dos deslizamentos. Esta Área apresentou maiores valores de chuvas acumuladas críticas em 72h (100,0 mm) e em longo prazo (750,0 mm) o que podem estar relacionados às melhorias realizadas na Área através de ações estruturais e não estruturais (atuação dos Nudec adulto e jovem). Desde 1996 que os moradores da localidade do Bairro dos Estados sofriam com os processos erosivos na área. Neste citado ano vários deslizamentos ocorreram no bairro e diversas pessoas ficaram desabrigadas. Desde então foram realizadas obras de melhoria na localidade e hoje o número de ocorrências está reduzindo a cada período chuvoso.

Tabela VII.15: Características nas Área da Cidade de Camaragibe

ÁREA	GEOLOGIA	TIPO DE SOLO	CHUVA CRÍTICA (72 h)	CHUVA CRÍTICA ACUMULADA DESDE 1º JAN
I	Fm Barreiras (Leque Distal / Planície Aluvial)	Arenosa /argilosa	100,0 mm	750,0 mm
II	Fm Barreiras (Canal Fluvial) e Solos Residuais de Granito	Fm Barreiras (Arenosa) Solos Residuais (Siltoso)	60,0 mm	600,0 mm
III	Solo Residual de Granito	Areia argilosa	80,0 mm	600,0 mm
IV – Tabatinga	Fm Barreiras (Leque Aluvial Proximal)	Areia argilosa	80,0 mm	750,0 mm
IV – Vera Cruz	Fm Barreiras (Leque Aluvial Proximal)	Areia argilosa	80,0 mm	600,0 mm

As localidades pertencentes à Área II possuem encostas constituídas por sedimentos arenosos da Formação Barreiras de Canal Fluvial e por solos residuais de granito (Tabela VII.15). Os ensaios de caracterização geotécnica realizados nos solos residuais de granito, pertencentes a esta Área, apresentaram solos de textura siltosa de alta plasticidade e parâmetros de resistência ao cisalhamento de 27,1 kPa no intercepto de coesão; e de 25,3° no ângulo de atrito. Da elaboração da base de dados dos deslizamentos observou-se que, historicamente, a maioria dos acidentes da Área II ocorreu nas localidades que possuem encostas constituídas por solos residuais de granito. A alta coesão dos solos reduz a susceptibilidade aos processos. O valor de ângulo de atrito encontrado dá indícios de que os solos são mais susceptíveis aos processos de escorregamentos. Esta Área apresentou menor valor de chuva acumulada crítica em 72h (60,0 mm), o que estão relacionados diretamente às características geológico-geotécnicas do solo. Os solos siltosos-argilosos necessitam de menores volumes de chuva acumulada em 72h e em longo prazo, para ultrapassar a capacidade de infiltração quando comparados aos solos arenosos, devido as suas permeabilidades.

A Área III apresenta predominância de encostas constituídas por solos residuais de granito. Os ensaios de caracterização geotécnica realizados nos solos pertencentes a esta Área apresentaram solo de textura areno-argilosa e parâmetros de resistência ao cisalhamento de 3,8 kPa no intercepto de coesão; e de 29,4° no ângulo de atrito. Os parâmetros geotécnicos justificam os valores medianos de chuvas acumuladas de curto e longo prazos (80,0 mm e 600,0 mm).

As encostas na Área IV (Tabatinga) são constituídas por sedimentos da Formação Barreiras de Leque Proximal, com predominância de materiais areno-argilosos, com percentual de areia variando de 32% a 82,2%. A coesão apresentou variação de 0 a 12 kPa e o ângulo de atrito variou de 29° a 35°. Esses parâmetros indicam solos mais susceptíveis a processos erosivos que a processos de escorregamentos. A presença de solos arenosos e de pedregulho nas camadas aumenta a resistência ao cisalhamento. Nas camadas com coesão mais elevada, a susceptibilidade à erosão se reduz. Esta Área apresentou chuvas acumuladas críticas em 72h e em longo prazo nos seguintes valores respectivamente: 80,0 mm e 750,0 mm. A presença de solos arenosos e de camadas pedregulhosas aumenta a permeabilidade dos solos o que justifica os valores encontrados de chuvas acumuladas críticas serem mais elevadas que as da Área II.

A Área IV (Vera Cruz) também apresenta encostas constituídas por sedimentos da Formação Barreiras de Leque Proximal. Nesta Área não foi realizado ensaios geotécnicos, mas pode-se admitir que as características geotécnicas desta Área sejam semelhantes às da Área IV (Tabatinga). Esta Área apresentou chuvas acumuladas críticas em 72h e em longo prazo nos seguintes valores respectivamente: 80,0 mm e 600,0 mm. O valor mais baixo de chuva acumulada de longo prazo (600,0 mm) quando comparado ao de Tabatinga (750,0 mm) pode ser justificado pelo fator agravante da ação antrópica, que apesar de possuir menos hectares de áreas de risco, os assentamentos precários são concentrados num vale longitudinal.

7.5.3 Análise nas Regionais da Cidade de Jaboatão dos Guararapes

A Regional 1 apresenta os mais elevados valores de chuva acumulada crítica para curto e longo prazos (100,0 mm em 72h e 750,0 mm desde 1º de janeiro), assim como ocorreu na Regional 3. Na Regional 1 os maiores registros de acidentes se deram nas localidades de Socorro e Vila Rica, com encostas constituídas por solos residuais de milonito. Os ensaios de caracterização geotécnica foram realizados em amostras de solo residual maduro na Regional 1. Os solos residuais foram classificados de argilas e siltes de alta plasticidade. A coesão foi de 21 kPa e o ângulo de atrito de 24,1°. Apesar dos resultados da caracterização geotécnica mostrarem solos residuais de textura predominantemente argilosas, eles possuem uma estrutura porosa, com comportamento de solo granular, como foi verificado no ensaio de permeabilidade (ver capítulo VI). Essas características justificam os mais altos valores de índices críticos de chuva encontrados para a Regional 1.

Na Regional 2, os maiores registros de acidentes ocorreram nas localidades de Cavaleiro, Sucupira e Dois Carneiros. Os ensaios de caracterização geotécnica foram realizados em amostras de solos residuais jovem e jovem evoluindo para o maduro. Essas amostras foram classificadas de silte e argilas de alta plasticidade, com coesão variando de 11 a 22 kPa e ângulo de atrito de 19,6 a 29,7°. Também foram realizados ensaios em amostras da Formação Barreiras de Leque Aluvial Mediano com influência Proximal (em Dois Carneiros, Regional 2). A amostra de solos da Formação Barreiras foi classificada de argila de baixa plasticidade, com coesão de 13,7 kPa e ângulo de atrito de 29,7°. A estrutura porosa desses solos também justifica os mais altos valores de índices críticos de chuva em longo prazo (750,0 mm). O valor de chuva acumulada em 72 horas no valor de 80,0 mm pode está relacionada aos fatores antrópicos.

Tabela VII.16: Características nas Regionais de Jaboatão dos Guararapes

REGIONAL	GEOLOGIA*	CHUVA CRÍTICA (72 h)	CHUVA CRÍTICA ACUMULADA DESDE 1º JAN
Regional 1 (Jaboatão Centro)	Residual de milonito	100,0 mm	750,0 mm
Regional 2 (Cavaleiro)	Residual de milonito e Fm Barreiras	80,0 mm	750,0 mm
Regional 3 (Curado)	Residual de milonito	100,0 mm	750,0 mm
Regional 4 (Muribeca)	Fm Barreiras	100,0 mm	600,0 mm
Regional 5 (Prazeres)	Fm Barreiras	60,0 mm	750,0 mm

* Geologia predominante nas encostas que apresentam histórico de acidentes

Na Regional 3 não foram realizados ensaios de caracterização geotécnica nos solos, mas pode-se admitir que os solos desta Regional sejam similares aos solos da Regional 2, ou seja, as suas encostas são constituídas por solos residuais de milonito. Apesar de possuir a mesma caracterização geológico-geotécnica, o índice crítico de chuva em 72h é mais elevado quando comparado ao da Regional 2, o que pode estar relacionado aos fatores antrópicos. Isso é possível devido ao histórico de acidentes. Da base de dados implantada verificou-se que a Regional 3 apresenta registro de acidentes bem inferior ao registro da Regional 2. A dimensão das áreas de risco alto e muito alto na Regional 3 não se compara às da Regional 2.

A Regional 4 (Muribeca) apresentou valores de chuva acumulada crítica em 72h no valor de 100,0 mm; e chuva crítica acumulada em longo prazo no valor de 600,0 mm. As encostas de maiores registros de acidentes são constituídas por sedimentos da Formação Barreiras, em limite com a Regional Sul do Recife que apresenta as mesmas

características. O valor de chuva de curto prazo foi mais elevado que o encontrado para o Sul do Recife (60,0 mm); e o valor de longo prazo foi inferior (750,0 mm no Sul do Recife). Como não foram realizados ensaios de caracterização geológico-geotécnicos nesta Regional 4, os índices indicam que a ação antrópica em Recife deve ser mais intensa; e que os solos da Regional 4 em Jaboatão devem possuir teores de argilas mais elevados.

A Regional 5 (Prazeres) apresentou valores de chuva acumulada crítica em 72h no valor de 60,0 mm; e chuva crítica acumulada em longo prazo no valor de 750,0 mm. As encostas de maiores registros de acidentes são constituídas por sedimentos da Formação Barreiras, também em limite com a Regional Sul do Recife, que apresenta as mesmas características geológico-geotécnicas. O valor de chuva de curto prazo foi semelhante ao encontrado para o Sul do Recife (60,0 mm) e menor que o encontrado para a Regional 4 (100,0 mm); e o valor de chuva crítica em longo prazo foi igual ao do Sul do Recife (750,0 mm) e maior que o da Regional 4 (600,0 mm). Nesta Regional 5 também não foi realizado ensaios de caracterização geológico-geotécnicos. Os índices indicam que a ação antrópica nesta Regional 5 é mais forte que a da Regional 4; justificando o menor valor de chuva crítica em 72h; e que os solos desta Regional 5 devem possuir menores teores de argilas que os solos da Regional 4, o que pode justificar a elevada chuva em longo prazo.

7.6 ANÁLISES DAS CHUVAS NO 1º TRIMESTRE DO ANO DE 2010

7.6.1 Análise da Cidade do Recife

Os índices pluviométricos do 1º trimestre do ano de 2010 registrados na cidade do Recife apresentou-se na média no mês de janeiro e próximo da mínima histórica nos meses de fevereiro e março (Figura VII.67). A chuva diária máxima foi registrada em 18 de março, no valor de 26,25 mm, registrada no pluviômetro de Dois Unidos (Regional Norte). A chuva acumulada máxima em 72h foi de 39,75 mm. Esse valor de chuva acumulada em 72h esteve próximo do valor do acumulado crítico encontrado para a Regional (40,0 mm). Os acumulados de chuvas desde 01 de janeiro a 30 de março no valor de 207,5 mm estiveram abaixo do crítico de longo prazo.

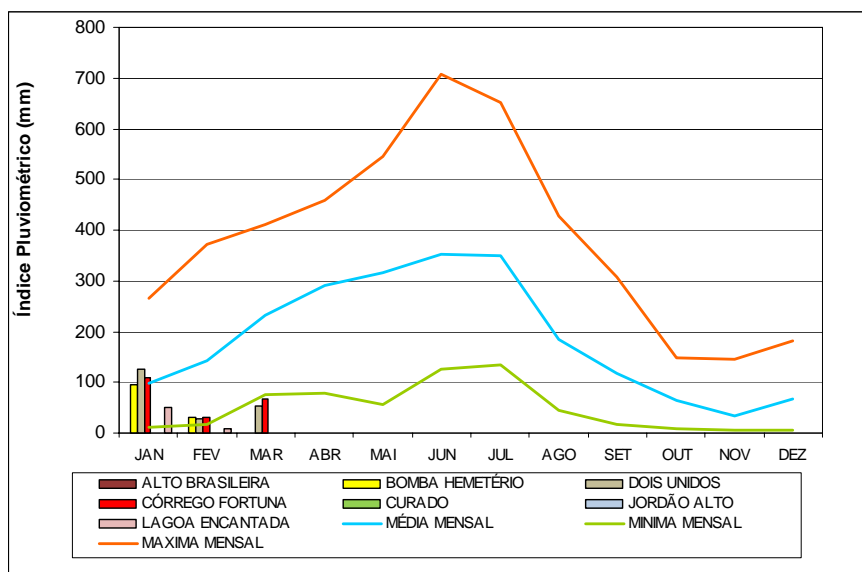


Figura VII.67: Registros Pluviométricos no 1º Trimestre de 2010 no Recife

No mês de março de 2010 foram registradas ocorrências de deslizamentos na cidade do Recife estando relacionadas às chuvas concentradas diárias ou as chuvas acumuladas em 72 horas ou aos fatores antrópicos. A Figura VII.68 apresenta as precipitações diárias do 1º trimestre do ano de 2010 registradas no posto de Dois Unidos. Os resultados encontrados nas análises dos dados no primeiro trimestre do ano de 2010 mostraram a consistência dos resultados desta pesquisa.

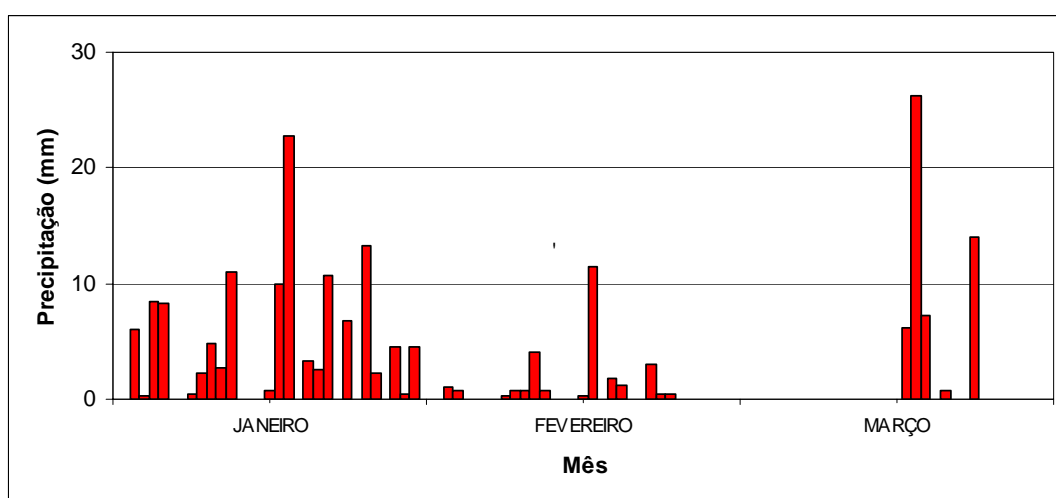


Figura VII.68: Precipitações Diárias do 1º trimestre do Ano de 2010 no Posto de Dois Unidos / Recife

7.6.2 Análise da Cidade de Camaragibe

Os índices pluviométricos do 1º trimestre do ano de 2010 registrados na cidade de Camaragibe apresentaram-se na média no mês de janeiro e próximo da mínima histórica nos meses de fevereiro e março (Figura VII.69). A chuva diária máxima foi registrada em 23 de março, no valor de 80,2 mm, registrada no pluviômetro de Tabatinga (Área IV). A chuva acumulada máxima em 72h foi de 104,2 mm. Esse valor de chuva acumulada em 72h está acima do valor do acumulado crítico encontrado para a Área IV (80,0 mm). Os acumulados de chuvas desde 01 de janeiro a 30 de março no valor de 295,4 mm estiveram abaixo do crítico de longo prazo.

