

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**BRUNO DE MORAIS VASCONCELOS
JULYANA NEVES DE SOUZA
PRISCILA MARIANO AUGUSTO**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS CHUVAS NOS
ESCORREGAMENTOS – CASOS DO MUNICÍPIO DE ANGRA DOS
REIS (RJ)**

**VOLTA REDONDA
2019**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS CHUVAS NOS
ESCORREGAMENTOS – CASOS DO MUNICÍPIO DE ANGRA DOS
REIS (RJ)**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Alunos:

Bruno de Moraes Vasconcelos

Julyana Neves de Souza

Priscila Mariano Augusto

Orientador:

Prof. M.Sc. Francisco R. Silva de Abreu

Coorientador:

Prof. M.Sc. Pedro França Magalhães

VOLTA REDONDA

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

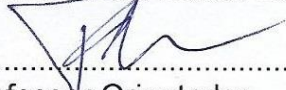
O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS CHUVAS NOS ESCORREGAMENTOS – CASOS DO MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS (RJ)**

Elaborado por Bruno de Moraes Vasconcelos- Matrícula: 201510389, Julyana Neves de Souza- Matrícula: 201510068 e Priscila Mariano Augusto- Matrícula: 201510447, foi apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia Civil.

Aprovado em 30 de Outubro de 2019


Banca Avaliadora:

Assinatura dos membros da Banca Examinadora:



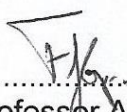
Professor Orientador

Prof.º Me. Francisco Roberto Silva de Abreu, UniFOA



Professor Avaliador

Prof.º Esp. Marcelo Estevão dos Santos, UniFOA



Professor Avaliador

Prof.º Dr. Francisco Jácome Gurgel Junior, UniFOA

Dedicamos este trabalho a Deus e aos nossos pais e familiares. Todos aqueles que nos permitem sonhar, acreditar e realizar.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos abençoou em todos os momentos, nos dando discernimento e sabedoria necessários para que conseguíssemos alcançar nossos ideais.

Agradecemos aos nossos pais e demais familiares, que nos encorajaram desde o princípio, fazendo com que nosso sonho se tornasse realidade.

Em especial, agradecemos aos nossos orientadores, os professores Francisco Roberto Silva de Abreu e Pedro França Magalhães por abraçarem nossa proposta e nos direcionarem ao longo do desenvolvimento do trabalho, dispondo de seu tempo, conhecimento e paciência.

Por fim, agradecemos aos colegas de turma, funcionários e demais professores, que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão de mais esta etapa em nossas vidas.

RESUMO

Os movimentos de massa são fenômenos que chamam cada vez mais atenção do governo e da sociedade. O litoral Sul Fluminense possui significativos registros desses eventos, em especial o município de Angra dos Reis devido à sua localização, ocupação irregular das encostas e outras intervenções antrópicas que quando associadas a períodos de maior precipitação somam notáveis prejuízos para a população local. O objetivo deste estudo é investigar a relação dos períodos chuvosos com os escorregamentos ocorridos no município de Angra dos Reis entre os anos de 2016 a 2018, com base em estudos feitos no Brasil a fim de estabelecer a proposta que confere melhor relação com os casos do município em questão. A caracterização dos movimentos de massa, segundo a pluviometria da região, foi elaborada com uso de teorias que consideram a chuva acumulada para períodos de 96h, 24h e 01h antes do acidente. Para tanto aplica-se a metodologia de pesquisas bibliográficas e documentais, embasadas nos dados pluviométricos e de escorregamentos obtidos através de relatório da Defesa Civil de Angra dos Reis (SEPDC/AR) e do CEMADEN. Os modelos gráficos de correlação entre pluviometria x escorregamentos propostos por d'Orsi (2011) e Tatizana *et al.* (1987) foram adaptados ao estudo em busca de verificar o quanto a chuva viabilizou os escorregamentos ocorridos no município nos últimos três anos, entretanto, ambos os modelos mostraram resultados insatisfatórios, logo, foi elaborado um terceiro gráfico a fim de enquadrar melhor os resultados, relacionando acumuladas pluviométricas mm/24h x mm/96h.

Palavras-chave: Pluviosidade. Movimento de Massa. Acidentes Naturais. Limiar Pluviométrico.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Problema	15
1.2	Justificativa	16
1.3	Hipótese	16
1.4	Objetivo Geral.....	17
1.4.1	Objetivos Específicos	17
1.5	Estrutura Metodológica.....	17
1.6	Estrutura do Trabalho	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Movimentos de Massa.....	19
2.1.1	Rastejo	21
2.1.2	Corridas de Massa	22
2.1.3	Queda	23
2.2	Escorregamentos.....	24
2.2.1	Escorregamentos Rotacionais.....	25
2.2.2	Escorregamentos Translacionais	26
2.2.3	Influência da Água da Chuva nos Escorregamentos.....	27
2.3	Rochas	27
2.3.1	Deformações nas Rochas	28
2.4	Solos.....	29
2.4.1	Solos Residuais.....	30
2.4.2	Solos Transportados	31
2.4.3	Solos Sedimentares	31
2.5	Chuvas	32

2.5.1 Chuva Frontal.....	33
2.5.2 Chuva Orográfica	34
2.5.3 Chuva Convectiva	34
2.6 Meteorologia	35
2.6.1 Pluviometria.....	36
2.6.2 Instrumentos de Medição	36
2.6.3 Pluviômetros.....	38
2.6.4 Radar Meteorológico	40
2.7 Estudos da Correlação Pluviometria x Escorregamentos	41
2.7.1 A Proposta de d’Orsi (2011).....	44
2.8 A Proposta de Tatizana <i>et al.</i> (1987)	47
3 ESTUDO DE CASO.....	50
3.1 Caracterização do Município de Angra dos Reis	50
3.1.1 Localização	50
3.1.2 Relevo e Unidades Geológico-Geotécnicas	51
3.1.3 Clima e Pluviometria	54
3.2 Gerenciamento de Desastres Ambientais	56
3.2.1 Monitoramento de Áreas de Risco	57
3.2.2 Programa Alerta e Alarme	58
3.3 Aplicação da Correlação Escorregamentos x Pluviometria	60
3.3.1 Seleção das Ocorrências	60
3.3.2 Estudo Pluviométrico.....	60
3.3.3 Aplicação dos Métodos de Análise Baseados em d’Orsi (2011) e Tatizana <i>et al.</i> (1987).....	63
3.3.4 Adequação das Propostas para a Área de Interesse	63
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64

4.1 Resultado da Utilização do Limiar Pluviométrico de d’Orsi (2011)	64
4.2 Resultado da Utilização do Limiar Pluviométrico de Tatizana <i>et al</i> (1987)	65
4.3 Resultado do Teste com Intervalo de “mm/24h x mm/96”	66
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	68
5.1 Conclusões	68
5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	68
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXO I - Mapas das áreas de risco em principais bairros de Angra dos Reis (RJ) e imóveis cadastrados.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do movimento gravitacional de massa.....	18
Figura 2 - Área afetada por rastejo.....	21
Figura 3 - Corrida de massa em Timbó, SC.....	22
Figura 4 - Representação de uma queda de blocos.....	22
Figura 5 - Exemplo de escorregamento circular.....	24
Figura 6 - Exemplo de escorregamento planar.	25
Figura 7 - Perfil representativo de solo residual.	29
Figura 8 - Esquemática dos depósitos de tálus.	31
Figura 9 - Esquemática das etapas que compõem o ciclo hidrológico.	31
Figura 10 - Representação da formação da chuva frontal.	32
Figura 11 - Representação da chuva orográfica.	33
Figura 12 - Representação da formação da chuva conectiva.	34
Figura 13 - Pluviômetro Automático.	38
Figura 14 - Radar Meteorológico.....	39
Figura 15 - Representação do pico da intensidade pluviométrica.....	45
Figura 16 - Representação do pico do acumulado pluviométrico.....	45
Figura 17 - Gráfico de combinação mm/h x mm/24h com definição da linha de influência.....	46
Figura 18 - Gráfico das Envoltórias de Escorregamentos, segundo Tatizana <i>et al.</i> (1987).....	48
Figura 19 - Localização de Angra dos Reis no Estado do Rio de Janeiro.....	49
Figura 20 - Representação cartográfica da distribuição do relevo do município de Angra dos Reis.....	51
Figura 21 - Gráfico das Médias Pluviométricas do município de Angra dos Reis entre os anos de 1982 e 2001.....	54
Figura 22 - Escorregamento no Morro da Carioca, em Angra dos Reis no ano de 2010.	56
Figura 23 - Escorregamento na Rodovia Rio - Santos, em Angra dos Reis, em 2019.	57
Figura 24 - Adaptação do modelo de d'Orsi para o município de Angra dos Reis. ...	64

Figura 25 - Adaptação do modelo de Tatizana <i>et al</i> para o município de Angra dos Reis.....	65
Figura 26 - Relação das acumuladas de 24h com as acumuladas de 96h.	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais agentes e causas dos escorregamentos.	19
Quadro 2 - Classificação dos movimentos gravitacionais de massa e suas características.	20
Quadro 3 - Descrição dos tipos principais de rochas.	27
Quadro 4 - Principais tipos de deformações em rochas.	28
Quadro 5 - Instrumentos de medição (continua na próxima página).....	36
Quadro 6 - Associação dos tipos de solo com os movimentos de massa.....	53
Quadro 7 - Descrição das três mensagens que podem ser enviadas pela Defesa Civil no programa Alerta e Alarme.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese de alguns estudos internacionais de correlação pluviosidade x escorregamentos.....	41
Tabela 2 - Estudos nacionais de correlação chuvas x escorregamentos.	42
Tabela 3 - Correlações entre as acumuladas pluviométricas.	43
Tabela 4 - Valores característicos para definição de evento pluviométrico com base na intensidade de precipitação acumulada, segundo d’Orsi.	44
Tabela 5 - Relação de dias com os acumulados pluviométricos, por Tatizana <i>et al.</i> (1987).....	47
Tabela 6 - Caracterização das categorias dos solos do município de Angra dos Reis, segundo o DRM-RJ.....	52
Tabela 7 - Coordenadas de 29 Estações Pluviométricas de Angra dos Reis monitoradas pelo CEMADEN.	55
Tabela 8 - Pluviometria das ocorrências de 2016, 2017 e 2018 (continua na próxima página).	60

LISTA DE SIGLAS

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais

DRM - RJ – Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LIT – Linhas de Instabilidade Tropicais

SEPDC/AR – Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil de Angra dos Reis

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Mapas das áreas de risco em principais bairros de Angra dos Reis (RJ) e imóveis cadastrados.....	79
--	----

1 INTRODUÇÃO

A influência da água da chuva no processo de movimentos de massa e o impacto gerado nas encostas com o desenvolvimento socioeconômico em determinada área, afeta a topografia natural do local no decorrer de construções e utilizações de rodovias e edificações.

Atualmente são veiculados nos meios de comunicação acidentes provenientes de escorregamentos devidos à ocorrência de chuvas, em locais de ocupações irregulares, sendo estes, principalmente, as encostas. Silva (1994) afirma que a ocupação das encostas urbanas ocorre devido à evolução das cidades que, influenciada pela diversidade social, faz com que parte da população encontre apenas a opção de moradia nos lugares considerados inadequados para este fim.

Segundo Sousa (2006), as ações antrópicas nos taludes geram transtornos que podem resultar na falta de estabilidade do mesmo, com execução de cortes indevidos, desmatamento, sobrecarga devido às construções, interferências de vazamento em tubulações entre outros, resultando nos movimentos de massa, em especial os escorregamentos.

Em muitos casos, a chuva (quando associada ou não às interferências antrópicas) pode ser indicada como a principal causa dos escorregamentos, sendo esse o tipo de movimento de massa a ocorrer com mais frequência. Entretanto, além destes, cita-se também as quedas de blocos e corridas, que geram prejuízos a quem vive nas chamadas áreas de risco.

Neste trabalho será realizado um estudo sobre escorregamentos em Angra dos Reis, considerando a relação da ocorrência na área analisada com a influência de água pluvial nesses processos.

1.1 Problema

O processo dinâmico eventualmente presente nas encostas contribui para a ocorrência de transtornos, recuperáveis ou não, para a região onde a mesma se encontra. Grande parte desses eventos é registrada em épocas de constantes

precipitações e, a partir disso busca-se estabelecer a relação entre esses dois parâmetros a fim de avaliar a interferência de um sobre o outro.

Devido às condições climáticas do Brasil, essas ocorrências estão presentes em todo o território, especialmente na região Sudeste, portanto, o estudo foi direcionado para o município de Angra dos Reis, localizado no sul do Estado do Rio de Janeiro, onde as movimentações do solo somam notáveis prejuízos para a localidade.

Sabendo que a chuva pode estar relacionada com o desenvolvimento dos escorregamentos, como avaliar a influência que a mesma tem sobre esses movimentos?

1.2 Justificativa

Aborda-se o tema sobre influência de águas pluviais na estabilidade de taludes, que remete as áreas de Engenharia Civil abrangendo a parte de mecânica dos solos e a partir de um estudo de caso possa-se analisar e entender melhor a correlação entre as chuvas e o que sua infiltração no solo pode causar.