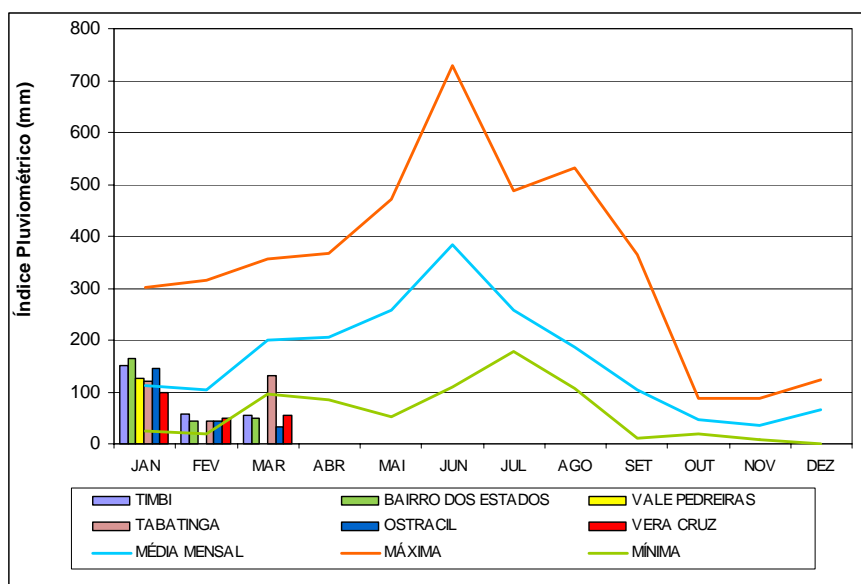


Figura VII.69: Registros Pluviométricos no 1º Trimestre de 2010 em Camaragibe

No mês março de 2010 foram registradas ocorrências de deslizamentos na cidade de Camaragibe, estando relacionadas às chuvas concentradas diárias e as chuvas acumuladas em 72 horas. A Figura VII.70 apresenta as precipitações diárias do 1º trimestre do ano de 2010 registradas no posto de Tabatinga. Os resultados encontrados nas análises dos dados no primeiro trimestre do ano de 2010 mostraram a consistência dos resultados desta pesquisa.

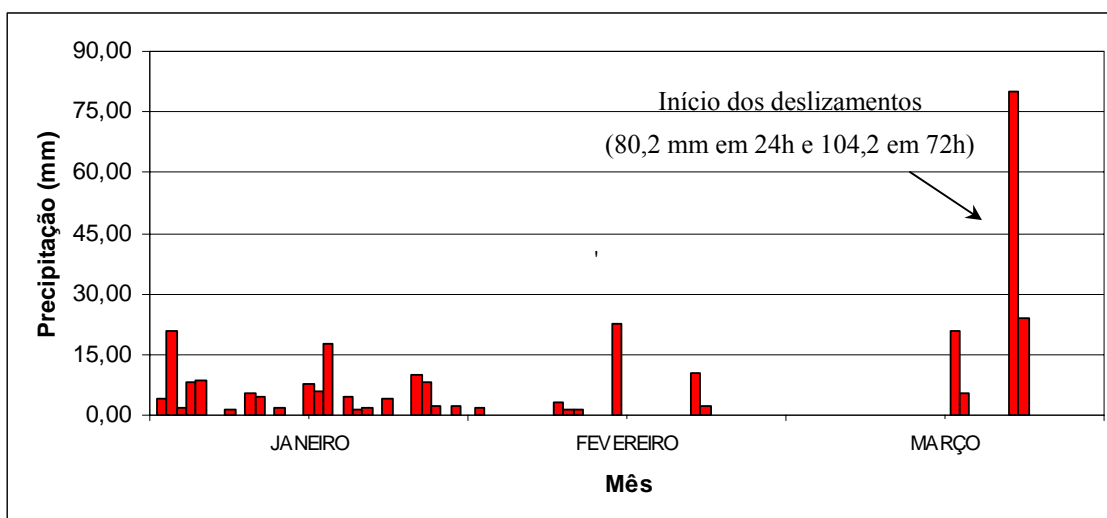


Figura VII.70: Precipitações Diárias do 1º trimestre do Ano de 2010 no Posto de Tabatinga / Camaragibe

7.6.3 Análise da Cidade de Jaboatão dos Guararapes

Observando os índices pluviométricos no 1º trimestre do ano de 2010, na cidade de Jaboatão dos Guararapes, verificou-se que os volumes de chuvas, registrados nos pluviômetros, ficaram próximos da máxima no mês de janeiro e próximo da média nos meses de fevereiro e março (Figura VII.71). A chuva diária máxima foi registrada em 18 de janeiro, no valor de 53,75 mm, registrada no pluviômetro do bairro de Socorro (Regional 1). A chuva acumulada máxima em 72h foi de 70,25 mm. Esse valor de chuva acumulada em 72h está abaixo do crítico encontrado para a Regional 1 (80,0 mm). Os acumulados de chuvas desde 01 de janeiro a 30 de março também estiveram abaixo do crítico de longo prazo considerado para a Regional (750,0 mm).

De janeiro a março de 2010 não foram registradas ocorrências de deslizamentos na cidade de Jaboatão dos Guararapes. A Figura VII.72 apresenta as precipitações diárias do 1º trimestre do ano de 2010 registradas no posto de Socorro. Os resultados encontrados nas análises dos dados no primeiro trimestre do ano de 2010 mostraram a consistência dos resultados desta pesquisa.

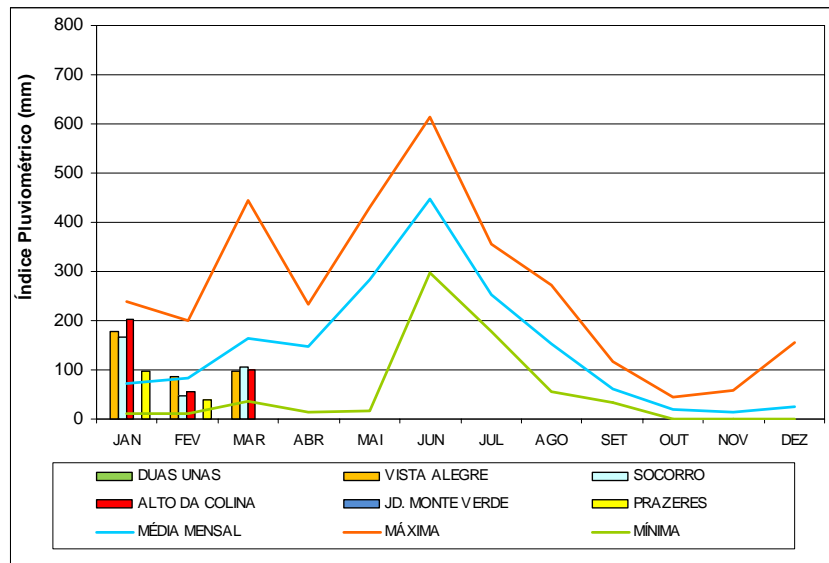


Figura VII.71: Registros Pluviométricos no 1º Trimestre de 2010 em Jabotão

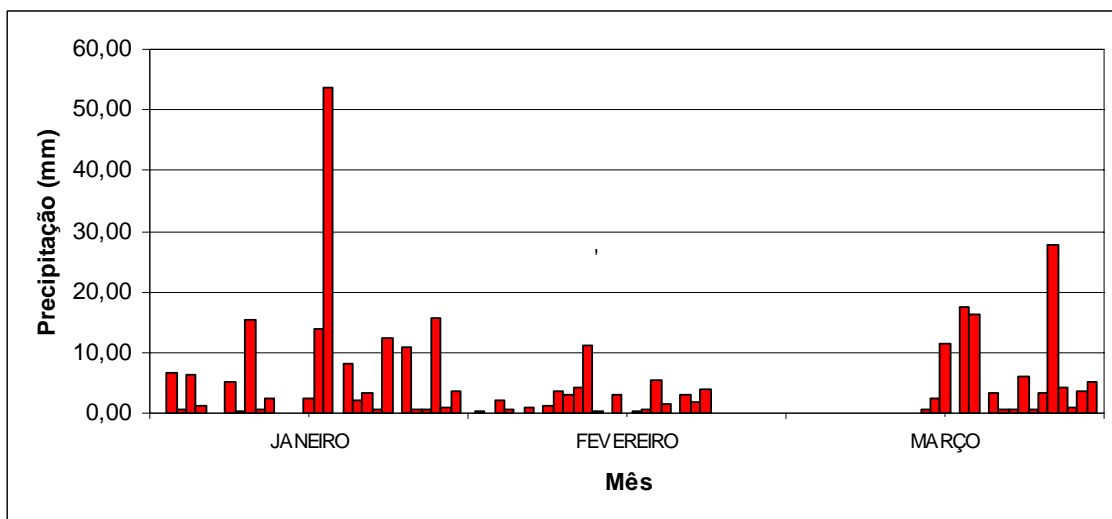


Figura VII.72: Precipitações Diárias do 1º trimestre do Ano de 2010 no Posto de Socorro / Jabotão dos Guararapes

CAPÍTULO VIII

ANÁLISE DO RISCO SOCIAL POR FREQUÊNCIA DE MORTALIDADE EM DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS

8.1. ANÁLISE DO RISCO SOCIAL POR MEIO DA ESTIMATIVA DE *PERDA DE VIDA POTENCIAL (PLL)*

No Capítulo 3 definiu-se o conceito de risco, onde as conseqüências podem ser caracterizadas por um prejuízo em termos de perdas de vidas humanas, interrupções de serviços públicos, perdas materiais diversas e prejuízo em infra-estrutura. Nos inventários de desastres, as conseqüências mais fáceis de serem identificadas são as perdas de vidas humanas. Quando as conseqüências são limitadas a elas, o risco é expresso na forma de risco social.

WONG et al., (1997) definem dois termos de risco: o *risco individual* e o *risco social*. O *risco individual* é relacionado a uma única pessoa em uma posição específica e o *risco social* expressa o risco a uma população afetada.

PACHECO (2006) define o risco social relacionado a um determinado número de pessoas expostas aos danos decorrentes de um ou mais cenários acidentais. Essa forma de expressão do risco social foi originalmente desenvolvida para a indústria química. A análise do risco social pode ser realizada a partir do histórico de acidentes ocorridos anteriormente, sendo necessária a disponibilidade de uma base de dados confiável. No Brasil, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-SP) possui um banco de dados de mortes ocorridas por desastres, sendo uma das referências em inventário de mortalidade para cidades brasileiras, auxiliando no gerenciamento das áreas de risco.

A estimativa de mortalidade por ruptura de um talude pode ser realizada para o caso de um talude isolado e para o caso de taludes múltiplos. Na previsão de mortalidade por ruptura de um talude isolado, o risco social é expresso por (IUGS, 1997):

$$R_s = P_f \times E_r \times V \quad (\text{VIII.1})$$

Onde P_f representa a probabilidade de ocorrência de um deslizamento de terra; E_r são os elementos sob risco e V é a vulnerabilidade total dos elementos sob risco representado pelo grau do dano (compreendido entre os valores 0 - sem danos a 1 - perda total).

A Equação VIII.1 é aplicável ao caso de um talude isolado, podendo genericamente ser estendida ao caso de taludes múltiplos, ou seja, vários taludes numa determinada área de estudo; Porém, existem formas mais simples para expressar o risco social em taludes múltiplos (PACHECO e COUTINHO, 2006).

Existem algumas formas de expressar o risco social, entre elas destacam-se a Perda de Vida Potencial PLL (Potential Loss of Life) e as curvas $F-N$ (Frequência x Número de mortes), apresentadas na literatura internacional, onde podemos destacar os trabalhos de WHITMAN (1984), WONG et al., (1997), REEVES et al., (1999) e CHAN (2007). Uma das formas mais frequentes de expressar o risco social em taludes múltiplos é através da Perda de Vida Potencial PLL , definida através da Equação VIII.2.

$$PLL = \sum f_i N_i = \frac{\sum N_i}{T} = \frac{N_T}{T} \quad (\text{VIII.2})$$

Onde f_i representa a frequência anual de ocorrência de N_i mortes, enquanto N_T representa a mortalidade total registrada no período T de abrangência do inventário de mortalidade (a partir de PACHECO, 2006 e PACHECO et al., 2001):

O primeiro somatório da Equação VIII.2 corresponde à definição do valor médio de uma variável aleatória N . Neste caso PLL expressa a mortalidade média anual (vidas perdidas/ano) em uma área de estudo, em relação ao período T de abrangência do inventário de mortalidade. Deve-se ainda observar que f_i representa a frequência (ou a probabilidade) de ocorrência de N_i mortes anuais (conseqüência), associadas ao processo de deslizamento. Portanto, $f_i \times N_i$ é uma expressão que representa a “probabilidade *versus* conseqüência”, sendo então PLL (mortalidade média anual) uma representação do risco social associado ao risco de deslizamentos em taludes múltiplos.

A partir da definição do *PLL* é possível traçar a curva de distribuição de máxima entropia, através da qual se encontra a probabilidade de ocorrência de *N* ou mais mortes por ano, dado por $F_d(N)$, conforme a Equação VIII.3, aplicável aos casos de mortalidade média anual aproximadamente constante. Com os pares de valores de *N* e $F_d(N)$ traça-se a referida curva.

$$F_d(N) = \exp\left(-\frac{N}{PLL}\right) \quad (\text{VIII.3})$$

Para a previsão de eventos extremos em uma determinada região utiliza-se a função cumulativa descendente de extremos, derivada da distribuição exponencial, dada pela Equação VIII.4 (ANG & TANG, 1984; a partir de PACHECO & COUTINHO, 2006).

$$F_{dex}(N) = 1 - \exp\left(-n_s e^{-\frac{N}{PLL}}\right) \quad (\text{VIII.4})$$

Na Equação VIII.4, $F_{dex}(N)$ representa a probabilidade de ocorrência de um evento extremo com *N* ou mais Mortes. O parâmetro n_s representa o tamanho da amostra, ou seja, o número de deslizamentos de terra passados com $N \geq 0$ fatalidades.

PACHECO (2006) apresenta a expressão do valor modal da distribuição de extremos, denominado de *valor característico* (u_n), o qual expressa o evento extremo mais provável de ocorrer. A expressão é dada da seguinte forma (ANG & TANG, 1984):

$$u_n = \bar{x} \ln(n_s) \quad (\text{VIII.5})$$

Da Equação VIII.5 observa-se que o evento extremo mais provável depende do tamanho da amostra (n_s). Quanto maior o tamanho da amostra, maior a probabilidade de se detectar um evento extremo. Nesta Equação, \bar{x} representa o *PLL* no estudo de previsão de mortalidade média anual.

Para a análise do evento extremo mais provável é necessário considerar todos os deslizamentos, com e sem mortes. Sendo assim, devido ser difícil encontrar um banco de dados mais abrangente, com registros de acidentes sem mortes, o parâmetro n_s é desconhecido. Nesta situação pode-se adotar $n_s > 500$. Segundo PACHECO (2006), na ausência de registros passados desses eventos sem mortes, o valor de $n_s=1000$ é uma boa aproximação, para fins práticos, para a determinação de eventos extremos. Considerando $n_s=1000$, o evento extremo mais provável (u_n) assume o valor igual a $7PLL$ (Equação VIII.6).

$$u_n = PLL \ln(n_s) \approx 7PLL \quad (\text{VIII.6})$$

Da distribuição de extremos, considerando $n_s=1000$, tem-se que a *Mortalidade Extrema Máxima (MEM)* fica definida pela Equação VIII.7. Em síntese, esta Equação representa a probabilidade de ser excedida de um em um milhão de ocorrer um evento que venha provocar um número extremo máximo de mortalidade.

$$MEM \approx 21PLL \quad (\text{VIII.7})$$

PACHECO & COUTINHO (2006), estudando os casos de Petrópolis e da Região Metropolitana do Recife encontraram os seguintes resultados: Em Petrópolis, para o período (T) de 55 anos (de 1933 a 1988), houveram 1190 deslizamentos registrados, com um total de 535 mortes em 140 deslizamentos. Esses números forneceram uma mortalidade média anual (PLL) no valor de 9,73; a possibilidade de ocorrer um evento extremo (u_n) que venha provocar 69 mortes; e uma *Mortalidade Extrema Máxima (MEM)* com total de 205 mortes. Na Região Metropolitana do Recife os autores encontraram os seguintes resultados: para o período (T) de 20 anos (de 1984 a 2003) foram registrados um total de 152 mortes. Esses números forneceram uma mortalidade média anual (PLL) no valor de 7,6; a possibilidade de ocorrer um evento extremo (u_n) que venha provocar 53 mortes; e uma *Mortalidade Extrema Máxima (MEM)* com total de 160 mortes. Segundo os autores, um evento extremo com 160 mortes na Região Metropolitana do Recife é altamente improvável de ocorrer devido ao eficiente controle de risco existente na Região.

8.2. ESTUDOS DE RISCO SOCIAL POR MEIO DA CURVA FREQUÊNCIA ACUMULADA X NÚMERO DE FATALIDADES (CURVA F-N)

As curvas Freqüência Acumulada x Número de Fatalidade (curvas $F-N$) também podem ser utilizadas nos estudos de risco social, pois relacionam as probabilidades acumuladas (F) às conseqüências (N). A análise do risco social através de curvas $F-N$ é utilizada por várias sociedades internacionais, entre elas destacam-se: Austrália, Itália, França, Hong Kong, e Reino Unido.

As curvas $F-N$ representam a distribuição das freqüências acumuladas F , em forma decrescente, em função da mortalidade histórica N , em escala logarítmica dupla (PACHECO (2006); WHITMAN (1984) e CHAN (2007)). Esta representação do risco social reflete o potencial dos acidentes que envolvem grande número de fatalidades (REEVES et al., 1999). As curvas $F-N$ indicam a probabilidade (ou freqüência) F de ocorrência de um deslizamento com N ou mais mortes na área de estudo.

Um exemplo de curva $F-N$ é mostrado na Figura VIII.1, apresentada por WONG et al (1997), em que mostra uma análise do risco social para a rodovia Fei Tsui em Hong Kong. Nesta rodovia houve, em 1995, um escorregamento provocando a morte de uma pessoa. Os autores fizeram simulações de cenários e verificaram várias probabilidades de fatalidades múltiplas. Um cenário extremo seria a ocorrência de um deslizamento provocando 200 mortes, o qual estaria envolvendo 40 veículos, com 05 pessoas em cada veículo. Através das simulações foi construída a curva $F-N$ onde se observa que, a probabilidade de ocorrer 10 fatalidades ou mais é na ordem de 0,015% ao ano. Os autores concluem que a utilização de curvas $F-N$ auxilia a análise da situação do perigo e de projeções do risco, fornecendo informações para o gerenciamento de riscos, incluindo os planos de emergência.

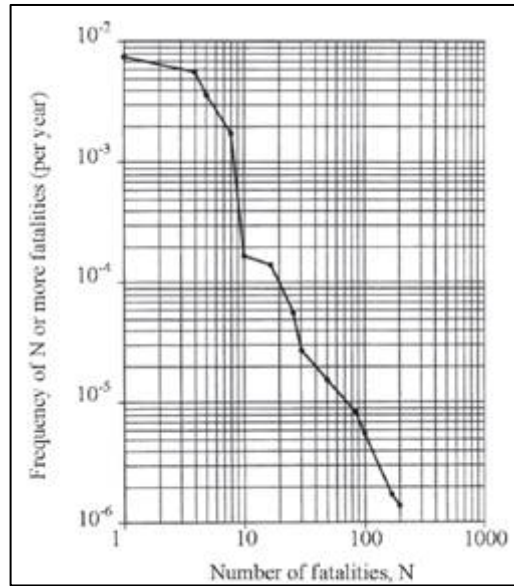


Figura VIII.1: Curva F-N para Escorregamento na Rodovia Fei Tsui/Hong Kong (1995)

Fonte: WONG et al., 1997

Os pontos da curva $F-N$ podem ser calculados facilmente através da construção de uma planilha no Excel. PACHECO et al. (1998) apresentam um roteiro detalhado para a determinação de curvas $F-N$. A Tabela VIII.1 apresenta um exemplo de algoritmo para a determinação dos pontos. Nos itens adiante serão apresentados uma aplicação deste roteiro para a Região Metropolitana do Recife.

Tabela VIII.1: Algoritmo para a Determinação de Pontos da Curva $F-N$

N (mortes)	Numero de Acidentes (N_A) com N Mortes	Perdas de Vidas (N_i)	Frequência ($f_i=N_A/T$)	$\Sigma(f_i \times N_i) =$ PLL	$F_i = F_{i-1} - \Sigma (f_{i-1} \times N_{i-1})$ (para $i \geq 2$)
(A)	(B)	(C)=(A)x(B)	(D)=(B)/T	(E)=(D)x(C)	(F)
---	---	---	---	---	$F_1 = \Sigma f_i$
---	---	---	---	---	---
Σ	---	$\Sigma N_i = N_T$	Σf_i	PLL	---

Com os valores de F_i e N_i (colunas F e C da Tabela VIII.1), constrói-se a curva $F-N$, em escala logarítmica dupla. Os valores de F_i são as frequências acumuladas correspondentes à mortalidade N_i . A Curva $F-N$ pode ser comparada com a distribuição de máxima entropia (distribuição exponencial) dando informações se a mortalidade anual média pode ser considerada constante ou não. A curva de distribuição de máxima entropia é construída a partir dos dados de N e $F_d(N)$ (ver Equação VIII.3). Também é possível traçar a curva de eventos extremos, dada pela Equação VIII.4.

A Figura VIII.2 mostra um exemplo da Região Metropolitana do Recife, para o período de 1984 a 2003, apresentado por PACHECO & COUTINHO (2006). Nesta Figura observa-se uma boa aproximação entre os pontos históricos de mortes (losangos vermelhos) e a distribuição de máxima entropia, representada pela linha com losangos fechados verdes, exceto o último ponto ($N=42$). Ignorando este último ponto, a boa aproximação das curvas indica que a mortalidade anual média na Região Metropolitana do Recife é aproximadamente constante. PACHECO e COUTINHO (2006) concluíram que o ponto de $N=42$, considerado preliminarmente como ocorrido em um único evento isolado, trata-se, na verdade, de um número que representa arbitrariamente a soma de todas as mortes registradas em múltiplos deslizamentos, na Região Metropolitana do Recife, em abril de 1996.

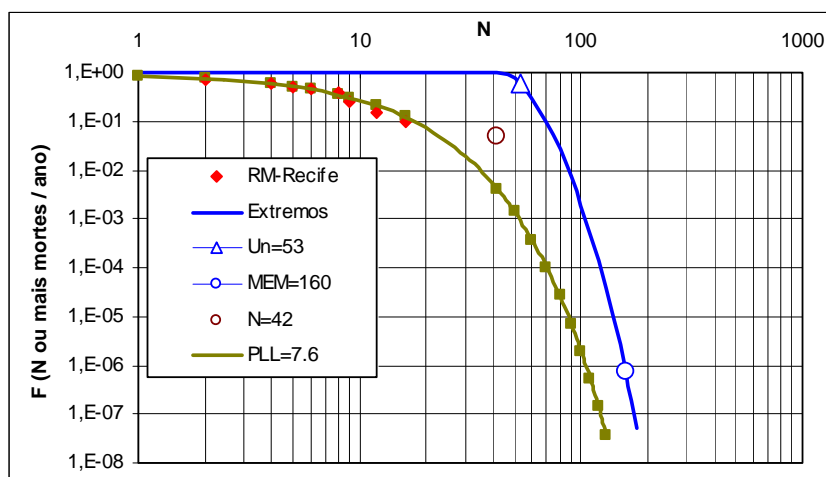


Figura VIII.2: Curva F-N da Região Metropolitana do Recife (1984 a 2003)

Fonte: PACHECO & COUTINHO (2003)

8.3. ANÁLISE DO RISCO SOCIAL ATRAVÉS DE *PLL* E *CURVAS F-N* NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

As ações de gerenciamento de risco na RM-Recife se intensificaram a partir do ano de 2001, após as fortes chuvas ocorridas no ano de 2000, quando as defesas civis municipais se organizaram e se fortaleceram juntamente com as ações do Programa Metropolitano denominado “Programa Viva o Morro”, criado em 1997 pelo Governo do Estado de Pernambuco. Através desta pesquisa foi realizada uma busca de detalhe dos deslizamentos que provocaram vítimas fatais na RM-Recife. Os resultados confirmados

totalizam 202 mortes, desde 1984 até 2009 (período de 26 anos). Observou-se que até o ano de 2000 registra-se um histórico de 170 mortes; e de 2001 a 2009, 32 mortes ocorreram na RM-Recife por deslizamentos de taludes.

Para o estudo do risco social através do *PLL* e de curvas *F-N*, realizou-se preliminarmente um levantamento de dados divulgados na literatura e nos trabalhos publicados por: ALHEIROS (1998), BANDEIRA (2003) e BANDEIRA et al (2009). Porém, para a construção de curvas *F-N* é necessário indicar não apenas o total de mortes, mas também o número de mortes de cada acidente individual. Para aquisição desses dados foi realizado uma pesquisa de detalhe em publicações de jornais locais, arquivados Agência CONDEPE/FIDEM, através da gerência do Programa Viva o Morro. A partir desta pesquisa foram identificados os eventos que causaram as 202 mortes (N_T) na Região Metropolitana do Recife, durante o período (T) de 26 anos (1984-2009).

As análises do risco social através de curvas *F-N* na Região Metropolitana do Recife foram realizadas em três períodos distintos: i) em todo o período histórico (1984-2009); ii) antes das ações de gerenciamento (1984-2000); e iii) após ações de gerenciamento (2001-2009). Os resultados dessas análises são apresentados a seguir.

i) Análise do Risco Social na Região Metropolitana do Recife no Período Histórico de Registros de Acidentes (1984-2009)

A Tabela VIII.2 apresenta um resumo das informações coletadas na RM-Recife. Essas informações permitem agrupar as frequências f_i correspondentes a N_i mortes. Com isto é possível obter as frequências acumuladas F_i , em ordem decrescente em função da mortalidade N_i .

Tabela VIII.2: Determinação de Pontos F-N na Região Metropolitana do Recife para o todo o Período Histórico (1984 a 2009)

N (mortes)	Numero de Acidentes (N _A) com N Mortes	Perdas de Vidas (N _i)	Frequência (f _i =N _A /T)	Σ(f _i xN _i)	F _i = F _{i-1} - Σ (f _{i-1} xN _{i-1}) (para i≥2)
(A)	(B)	(C)=(A)x(B)	(D)=(B)/T	(E)=(D)x(C)	(F)
1	36	39	1,50	1,50	F ₁ = Σf _i =2,73
2	10	11	0,42	0,85	1,23
3	5	6	0,23	0,69	0,81
4	3	3	0,12	0,46	0,58
5	3	3	0,12	0,58	0,46
6	2	1	0,04	0,23	0,35
7	1	1	0,04	0,27	0,31
8	1	1	0,04	0,31	0,27
9	1	2	0,08	0,69	0,23
12	2	2	0,08	0,92	0,15
16	1	1	0,04	0,62	0,08
17	1	1	0,04	0,65	0,04
Σ	-	N _T =202	Σf _i =2,73	PLL=7,77	-

Considerando todo o período histórico registrado (1984-2009) têm-se T=26 e N_T=202. Neste caso a mortalidade média anual (*PLL*) assume o valor de 7,77; ou seja, a ocorrência de 08 mortes por ano na Região Metropolitana do Recife é o valor da média histórica de mortalidade da Região. Para este período, *u_n* assume o valor de 54,4 e *MEM*=163,2 indicando que é provável a ocorrência de um evento catastrófico com mortalidade extrema da ordem de 54 vidas, sendo considerado inaceitável; e que, apesar do valor da mortalidade extrema máxima ser de 163, é altamente improvável a ocorrência de um evento que venha causar um número tão elevado de mortes, tendo em vista o eficiente sistema de gerenciamento de risco na Região Metropolitana do Recife. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por PACHECO & COUTINHO (2006), no período analisado por eles (1984 a 2003) em que *u_n* = 53 mortes e *MEM*=160 mortes.

No ano de 2009 ocorreram 10 mortes por deslizamentos de terra na RM-Recife, ultrapassando a média histórica encontrada de 08 mortes por ano (*PLL*≈8). Neste ano, um único deslizamento provocou a morte de cinco pessoas de uma única família, devido principalmente a um vazamento da rede de distribuição de água, provocando a elevação do grau de saturação do solo e a redução de sua resistência ao cisalhamento.

A partir da Tabela VIII.2 foram obtidos os pontos históricos $F-N$ da RM-Recife, para o período de 1984 a 2009, que são mostrados em escala logarítmica dupla na Figura VIII.3. Os valores de F_i representam as frequências acumuladas correspondentes à mortalidade N_i . Comparando as curvas $F-N$ verifica-se um bom ajuste entre a distribuição exponencial de máxima entropia/incerteza (quadrados verdes) e os pontos históricos (losangos vermelhos). O ajuste indica que a mortalidade média é aproximadamente constante para a RM-Recife no período estudado.

Da Figura VIII.3 percebe-se que não houve pontos $F-N$ acima da curva de máxima entropia, representada por quadrados verdes, não identificando a ocorrências de eventos extremos de deslizamentos com mortes desde 1984. PACHECO & COUTINHO (2006) fazendo as análises para a RM-Recife, no período de 1984 a 2003, encontraram um ponto ($N=42$) acima da curva de máxima entropia e concluíram que este número de mortes se tratava de eventos múltiplos ocorridos em abril de 1996 na RM-Recife e não de apenas um único evento (ver Figura VIII.2). A partir dos dados levantados nesta pesquisa (ver Tabela II.2, no Capítulo II), esta afirmação foi confirmada, o que pode ser verificado na Figura VIII.3 pela inexistência deste ponto.