Fendas superficiais no solo favorecem a infiltração de água e devido à percolação ocorrida durante período de chuva pode haver saturação na camada superficial do solo e com o preenchimento dos vazios em camadas mais profundas a água pode causar movimento de massa ocasionando em instabilidade no talude.

1.3 Hipótese

Os movimentos de massa são potencializados pela ação da água das chuvas, pois ela preenche os vazios do solo e gera a redução das forças de atrito, que são essenciais para manter os taludes estáveis.

A avaliação da influência das chuvas é feita através dos dados fornecidos por pluviômetros e o histórico das ocorrências dos movimentos de massa da região

analisada. Dessa forma, será feito um estudo da correlação dos acidentes com o aumento das chuvas.

1.4 Objetivo Geral

Avaliar a influência que a água das chuvas exerce sobre o comportamento dos taludes, contribuindo para a ocorrência dos escorregamentos.

1.4.1 Objetivos Específicos

Com base no objetivo principal, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os escorregamentos na região estudada e suas possíveis causas;
- Analisar a pluviometria do município no período de tempo determinado;
- Verificar métodos de análise de correlação entre pluviometria e escorregamentos existentes;
- Verificar a relação existente entre a ocorrência de movimentos de massa e a pluviosidade da região estudada.

1.5 Estrutura Metodológica

Para investigação do comportamento das encostas avaliando a relação entre movimentos de massa e presença de águas pluviais realizou-se a pesquisa descritiva, onde inicialmente fez-se necessária a pesquisa documental por meio dos relatórios da Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil de Angra dos Reis (SEPDC/AR), referentes à perícia e avaliação de riscos associados aos escorregamentos, juntamente com dados pluviométricos da plataforma do

CEMADEN, revisão bibliográfica de livros, artigos, teses, periódicos e trabalhos já existentes a respeito do tema e da localidade de estudo.

Com os resultados de todas as pesquisas em mãos, deve-se realizar a avaliação da relação existente entre a chuva e os escorregamentos selecionados, podendo assim determinar o quanto ela influencia em sua estabilidade.

1.6 Estrutura do Trabalho

Neste trabalho, o Capítulo 1 é dedicado à introdução, abordando-se, em geral, os objetivos, a relevância do tema, os segmentos metodológicos e o problema que motivou a pesquisa.

No Capítulo 2 apresenta-se o Referencial Teórico, com explicações a respeito do que são e como são formados os diferentes tipos de movimentos de massa, com atenção especial para os Escorregamentos, e algumas das características de formação dos elementos que os compõem, como solos e rochas. O capítulo contém ainda informações pertinentes ao estudo da relação que os escorregamentos têm com as precipitações, tratando desde as origens e instrumentos para medição pluviométrica até estudos internacionais e nacionais que correlacionam pluviometria x escorregamentos, com destaque especial para os estudos de d'Orsi (2011) e Tatizana *et al.* (1987), que foram utilizados no trabalho.

Em seguida, no Capítulo 3, mostra-se detalhadamente o Estudo de Caso realizado no trabalho com base nos estudos anteriormente citados, aplicados ao município de Angra dos Reis nos anos de 2016, 2017 e 2018, contendo ainda, no referido capítulo, a caracterização do município de acordo com os fins de interesse do presente trabalho.

O Capítulo 4 demonstra os diferentes resultados obtidos com a aplicação dos estudos além da adequação dos mesmos para a localidade.

Por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões mais relevantes e as sugestões propostas para trabalhos futuros nesta área de estudo.

Terminados os capítulos principais são expostas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Movimentos de Massa

Os materiais localizados nos topos das faces das vertentes tendem a resistir menos à ação da força da gravidade devido ao seu processo de formação. Essa força os transporta da parte alta para a parte baixa, como mostra a Figura 1. A esse processo denomina-se movimento gravitacional de massa.

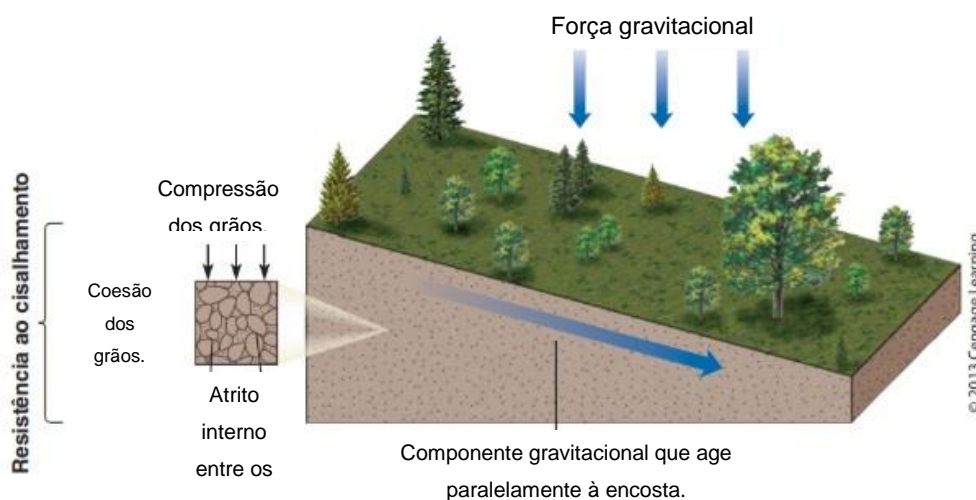


Figura 1 - Representação do movimento gravitacional de massa.
Fonte: Adaptado de Popp (2017).

Movimentos de massa relacionam-se a todos os tipos de deslocamento de materiais da crosta terrestre através de atuação da gravidade, independente de sua evolução, velocidade ou origem (POPP, 2017).

Em complemento à ação gravitacional existem também outras condições favoráveis (Guidicini e Nieble, 1976) ao desenvolvimento desses movimentos. Como disposto no Quadro 1, a ação da chuva nas encostas é um dos fatores que mais contribui, em conjunto com a gravidade, para a deflagração desses movimentos, estando ainda associada à inclinação dos taludes.

Quadro 1 - Principais agentes e causas dos escorregamentos.

AGENTES/CAUSAS DOS ESCORREGAMENTOS			
AGENTES	PREDISPONENTES	Complexo geológico. Morfológico e climático-hidroológico; calor solar, vegetação.	
	EFETIVOS	PREPARATÓRIOS	Pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação de temperatura, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação do nível de lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e humanas, inclusive desflorestamento.
		IMEDIATOS	Chuvas intensas, fusão de gelo e neves, erosão, terremotos, ondas, vento, ação do homem.
CAUSAS	INTERNAS	Efeito das oscilações térmicas; redução dos parâmetros de resistência por intemperismo.	
	EXTERNAS	Mudanças na geometria do sistema; efeitos de vibrações; mudanças naturais na inclinação das camadas.	
	INTERMEDIÁRIAS	Elevação do nível piezométrico em massas homogêneas; elevação da coluna d'água em descontinuidades; rebaixamento rápido do lençol freático; erosão subterrânea retrogressiva (<i>piping</i>); diminuição do efeito da coesão aparente.	

Fonte: Adaptado de Guidicini; Nieble *apud* Augusto Filho (1995).

Diversos estudos foram feitos ao longo dos anos para a identificação das diferentes classificações existentes de movimentos de massa. De acordo com Wicander e Monroe (2018) essa classificação é feita com base na velocidade do movimento, no tipo de movimento e tipo de material envolvido (Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação dos movimentos gravitacionais de massa e suas características.

TIPO DE MOVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	VELOCIDADE
Quedas	Queda de blocos	Rochas de qualquer tamanho caem em queda livre de falésias íngremes, cânions e cortes de estradas.	Extremamente rápida
Escorregamentos	Escorregamento rotacional	O movimento ocorre ao longo de uma superfície de ruptura curva; A maioria geralmente envolve material desagregado ou fracamente consolidado	Extremamente lenta a moderada
	Escorregamento translacional	O movimento ocorre, geralmente, ao longo de superfícies planas	Rápida a muito rápida
Escoamentos	Fluxo de lama	Consiste em, pelo menos, 50% de partículas de argila e silte e até 30% de água	Muito rápida
	Fluxo de detritos	Contém partículas maiores e menos água que os fluxos de lama	Rápida a muito rápida
	Fluxo de terra	Massa espessa e viscosa de regolito hidratado, em formato de língua	Lenta a moderada
	<i>Quickdays</i>	Argila e silte saturadas com água; quando perturbadas por um choque repetino, perdem sua coesão e fluem como um líquido	Rápida a muito rápida
	Solifluxão	Sedimento de superfície saturado de água	Lenta
	Rastejo	Movimento de descida encosta abaixo de solo e rocha	Extremamente lenta
Movimentos complexos		Combinação de diferentes tipos de movimento	Lenta a extremamente rápida

Fonte: Adaptado de Wicander; Monroe (2018).

2.1.1 Rastejo

Segundo Popp (2017) o rastejo é um tipo de escoamento definido como o movimento de massa que apresenta a velocidade de ocorrência mais lenta (cm/ano), sendo amplamente mais distribuído, com geometria e superfície de ruptura indefinidos.

Devido à lentidão do processo, existe a dificuldade em identificar e controlar seu desenvolvimento. Sua manifestação é percebida apenas depois de algum tempo através de mudanças na paisagem como fraturas nos pavimentos e solo, distorção de postes, árvores, trincas em estruturas entre outros (Figura 2).



Figura 2 - Área afetada por rastejo.

Fonte: Proin/Capes; Unesp/IGCE (1999) *apud* Reis (2001).

Esse tipo de movimento ocorre, geralmente, em depósito de tálus e colúvios e vem a ser um indiciador da ocorrência de escorregamentos em taludes.

2.1.2 Corridas de Massa

O movimento de nome corrida de massa, também conhecido como corrida de detritos ou de blocos é um movimento de velocidade rápida e de alta energia, onde o solo e a camada solta de material sobre o mesmo possuem uma superfície impermeável, que é responsável pela saturação de água no solo solto causando a movimentação na superfície da encosta, como mostrado na Figura 3 (GERSCOVICH, 2016).



Figura 3 - Corrida de massa em Timbó, SC.
Fonte: J.J. Aumond (2008).

2.1.3 Queda

São movimentos de blocos que ocorrem em alta velocidade (m/s), com movimentos em plano inclinado ou queda livre, e sem planos de deslocamento. O movimento contém materiais rochosos com variação de pequenos a médios volumes. Sua geometria varia entre lascas, placas e blocos, como pode ser visualizado na Figura 4 (GERSCOVICH, 2016).

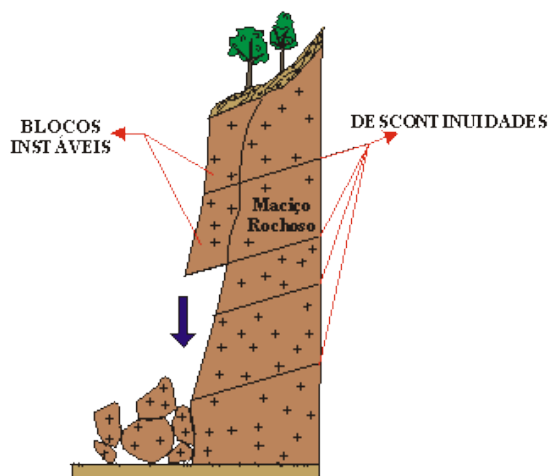


Figura 4 - Representação de uma queda de blocos.
Fonte: Reis (2001).

2.2 Escorregamentos

Segundo Guidicini e Nieble (2000) o escorregamento é um tipo de movimento de massa de curta duração e alta velocidade, que possui um plano de ruptura bem definido. Esse é movimento com os maiores registros de ocorrência no Brasil, uma vez que o solo e o clima do país atuam como agentes facilitadores de diferentes tipos de escorregamento.

Os escorregamentos têm relação direta com a redução da resistência média a forças de cisalhamento do solo, essa redução ocorre de forma progressiva até o momento em que a razão entre a resistência do solo e as forças atuantes nesse talude se igualem a 01, dando início a movimentação do solo (GUIDICINI e NIEBLE, 2000).

São diversos fatores que influenciam no desbalanceamento das forças internas atuantes nos taludes, sendo que a água proveniente das chuvas, a inclinação das encostas e os tipos de solo são destacados como os principais ocasionadores desse desequilíbrio.

Terzarghi (1950, *apud* Marangon 2017) classificou esses fatores em três grupos:

- Fatores externos: inclinação elevada, material depositado na crista do talude.
- Fatores internos: aumento da pressão causado pela água infiltrada no solo, redução da coesão.
- Fatores intermediários: rebaixo do nível d'água, erosão interna.

Os taludes que possuem angulação elevada contribuem para a ocorrência da maioria dos movimentos de massa, uma vez que ângulos superiores a 30° estão sujeitos a maior ação das forças gravitacionais (Fernandez e Amaral, 1996 *apud* Silva, 2011). Quando esta declividade ultrapassa os 60° o número de acidentes reduz, visto que inclinações muito acentuadas dificultam a capacidade de formação do solo em encostas.

A partir da análise de como ocorre o movimento, os escorregamentos podem se manifestar de diferentes modos. Neste trabalho serão abordados especificamente as manifestações mais comuns na região de estudo, que são os escorregamentos rotacionais e os translacionais.