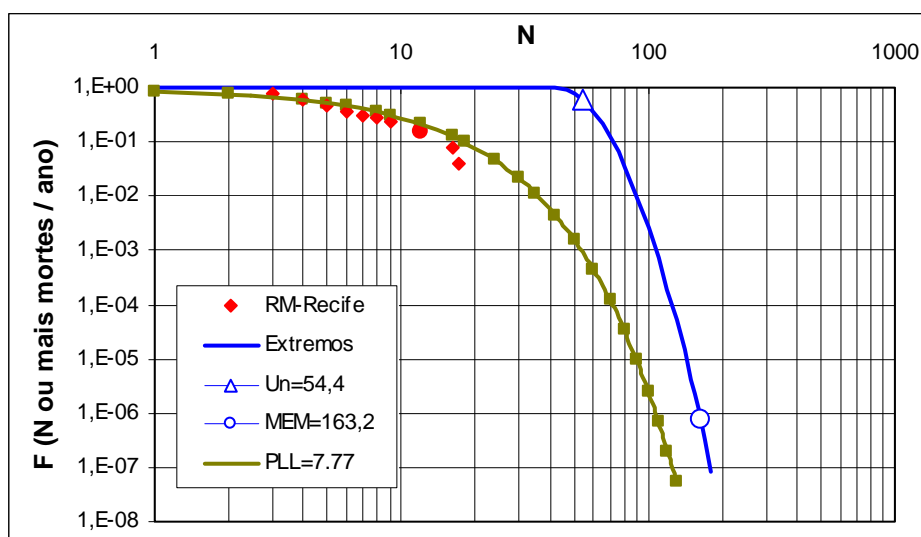


Figura VIII.3: Curva $F-N$ da Região Metropolitana do Recife (1984 a 2009)

O último ponto da Curva $F-N$ (losango vermelho), na Figura VIII.3, indica que a probabilidade de ocorrência de um deslizamento com 17 ou mais mortes é de 4% para RM-Recife. A Curva de máxima entropia (quadrados verdes) indica que a probabilidade de ocorrência de um deslizamento com perda de 35 vidas é da ordem de 1,1%. Valores

similares foram encontrados por PACHECO & COUTINHO (2006), para o período de 1984 a 2003. Isto é justificado pelo maior percentual (84%) do número de mortes ocorrido antes do gerenciamento (antes do ano de 2000).

ii) Análise do Risco Social na Região Metropolitana do Recife no Período Antes do Gerenciamento (1984-2000)

Fazendo uma análise dos dados no período antes do fortalecimento do gerenciamento de risco na RM-Recife (1984-2000), observou-se que há um histórico de 170 mortes por deslizamentos de encostas. A Tabela VIII.3 apresenta um resumo das informações levantadas. Para o período de 1984-2000, têm-se $T=17$ anos e $N_T=170$ mortes. Neste caso a mortalidade média anual (PLL) é 10; $u_n=70$ e $MEM=210$. Estes dados indicam que era de se esperar um registro de 10 mortes por ano na Região Metropolitana do Recife. Mas, desde 2001 o número de mortes por deslizamentos de encostas vem reduzindo em resposta ao efetivo controle de risco realizado na Região. Entre 2001 e 2008 o registro de mortalidade não ultrapassou a 8 mortes por ano. Apenas no ano de 2009 houve registro de 10 mortes por deslizamentos de taludes, causados principalmente pelas ações negativas do fator antrópico.

Tabela VIII.3: Determinação de Pontos F-N, Antes do Gerenciamento (1984 a 2000), na Região Metropolitana do Recife

N (mortes)	Numero de Acidentes (N_A) com N Mortes	Perdas de Vidas (N_i)	Frequência ($f_i=N_A/T$)	$\Sigma(f_i \times N_i)$	$F_i = F_{i-1} - \Sigma(f_{i-1} \times N_{i-1})$ (para $i \geq 2$)
1	24	24	1,41	1,41	2,94
2	8	16	0,47	0,94	1,53
3	4	12	0,24	0,71	1,06
4	3	12	0,18	0,71	0,82
5	2	10	0,12	0,59	0,65
6	1	6	0,06	0,35	0,53
7	1	7	0,06	0,41	0,47
8	1	8	0,06	0,47	0,41
9	2	18	0,12	1,06	0,35
12	2	24	0,12	1,41	0,24
16	1	16	0,06	0,94	0,12
17	1	17	0,06	1,00	0,06
Σ	-	$N_T=170$	$\Sigma f_i=2,94$	$PLL=10$	-

A partir da Tabela VIII.3 foram obtidos os pontos históricos $F-N$, de 1984 a 2000, da RM-Recife e construídas as curvas (Figura VIII.4). Novamente verifica-se um bom ajuste entre a distribuição de máxima entropia/incerteza (quadrados verdes) e os pontos históricos de mortalidade (losangos vermelhos). O último ponto da curva $F-N$ (losango vermelho) indica que a probabilidade de ocorrência de um deslizamento com 17 ou mais mortes na RM-Recife era de 6%. A curva de máxima entropia (quadrados verdes) indica que, se as ações de gerenciamento de risco não continuassem sendo efetivadas, a probabilidade de ocorrência de um deslizamento com perda de 42 vidas era da ordem de 1,5%, e com perda de 35 vidas era da ordem de 3%. As defesas civis ainda poderiam esperar um evento extremo com registro de 70 mortes.

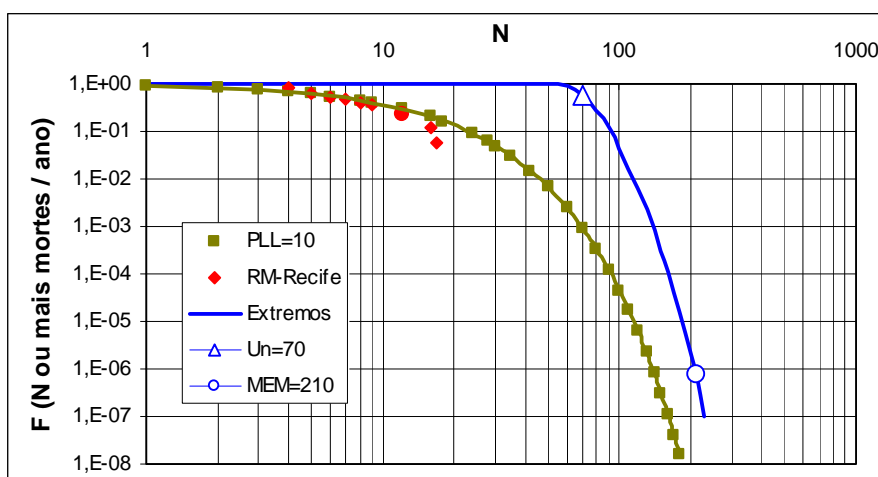


Figura VIII.4: Curva $F-N$ Antes do Gerenciamento na RM-Recife (1984 a 2000)

iii) Análise do Risco Social na Região Metropolitana do Recife no Período Após o Gerenciamento (2001-2009)

Considerando o período após o gerenciamento de risco na RM-Recife (2001-2009), há um registro total de 32 mortes por deslizamentos de encostas (Tabela VIII.4). Neste caso $T=9$ anos e $N_T=32$ mortes. Então a mortalidade média anual (PLL) é 3,56; $u_n=25$ e $MEM=74,7$. Os dados mais recentes indicam que, mesmo com a continuidade das ações de defesa civil na Região Metropolitana do Recife, os gestores municipais devem estar preparados para os seguintes fatos: possíveis registros de 03 ou 04 mortes por ano na RM-Recife; e a possibilidade de ocorrer um evento catastrófico, com registro de mortalidade extrema na ordem de 25 vidas. Através dos dados obteve-se o valor da

mortalidade extrema máxima de aproximadamente 75. Para o período chuvoso, com índices de chuva na média histórica, é altamente improvável a ocorrência de um evento que venha causar este grande número de mortes (75), tendo em vista a continuidade do sistema de gerenciamento de risco ativo na Região Metropolitana do Recife. Porém, no caso de ocorrer eventos extremos de precipitação, não se pode descartar a possibilidade de um elevado número de mortes, como tem ocorrido recentemente em Santa Catarina, em 23 de novembro de 2008 (135 mortes / 283 mm em 24h) e em Angra dos Reis – RJ, em 01 janeiro de 2010 (52 mortes / 142,9 mm/24h).

Tabela VIII.4: Determinação de Pontos F-N, Após o Gerenciamento (2001 a 2009), na Região Metropolitana do Recife

N (mortes)	Numero de Acidentes (N _A) com N Mortes	Perdas de Vidas (N _i)	Frequência (f _i =N _A /T)	Σ(f _i xN _i)	F _i = F _{i-1} - Σ (f _{i-1} xN _{i-1}) (para i ≥ 2)
1	15	15	1,67	1,67	2,33
2	3	6	0,33	0,67	0,67
3	2	6	0,22	0,67	0,33
5	1	5	0,11	0,56	0,11
Σ	-	N _T =32	Σf _i =2,33	PLL=3,56	-

Na Figura VIII.5 observa-se um bom ajuste entre a distribuição de máxima entropia/incerteza (quadrados verdes) e os pontos históricos (losango vermelhos). O último ponto da curva F-N (losango vermelho) indica ser de 11% a probabilidade de ocorrência de um deslizamento com 05 ou mais mortes na RM-Recife. A Curva de máxima entropia (quadrados verdes) indica que a probabilidade de ocorrência de um deslizamento com perda de 10 vidas é da ordem de 6%, e com perda de 30 vidas é da ordem de 0,002%.

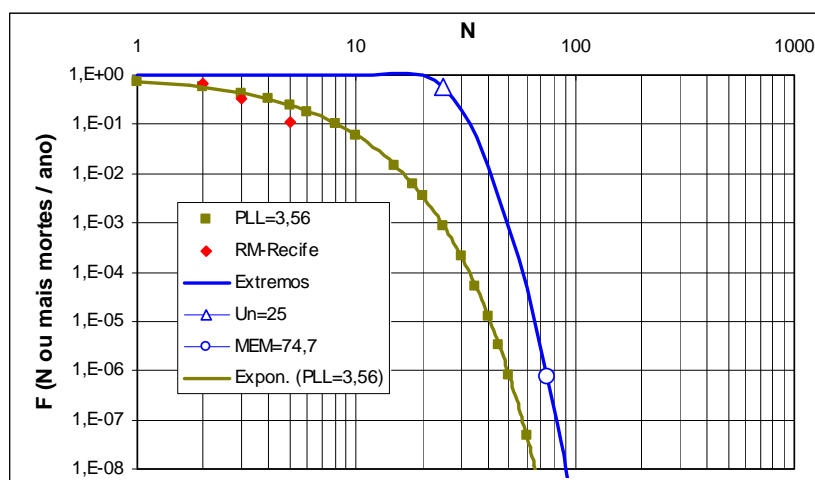


Figura VIII.5: Curva F-N Após o Gerenciamento na Região Metropolitana do Recife (Período de 2001 a 2009)

8.4. COMPARAÇÕES DE CURVAS F-N DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE COM OUTRAS CIDADES

A Figura VIII.6 compara os resultados das curvas F-N nos três períodos estudados na Região Metropolitana do Recife (RMR) com a cidade de Hong Kong. Os dados de Hong Kong foram extraídos de PACHECO (2006). Antes do gerenciamento, as duas localidades (RM-Recife e Hong Kong) apresentaram mortalidades médias anuais semelhantes: $PLL = 10,2$ para Hong Kong e $PLL = 10$ para a RM-Recife. Em Hong Kong, após ações de gerenciamento (1978), observa-se uma redução de 80% na mortalidade média anual, reduzindo o PLL de 10,2 para 2,1. Após o ano de 1978, efetivaram-se as ações governamentais para o controle de deslizamentos de terra, empregado pelo Geotechnical Engineering Office de Hong Kong. Na Região Metropolitana do Recife, a redução da mortalidade média anual também foi satisfatória (em torno de 74%), reduzindo o PLL de 10 para 3,6 após ações de gerenciamento.

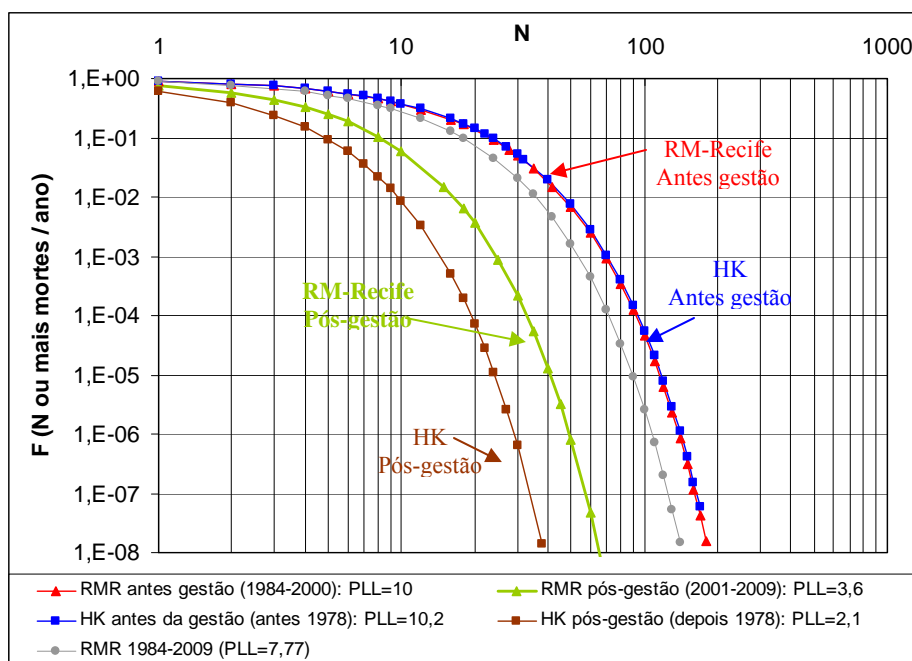


Figura VIII.6: Curvas F-N nos Períodos Analisados na RM-Recife e Hong Kong.

A Figura VIII.7 compara a mortalidade média anual da RM-Recife com as cidades de Petrópolis, Nova Friburgo e Rio de Janeiro. Os dados dessas outras cidades foram obtidos a partir de PACHECO (2006). Em Petrópolis, os dados referem-se ao período de 1933 a 1988 ($T=55$ anos), com registro de 535 mortes em 140 deslizamentos

com vítimas fatais, correspondendo a um $PLL = 9,73$. Segundo PACHECO (2007), os dados dos últimos 14 anos estão ainda em fase de compilação, com destaque para o ano de 2001, com mais de 50 mortes. Os dados do município de Nova Friburgo-RJ foram obtidos no período de 1977 a 2005 ($T=28$ anos). Neste período houve eventos mais trágicos, com 108 vítimas fatais, resultando num PLL de 3,86. No Rio de Janeiro os dados revelaram 530 mortes em 35 anos, com PLL de 15,14.

Da Figura VIII.7 verifica-se que a RM-Recife, após o gerenciamento, apresenta uma previsão de mortalidade média anual semelhante à de Nova Friburgo. Antes da gestão, a RM-Recife apresentava PLL próximo ao da cidade de Petrópolis. Apesar de poucas informações, os resultados apontam para um indicativo de que a mortalidade média anual acima de 10 é característica de cidades com elevada densidade populacional. A RM-Recife apresenta alta densidade populacional, mas o satisfatório sistema de gerenciamento de risco desenvolvido na Região tem reduzido o número de mortalidade, o diferenciando as demais cidades brasileiras analisadas.

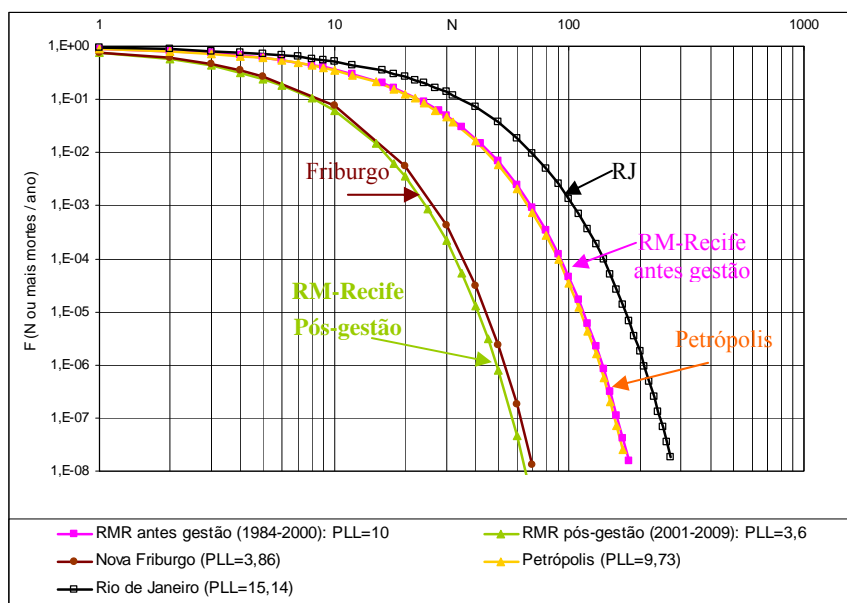


Figura VIII.7: Curva $F-N$ de Diversas Cidades Brasileiras.

Fonte: (Modificado de PACHECO, 2007)

8.5. CRITÉRIO DE ACEITABILIDADE DOS RISCOS

O critério de aceitabilidade dos riscos consiste na tarefa de comparar os valores de risco obtidos na fase de análise, com os critérios de risco estabelecidos por órgãos regulamentadores de políticas públicas.

A literatura apresenta duas principais escalas de aceitabilidade dos riscos de deslizamentos de encostas, como foi apresentado no Capítulo III. São elas: *risco aceitável* e *risco tolerável*.

Em situação de *risco aceitável* não se justifica gastos adicionais para a mitigação. No caso do *risco tolerável*, a situação é considerada não negligente e que precisa ser mantida sob monitoramento e poderá ser reduzido o seu grau de risco. Os riscos compreendidos entre o *risco aceitável* e o *risco tolerável* caracterizam situações cujo incremento deve ser evitado tanto quanto for razoavelmente possível (“As Low as Reasonably Practible”- ALARP).

A Tabela III.2 do Capítulo III, apresenta sugestões de critérios de risco, a qual apresenta o valor limite do risco tolerável para taludes existente e novos, adotados pela Australian Geomechanics Society - AGS. MAHLER & OLIVEIRA (2001) apresentam o valor de 10^{-3} como limite do risco tolerável para o caso de encostas naturais. A Figura VIII.8 apresenta critérios de aceitabilidade de risco usados em diversos países.

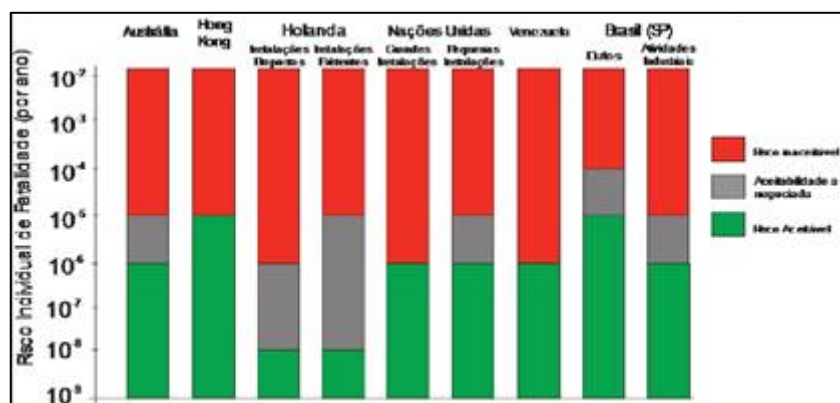


Figura VIII.8: Critérios de Aceitabilidade de Risco (Individual) Usados em Diversos Países (OLIVEIRA, 2004)

No Brasil, o critério de aceitabilidade do risco é bastante utilizado na indústria da Engenharia Química. As Figuras VIII.9 e VIII.10 apresentam exemplos de curvas $F-N$ e suas faixas de critério de aceitabilidade adotadas pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) e FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro) respectivamente.

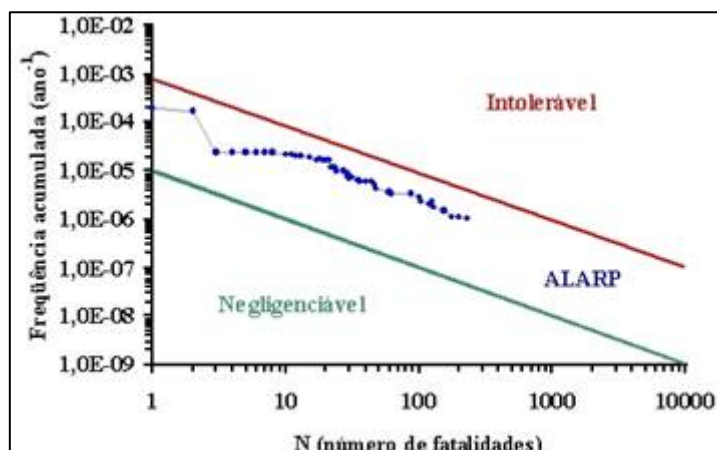


Figura VIII.9: Critério de Aceitabilidade para o Risco Social Adotado pela CETESB
(Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>)

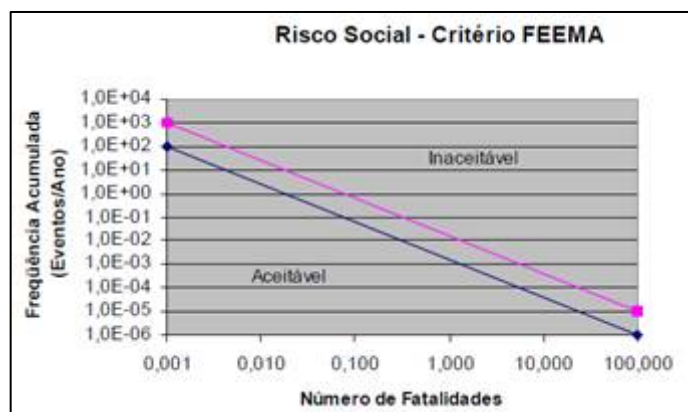


Figura VIII.10: Critério de Aceitabilidade para o Risco Social - FEEMA (2004)

Com base nos dados do inventário de frequência de acidentes (F) com vítimas fatais (N) causadas por movimentos de massa, entre os anos de 1943 a 1989, em Petrópolis, OLIVEIRA (2004) construiu a curva $F-N$ para o município e sugeriu limites para o risco aceitável, tolerável e para a faixa ALARP. A sugestão de OLIVEIRA (2004) se baseou no critério de risco voluntário máximo aceitável para um indivíduo ($N=1$), geralmente fixado em 10^{-3} , com linha passando pelo eixo vertical nesta ordenada, sendo paralela a linha de tendência dos pontos da curva $F-N$ (Figura VIII.11).

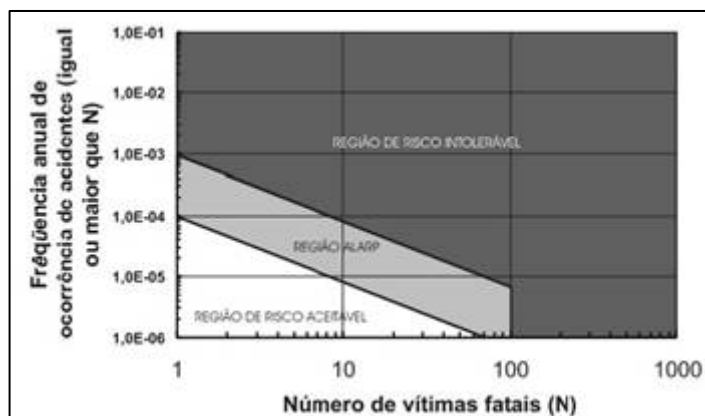


Figura VIII.11: Critério de Aceitabilidade para o Município de Petrópolis (OLIVEIRA, 2004)

Baseado na metodologia adotada por OLIVEIRA (2004), no estabelecimento de critérios de aceitabilidade de riscos, aplicada ao Município de Petrópolis, apresenta-se aqui uma primeira sugestão de critérios para a Região Metropolitana do Recife. Com base nos dados do inventário de frequência de acidentes (F) com vítimas fatais (N), entre os anos de 1984 a 2009, para as mortes causadas por movimentos de massa na Região Metropolitana do Recife, verificou-se a linha de tendência dos pontos da curva F-N para todo o período (Figura VIII.2). A partir da inclinação desta linha de tendência, traçaram-se paralelas para definir os limites do risco aceitável e do risco tolerável e conseqüentemente para a faixa ALARP. O limite inferior, referente ao risco aceitável passa na ordenada de valor 10^{-5} e o limite superior, referente ao risco tolerável passa na ordenada de valor 10^{-3} , como adotaram a CETESB e o Governo de Hong Kong (Figura VIII.12).

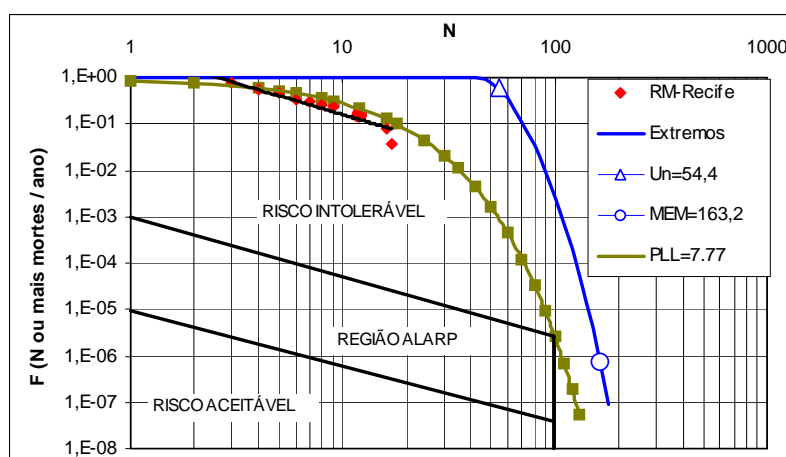


Figura VIII.12: Curva F-N e Critério de Aceitabilidade de Risco de Deslizamentos de Encostas Sugerido para a Região Metropolitana do Recife

Da Figura VIII.12 observa-se que o risco social pode ser considerado aceitável se para 01 fatalidade a frequência esperada de acidentes estiver abaixo de 10^{-5} (0,001%) por ano e será considerada inaceitável se frequência esperada de acidentes estiver acima de 10^{-3} (0,1%) para apenas 01 vítima. Uma probabilidade menor que 10^{-6} (0,0001%) por ano de ocorrer um acidente com 06 vítimas fatais é considerada aceitável. Apesar dos esforços de mitigação dos riscos no Rio de Janeiro e na Região Metropolitana do Recife tais regiões ainda convivem com riscos considerados inaceitáveis, assim como outras cidades brasileiras.

8.6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Observando os dados da Região Metropolitana do Recife nos períodos estudados, verifica-se que a mortalidade média anual (*PLL*) reduziu de 10 vidas (antes da gestão) para 04 vidas (pós-gestão), representando uma redução de 60%. Comparando as curvas de máxima entropia nos dois períodos, verifica-se que a previsão de ocorrer um deslizamento com perda de 35 vidas reduziu de 3% para 0,01%. Estes resultados mostram a importância de se ter uma defesa civil atuante, com responsabilidade em gerenciamento, através de ações estruturais e não estruturais tais como: treinamentos de equipes técnicas, palestras nas comunidades e obras estruturadoras de engenharia.

Os resultados encontrados neste estudo mostraram que o fortalecimento do gerenciamento de áreas de risco na RM-Recife tem gerado resultados positivos, os quais são frutos da ação municipal, metropolitana e federal, com envolvimento de instituições de pesquisas, de entidades governamentais e da população. Apesar da significativa redução do número de mortes nos últimos anos, os gestores não devem perder de vista o foco principal da defesa civil, que é: reduzir o grau de risco de suas áreas e atingir um índice de mortalidade “zero”, através de suas ações de gerenciamento de áreas de risco nos municípios, ou seja, atingir o nível do risco tolerável (região ALARP da Figura VIII.12).

As dez mortes ocorridas no ano de 2009, na RM-Recife, atingindo a média do período antes da gestão, indicam que qualquer que seja a falta de continuidade em uma das ações de defesa civil, as respostas negativas são sinalizadas de imediato. As ações não estruturais de defesa civil vêm se fortalecendo cada vez mais nos municípios

metropolitanos, porém, as ações estruturais, por meio de obras de engenharia perderam sua continuidade nos últimos anos. Segundo Sônia Medeiros, coordenadora do “*Programa Viva o Morro*”, do Governo de Pernambuco, as últimas verbas federais concedidas para a Região Metropolitana do Recife se deram através de verbas do OGU (Orçamento Geral da União), nos anos de 2001 e 2003. As obras realizadas após 2003 foram executadas com recursos próprio das prefeituras. Esses recursos são bastante limitados e as poucas obras realizadas se perdem na dimensão dos problemas das cidades. Mas, enquanto os recursos são escassos, é válido o fortalecimento das ações não estruturais, ficando aqui através desta pesquisa, a nossa contribuição para a elaboração de planos preventivos de defesa civil.

A sugestão de critérios de aceitabilidade para a avaliação dos riscos quantitativos apresentada aqui, para a Região Metropolitana do Recife, é bastante preliminar. Seguiram basicamente os limites considerados pela CETESB e pelo Governo de Hong Kong. Mas, segundo a AGS, para o estabelecimento dos critérios de aceitabilidade é necessária a conscientização da comunidade para o acompanhamento dos processos de análise e decisão do risco tolerável. A AGS sugere levar em consideração o critério de risco tolerável na decisão dos benefícios do desenvolvimento e no custo de mitigação das áreas de risco. O Governo Australiano (New South Wales) recomenda, para o caso de risco social, pesquisas intensas antes de adotar critérios específicos, pois considera que a aceitabilidade do risco social é complexa e específica para cada sociedade, de acordo com a sua cultura.

Atualmente no Brasil os critérios consistentes de aceitabilidade de risco de deslizamentos de encostas são utilizados apenas na metodologia qualitativa. O Ministério das Cidades sugere quatro classes de graus de risco (CARVALHO & GALVÃO, 2006), adotados em várias cidades brasileiras na elaboração de seus planos de redução de riscos. Fazendo uma associação entre os critérios de aceitabilidade da análise quantitativa e com a da qualitativa, podemos concluir que: o risco baixo e o risco médio podem ser considerados como riscos aceitáveis, não se justificando gastos adicionais para a mitigação do risco; o risco alto se situa na faixa da região do ALARP, ou seja, deve ser mantido sob monitoramento permanente e poderá ser reduzido; o incremento do risco neste nível deve ser evitado; e o risco muito alto é considerado inaceitável ou intolerável, medidas mitigadoras são urgentes nessas áreas.