2.2.1 Escorregamentos Rotacionais

Escorregamentos rotacionais são movimentos que ocorrem em taludes com angulação elevada e com extensão predominantemente limitada, esse solo deslocado possui formato curvo com rotação no centro do arco dessa ruptura (Krynine e Judd, *apud* Guidicini e Nieble). A Figura 5 representa os escorregamentos rotacionais, e indica a denominação utilizada para definir os principais pontos desse movimento.

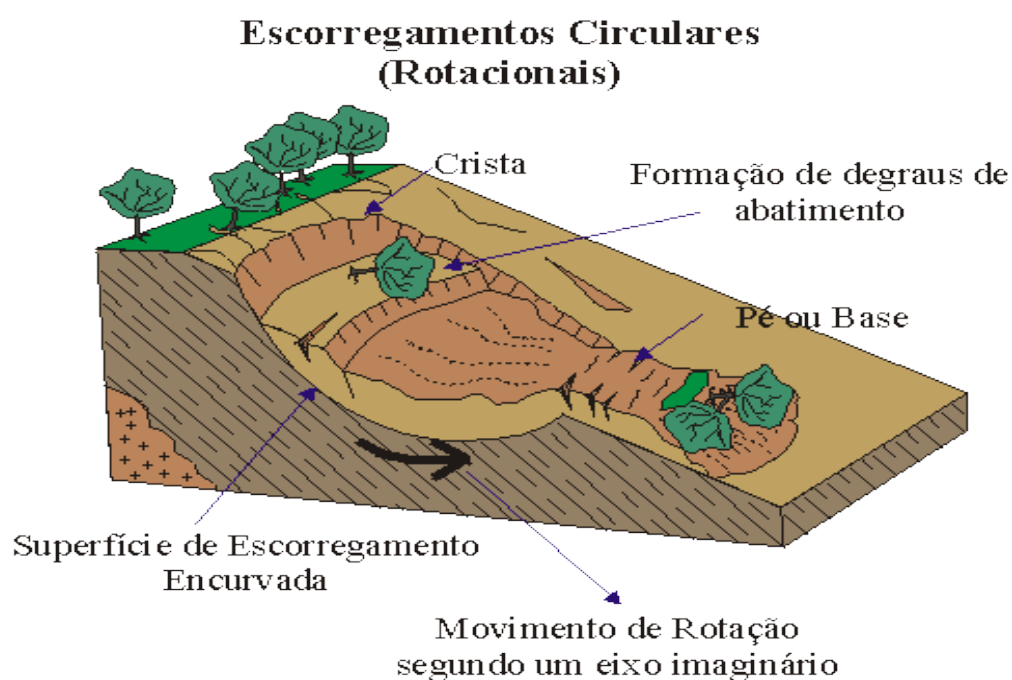


Figura 5 - Exemplo de escorregamento circular.
Fonte: Infanti Junior; Fornasari Filho (1998), *apud* Cardoso (2017).

Esse movimento ocorre com maior frequência em solos com características semelhantes, sendo comum que uma boa parte das ocorrências sejam relatadas em aterros, já que uma grande parcela do solo de aterro é homogênea.

2.2.2 Escorregamentos Translacionais

Os escorregamentos translacionais ocorrem em falhas presentes na estrutura do solo, desse modo o movimento pode ser verificado em taludes com menores angulações (GUIDICINI e NIEBLE, 2000).

Esse movimento pode ser inicialmente lento com velocidade de 1,5 metros por mês e em locais com maior ação de forças externas e/ou declividade acentuada a velocidade pode ser de moderada a extremamente rápida, sendo esta de 3 metros por segundo (VARNES, 1978, *apud* MELO NETO, 2005).

Nos escorregamentos planares ocorre a movimentação de solos rasos (Figura 6), tendo em vista que a sua profundidade média é de 0,5m a 5m (Fernandes e Amaral, 1996 *apud* Montandon, 2017), esse movimento ocorre em grandes extensões de taludes.

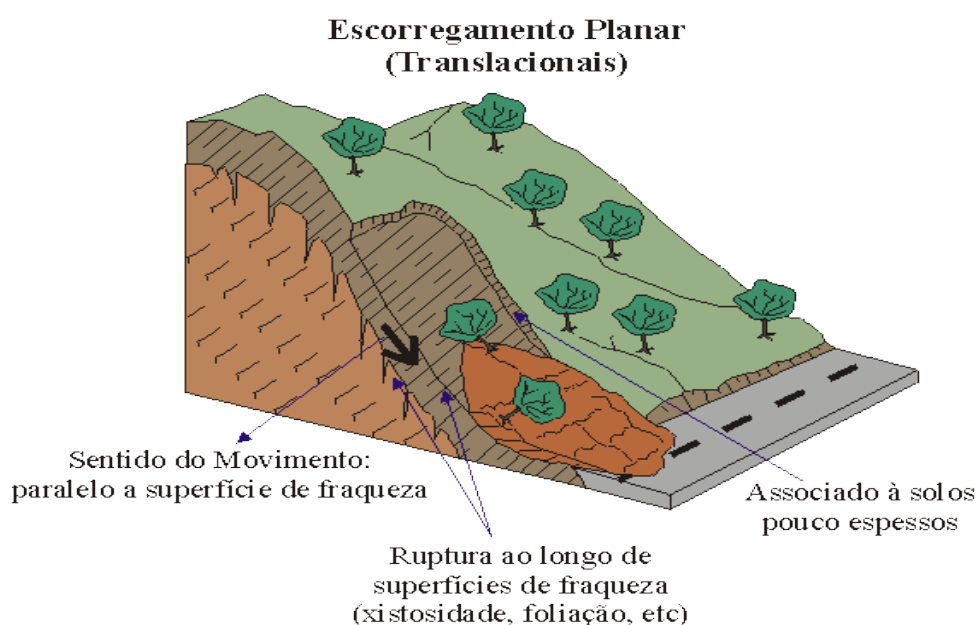


Figura 6 - Exemplo de escorregamento planar.

Fonte: Infanti Junior; Fornasari Filho (1998), *apud* Cardoso (2017).

2.2.3 Influência da Água da Chuva nos Escorregamentos

A chuva pode ser considerada a principal causa de ocorrência dos movimentos de massa por contribuir diretamente na instabilização de encostas devido ao aumento de pressão de água no solo. Ao se infiltrar no talude, a água preenche os vazios diminuindo a força de contato entre as partículas do solo, reduzindo assim a tensão existente e a resistência ao cisalhamento da encosta.

Baseado em observações, relatos e registros de movimentos de massa, que ocorrem em sua maioria em áreas de alta inclinação, de que a quantidade de movimentos de massa sofre crescimento significativo quando se vivencia períodos de chuva.

Os escorregamentos podem ser causados por grandes variações de pressão da água infiltrada nos períodos de alta pluviosidade, pois a ação continua a ocorrer mesmo que a chuva tenha cessado por isso o escorregamento pode ocorrer sem que haja chuva no momento em que o talude rompeu.

Segundo Gerscovich (2012), em áreas urbanas os movimentos de massa podem causar sérios danos à sociedade, sejam eles materiais ou humanos. Há a necessidade de estabelecer algum critério de identificação dos limiares de chuva para as regiões afetadas pelos movimentos, a fim de mitigar os prejuízos.

Com isso alguns sistemas de alerta foram implantados em áreas de encostas que apresentam riscos de escorregamentos como forma de proteção para a população que habita a área. Tais sistemas contam com instrumentos (como pluviômetro, radar, satélite, pluviógrafo entre outros) que fornecem em tempo real informações sobre a intensidade da chuva que está caindo sobre a superfície do terreno.

2.3 Rochas

Para entender a dinâmica de movimentação de massa e como os fatores externos podem interferir nesse processo, é importante compreender o comportamento dos materiais envolvidos nele e sua formação.

A crosta terrestre é amplamente formada por rochas que, segundo Maciel Filho e Nummer (2011), são materiais maciços e naturais, provenientes de um ou mais tipos de rochas ou minerais. As rochas podem variar em função da cor, da textura, do tamanho e dos tipos de minerais que as compõem e, entender essas características e sua origem geológica, auxilia na resolução de problemas ambientais, geotécnicos e de Engenharia.

A análise das rochas baseia-se em diferentes parâmetros. Neste trabalho abordaremos os de maior influência nos casos que serão estudados, abrangendo sua classificação conforme aspectos de formação e deformações.

As rochas se dividem em três segmentos diferentes no que tange à sua formação: rochas ígneas (também chamadas magmáticas), rochas metamórficas e sedimentares, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - Descrição dos tipos principais de rochas.

TIPOS DE ROCHAS	DESCRIÇÃO
Ígneas (Magmaicas)	Originadas da cristalização do magma devido ao seu resfriamento; Distinguem-se em: intrusivas e extrusivas.
Rochas Metamórficas	Rochas metamórficas resultam do aumento da pressão, da temperatura e da ação de soluções químicas nas profundidades onde se encontram outras rochas.
Rochas Sedimentares	Rochas formadas a partir da fragmentação de outras rochas; Sobre as rochas sedimentares é que ocorre o desenvolvimento do solo.

Fonte: Adaptado de Grotzinger; Jordan (2013); Maciel Filho; Nummer (2011).

2.3.1 Deformações nas Rochas

Toda rocha possui deformações devido à exposição às intempéries, ações mecânicas, movimentação da crosta terrestre ou até mesmo pelo seu processo de formação.

Entre as deformações das rochas, destacam-se neste trabalho as dispostas no Quadro 4.

Quadro 4 - Principais tipos de deformações em rochas.

TIPO DE DEFORMAÇÃO	DESCRIÇÃO
Dobras	São ondulações côncavas ou convexas em rochas originalmente planas; As estruturas das dobras dividem-se em conformidade com os processos de movimentação da crosta terrestre e movimentos localizados com interferência da gravidade.
Falhas	São descontinuidades entre blocos de rochas que se movimentam relativamente entre si; Sua extensão varia em função de sua mineralogia.
Fraturas	São um tipo de deformação por ruptura na qual confere às mesmas um enfraquecimento estrutural devido às descontinuidades geradas, tendo como característica um aspecto de camada cortada.

Fonte: Adaptado de Marangon (2006).

2.4 Solos

O estudo dos solos varia de acordo com a área que o está analisando. Dentro do ramo da Engenharia Civil é importante diferenciar os solos das rochas, principalmente devido à importância em conhecer suas características para fins de utilização.

Para este estudo pode-se caracterizar o solo segundo Popp (2017), que o define como “um material mineral e/ou orgânico inconsolidado, poroso, finamente granuloso, com natureza e propriedades particulares”. As características de um solo são atribuídas, principalmente, ao meio ao qual está exposto e à sua origem.

Os solos podem ser classificados quanto à sua formação (origem), quanto à pedologia, geotecnia entre outras diversas características que esse material

apresenta. Para este estudo será utilizada a classificação dos solos quanto à sua formação, que varia entre solos residuais, transportados e sedimentares.

2.4.1 Solos Residuais

Segundo Salomão e Antunes (1998) os solos residuais são formados pela ação do intemperismo físico ou químico, ou uma combinação de ambos de modo que o material gerado permaneça *in situ*.

A espessura e composição do solo variam de acordo com a localidade em que o mesmo se encontra, além do clima, tempo e rocha de origem também interferirem em sua estrutura.

O perfil do solo residual é dividido conforme o grau de composição da rocha são, formando assim a rocha alterada, o solo residual jovem e o solo residual maduro.

A camada representada pela letra "A", conforme mostra a Figura 7, mostra o solo residual maduro, que não apresenta qualquer ligação com a rocha da qual foi originado. Abaixo desta, a camada de letra "B" representa o solo residual jovem, que ainda apresenta a estrutura da rocha-matriz.

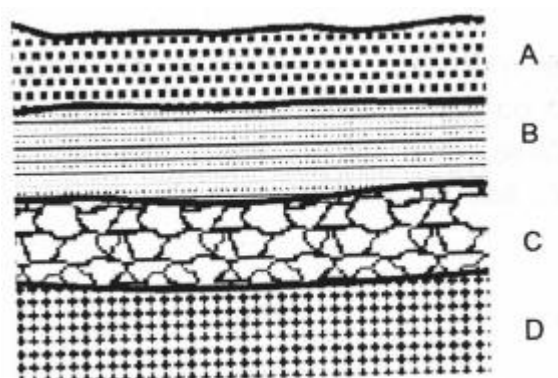


Figura 7 - Perfil representativo de solo residual.
Fonte: Adaptado de DNER (1996).

A rocha alterada (camada C), embora tenha resistência inferior à da rocha de origem, ainda se comporta como rocha e, a rocha sã (camada D) é a rocha que permanece ainda inalterada (DNER, 1996).

2.4.2 Solos Transportados

Após o processo de formação dos solos esses podem ser transportados por ações geológicas como a água (aluviões), pelo vento (solos eólicos) ou pela gravidade (solo coluvionar). Como o nome do processo que os caracteriza sugere, são denominados solos transportados (MACIEL FILHO E NUMMER, 2011).

2.4.3 Solos Sedimentares

Os solos sedimentares são produtos do transporte de outros tipos de solos que serão depositados em locais diferentes de onde foram formados, estando ainda não consolidados (Maciel Filho e Nummer, 2011). A esses solos pode-se classificar em depósitos de colúvios ou de tálus.

Os colúvios são depósitos originados pela ação da gravidade e também das águas pluviais. São compostos predominantemente por materiais de baixa resistência ao cisalhamento, podendo apresentar movimentos lentos como o rastejo, entretanto, interferências antrópicas como cortes em sua base ou aterros podem gerar movimentos mais rápidos, como os escorregamentos (MACIEL FILHO E NUMMER, 2011).

Os tálus, por sua vez, ocorrem restritamente na base de encostas mais íngremes (Figura 8) através do transporte de materiais. Salomão e Antunes (1998) definem que essas formações são resultado da ação da água e, principalmente, da gravidade, “compostos predominantemente por blocos de rocha de variados tamanhos, em geral, arredondados, envolvidos ou não por matriz areno-silto-argilosa, frequentemente saturada”.

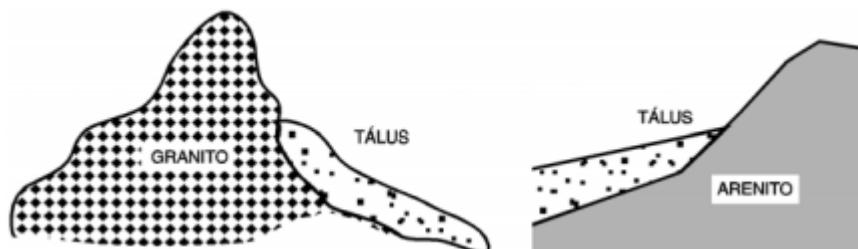


Figura 8 - Esquemática dos depósitos de tálus.
Fonte: Adaptado de DNER (1996).

2.5 Chuvas

De acordo com Santos (2002) as chuvas integram uma das formas de ocorrência da precipitação, que se manifesta sob a forma líquida e constitui a interação da atmosfera com a água do solo, sendo o componente mais importante do ciclo hidrológico (Figura 9).

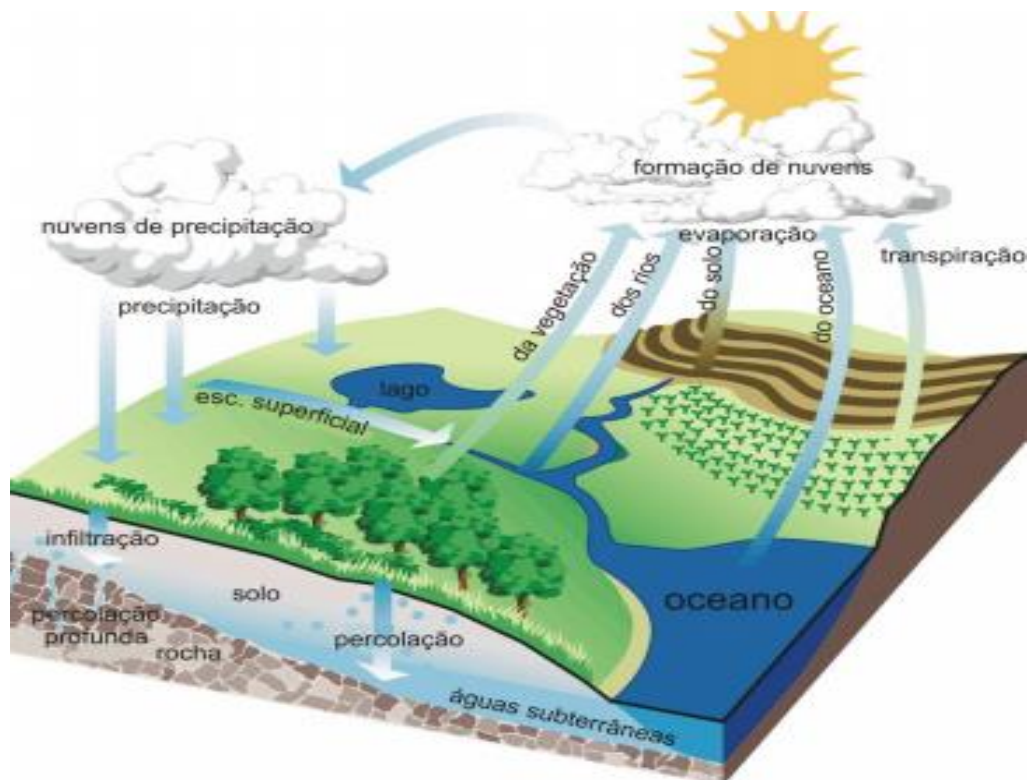


Figura 9 - Esquemática das etapas que compõem o ciclo hidrológico.
Fonte: Epa, 1998 *apud* Paz, 2014.

Segundo Zanella (2015) o processo de formação da chuva ocorre “quando o vapor d’água da atmosfera se condensa, produzindo pequenas gotas que precipitam em direção à terra”.

Fatores como a vegetação, altitude, latitude, orientação das encostas e distância do mar ou de outras fontes de água influenciam na distribuição geográfica das precipitações (SANTOS, 2002).

A respeito de sua gênese, as chuvas podem ser classificadas em três tipos diferentes: frontal, orográfica e conectiva.

2.5.1 Chuva Frontal

Segundo Galvani (2018), a chuva frontal, também denominada chuva ciclônica, é originada pelo encontro entre massas de ar frio e ar quente, como mostra a Figura 10.

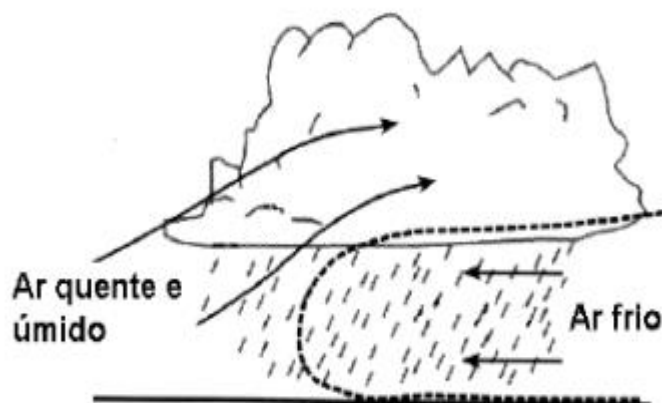


Figura 10 - Representação da formação da chuva frontal.
Fonte: Andrade, 2014.

Como principais características, a chuva frontal apresenta distribuição generalizada na região em que se forma, sendo predominante nas regiões subtropicais e temperadas, especialmente durante o inverno, além de apresentar

intensidade de fraca a moderada e duração prolongada, podendo atingir o mesmo local por vários dias seguidos (ANDRADE, 2014; GALVANI, 2018).

2.5.2 Chuva Orográfica

Também denominada “chuva de relevo”, a manifestação da chuva orográfica, no Brasil, ocorre principalmente ao longo da Serra do Mar (ANDRADE, 2014).

Segundo Galvani (2018), as chuvas orográficas ocorrem por influência de grandes obstáculos de relevo, o que impede a passagem dos ventos que sopram do mar, forçando a elevação do ar úmido de modo a ocasionar o resfriamento adiabático e a chuva na face a barlavento (Figura 11). Devido à interferência do relevo, na face a sotavento ocorre a ausência das chuvas.



Figura 11 - Representação da chuva orográfica.
Fonte: Andrade, 2014.

2.5.3 Chuva Convectiva

As chuvas denominadas convectivas são formadas a partir do aquecimento de massas de ar que encontram-se em contato com a superfície dos continentes e oceanos, conforme mostra a Figura 12 (ANDRADE, 2014).



Figura 12 - Representação da formação da chuva convectiva.
Fonte: Andrade, 2014.

Esse tipo de chuva pode apresentar um grande problema para áreas urbanas devido a sua distribuição localizada e intensidade de moderada a forte, embora tenha uma duração característica de curta a média (GALVANI, 2018).

2.6 Meteorologia

Os fenômenos de interação entre a atmosfera e a superfície terrestre são estudados pelo ramo da ciência física, denominado Meteorologia. Dentre essas interações destacam-se a radiação, temperatura, umidade e pressão. Segundo Mendonça (2016), a Meteorologia foi usada primeiramente pelos gregos (século VI A.C.), quando esse estudo ainda permanecia em um mesmo ramo do conhecimento que a Climatologia. Embora estejam em campos distintos da ciência atual, esses dois ramos permanecem estritamente ligados devido à dependência existente entre os mesmos.

Sua utilização está ligada às atividades de transporte aeroviário, atividades do campo como plantio e colheita e, principalmente, relaciona-se diretamente com métodos de previsão do tempo. Com os dados fornecidos por essa ciência é possível prever possíveis desastres ambientais, de modo a mitigar suas consequências.

Neste trabalho o processo estudado estará diretamente relacionado com a ocorrência das precipitações (manifestadas como chuvas), enfatizando os métodos utilizados para a coleta de dados pluviométricos.

2.6.1 Pluviometria

É a parte da hidrologia que trata dos processos pelo qual se pode medir ou avaliar valores que representem o tamanho de um evento de precipitação em uma região ou uma bacia hidrográfica. Seu conhecimento é importante na determinação das vazões superficiais e conseqüentemente para a sua disponibilidade para gerenciamento de um recurso hídrico (SALGUEIRO, 2005).

Seus valores são aferidos de várias formas e por vários equipamentos diferentes instalados em pontos estratégicos de acordo com recomendações técnicas de modo a que as precipitações acumuladas possam ser mensuradas.

Os equipamentos podem ser utilizados de maneira manual, mecânica automática ou eletrônica.

As informações coletadas nas estações pluviométricas podem chegar com erros e por isso é necessária a depuração desses erros e preenchimento das falhas. Apenas depois de realizada essa etapa é possível que os dados sejam disponibilizados para uso.

Esses dados são fundamentais para estudo de gestão de recursos hídricos, sendo um deles a previsão do tempo.

2.6.2 Instrumentos de Medição

São equipamentos, como os descritos no Quadro 5, que auxiliam no levantamento de dados meteorológicos, como medição da pressão atmosférica, da temperatura e umidade relativa do ar.

Quadro 5 - Instrumentos de medição (continua na próxima página).

Anemógrafo	Registra de forma continua a direção (em graus) e a velocidade instantânea do vento (em m/s), a distância total (em km) percorrida pelo vento com relação ao instrumento e as rajadas (em m/s).
Anemômetro	Mede a velocidade do vento (em m/s) e, em alguns tipos, também a direção (em graus).
Barógrafo	Registra continuamente a pressão atmosférica em milímetros de mercúrio (mm Hg) ou em milibares (mb).
Barômetro de Mercúrio	Mede a pressão atmosférica em coluna de milímetros de mercúrio (mm Hg) e em hectopascal (hPa).
Evaporímetro de Piche	Mede a evaporação - em mililitro (ml) ou em milímetros de água evaporada - a partir de uma superfície porosa, mantida permanentemente umedecida por água.
Heliógrafo	Registra a insolação ou a duração do brilho solar, em horas e décimos.
Higrógrafo	Registra a umidade do ar, em valores relativos, expressos em porcentagem (%).
Microbarógrafo	Registra continuamente a pressão atmosférica - em milímetros de mercúrio (mm Hg) ou em hectopascal (hPa), numa escala maior que a do Barógrafo, registrando as menores variações de pressão, o que lhe confere maior precisão.
Piranógrafo	Registra continuamente as variações da intensidade da radiação solar global, em $\text{cal.cm}^{-2}.\text{mm}^{-1}$.
Piranômetro	Mede a radiação solar global ou difusa, em $\text{cal.cm}^{-2}.\text{mm}^{-1}$.
Pluviógrafo	Registra a quantidade de precipitação pluvial (chuva), em milímetros (mm).
Pluviômetro	Mede a quantidade de precipitação pluvial (chuva), em milímetros (mm).
Satélites	Estima a quantidade da precipitação a partir de imagens obtidas por sensores instalados em satélites
Psicrômetro	Mede a umidade relativa do ar - de modo indireto - em porcentagem (%). Compõe-se de dois termômetros idênticos, um denominado termômetro de bulbo seco, e outro com o bulbo envolvido em gaze ou cadarço de algodão mantido constantemente molhado, denominado termômetro de bulbo úmido.
Tanque Evaporimétrico Classe A	Mede a evaporação - em milímetros (mm) - numa superfície livre de água.
Termógrafo	Registra a temperatura do ar, em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
Termohigrógrafo	Registra, simultaneamente, a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e a umidade relativa do ar (%).
Termômetros de Máxima e Mínima	Indicam as temperaturas máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), ocorridas no dia.

Termômetros de Solo	Indicam as temperaturas do solo, a diversas profundidades, em graus Celsius (°C).
----------------------------	---

Fonte: Adaptado de INMET, s.d.; ANDRADE, 2014.

Um conjunto desses instrumentos em um mesmo local é chamado de estação meteorológica. E o conjunto da mesma, é denominado rede de estações meteorológicas.

2.6.3 Pluviômetros

Os pluviômetros são instrumentos utilizados na coleta e medição das chuvas. A quantidade de água captada é mostrada em mm(milímetros). Uma chuva de 1 mm/m (milímetro por minuto), é equivalente a 1 l/m (litro por minuto) de água em uma área de 1m² (CEMADEN, 2014).

O CEMADEN criou o projeto Pluviômetros Automáticos (Figura 13) que tem por finalidade ampliar e complementar a rede de monitoramento pluviométrico no Brasil, auxiliando a emitir alertas de desastres (CEMADEN, 2014).