CAPÍTULO IX

CONTRIBUIÇÃO PARA O GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

9.1. SUGESTÕES PARA A MELHORIA DE GERENCIAMENTO DE RISCO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Apesar dos avanços em gerenciamento de risco na Região Metropolitana do Recife e conseqüentemente a redução do número de vítimas, ainda há muito em que avançar para melhorar a eficiência do processo.

Para a melhoria da gestão de risco recomendam-se as seguintes ações gerais:

- 1) Ampliar a rede de monitoramento de índices pluviométricos por área de atuação da defesa civil. O custo do equipamento é muito baixo e a importância dos resultados justifica a continuidade da medição deste tão importante parâmetro;
- 2) As defesas civis devem melhorar suas fichas de vistorias e dar mais atenção ao preenchimento deste importante documento. As fichas devem conter as seguintes informações mínimas: dia e a hora dos acidentes, índices pluviométricos, tipo de processo, as características geológico-geotécnicas e estimativa do volume mobilizado. Na presente pesquisa observou-se que muitos dos registros não datavam a ocorrência do acidente, mas sim do atendimento. O registro da hora é importante para correlacionar com a chuva real que provocou o acidente e o volume de solo para identificação da magnitude do processo. Vale ressaltar que muitas das fichas consultadas não registravam qualquer data. Dos 1.367 registros de deslizamentos ocorridos em 2009, houve 153 registros de ocorrências sem datas, que por essa razão foram excluídas do estudo;
- 3) É importante a participação de engenheiros geotécnicos e geólogos de engenharia nas equipes de defesa civil. Os processos devem ser identificados assim como os materiais envolvidos. Essas informações são

valiosas para o entendimento dos mecanismos atuantes nos acidentes. No presente estudo foi verificado que não há informações sobre o tipo de processo ocorrido no acidente. Todos eles são denominados genericamente como deslizamentos e em alguns casos referidos como “queda de barreira”;

- 4) Melhoria na articulação entre órgãos de meteorologia para informações sobre a previsão do tempo; e entre meios de comunicação; assim como melhoria de relação com a Companhia de Saneamento de Pernambuco, devido aos vários registros de deslizamento provocados por vazamentos de tubulações de água;
- 5) Implantar / Melhorar a base de dados de cadastro de acidentes nos municípios;
- 6) Implantação de equipamentos automatizados para agilidade das ações (pluviômetros e radares);
- 7) Continuidade de Capacitação de equipes técnicas e implantação de capacitação para a população moradoras de áreas de risco;
- 8) Atualizar o mapeamento das áreas de risco e realizar ações preventivas de ocupação dos territórios, através de elaboração de Carta Geotécnica;
- 9) Para dar maior efetividade ao trabalho da defesa civil recomenda-se um modelo de gestão para redução de desastres, baseado nos índices pluviométricos críticos acumulados em 72 horas e índices acumulados a partir de 1º de janeiro. Com base nesses parâmetros sugere-se o estabelecimento dos seguintes níveis de operação:

Recomendações de Parâmetros para os Níveis de Operação no Recife

NÍVEL / REGIONAL	NORTE	SUL	OESTE	NORDESTE	NOROESTE
OBSERVAÇÃO	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro
ATENÇÃO	40,0 mm / 72h	60,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h	40,0 mm / 72h	40,0 mm / 72h
ALERTA	600,0 mm* e 40,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	750,0 mm * e 60,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	750,0 mm * e 60,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 60,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 60,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas

* Acumulado desde 01 de janeiro

Recomendações de Parâmetros para os Níveis de Operação em Camaragibe

NÍVEL / ÁREA	ÁREA I	ÁREA II	ÁREA III	ÁREA IV - TABATINGA	ÁREA IV- VERA CRUZ
OBSERVAÇÃO	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro
ATENÇÃO	100,0 mm / 72h	60,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h
ALERTA	750,0 mm* e 100,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	600,0 mm* e 60,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	600,0 mm* e 80,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 80,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	600,0 mm* e 80,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas

* Acumulado desde 01 de janeiro

Recomendações de Parâmetros para os Níveis de Operação em Jaboaão dos Guararapes

NÍVEL / REGIONAL	Jaboaão Centro	Cavaleiro	Curado	Muribeca	Prazeres
OBSERVAÇÃO	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro	A partir de 01 de janeiro
ATENÇÃO	100,0 mm / 72h	80,0 mm / 72h	100,0 mm / 72h	100,0 mm / 72h	60,0 mm / 72h
ALERTA	750,0 mm* e 100,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 80,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 100,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	600,0 mm* e 100,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas	750,0 mm* e 60,0 mm / 72h com previsão de chuvas intensas

* Acumulada a partir de 01 de janeiro

O acumulado de chuva e a previsão meteorológica indicam maior ou menor possibilidade de ocorrências de deslizamentos. O nível de observação se inicia a partir de 1º de janeiro. O nível de atenção é operado quando o acumulado crítico em 72h é atingido. A passagem do nível de atenção ao de alerta é dada quando se registra o acumulado crítico a partir de 1º de janeiro, com registros de eventos críticos em 72 horas, associado à previsão de continuidade de chuvas intensas dada pela meteorologia. Neste caso procede-se a remoção temporária ou definitiva das famílias situadas nas áreas de risco. Esses parâmetros são apenas indicações para deflagrar ações, não sendo absolutos

para tomadas de decisões. Vistorias de campos são importantes para identificar feições de instabilidade.

No caso de ocorrência de chuva diária superior a 30,0 mm, independente dos volumes acumulados críticos, recomenda-se a vistoria das áreas mais críticas. Atingindo o estado de Alerta, ao se prever uma chuva de grande intensidade recomenda-se a retirada da população das áreas de risco.

10) Recomendações específicas para os municípios estudados:

Recife - Verificar o dimensionamento da equipe técnica das Regionais Norte e Sul, pois apresentaram os maiores registros de deslizamentos em 2009 (juntas somam 60% das ocorrências), indicando a necessidade de um maior contingente técnico para atuarem nas áreas de riscos;

Camaragibe – Remanejar as localidades do Areeiro, Alto Santo Antônio, Córrego do Desastre e Bairro Novo, que fazem parte da Área II, para comporem a Área I, por apresentarem características geológico-geotécnicas semelhantes. A Área II de Camaragibe envolve grande número de localidades em comparação com as demais. Nessa Área há presença de materiais com características geológico-geotécnicas distintas, como os solos arenosos da Formação Barreiras de Canal Fluvial e os siltosos e argilosos de solos residuais de granito, com parâmetros de resistência variados. Neste contexto os parâmetros técnicos resultantes tornam-se menos realistas do que quando tratados individualmente. O remanejamento dessas localidades evitaria a desgaste das equipes técnicas, já que as mesmas exigiriam maiores volumes acumulados de chuvas críticas para atingirem o mesmo nível de operação que as demais localidades dessa Área.

Jaboatão dos Guararapes - Verificar o dimensionamento da equipe técnica das Regionais de Jaboatão Centro e Cavaleiro, pois apresentaram os maiores registros de deslizamentos em 2009 (juntas somam 77% das ocorrências), indicando a necessidade de maior equipe técnica para atuar nas áreas de riscos.

CAPÍTULO X

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

10.1 CONCLUSÕES

Este Capítulo apresenta uma síntese dos resultados encontrados neste estudo com as principais conclusões obtidas. Apresenta informação da base de dados das ocorrências de deslizamentos de encostas; dos estudos geológico-geotécnicos dos materiais presentes; e dos índices pluviométricos estudados.

Os estudos geológico-geotécnicos buscaram analisar as características dos diversos materiais presentes nas encostas ocupadas da área de estudo. Verificou-se que em Recife e Camaragibe a predominância das encostas ocupadas corresponde aos sedimentos da Formação Barreiras. Este estudo teve o objetivo de caracterizar as fácies dessa Formação, para auxílio ao entendimento dos mecanismos dos movimentos de massa. Também teve por objetivo iniciar os estudos nos solos residuais de milonito, os quais são presentes nas encostas do município de Jaboatão dos Guararapes, com registros de acidentes.

Através da caracterização geológico-geotécnica podem-se apresentar as principais conclusões:

- Os sedimentos da Formação Barreiras são dominados por processos fluviais e expressos por três principais sistemas deposicionais: fácies de leque distal/planície aluvial; fácies de leque aluvial proximal; e fácies de canal fluvial entrelaçado (“braided”). A fácies de leque distal/planície aluvial é bastante presente nos morros;
- Esses sedimentos são predominantemente arenosos e por conseqüências mais susceptíveis aos processos erosivos. Quando há camadas argilosas, estas se encontram em alternância com as camadas arenosas. Em geral a camada argilosa é impermeável o que provoca um caminho preferencial de água e uma superfície potencial de deslizamento. Também se verificou a presença de crosta laterítica, provocando o mesmo mecanismo da camada argilosa;

- Os ensaios de resistência ao cisalhamento realizados nos sedimentos da Formação Barreiras, na condição inundada, simulando períodos de chuvas intensas, evidenciaram a predominância de solos com baixa coesão (máxima de 15 kPa) e elevados ângulos de atrito (até 36°) o que demonstram serem solos mais susceptíveis a processos erosivos que aos processos de escorregamentos;
- Apesar dos indícios da predominância da susceptibilidade aos processos erosivos nas encostas da Formação Barreiras, estes processos atuam na instabilização primária induzindo deslizamentos nas porções superiores do talude;
- As características geológico-geotécnicas evidenciam a fragilidade do solo no que diz respeito às ações de desagregação e remoção de suas partículas, devido à baixa coesão dos sedimentos da Formação Barreiras. Isso aumenta a necessidade e importância de sistemas de drenagens, para disciplinar as águas servidas e de chuvas nas encostas constituídas por esses sedimentos;
- Os solos residuais de milonito apresentaram interceptos de coesão mais elevados que os solos residuais de granito. No entanto os ângulos de atrito foram menores;
- O solo residual de milonito quando apresenta baixo teor de saturação, mostra aspecto fraturado, ou seja, com caminhos preferenciais de fluxo. Isto ocorre devido ao desenvolvimento de intensos fraturamento da rocha de origem, que se encontra na área de influência do falhamento geológico denominado Lineamento Pernambuco, lhe conferindo tal característica. Através do ensaio de permeabilidade realizado em laboratório, observou-se que os solos classificados de siltosos com alta plasticidade apresentaram valores de permeabilidade característicos de solos arenosos, devido aos caminhos preferenciais de água.
- Em trabalho de campo foi verificado que este tipo de solo se apresenta como um “massapê” na presença de água. As características geológico-geotécnicas encontradas nos solos residuais de milonito lhes conferem maior susceptibilidade aos processos de escorregamentos.

Da base de dados dos deslizamentos ocorridos nos municípios verificaram-se as seguintes informações:

- Historicamente no mês de junho registram-se os maiores números de deslizamentos de encostas na Região Metropolitana do Recife, o que está fortemente relacionado ao mês em que ocorrem, historicamente em média, os máximos índices pluviométricos mensais;
- Dos dados históricos de acidentes verificou-se que 23% do total de ocorrências são registradas no primeiro trimestre do ano (jan-fev-mar) nos municípios de Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes;
- Em Camaragibe, levantamentos dos acidentes ocorridos entre os anos de 2001 a 2009 mostraram que as localidades de Bairro dos Estados e Tabatinga apresentam-se com um histórico total de 187 ocorrências de movimentos de massa (41% do total), indicando serem áreas de maior susceptibilidade aos processos de instabilização de encostas;
- As localidades de Vila Rica e Cavaleiro, em Jaboatão dos Guararapes, apresentam-se, com histórico de mais de 100 ocorrências de movimentos de massa em cada localidade. As duas somam 242 registros (29% do total) contabilizados entre os anos de 2004 a 2009, indicando serem áreas de maior susceptibilidade aos movimentos de massa;
- Quanto aos deslizamentos ocorridos em 2009 verificou-se que no Recife as Regionais Norte e Sul apresentaram maiores números de registros. Em Camaragibe a Área II apresentou maior registro; e em Jaboatão dos Guararapes a maioria dos acidentes ocorreu nas Regionais 1 (Jaboatão Centro) e 2 (Cavaleiro).

Através dos registros dos índices pluviométricos foi possível chegar a algumas conclusões:

- O registro de chuvas em intervalos menores que 24 horas, é muito importante para definição de parâmetros técnicos e auxílio às ações de defesa civil. É necessário registrar a duração de uma chuva concentrada para ajustes de parâmetros técnicos e direcionamento de ações preventivas;
- Os totais anuais dos índices de chuvas, registrados em várias localidades no município envolvidos na pesquisa, mostraram-se similares, porém os registros diários foram diferentes em diversos dias, chegando até atingir o percentual de 50% a mais em uma localidade em relação à outra.

- Estudos recentes sobre as chuvas estão evidenciando que os índices pluviométricos tendem a serem mais concentrados nos últimos anos. Chuvas de elevadas intensidades (grande volume em curta duração) são cada vez mais frequentes; O aumento da tempestividade e de concentração de eventos chuvosos é característico de uma ilha de calor urbano de escala metropolitana;
- Na área de estudo uma chuva de 160 mm em 24 horas (e de 133,25 mm em 10h) registrada em 13 de abril foi considerada como um evento extremo de precipitação. Foi a máxima chuva diária no mês nos últimos 13 anos. Em abril de 2009 foi registrado um volume mensal de 447,25 mm. O maior volume registrado em abril nos últimos 15 anos.
- Além dos índices críticos de acumulado de chuva em 72h e longo prazo, verificou-se que chuvas diárias de 30 mm causam deslizamentos na RM-Recife;
- Após o período de chuvas contínuas, com a saturação do solo, registram-se consideráveis ocorrências de desabamentos de “muros de contenção”, podendo estar relacionadas à falha de projeto, no que se refere às dimensões e drenagens;

Das análises das chuvas e dos registros de movimentos de massa foi possível definir parâmetros técnicos de chuva crítica em curto prazo e em longo prazo. As chuvas acumuladas críticas são apenas indicações para deflagrar ações, não sendo absolutas para tomadas de decisões. Abaixo são apresentados os valores de chuvas críticas encontrados nos municípios. Os valores de chuvas acumuladas em curto prazo e longo prazo estiveram forte relação com as características geológico-geotécnicas das áreas:

- *Recife*: Chuva acumulada em 72 horas: 40,0 mm para as Regionais Norte, Nordeste e Noroeste; 60,0 mm para a Regional Sul; e 80,0 mm para a Regional Oeste. Chuva acumulada a partir de 1º de janeiro: 750,0 mm para as Regionais Oeste, Nordeste, Noroeste e Sul; e 600,0 mm para a Regional Norte;
- *Camaragibe*: Chuva acumulada em 72 horas: 100,0 mm para a Área I; 60,0 mm para a Área II; e 80,0 mm para as Áreas III e IV. Chuva acumulada a

partir de 1º de janeiro: 750,0 mm para as Áreas I e IV-Tabatinga; 600,0 mm para as Áreas II, III e IV-Vera Cruz.