Figura 13 - Pluviômetro Automático.
Fonte: CEMADEN (2015).

A característica principal do pluviômetro da rede criada pelo CEMADEN tem como propósito medir a quantidade das chuvas e se sua intensidade influencia no desencadear de deslizamentos de terra, inundações e enxurradas (CEMADEN, 2014).

Segundo o CEMADEN, 2014 os dados desta rede são relevantes para o acompanhamento das chuvas, em tempo real pelos profissionais da Sala de Situação do Centro que, junto com outras informações, auxiliam na análise de cenários de risco de desastres naturais e, conseqüentemente, na decisão pela emissão de diferentes níveis de alerta. Além disso, os dados também são relevantes como variáveis de entrada em modelos hidrológicos e geodinâmicos utilizados para a previsão de vazão, nível do rio e fator de segurança para estabilidade de encostas, estes são essenciais para a análise de risco de inundações, enxurradas e deslizamentos de terra.

2.6.4 Radar Meteorológico

No radar meteorológico são empregadas ondas eletromagnéticas de alta energia para se alcançar grandes distâncias. Essas ondas eletromagnéticas ao passarem por uma nuvem causam em cada gota uma ressonância na frequência da onda incidente, de modo que cada gota produz ondas eletromagnéticas, irradiando em todas as direções. Parte desta energia gerada pelo volume total de gotas iluminado pelo feixe de onda do radar volta ao prato do radar e sabendo-se o momento em que o feixe de onda foi emitido pelo radar e quanto tempo depois o sinal retornou, determina-se a distância do alvo ao radar. A intensidade do sinal de retorno está ligada ao tamanho e distribuição das gotas no volume iluminado pelo radar. Além disso, sabe-se qual é a elevação da antena e o azimute correspondente. Deste modo, pode-se determinar com precisão a região do espaço onde está chovendo (SAISP, s.d.).

Apenas há fenômeno de refletividade que é o retorno dos alvos no radar meteorológico, pois o mesmo não mede diretamente a chuva. Temos a relação ZR, que por definição é a relação física com o espectro de gotas ligada à refletividade do radar e a taxa de precipitação. Para a maioria dos radares o limite inferior da taxa utilizada é de 1 mm/h, a uma distância de 190 km (SAISP, s.d.).

Radares modernos possuem um software para tratar o volume de dados gerados e ele permite obter em tempo real o mapa de chuva a um nível de altura constante. Por ser um equipamento muito sensível e suscetível a ser descalibrado por vários fatores, a quantidade de dados proveniente do radar (Figura 14) é verificada minuciosa e constantemente (SAISP, s.d.).



Figura 14 - Radar Meteorológico.
Fonte: CEMADEN (2016).

2.7 Estudos da Correlação Pluviometria x Escorregamentos

Estudos que envolvem a influência das chuvas nos movimentos de massa datam desde o século passado o interesse de pesquisadores a nível nacional e internacional pela busca de modelos que estabeleçam a melhor relação entre a pluviosidade e as ocorrências de movimentos de massa.

Segundo Guidicini e Nieble (2000), diferentes autores pesquisaram sobre a correlação das ocorrências de escorregamento e o aumento das chuvas, mas os valores que foram encontrados de acúmulo pluviométrico em cada estudo sofreram grande variação, visto que cada região estudada possui características próprias de vegetação, inclinação de talude e granulometria do solo, tornando difícil estabelecer um valor que seja adotado como limite para verificação do início dos movimentos.

Os modelos que relacionam os dois parâmetros de estudo são baseados, em geral, nos acumulados de chuva que variam de 02 a 30 dias e, em muitos casos, considera-se também a chuva horária e a chuva nas últimas 24h registradas antes do acidente, a fim de estabelecer qual intervalo age como deflagrador para o rompimento dos taludes, utilizando a medição da precipitação em mm, ou seja, analisa-se a duração e a intensidade pluviométrica do local (D'ORSI, 2011).

De acordo com Soares e Ramos Filho (2014), diversos estudos na comunidade internacional foram realizados por pesquisadores como Lumb (1975), Endo (1970), Zêrere (2003), Kay e Chen (1995), Campbel (1975) entre outros. Parte dos resultados e de análises de outros autores pode ser conferida na Tabela 1.

Tabela 1 - Síntese de alguns estudos internacionais de correlação pluviosidade x escorregamentos.

AUTOR	LOCAL	CARACTERÍSTICA ASSOCIADA A ESCORREGAMENTO
Campbel (1975)	Los Angeles, E.U.A.	Limite de 262 mm por evento chuvoso.
Lumb (1975)	Hong Kong	Correlação: mm/24h x mm/15 dias Evento Severo: mm/24h \geq 100 e mm/15 dias \geq 200
Govi (1976)	Bacino Padano, Itália	Limite de 100 mm/3 dias.
Nielsen <i>et al.</i> (1976)	Alameda Country, Ca., E.U.A.	Limite de 180 mm por evento chuvoso.
Finaly <i>et al.</i> (1996)	Hong Kong	Boa relação com chuva de 1 a 12 horas anteriores; Limites de 8 a 17 mm /hora
Zererê (2003)	Lisboa, Portugal	Limite de 220 mm/15 dias para escorregamentos de pequeno porte/ traslacionais rasos; Limite de 130 mm/dia para escorregamentos múltiplos traslacionais; Limite de 459 mm/40 dias a 690 mm/75 dias (chuvas prolongadas) para movimentos de massa profundos.

Fonte: Adaptado de Chaves (2016); Ide (2005).

No Brasil, os estudos relacionados a esse campo podem ser destacados por alguns dos mais notáveis trabalhos dessa área como citados por Soares e Ramos Filho (2014): Guidicini e Iwasa (1977), Tatizana *et al.* (1987), Xavier (1996), Alheiros (2003), Vieira (2004), Ide (2005) e Castro (2006).

Boa parte dos trabalhos do Brasil está voltada para a região do Estado do Rio de Janeiro, que é alvo constante dos transtornos causados pelos movimentos de massa em períodos chuvosos. Alguns deles, citados por Oliveira (2014), são os modelos propostos por Silva *et al.* (2010), Pedrosa (1994), Almeida *et al.* (1993), Soares (2006) e d'Orsi (2011) que será discutido detalhadamente neste trabalho.

A Tabela 2 sintetiza alguns dos métodos utilizados no Brasil.

Tabela 2 - Estudos nacionais de correlação chuvas x escorregamentos.

AUTOR	LOCAL	CARACTERÍSTICA ASSOCIADA A ESCORREGAMENTO
Guidicini e Iwasa (1976)	Região Sudeste do Brasil e Ceará	Limite de 8 a 17% de pluviosidade anual. Com 20% da pluviosidade anual, desenvolvem-se fenômenos catastróficos.
Tatizana <i>et al.</i> (1987a e 1987 b)	Serra do Mar, SP	$I(Ac) = KAc^{0,933}$ Onde, $I(Ac)$ = intensidade diária de chuva, Ac = o acumulado de chuva durante 4 dias antes do evento. O fator K é dependente do evento e assume valores iguais a $K = 2603$ para escorregamentos induzidos, $K=3579$ para escorregamentos esparsos, $K = 5466$ para escorregamentos generalizados e $K= 10646$ para corridas.
Xavier (1996)	Belo Horizonte, MG	Limite de 30 mm/24 horas e 50 mm em 48 horas
Ide (2005)	Campinas, SP	Possuem maior susceptibilidade a escorregamentos a partir de 78mm/7dias. Para as áreas sedimentares as relações não foram satisfatórias.
Castro (2006)	Ouro Preto, MG	Chuvas acumuladas de cinco dias são as que mais influenciam na instabilização de encostas. Precipitações de 22mm/5 dias podem desencadear eventos. Acima de 128mm/5dias há maior probabilidade de escorregamentos severos.

Fonte: Adaptado de Martins (2014); Chaves (2016).

Os resultados das análises são dispostos em gráficos que permitem melhor visualização da influência que os índices combinados exercem sobre os escorregamentos.

2.7.1 A Proposta de d'Orsi (2011)

Entre os diferentes trabalhos apresentados, estende-se o modelo proposto por d'Orsi (2011), que será aplicado neste estudo.

A análise de d'Orsi envolveu a relação entre os índices pluviométricos e os escorregamentos ocorridos em um trecho da Serra Rio - Teresópolis, entre o km 86 e o km 104 da Rodovia Federal BR-116, aplicados a acidentes geológico-geotécnicos registrados durante 30 anos (MARTINS, 2014).

O autor verificou variadas combinações possíveis para acumulados de 1h, 12h, 24h, 48h, 72h e 96h, a partir dos dados pluviométricos encontrados, de acordo com Chaves (2016). Essas combinações, dispostas na Tabela 3, resultaram na intensidade pluviométrica para os acumulados a 1 hora (mm/h).

Tabela 3 - Correlações entre as acumuladas pluviométricas.

Pluviometria Acumulada	mm/1h	mm/12h	mm/24h	mm/48h	mm/72h	mm/96h
mm/1h	-	1h x 12h	1h x 24h	1h x 48h	1h x 72h	1h x 96h
mm/12h	-	-	12h x 24h	12h x 48h	12h x 72h	12h x 96h
mm/24h	-	-	-	24h x 48h	24h x 72h	24h x 96h
mm/48h	-	-	-	-	48h x 72h	48h x 96h
mm/72h	-	-	-	-	-	72h x 96h
mm/96h	-	-	-	-	-	-

Fonte: d'Orsi (2011).

Segundo Oliveira (2014) e Chaves (2016), a combinação da acumulada diária (mm/24h) com a intensidade pluviométrica horária (mm/h) resultou em melhor índice de limiar pluviométrico crítico, tornando possível o estabelecimento das zonas

propícias a escorregamentos. No estudo de d'Orsi (2011) o autor ainda menciona a fórmula utilizada para estabelecer a intensidade horária, baseada na proposta de Tatizana *et al.* (1987), mostrada conforme a equação (1):

$$I_{\left(\frac{mm}{h}\right)} = 620,7^{\frac{-0,71}{\left(\frac{mm}{h}\right)}} \quad (1)$$

Para d'Orsi (2011), a chuva acumulada em certo período é o total de precipitações dos eventos, sendo estes ainda classificados segundo o grau de importância (Simples, Importante e Muito Importante) para a área de interesse. O autor analisou que as correlações não resultaram em boas condições nos eventos considerados simples que, segundo o mesmo, apresentaram significativa variabilidade de valores de acumuladas diárias e valores muito inferiores aos estabelecidos de intensidade horária.

D'Orsi (2011) define os Eventos Pluviométricos relacionando-os com os horários e as datas de início e fim da precipitação.

Para sua correlação foram estabelecidos parâmetros para caracterização do Evento Pluviométrico (sem registro de escorregamentos) devido à utilização de dados de mais de duas estações, fornecidos a cada 1 hora, o que poderia resultar no registro de um número superior de eventos. A Tabela 4 mostra a definição dos eventos considerando os valores pré-determinados para seu início e fim, em conjunto com a intensidade de chuva acumulada (D'ORSI, 2011; CHAVES, 2016).

Tabela 4 - Valores característicos para definição de evento pluviométrico com base na intensidade de precipitação acumulada, segundo d'Orsi.

EVENTO (DATA/HORA)	INTENSIDADE DE CHUVA ACUMULADA	VALOR
Início	1 hora	≥ 20 mm
Fim	4 horas	≤ 5 mm

Fonte: Chaves (2016).

Tratando-se ainda dos eventos sem registros de escorregamentos, o autor utilizou os valores máximos do evento pluviométrico, originando informações pertinentes ao acumulado pluviométrico no evento em geral e à intensidade pluviométrica (D'ORSI, 2011).

Chaves (2016) afirma que o auge da intensidade pluviométrica, representado pela máxima horária, pode ser verificado em qualquer hora durante o evento (Figura 15), enquanto o ponto extremo do máximo acumulado pluviométrico, ocorre no fim do evento pluviométrico (Figura 16).

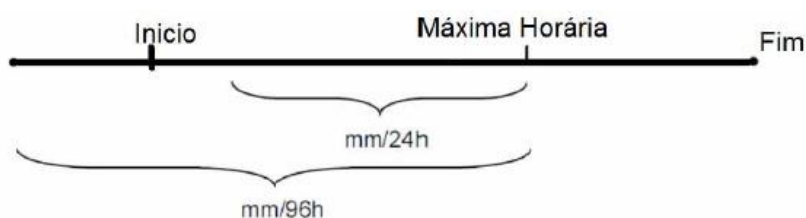


Figura 15 - Representação do pico da intensidade pluviométrica.

Fonte: Chaves (2016).

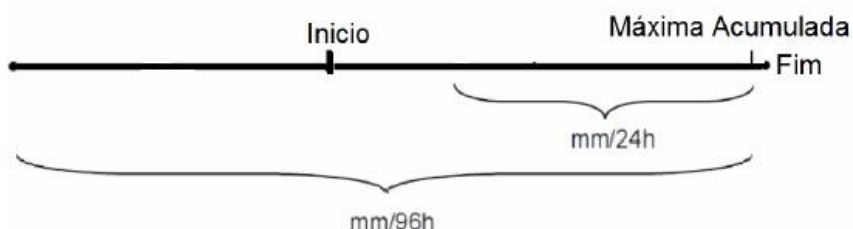


Figura 16 - Representação do pico do acumulado pluviométrico.

Fonte: Chaves (2016).

Para a montagem dos modelos gráficos, d'Orsi (2011) utilizou o programa M. Office Excel, onde primeiramente os dados foram setorizados em: eventos pluviométricos com e sem ocorrência, além de ocorrências circunstâncias, isto é, as que não estão diretamente associadas a eventos pluviométricos. Com a organização do gráfico definiu-se a linha de tendência e obteve-se sua fórmula, a partir do programa mencionado anteriormente, como mostra a Figura 17 (D'ORSI, 2011).

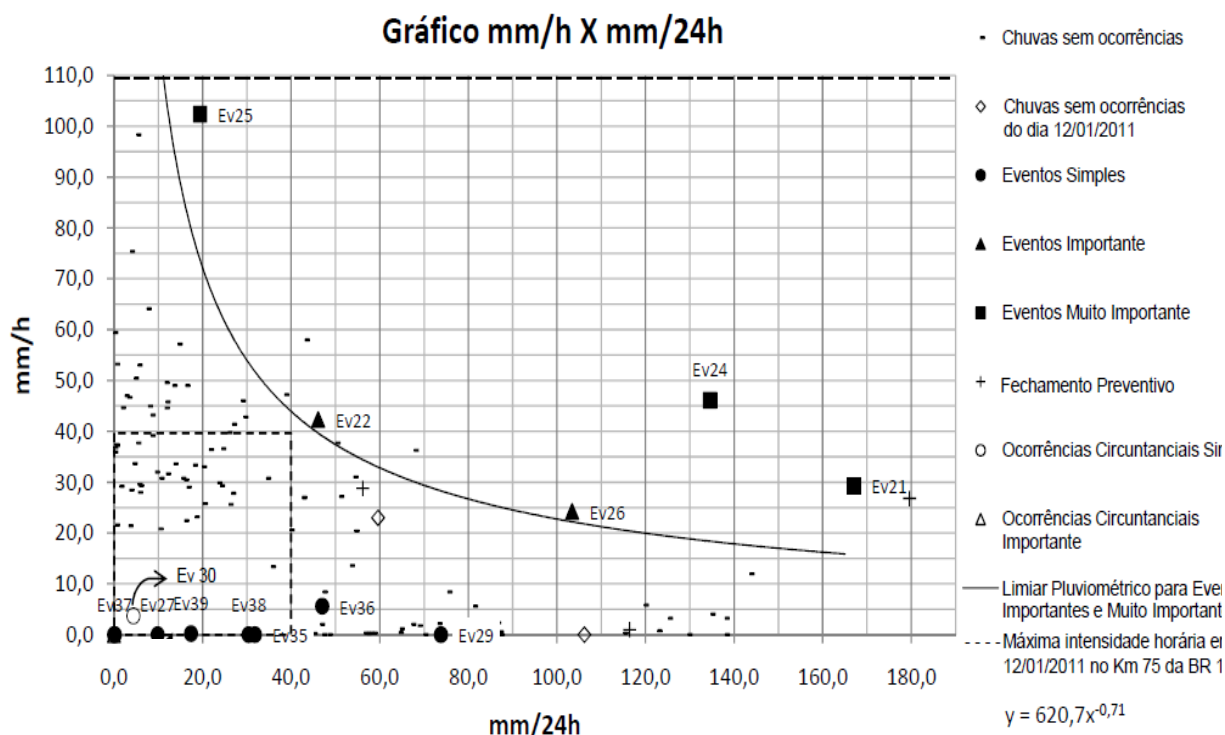


Figura 17 - Gráfico de combinação mm/h x mm/24h com definição da linha de influência.
Fonte: d'Orsi (2011).

2.8 A Proposta de Tatizana *et al.* (1987)

O segundo estudo a ser expandido nesta seção é a proposta de Tatizana *et al.* (1987) que foi analisado em paralelo com d'Orsi (2011) a fim de identificar qual das duas propostas melhor corresponderia aos eventos do município de Angra dos Reis.

A proposta de Tatizana *et al.* (1987) foi aplicada no município de Cubatão (SP), mais precisamente na região compreendida pela Serra do Mar, entre os anos de 1956 a 1986, onde foram utilizados dados de 35 eventos, sendo 17 sem registro de escorregamentos (CHAVES, 2016).

Os autores estabeleceram parâmetros para os acumulados pluviométricos em função dos dias, conforme a Tabela 5. Esses valores foram relacionados com a intensidade horária da precipitação na área de estudo, quando registrados escorregamentos (CHAVES, 2016; IDE, 2005).

Tabela 5 - Relação de dias com os acumulados pluviométricos, por Tatizana *et al.* (1987).

DIAS	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm)
1	100
2	150
3	200

Fonte: Adaptado de Chaves (2016).

Dos 18 eventos com registros de escorregamento, os autores utilizaram as relações mais significativas de chuva horária, baseando-se na acumulada de 96h, enquanto para os 17 eventos sem registros, foram adotadas as intensidades (i) horárias mínimas no valor de 10mm/h, para calcular a chuva acumulada de 03 dias antecedentes ao escorregamento até a hora $i-1$, tudo isso partindo do pressuposto das intensidades acumuladas em 2, 3, 4 e 8 dias que antecederam aos escorregamentos (D'ORSI, 2011; CHAVES, 2016).

Segundo Chaves (2016), para diferenciar os eventos sem registro de escorregamentos dos eventos onde se obteve registros, Tatizana *et al.* (1987) definiram a fórmula para a curva limite, em função da intensidade pluviométrica, mostrada na equação (2).

$$i_{\left(\frac{mm}{dia}\right)} = 2603Ac^{-0,933} \quad (2)$$

A curva limite foi embasada na avaliação de que a melhor distinção entre os eventos sem e com registros de escorregamentos foi obtida quando analisada a precipitação acumulada no período de 04 dias (96h), como mostra a Figura 18 (D'ORSI, 2011; CHAVES, 2016).

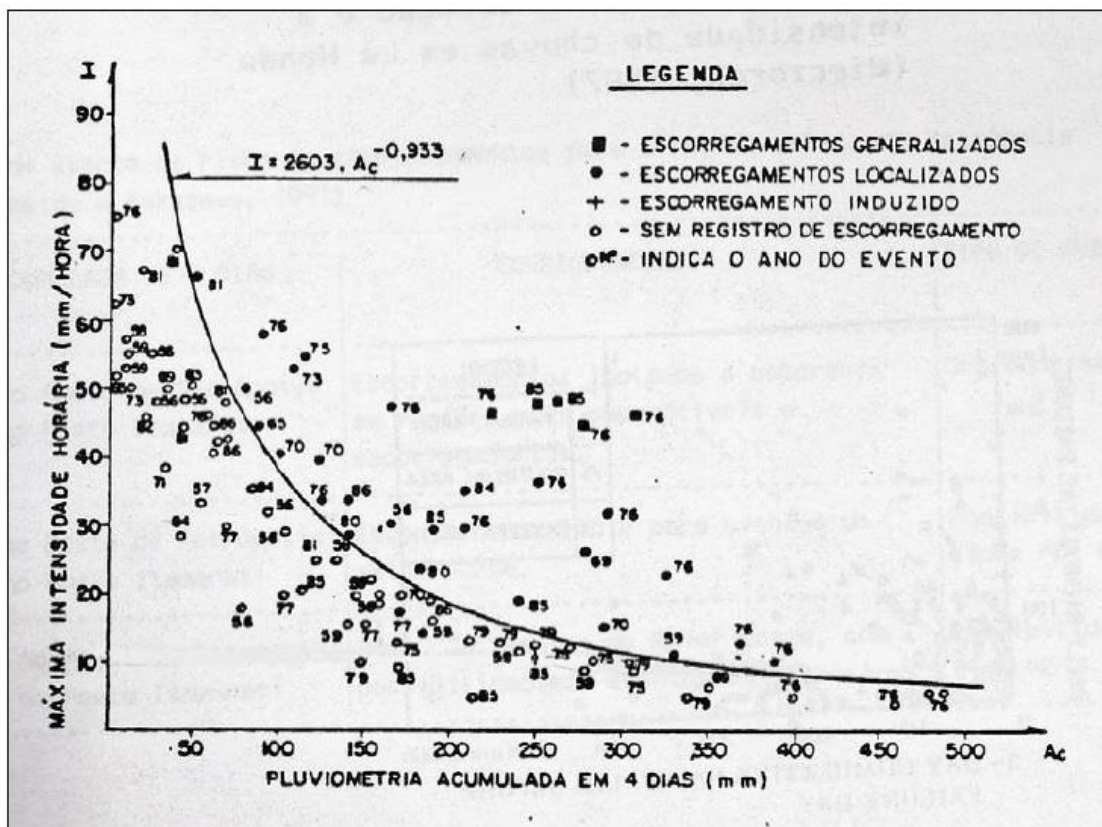


Figura 18 - Gráfico das Envoltórias de Escorregamentos, segundo Tatizana *et al.* (1987).
Fonte: Soares (2006).

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização do Município de Angra dos Reis

A caracterização do município será aqui relatada de acordo com os fins da pesquisa, independentemente de sua natureza.

3.1.1 Localização

O município de Angra dos Reis pertence à microrregião conhecida como Costa Verde, em sua parcela no litoral Sul Fluminense (Barbosa *et al.*, 2011), compreendendo ainda a Serra do Mar (Figura 19).



Figura 19 - Localização de Angra dos Reis no Estado do Rio de Janeiro.
Fonte: Adaptado de CPRM (2015).

De acordo com dados do IBGE (2018) sua área territorial se estende por 813,21 km², incluindo 365 ilhas e mais de 2000 praias (TCE-RJ, 2016).

A altitude média do município é de 6,0 m e possui como municípios limítrofes Mangaratiba, Bananal, Rio Claro, Paraty e São José do Barreiro (Lei Municipal nº 2495/2017).

Angra dos Reis é considerada uma das cidades mais antigas do Brasil que, famosa pela paisagem litorânea, é um dos principais pontos turísticos do país no verão. O processo de expansão da cidade, no começo, passou por diversos períodos marcantes como o surgimento da atividade portuária devido a cultura da pesca e a decadência do município posterior à construção da estrada de ferro D. Pedro II que o isolou de vez ao ligar Rio de Janeiro e São Paulo. Tratando-se de tempos atuais, construções relevantes como a BR-101, o terminal marítimo da Petrobrás e as usinas nucleares moldaram as paisagens do local, considerando que desde o princípio a urbanização foi desencadeada principalmente pelo início da atividade portuária (Lei Municipal nº 2495/2017).

3.1.2 Relevo e Unidades Geológico-Geotécnicas

Segundo a CPRM, através da Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação (2015), Angra dos Reis é demarcada principalmente pelos relevos montanhosos, planícies (como fluviomarinhas, costeiras e de inundação), rampas de depósito de tálus/colúvio e alinhamentos serranos e escarpados (Figura 20).

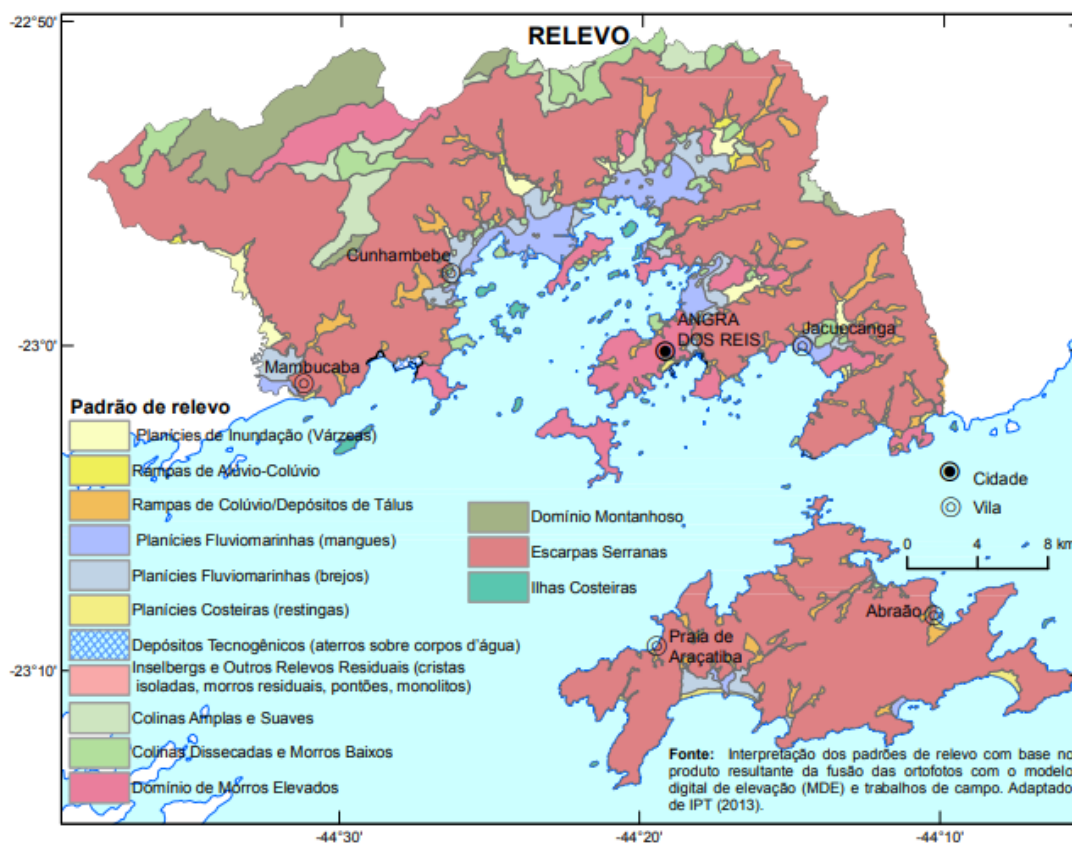


Figura 20 - Representação cartográfica da distribuição do relevo do município de Angra dos Reis.
Fonte: Adaptado de CPRM (2015).