- *Jaboatão dos Guararapes*: Chuva acumulada em 72 horas: 100,0 mm para as Regionais 1, 3 e 4; 80,0 mm para a Regional 2; e 60,0 mm para a Regional 5. Chuva acumulada a partir de 1º de janeiro: 750,0 mm para as Regionais 1, 2, 3 e 5; 600,0 mm para a Regional 4.

Os resultados encontrados nesta pesquisa necessitam de ajustes, visto que as chuvas foram associadas aos acidentes em encostas durante apenas um período chuvoso. A correlação entre pluviometria e movimentos de massa em encostas ocupadas requer constantes atualizações e ajuste dos dados, de modo a tornar mais eficazes as previsões das conseqüências e otimizar as ações do Poder Público.

A avaliação do risco social por meio da curva F-N mostrou que após ações de gerenciamento, a mortalidade média da RM-Recife reduziu em 60%, porém a falta de continuidade das ações (estruturais e não-estruturais) pode regredir os resultados do gerenciamento.

10.2 SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

A continuidade do monitoramento dos índices pluviométricos é de extrema importância para pesquisas futuras e para o ajuste dos parâmetros encontrados neste estudo, visto que trabalhamos com apenas um período chuvoso.

Nas áreas em que os índices críticos de chuva foram relativamente baixos seria importante a análise da chuva em crítica em 96 horas ou mais; o que pode gerar dados mais representativos para as regionais. Também é importante inserir o parâmetro da densidade demográfica nas análises realizadas. Na chuva crítica de longo prazo o acumulado foi considerado a partir de 1º de janeiro; seria interessante realizar análise do balanço hídrico da região para identificar o melhor período a ser considerado no acumulado.

O aprofundamento dos estudos geológicos e geotécnicos nos solos residuais de milonito é necessário para o entendimento dos mecanismos dos processos de instabilização das encostas, bem como a sua extensão em área, em Jabotão dos Guararapes.

O aprimoramento da base de dados implantada neste estudo seria importante para futuras pesquisas. A implantação de um inventário de escorregamento deve obedecer a uma padronização de modo que se inclua, principalmente, o dia e a hora dos acidentes, os índices pluviométricos, os volumes mobilizados e as características geológico-geotécnicas, topográficas e ambientais.

O entendimento dos mecanismos dos processos de instabilidade de “obras de contenção” pode trazer contribuições para o aperfeiçoamento dos investimentos em ações estruturais nas áreas de risco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABGE & ABMS (2010). Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica & Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. “Deslizamentos e Enchentes - Para que em 2011 as Tragédias não se Repitam”. Carta Aberta às Autoridades Públicas.
- AHRENDT, A. & ZUQUETTE, L. V. (2001). “Mapeamento e Análise de Movimentos de Massa Gravitacionais Ocorridos na Cidade de Campos de Jordão – SP”. In: III Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, Novembro de 2001. pp. 185-192.
- ALHEIROS, M. M. (1998). “Riscos de Escorregamentos na Região Metropolitana do Recife”. Tese de Doutorado, UFBA, Salvador-BA.
- ALHEIROS, M. M. e LIMA FILHO, M. F. (1991). “A Formação Barreiras. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte”. Recife: Editora Universitária - UFPE; Série Estudos Geológicos, Vol. 10. pp. 77-88.
- ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F.; MONTEIRO, F. A. J.; OLIVEIRA FILHO, J. S. (1988). “Sistemas Depositionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental”. In: Congresso Brasileiro de Geologia. Belém-PA. Vol.2. pp.753-760.
- ALHEIROS, M. M., SOUZA, M. A. A., BITOUN, J., MEDEIROS, S. M. G. M.; AMORIM JÚNIOR, W. M. A (2003). “Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife”, CD-ROM, Recife-PE, Brasil.
- ALEXANDER, D. (1997). “The Study of Natural Disasters, 1977-1997: Some Reflections on a Changing Field of Knowledge”. Disasters, Vol. 21, Nº 4, pp. 284-304.
- ALCÁNTARA-AYALA, I. (2002). Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries. Geomorphology, Vol. 47, Nº 2-4, pp. 107–124.
- ANG, A. & TANG, W. (1975). “Probability Concepts in Engineering Planning and Design”. V.1: Basic Principles. New York: John Wiley.

- ARAKI, R. (2007). “Vulnerabilidade Associada a Precipitações e Fatores Antropogênicos no Município de Guarujá (SP) - Período de 1965 a 2001”. Universidade Estadual de Campinas. Dissertação de Mestrado em Geografia. São Paulo.
- ASSUNÇÃO, D. M. S. (2005). “Padrão Quali-quantitativo do Descarte de Águas Residuárias em Áreas Carentes: Um Estudo no Alto do Bom Viver em Salvador”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana – UFBA.
- AUGUSTO FILHO, O., CERRI, L. E. S.; AMENOMORI, C. J. (1990). “Riscos Geológicos: Aspectos Conceituais”. In: Simpósio Latino-Americano Sobre Risco Geológico Urbano. São Paulo: ABGE, pp. 334-341.
- AUSTRALIAN GEOMECHANICS SOCIETY - AGS (2007). “Landslide Risk Management Practice Note”. In Preparation.
- AUSTRALIAN GEOMECHANICS SOCIETY - AGS (2000). “Landslide Risk Management Concepts and Guidelines”. Sub-Committee on Landslide Risk Management. Australian Geomechanics.
- BANDEIRA A. P. (2003). “Mapa de Risco de Erosão e Escorregamento das Encostas com Ocupações desordenadas do Município de Camaragibe-PE”. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife-PE.
- BANDEIRA A. P., COUTINHO, R. C.; ALHEIROS, M. M. (2009). “Importância da Caracterização Geológico-Geotécnica e da Chuva para Gerenciamento de Áreas de Riscos”. In: V Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. São Paulo, Novembro. CD-ROM.
- BANDEIRA A. P., COUTINHO, R. C.; ALHEIROS, M. M. (2010). “Caracterização Geológico-Geotécnica dos Materiais Presentes nas Encostas da Região Metropolitana do Recife”. XV COBRAMSEG. Agosto, 2010.
- BANDEIRA A. P. & COUTINHO, R. C. (2008). “Landslide Risk Management: The Experience of Metropolitan Area of Recife – Pernambuco / Brazil”. In X International Symposium on Landslides and Engineered Slopes. China.
- BARBIERI, D. W.; MARCELINO, I. P. V. O.; SAUSEN, T. M. (2007). “Anomalias de Precipitação para a Região Sul do Brasil: Análise de Consistência”. In: V

- Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física. 12 a 17 de maio de 2008, Santa Maria, RS. /Anais/, p. 3891-3903.
- BEVILAQUA F. Z.; MOURA A. P.; DIAS, R. D.; SANTOS G. T. (2004). “Comportamento Mecânico dos Solos Residuais de Granito de Florianópolis e Porto Alegre”. In: Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul - GEOSUL. pp. 77-83.
- BOULANGER, J.; LELOUP, J.; PENALBA, O.; RUSTICUCCI, M. ; LAFON, F.; VARGAS, W. (2005). “Observed Precipitation in the Paraná - Plata Hydrological Basin: Long-term Trends, Extreme Conditions and ENSO Teleconnections”. *Climate Dynamics*, Vol. 24, pp. 393-413.
- BRUNETTI, M.; MAUGERI, M.; NANNI, T. (2001). “Changes in Total Precipitation, Rainy Days and Extreme Events in Northeastern Italy”. In: *International Journal of Climatology*, Nº21, pp.861-871.
- CAMAPUM DE CARVALHO, J; LIMA, M. C.; MORTARI, D. (2001). “Considerações sobre Prevenção e Controle de Voçorocas”. In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, Goiânia-GO.
- CAPUTO, H. P. (1987). “Mecânica dos Solos e Suas Aplicações”. 6ª Edição. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro. pp. 219.
- CARVALHO, C. S. (1989). “Estudo da Infiltração em Encostas de Solos Insaturados na Serra do Mar”. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 112f.
- CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T. (2006). “Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários”. In: *Prevenção de Riscos de deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais*. Organizadores: Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance.
- CASCINI, L.; BONNARD, Ch.; COROMINAS, J.; JIBSON, R.; MONTERO-OLARTE, J. (2005). “Landslide Hazard and Risk Zoning for Urban Planning and Development”. In: *Landslide Risk Management*. O. Hungr, R. Fell, R. Couture and E. Eberthardt (editors). Taylor and Francis, London. 199-235.

- CHAN, R. K. S. (2007). "Challenges in Slope Engineering in Hong Kong". In: Thirty Years of Slope Safety Practice in Hong Kong. First published, 2007. Geotechnical Engineering Office.
- CHAN, R. K. S. (2000). "Hong Kong Slope Safety Management System". Proceedings of the Symposium on Slope Hazards and Their Prevention, The Jockey Club Research and Information Centre for Landslip Prevention and Land Development, The University of Hong Kong (In press).
- CODESAL - Comissão de Defesa Civil de Salvador (2010). Salvador, <www.defesacivil.salvador.ba.gov.br/>. Acesso em: 08/03/2010.
- COELHO NETTO, A. L. (1994). "Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia". In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Orgs.). Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Brasil, pp. 93-148.
- CORNISH, P. M. (1977). "Changes in Seasonal and Annual Rainfall in New South Wales". Search, Vol.8, Nº1-2, pp.39- 41, jan.-feb.
- CORRÊA, A. C. B. (2004). "Unidades Geoambientais do Recife". Trabalho Apresentado na Disciplina Metodologias de Pesquisa em Geografia Física. Recife, Departamento de Ciências Geográficas, UFPE.
- CORRÊA, R. L. (1995). "O Espaço Urbano". 3 ed. São Paulo: Editora Ática. pp. 94.
- COUTINHO, R. Q. & SILVA, M. M. (2005). "Classificação e Mecanismos de Movimentos de Massa". IV COBRAE - Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Escola Politécnica da UFBA, Salvador –BA. Vol. Pós-Congresso.
- COUTINHO, R. C., BANDEIRA, A.P.; SILVA, R. R. (2009). "Relatório do Projeto Básico de Estabilização de Encostas para a Prefeitura de Camaragibe". 2º Relatório Técnico.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2003). "Sistema de Informações Geoambientais da Região Metropolitana do Recife". Recife-PE, pp.119.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (1997). "Sistema de Informações Geoambientais da Região Metropolitana do Recife". Recife-PE.

- CRUDEN, D. M. & VARNES, D. J. (1996). "Landslide Types and Processes". In: Landslides – Investigation and Mitigation. Turner & Schuster (Eds.), Special Report / Transportation Research Board, National Research Council, Washington, Nº 247. pp. 36-75.
- CUNHA, M. A. (1991). "Manual de Ocupação de Encostas", 1ª ed., publicação IPT, nº1831, São Paulo, SP, Brasil.
- DAVIDOVICH, F. (1993). "A Propósito da Eco-92: A Temática Urbana na Questão Ambiental". In: Geografia e Questão Ambiental. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Geografia. pp. 13-23.
- DE PAULA, T. (2008). "Detalhamento das Fácies da Formação Barreiras nos Municípios de Recife, Camaragibe, Olinda e Jaboatão dos Guararapes". Relatório. Projeto CNPq - PRONEX / Facepe.
- DEERE, D. U. & PATTON, F. D. (1971). "Slope Stability in Residual Soils". In: IV Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. San Juan, Vol.1, pp.98-170.
- DIAS & HERRMANN (2002). "Análise da Susceptibilidade a Deslizamentos no Bairro Grande, Florianópolis, SC". In: Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Vol. 21 (1). pp. 91-104.
- EINSTEIN, H. H. (1997). "Landslide Risk - Systematic Approaches to Assessment and Management". In: International Workshop on Landslide Risk Assessment, Honolulu. Proceedings... Rotterdam: Balkema, pp.25-49.
- EM-DAT – Emergency Events Database (2007). "The OFDA/CRED International Disaster Database". Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em: 02 mar. 2007.
- FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro (2004). <http://www.feema.rj.gov.br>. Acesso em: 06 de março de 2010.
- FEIJÓ, R. L., PAES, N. M.; D'ORSI, R. N. (2001). "Chuvas e Movimentos de Massa no Município do Rio de Janeiro". In: III Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, Novembro. pp.223-230.
- FELL & HARTFORD, (1997). "Int. Workshop on Landslide Risk Assessment" – Edited by Cruden & Fell.

- FELL, R., COROMINAS, J., BONNARD, C., CASCINI, L., LEROI, E.; SAVAGE, W., (2008). "Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land use Planning". In: JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes. Engineering Geology, Vol. 102, pp 83-111.
- FELL, R., HO, K. K. S., LACASSE, S.; LEROI, E. (2005). "A Framework for Landslide Risk Assessment and Management". In: Int. Conf. on Landslide Risk Management – Edited by Hungr, Fell, Couture and Eberhardt. pp. 03-26.
- FONSECA, F. D. F. (2010). "Riscos de Desastres Ambientais Urbanos: Estudo de Diferentes Áreas de Conhecimento. Uma Perspectiva Teórica para a Geotecnia". Dissertação. Engenharia Ambiental e Urbana, UFBA.
- FONZAR, B. C. (1997). "Mudanças Climáticas na Cidade de Goiânia". Boletim Climatológico, Vol.2, Nº3, pp. 247-249, jul.
- GIRÃO, O. (2007). "Análise de Processos Erosivos em Encostas na Zona Sudoeste da Cidade do Recife-Pernambuco". Tese Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 305 fl.
- GIRÃO, O., CORRÊA, A. C. B., GUERRA, A. J. T. (2007). "Encostas Urbanas como Unidades de Gestão e Planejamento, a Partir do Estudo de Áreas à Sudoeste da Cidade do Recife – PE". Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, Vol. 24, Nº 3, set/dez. 2007.
- GIRÃO, O. & CORRÊA, A. C. B. (2004). "A Contribuição da Geomorfologia para o Planejamento da Ocupação de Novas Áreas". Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, Vol. 21, Nº 2, jul/dez.
- GONÇALVES, N. M. S. (2003). "Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano em Salvador". In: Clima Urbano. MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org). São Paulo, pp.192.
- GROISMAN, P. Y.; KNIGHT, R.; EASTERLING, D. R.; KARL, T. R.; HEGERL, G. C.; RAZUVAEV, V. N. (2005). "Trends in Intense Precipitation in the Climate Record". In: Journal of Climate, Vol.18, pp. 1326-1350.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (1999). "Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações". Bertrand. Rio de Janeiro, Brasil.