Os tipos existentes de solo (tratados aqui por Unidades Geológico-Geotécnicas) do município de Angra dos Reis, segundo o DRM-RJ (2015), são caracterizados em seis categorias como disposto na Tabela 6.

Tabela 6 - Caracterização das categorias dos solos do município de Angra dos Reis, segundo o DRM-RJ.

SIGLA	TIPO DE SOLO	EXTENSÃO (km²)	DESCRIÇÃO
AF	Afloramentos Rochosos	7,25	Exteriorização de maciços rochosos ao longo de encostas.
BR	Situações Isoladas de Blocos Rochosos <i>in situ</i>	7,15	Corpos rochosos desintegrados dos afloramentos rochosos e mantidos em equilíbrio pelo contato rocha-rocha.
S/R	Solos Rasos sobre Rocha	278,06	Solos residuais com espessura variável entre 0-2,0m e depositados sobre rochas.
SR	Solos Residuais Espessos	191,94	Solos residuais de espessura superior a 2,0m.
CMD	Depósitos de Corrida de Massa	7,19	Depósito em fundo de vale de do transporte de consideráveis volumes de material rochoso, solo e detritos.
TA	Depósitos de Tálus	41,67	Depósito de materiais rochosos na base de encostas íngremes.

Fonte: Adaptado de DRM (2015).

A importância da caracterização do solo neste estudo relaciona-se com a suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa que cada categoria apresenta, de acordo com o DRM-RJ (2015). O Quadro 6 demonstra a correlação entre tipo solo x movimento de massa.

Quadro 6 - Associação dos tipos de solo com os movimentos de massa.

TIPO DE SOLO	MOVIMENTO DE MASSA
Afloramentos Rochosos	Quedas de blocos
Situações Isoladas de Blocos Rochosos <i>in situ</i>	-
Solos Rasos Sobre Rocha	Deslizamentos e Corridas
Solos Residuais Espessos	Deslizamentos
Depósitos de Corridas de Massa	Corridas
Depósitos de Tálus	Deslizamentos e Quedas de blocos

Fonte: Adaptado de DRM (2015).

3.1.3 Clima e Pluviometria

Para caracterizar o clima do município devem ser considerados os fatores que interferem direta ou indiretamente nele, de modo mais relevante, sendo: a proximidade com o Oceano Atlântico que intervém na regulação da temperatura, a presença do sistema ZCAS na região, as LITs e as frentes frias que impulsionam as chuvas e os fortes ventos (LOUSADA; FARIAS, 2014).

Tratado como um dos mais importantes sistemas de fenômenos atmosféricos do Brasil, com notável presença em regiões tropicais, a ZCAS manifesta-se tipicamente no verão, com características de nebulosidade e mudança no regime das precipitações (Figura 21), principalmente nas regiões Sudeste e Sul (QUADRO, 1994; ABREU, 1998; LOUSADA; FARIAS, 2014).

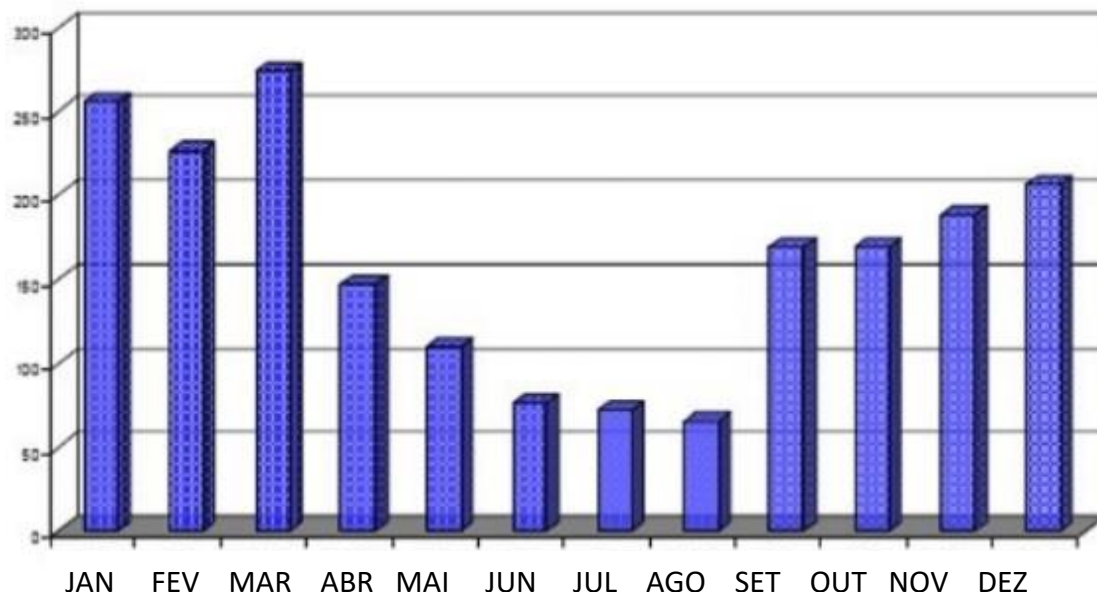


Figura 21 - Gráfico das Médias Pluviométricas do município de Angra dos Reis entre os anos de 1982 e 2001.

Fonte: Adaptado de ELETRONUCLEAR (2006) *apud* LOUSADA; FARIAS (2014).

Segundo Lousada e Farias (2014), as linhas de instabilidade tropicais (LITs) interferem diretamente no regime das chuvas, podendo torná-las intensas devido à natureza de seu sistema dinâmico abrangente que se relacionam com o aquecimento diário ocorrido entre o Pará e a Amazônia, sendo transportados para a região sudeste de acordo com seu amadurecimento.

As precipitações do município de Angra dos Reis são mais frequentes e intensas durante o verão e relacionam-se com as frentes frias e linhas de instabilidade devido à localização litorânea do município, o que também configura ventos regionais e locais de maior intensidade (ELETRONUCLEAR, 2005).

A proximidade com o Oceano Atlântico, além de favorecer o equilíbrio térmico, influencia na formação das chamadas chuvas orográficas, que ocorrem principalmente em regiões de encostas elevadas (LOUSADA; FARIAS, 2014).

De acordo com a SEPDC, para monitoramento da pluviometria, Angra dos Reis conta com uma rede de 45 estações pluviométricas monitoradas através da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do CEMADEN, sendo 30 estações automáticas e 15 semi-automáticas. Na Tabela 7 mostra-se 29 das 45 estações, com suas devidas coordenadas.

Tabela 7 - Coordenadas de 29 Estações Pluviométricas de Angra dos Reis monitoradas pelo CEMADEN.

ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	COORDENADAS UTM	
	X	Y
01 - Angra dos Reis (Rio do Meio)	572180,19	7458687,11
02 - Areal	572567,83	7458297,76
03 - Ariró	568508,07	7467173,32
04 - BNH	577789,65	7457164,57
05 - Bracuí	562852,98	7463766,07
06 - Camorim	575428,97	7456512,35
07 - Camorim Pequeno	573887,82	7455745,04
08 - Enseada	569695,25	7457757,81
09 - Frade	557404,66	7460134,56
10 - Itanema	565728,82	7464860,86
11 - Mambucaba	544595,84	7461838,49
12 - Mombaça	572651,6	7454422,57
13 - Monsuaba	579726,47	7455161,64
14 - Monsuaba 2	580149,97	7457705,72
15 - Parque Belém	572364,08	7460690,03
16 - Parque Pereque	547854,31	7454854,19
17 - Ponta Leste	577550,34	7450523,22
18 - Pontal	568792,52	7462079,54
19 - Portogalo	582477,02	7452157,59
20 - Praia Brava	553288,94	7455832,23
21 - Praia da Garatucaia	584321,32	7452147,34
22 - Praia das Goiabas	550002,56	7453740,15
23 - Praia de Bananal	577005,63	7444215,54
24 - Praia do Chácara	571225,88	7456311,44
25 - Praia Sítio Forte (Enseada Sítio Forte)	573508,61	7441133,26
26 - São Bento	568452,69	7454995,84
27 - Serra d'água	574053,4	7468586,34
28 - Vila do Abrãao	585076,77	7440850,39
29 - Vila Velha	566704,68	7453675,22

Fonte: Adaptado de CEMADEN, s.d.

3.2 Gerenciamento de Desastres Ambientais

Os movimentos de massa em áreas urbanizadas podem gerar danos irreparáveis para a população local. Com o intuito de mitigar esses danos, o

município de Angra dos Reis conta com alguns sistemas de prevenção e monitoramento de desastres ambientais.

3.2.1 Monitoramento de Áreas de Risco

Visto que o relevo predominante na região de Angra dos Reis e as atividades antrópicas contribuem para o desencadeamento expressivo dos movimentos de massa (Figuras 22 e 23), a Defesa Civil do município conta com trabalhos de monitoramento de localidades expostas ao risco de ocorrência de processos geológicos e hidrológicos (SEPDC/AR, 2019).



Figura 22 - Escorregamento no Morro da Carioca, em Angra dos Reis no ano de 2010.

Fonte: Curi (2011).



Figura 23 - Escorregamento na Rodovia Rio - Santos, em Angra dos Reis, em 2019.
Fonte: G1 (2019).

O monitoramento das áreas de risco é feito através de mapeamento, disposto em cartas desenvolvidas pela Defesa Civil de Angra dos Reis, representando graficamente os territórios suscetíveis a serem afetados por movimentos de massa e inundações. Nas cartas há a identificação das áreas que podem ser afetadas e os imóveis cadastrados na região (SEPDC/AR, 2019).

O Anexo I mostra os mapas dos bairros Morro do Carmo, Morro da Carioca, Parque Mambucaba e Frade, selecionados de acordo com a expressividade das ocorrências utilizadas para este estudo e em função da abrangência dos acidentes.

3.2.2 Programa Alerta e Alarme

O Programa Alerta e Alarme, conduzido pela Defesa Civil de Angra dos Reis visa informar, através de mensagem de texto para celulares (SMS), moradores cadastrados no sistema sobre possíveis eventos de deslizamentos, inundações e

talvez até evacuação e realocação para pontos de reunião previamente definido, que são locais onde os moradores poderão permanecer temporariamente (SEPDC/AR, s.d.).

Os moradores podem receber até três mensagens de texto e, não necessariamente essas mensagens se estendem para toda área do município, podendo ser enviadas apenas para moradores que estão nas áreas consideradas em risco no momento do monitoramento (SEPDC/AR, s.d.).

As três mensagens que podem ser enviadas são especificadas conforme consta no Quadro 7.

Quadro 7 - Descrição das três mensagens que podem ser enviadas pela Defesa Civil no programa Alerta e Alarme.

Ordem da mensagem	Tipo	Descrição	Instrução
01	ALERTA	Aviso pelo qual será antecipada uma possível situação de risco ou perigo.	Ao receber este aviso, permaneça em estado de atenção.
02	ALARME	Aviso sobre o risco ou perigo iminente.	Ao receber o alarme, mantenha a calma, desligue a rede elétrica e o gás e se desloque para o ponto de reunião predeterminado em sua comunidade. Reúna a família com documentos, remédios de uso diário, roupas e alimentos prontos para um pernoite, caso necessário.
03	DESMOBILIZAÇÃO	Mensagem pela qual os moradores serão informados sobre a volta a normalidade.	-

Fonte: SEPDC/AR, s.d.

Além das mensagens de texto, o programa de Alerta e Alarme conta com um sistema de sirenes instaladas no município que são acionadas sempre que há necessidade de retirar a população de determinada localidade. Segundo a SEPDC/AR (s.d.), as sirenes foram instaladas em 20 blocos, em parceria com o Governo do Estado, nas áreas consideradas de risco com a finalidade de complementar o sistema de informações via SMS.

3.3 Aplicação da Correlação Escorregamentos x Pluviometria

A partir do conhecimento sobre as características da região de estudo, foram levantados os dados e realizada a correlação entre os escorregamentos e a pluviometria, com a finalidade de se obter o limiar pluviométrico de Angra dos Reis. Os dados utilizados neste estudo foram obtidos através de relatório da SEPDC/AR, que contém planilhas referentes aos registros de movimentos de massa no município de Angra dos Reis, com informações de data, horário e localidade dos mesmos.

3.3.1 Seleção das Ocorrências

As ocorrências analisadas foram baseadas nos registros ao longo dos anos de 2016, 2017 e 2018 de acordo com a tabela de registros de ocorrências da SEPDC/AR, disponível em planilhas. Ao total foram analisadas 131 ocorrências, sendo 44 no ano de 2016, 39 no ano de 2017 e, 48 em 2018.