- GUSMÃO FILHO, J. A. (2001). “A Cidade Histórica de Olinda: Problemas e Soluções de Engenharia”. Editora Universitária-UFPE . Recife/PE. 193 fl.
- GUSMÃO FILHO, J. A. (1997). “Chuva e Deslizamentos nas Encostas Ocupadas”. In: Workshop: A Meteorologia e os Recursos Hídricos Aplicados à Defesa Civil – Recife/PE.
- GUSMÃO FILHO, J. A. (1997a). “Encostas Urbanas: Aspectos Ambientais, Sociais e Políticos”. In: 2nd Pan-American Symposium Landslides, 2nd COBRAE, Rio de Janeiro.
- HACK, L. P. (2002). “O clima Urbano de Petrópolis RJ: Uma Análise dos Impactos Ambientais das Chuvas de Verão nas Áreas de Riscos e nas Inundações”. In: Os Climas das Cidades Brasileiras. SANT’ANNA NETO, J. L.; (Org). Presidente Prudente, pp.89-114.
- HEAD, K. H. (1980). “Manual of Soil Laboratory Testing”. London, Pentech Press.
- HEATHCOTE, R. L. (1985). “Extreme Events Analysis”. In: Scope - Climate Impact Assessment. KATES, R. W.; AUSUBEL, J. H.; BERBERIAN, M. (Org.). Paris, Nº27, pp.1-42.
- <http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/> (acessado em 24 de fevereiro de 2010).
- <http://www.cidades.gov.br> (acessado em 15 de março de 2010). “Textos do Banco de Experiências”.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2009). “Banco de Dados de Mortes por Escorregamentos no Brasil”.
- IUGS - International Union of Geological Sciences (1997) “Quantitative Risk Assessment for Slopes and Landslides – The State of the Art”. IUGS Working Group on Landslides, Committee on Risk Assessment, In: Landslide Risk Assessment, Cruden & Fell (Eds), Balkema, Rotterdam, pp.3-12.
- JATOBÁ, L. & APOLÔNIO, D. (1991). “Episódio de Chuvas de Inverno na Região Metropolitana do Recife, no Ano de 1990”. In: Anais do 1º Encontro Regional de Estudos Geográficos. Recife: Universidade Católica de Pernambuco. pp. 57-64.

- LACERDA, W. A. (2008). "The Rio de Janeiro Warning System Against Severe Weather And Mass Movements". Material Didático da International School Landslide Risk Assessment and Mitigation – LARAM. Ravello-Itália.
- LAFAYETTE, K. P. V. (2006). "Estudo Geológico-Geotécnico para o Entendimento do Processo Erosivo no Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcante no Cabo de Santo Agostinho / PE". Tese de Doutorado. UFPE. CTG. Engenharia Civil, Recife - PE.
- LAFAYETTE, K. P. V. (2000). "Comportamento Geomecânico de Solos de Uma Topossequência na Formação Barreiras em uma Encosta na Área Urbana do Recife – PE". Dissertação de Mestrado. UFPE. CTG. Engenharia Civil, Recife - PE.
- LEROUEIL, S. (2004). "Geotechnics of Slopes Before Failure". In: IX International Symposium on Landslides". Rio de Janeiro. Vol.2, pp. 863-884.
- LEROI, E., BONNARD, CH., FELL, R.; MCINNES, R. (2005). "Risk Assessment and Management". In: Int. Conf. on Landslide Risk Management – Edited by Hungr, Fell, Couture and Eberhardt. pp. 159-198.
- LIEBMANN, B.; VERA, C. S.; CARVALHO, L. M. V.; CAMILLONI, I. A.; HOERLING, M. P.; ALLURED, D.; BARROS, V. R.; BAEZ, J.; BIDEGAIN, M. (2004). "An Observed Trend in Central South American Precipitation". In: Journal of Climate, Vol. 17, pp.4357- 4367.
- LIMA, A. F. (2002). "Comportamento Geomecânico e Análise de Estabilidade de uma Encosta da Formação Barreiras na Área Urbana da Cidade do Recife". Dissertação de Mestrado. UFPE. CTG. Engenharia Civil, Recife-PE.
- LLOPIS TRILHO, G. (1999). "Control de la Erosión y Obras de Deságüe". Manual de Estabilizacion y Revegetación de Taludes. Entorno Grafico S. L., Madri.
- MACEDO, E. S. (2009). "Gestão de Riscos e os Planos Preventivos de Defesa Civil". Palestra na UFPE, em Junho de 2009.
- MACEDO, E. S.; SANTORO, J.; ARAÚJO, R. E. (2004). "Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para Deslizamento, Estado de São Paulo, Brasil". In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais. Florianópolis. 2004. pp. 908-919 (CD-ROM).
- MACEDO, E. S.; OGURA, A. T.; SANTORO, J (2006). "O que é um Plano de Contingência ou Preventivo de Defesa Civil". In: Prevenção de Riscos de

- deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Cap 6. Ministério das Cidades; Cities Alliance. 111p.
- MACEDO, E. S.; OGURA, A. T.; SANTORO, J (1999). “Defesa Civil e Escorregamentos: O Plano Preventivo do Litoral Paulista”. In: Anais do 9º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo. ABGE. 1999.
- MALONE, A.W. (1998). “Risk Management and Slope Safety in Hong Kong. Proceedings of Seminar on Slope Engineering in Hong Kong”. Balkema Publisher, pp 3-17.
- MARCELINO, E. V. (2008). “Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos”. In: Caderno Didático Nº 1. INPE-15208-PUD/193. Santa Maria, RS, Brasil.
- MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBİYAMA, M. (2006). “Banco de Dados de Desastres Naturais: Análise de Dados Globais e Regionais”. Caminhos de Geografia, Vol. 6, Nº19, pp. 130-149.
- MARENGO, J. A. (2006). “Mudanças Climáticas Globais e Seus Efeitos Sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI”. Brasília: MMA, 212p.
- MAHLER, C. F. & OLIVEIRA, L., C., D. (2001). “Avaliação Quantitativa de Risco Aplicada a uma Situação de Queda de Fragmentos em Encosta Rochosa”. In: III Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, Novembro. pp.207-216.
- MATTOS, E. F. O., GOMES, R. L.; OLIVEIRA, S. M. (2005). “O Plano Diretor de Encostas: Ferramenta para Gestão de Riscos Associados ao Sistema de Encostas da Paisagem Urbana de Salvador”. In: IV Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas. Salvador-BA. pp. 33-44.
- MEIRA, F. F. D. A. (2008). “Estudo do Processo Erosivo em Encostas Ocupadas”. Tese de Doutorado. UFPE. CTG. Engenharia Civil, Recife-PE.
- MELLO; ARRUDA; ORTOLANI (1994). “Chuva e Temperatura: Cem Anos de Observações em Campinas”. In: Boletim Técnico do IAC. Campinas, Nº154, pp.01-48.

- MITCHELL, J. K. & COUTINHO, R. Q. (1991). "Occurrence Geotechnical Properties and Special Problems of Some Soils of America". Special Report. In: IX Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Chile. pp. 01-91
- MINISTÉRIO DAS CIDADES (2006). "Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais". Organizadores: Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance.
- MOLION, L.C.B. (2005). Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Climanálise* 8 (agosto), disponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista> (acesso em 25/03/2010).
- MONTEIRO, C. A. F. (1991). "Clima e Excepcionalismo: Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico". Florianópolis: Ed. da UFSC, pp. 241.
- NASCIMENTO, N. A., DELL'AVANZI, E.; NETO, S. C. (2009). "Acidentes Geotécnicos de 2008 em Santa Catarina: Uma Visão Mais Abrangente". In: V Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. São Paulo, Novembro de 2009. CD-ROM.
- NKEMDIRIM, L. C. (1988). "On the Frequency of Precipitation-Days in Calgary, Canada". In: *The Professional Geographer*, Vol. 40, N^o1, pp.65-76.
- NOGUEIRA, F. R. (2002). "Políticas Públicas Municipais para Gerenciamento de Riscos Ambientais Associados a Escorregamentos em Áreas de Ocupação Subnormal". Rio Claro. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 253p.
- NUNES, L. H. (2002). "Pluviosidade no município de São Sebastião e entorno associação com a evolução de sua ocupação". In: V Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica Mudanças Globais e Especificidades Climáticas Regionais e Locais: Avanços e Desafios da Climatologia Contemporânea. Curitiba-PR. CD-ROM. pp.118-130.
- NUNES, L. H.; CALBETE, N. O.; PERELLA, A. C. F. (2001). "Land use change and rainfall variability in the Paraíba Valley, Southeastern Brazil-Human Dimensions".

- In: Challenges of a Changing Earth- Global Change Open Science Conference. Amsterdam. CD-ROM.
- OLIVEIRA, L. C. D. (2004). “Análise Quantitativa de Risco de Movimentos de Massa com Emprego de Estatística Bayesiana”. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.
- PARK, C. C. (1991). “Environmental Hazards”. London: Macmillan Education Ltda. pp.62.
- PEÑARROCHA, D.; ESTRELA, M. J.; MILLÁN, M. (2002). “Classification of Daily Rainfall Patterns in a Mediterranean Area With Extreme Intensity Levels: The Valencia Region”. In: International Journal of Climatology, N^o22, pp.677-695.
- PACHECO, M. (2006). “O Princípio da Máxima Entropia: Uma Ferramenta para Análise de Incerteza”. In: IX Encontro de Modelagem Computacional, CEFET/BH, Belo Horizonte. CD-ROM.
- PACHECO, M. & COUTINHO, R. Q. (2006). “Avaliação de Risco de Deslizamentos nas Encostas de Petrópolis (RJ) e da Região Metropolitana do Recife (PE)”. In Revista Solos e Rochas. Vol. 29, N^o 02, Maio-Agosto. pp. 223-234.
- PACHECO, M., PINHEL, A.; EINSFELD, R. (2001). “Gerenciamento de Risco Geotécnico por Previsão de Mortalidade em Deslizamentos”. In: III Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, Novembro. pp. 83-90.
- PACHECO, M., MORGENSTERN, N.; CRUDEN, D. (1998). “Societal Risk: a Criterion for Landslide Risk Management in Urban Environments”. In: XI Brazilian Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- PNDC – Política Nacional de Defesa Civil (2007). Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília. 2007.
- PFALTZGRAFF, P. A. S. (2007). “Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos da Região Metropolitana do Recife”. Tese de Doutorado em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco.
- REEVES, A., HO K. K. S.; LO, D. O. K. (1999). “Interim Risk Criteria for Landslides and Boulder Falls from Natural Terrain”. In: Thirty Years of Slope Safety Practice in Hong Kong. First Published, 2007. Geotechnical Engineering Office.

- SAITO, S. M., FERREIRA, C. C., SAUSEN, T. M., HANSEN, M. A. F.; MARCELINO, I. O. P. V. (2009). “Sistematização de Ocorrências de Desastres Naturais na Região Sul do Brasil”. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, pp. 2333-2339.
- SANT’ANNA NETO, J. L. (1997). “A Tendência da Pluviosidade no Estado de São Paulo no Período de 1941 a 1993”. In: Boletim Climatológico. Ano 2, N^o.3, pp.254-259, jul.
- SANTOS JÚNIOR, O. F., SEVERO, R. N. F., SCUDELARI, A. C.; AMARAL, R. F. (2008). “Processos de Instabilização em Falésias: Estudo de um Caso no Nordeste do Brasil”. Revista Luso-Brasileira de Geotecnia. Novembro, N^o 114. pp71-90.
- SCHUSTER (1996). “Socioeconomic Significance of Landslide”. In: Landslides Investigation and Mitigation. Turner AK, Shuster RL (eds). National Academy of Sciences, Washington, DC, Transportation Research Board, Special Report 247, pp. 12-35.
- SCHUSTER & HIGHLAND (2007). “The Third Hans Cloos Lecture. Urban Landslide: Socioeconomic Impacts and Overview of Mitigative Strategies”. In: Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the IAEG, Vol 66, N^o 1, March 2007. pp. 1-27.
- SILVA, M. M. (2007). “Estudo Geológico-Geotécnico de Uma Encosta com Problemas de Instabilidade do Município de Camaragibe”. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. UFPE.
- SILVA, M. E. S. & GUETTER, A. K. (2003). “Mudanças Climáticas Regionais Observadas no Estado do Paraná”. In: Terra Livre, Vol.1, N^o 20, pp.112-123.
- SEDEC - Secretaria Nacional de Defesa Civil / Ministério da Integração Nacional (2009). “Texto Base 1^a Conferência Nacional de Defesa Civil e Assistência Comunitária”. Disponível em <http://www.defesacivil.gov.br/conferencianacional/>. Consulta realizada em 22/03/2010.
- SOUZA NETO, J. B. (1998). “Características Geotécnicas do Solo Residual de Gnaiss da Encosta Espinhaço da Gata, PE-89, Machados-PE”. Dissertação de Mestrado. UFPE. CTG. Engenharia Civil, Recife-PE.

- SOUZA NETO, J. B. (2000). “Considerações Sobre as Propriedades Geotécnicas de Alguns Solos Residuais Brasileiros”. 1º Seminário de Qualificação COPPE/UFRJ.
- SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. “Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste – Estado de Pernambuco”. Departamento de Agricultura e Abastecimento. Recife. 1990. 195 p.
- MELO, A. S. T. (1990). “Os Impactos Ambientais da Expansão sobre o Meio Físico na Zona dos Tabuleiros Costeiros”. Departamento de Geociências-UFPB. João Pessoa-PB. pp. 15.
- TAVARES, R.; SANT’ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J.T.G.; PRESSINOTTI, M.M.N.; SANTORO, J. (2004). “Análise da Variabilidade Temporal e Espacial das Chuvas Associada aos Movimentos de Massa no Litoral Norte Paulista”. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais. Florianópolis. GEDN/UFSC, 680-696. (CD-ROM).
- TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. (1997). “Natural Hazards: Explanation and Integration”. New York: The Guilford Press. 388p.
- TURNER, B. A. (1978). “Man-Made Disasters”. London: Wykehan, 1978. 254p.
- UNDRO - United Nations Disaster Relief Office (1991). “Approach to Disaster Mitigation”. UNDRO News, jan-febr 1991. Geneva: Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator. 20p.
- VARANDA, E. (2006). “Mapeamento Quantitativo de Risco de Escorregamentos para o 1º Distrito de Petrópolis / RJ, Utilizando Sistema de Informações Geográficas”. Dissertação de Mestrado, UFRJ, 137p.
- VARGAS, M. (1981). “Progresso dos Estudos Geotécnicos dos Solos Tropicais em São Paulo”. Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia. COPPE/UFRJ-CNPq -ABMS. Rio de Janeiro. Vol.2, pp.66-120.
- VARGAS, M. (1992). “Identification and Classification of Tropical Soil”. US / Brasil Geotechnical Workshop on Applicability of Classical Soil Mechanics Principles to Structured Soil. Belo Horizonte , Vol. 1, pp.200-205. Novembro.
- VARNES, D. J. (1984). “Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice”. UNESCO, Paris, pp.63.

- VICENTE, A. K. (2004). “Eventos Extremos de Precipitação na Região Metropolitana de Campinas”. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Estadual de Campinas. 2004.
- VITTE, A. C. & GUERRA, A. J. T.(2004). “Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil”. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 280p.
- WHITE, G. F. (1974). “Natural Hazards: Local, National, Global”. New York: Oxford University Press.
- WHITMAN, R. V. (1984). “Evaluating Calculated Risk in Geotechnical Engineering. The Seventeenth Terzaghi Lecture”. In: Journal of Geotechnical Engineering, Vol 110, Nº 2, pp. 145-188, feb. 1984.
- WONG, H. N.; HO, K. K. S.; CHAN, Y. C. (1997). “Assessment of Consequence of Landslides”. Proceedings of the International Workshop on Landslides Risk Assessment, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 111-149.
- ZULLO, S. A. (1992). “Aplicação de Técnicas de Componentes Principais e Agrupamentos em Pluviometria: Análises do Nordeste Paraense e Estado de São Paulo”. Dissertação (Mestrado em Estatística). UNICAMP, Campinas-SP.
- ZUQUETTE, L. V. (1993). “Importância do Mapeamento Geotécnico no uso e Ocupação do meio Físico: Fundamento e Guia para Elaboração”. Tese de Livre Docência. EESC/USP, São Carlos.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)