Inicialmente foram selecionadas apenas ocorrências de escorregamentos, sendo descartadas as ocorrências com falta de dados de data e horário, por caracterizar incoerência nos resultados do estudo, resultando em inconsistências relacionadas ao que realmente ocorreu nos locais onde os acidentes foram registrados e sua relação com a chuva local.

3.3.2 Estudo Pluviométrico

Tendo a data e a hora de cada escorregamento, realizou-se a coleta dos dados pluviométricos que antecederam os eventos, sendo coletados dados referentes às chuvas de 1 hora, 24 horas e 96 horas antecedentes a cada registro, como mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 - Pluviometria das ocorrências de 2016, 2017 e 2018 (continua na próxima página).

Ocorrências				
Data e Hora	Pluviometria		Distância do pluviômetro (m)	Estação
	Hora	Medição (mm)		
03/01/2016 12:30	1h	6,08	740,7	Frade
	24h	175,11		
	96h	269,13		
02/01/2016 23:50	1h	15,73	540,8	Frade
	24h	123,58		
	96h	216,4		
02/01/2016 22:30	1h	17,12	1435,9	Frade
	24h	106,48		
	96h	198,7		
02/01/2016 6:00	1h	0	590,1	Frade
	24h	94,02		
	96h	95,81		
23/01/2016 23:00	1h	0	914,3	Parque Belém
	24h	41,92		
	96h	137,84		
22/01/2016 23:00	1h	38,84	125,9	Camorim Pequeno
	24h	83,56		
	96h	109,33		
19/01/2017 19:00	1h	19,32	938,8	Monsuba
	24h	131,58		
	96h	134,34		
18/03/2017 00:30	1h	3,15	796,3	Frade
	24h	47,17		
	96h	67,32		
18/03/2017 00:30	1h	16,55	748,0	Enseada
	24h	31,69		
	96h	61,45		
18/03/2017 00:30	1h	12	1054,3	Parque Belém
	24h	22,43		
	96h	46,85		
18/03/2017 00:30	1h	12	1196,5	Parque Belém
	24h	22,43		
	96h	46,85		
07/01/2018 03:30	1	28,77	953,9	Enseada
	24h	62,96		
	96h	150,77		
07/01/2018 03:30	1h	28,77	956,4	Enseada
	24h	62,96		
	96h	150,77		

08/01/2018 20:00	1h	29,57	712,6	Praia do Chácara
	24h	40,5		
	96h	171,97		
08/03/2018 08:30	1h	2,95	742,0	Mombaça
	24h	66,45		
	96h	86,58		
03/07/2018 21:30	1h	16,51	962,7	Frade
	24h	23,79		
	96h	23,79		

Fonte: Autores (2019).

Foram coletados dados de pluviometria significativa, essa coleta teve como base a definição de d'Orsi (2011) para classificar os eventos pluviométricos sem ocorrência. Os intervalos de horas que antecederam os eventos foram os mesmos utilizados para as ocorrências.

Cada evento pluviométrico gerou dois pares de dados para o gráfico, sendo eles: intensidade pluviométrica máxima que fornece o maior valor horário de chuva no evento e a máxima acumulada que proporciona o maior valor pluviométrico acumulado no evento.

Devido ao grande número de estações pluviométricas existentes no município, foi necessário reduzir esse número, utilizando apenas 07 das 45 estações disponíveis, de modo com que a análise dos eventos fosse feita apenas em locais que tivessem registrado alguma ocorrência de escorregamento nos anos selecionados. A busca desses eventos foi feita apenas nos meses mais chuvosos do ano, sendo eles: janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro.

Comprovadamente, através de pesquisas feitas a nível nacional e internacional, para realizar um estudo pluviométrico é indispensável que os dados de análise sejam coletados de pluviômetros localizados o mais próximo possível da área investigada, para se obter menos distorções em relação ao valor real dos acumulados (D'ORSI, 2011).

3.3.3 Aplicação dos Métodos de Análise Baseados em d’Orsi (2011) e Tatizana *et al.* (1987)

Utilizando os dados coletados nos processos anteriores, realizou-se a montagem dos gráficos para testar se o método de d’Orsi (2011) e Tatizana *et al.* (1987) seriam válidos para os casos do município de Angra dos Reis.

Os eventos pluviométricos definidos por d’Orsi foram usados para a confecção de ambos os gráficos, uma vez que houve escassez nas informações de como Tatizana *et al.* (1987) definiram os eventos.

3.3.4 Adequação das Propostas para a Área de Interesse

O estudo contou com um terceiro gráfico que utilizou um intervalo de horas diferente dos outros autores, uma vez que os demais autores utilizaram a hora que antecedeu a ocorrência para montar o gráfico, mas nas ocorrências registradas em Angra do Reis a pluviometria horária que antecede os escorregamentos analisados apresentou pouca relevância. Nesse novo gráfico foi feita uma nova equação no Excel para montar a linha de tendência.

A linha da equação foi feita em um primeiro momento de forma manual, portanto ela pode atingir o melhor traçado para os dados da pesquisa, tendo uma separação maior entre os eventos pluviométricos e as ocorrências. Após esse traçado inicial foram inseridos os dados de “mm/96h” na equação da linha gerada pelo Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos através da utilização de métodos empíricos com a finalidade de estabelecer o limiar pluviométrico de Angra dos Reis.

4.1 Resultado da Utilização do Limiar Pluviométrico de d’Orsi (2011)

O modelo de gráfico desenvolvido por d’Orsi em 2011 apresentou resultados insatisfatórios, uma vez que o intervalo de “mm/h e mm/24h” não permitiu visualizar a separação dos pontos pela linha de limiar pluviométrico, nesse caso as ocorrências deveriam estar situadas acima da linha. Essa não adequação do método foi causada pelo alto índice horário que d’Orsi estabeleceu para início de evento pluviométrico sem ocorrência e nos anos observados as ocorrências de Angra dos Reis contaram com baixo valor horário antecedente aos escorregamentos (Figura 24).

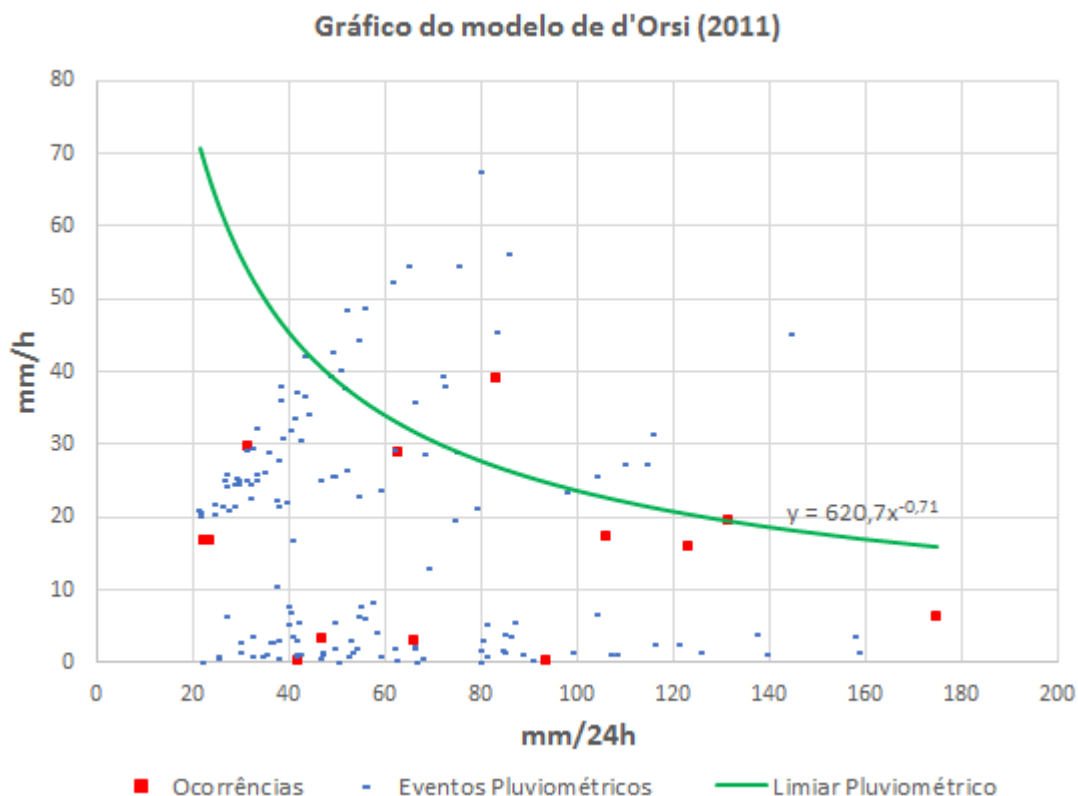


Figura 24 - Adaptação do modelo de d'Orsi para o município de Angra dos Reis.

Fonte: Autores (2019).

4.2 Resultado da Utilização do Limiar Pluviométrico de Tatizana *et al* (1987)

A pesquisa desenvolvida com os dados de Angra dos Reis para o modelo gráfico elaborado por Tatizana *et al.* (1987) obteve resultados insatisfatórios, demonstrando que o intervalo de “mm/h e mm/96” não satisfaz os dados pluviométricos do presente estudo. Analisando a distribuição dos pontos na Figura 25 pode-se notar que apenas 21% das ocorrências ficaram acima da linha de limiar pluviométrico estabelecida por Tatizana *et al.*(1987). Essa não obtenção de resultados nos métodos utilizados demonstra que o valor pluviométrico horário antecessor aos escorregamentos de Angra dos Reis não deve ser considerado para análise de correlação da Chuva x Ocorrência dos anos de 2016, 2017 e 2018.

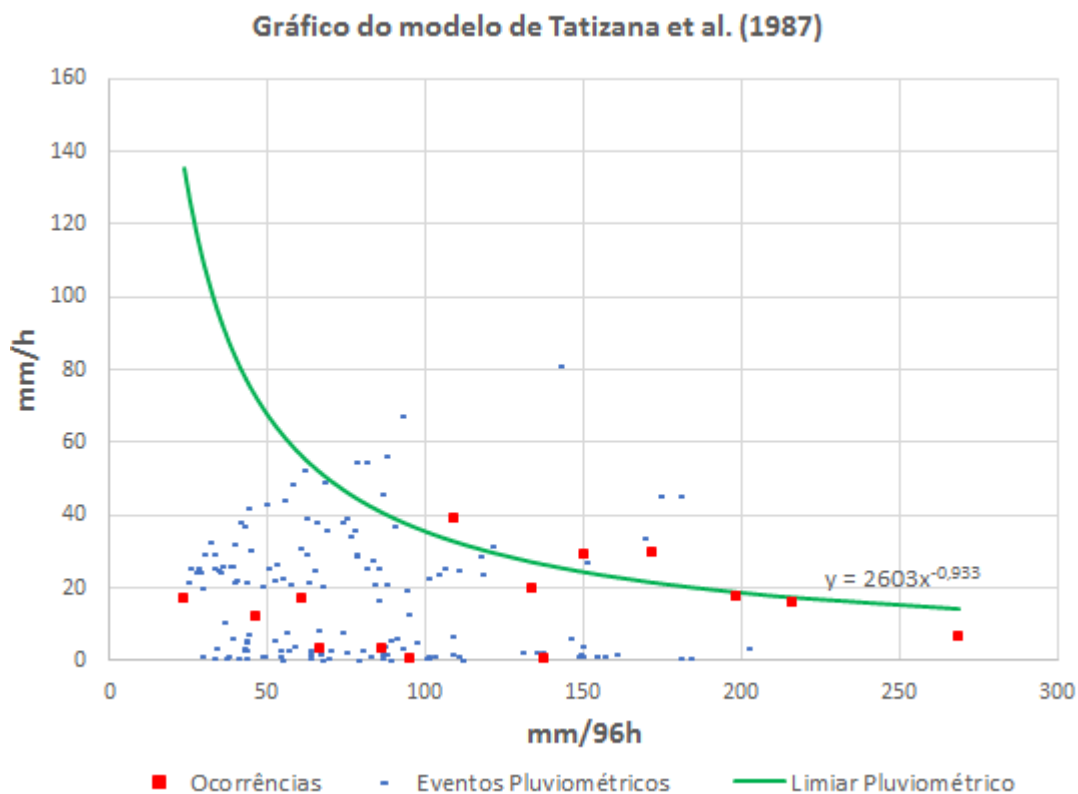


Figura 25 - Adaptação do modelo de Tatizana *et al* para o município de Angra dos Reis.

Fonte: Autores (2019).

4.3 Resultado do Teste com Intervalo de “mm/24h x mm/96”

Analisando os modelos de d’Orsi e Tatizana pode-se constatar que uma grande parcela de ocorrências mostrou índices melhores para dados acumulativos, portanto desenvolveu-se um gráfico com intervalo de “mm/24h e mm/96h”, sendo que nesse intervalo a linha de limiar pluviométrico apresentou melhor separação entre os eventos pluviométricos e as ocorrências (Figura 26). Apesar dessa evolução, uma parte dos eventos pluviométricos permaneceu com valores acima da linha, tornando difícil estabelecer parâmetros de pluviometria para Angra dos Reis.

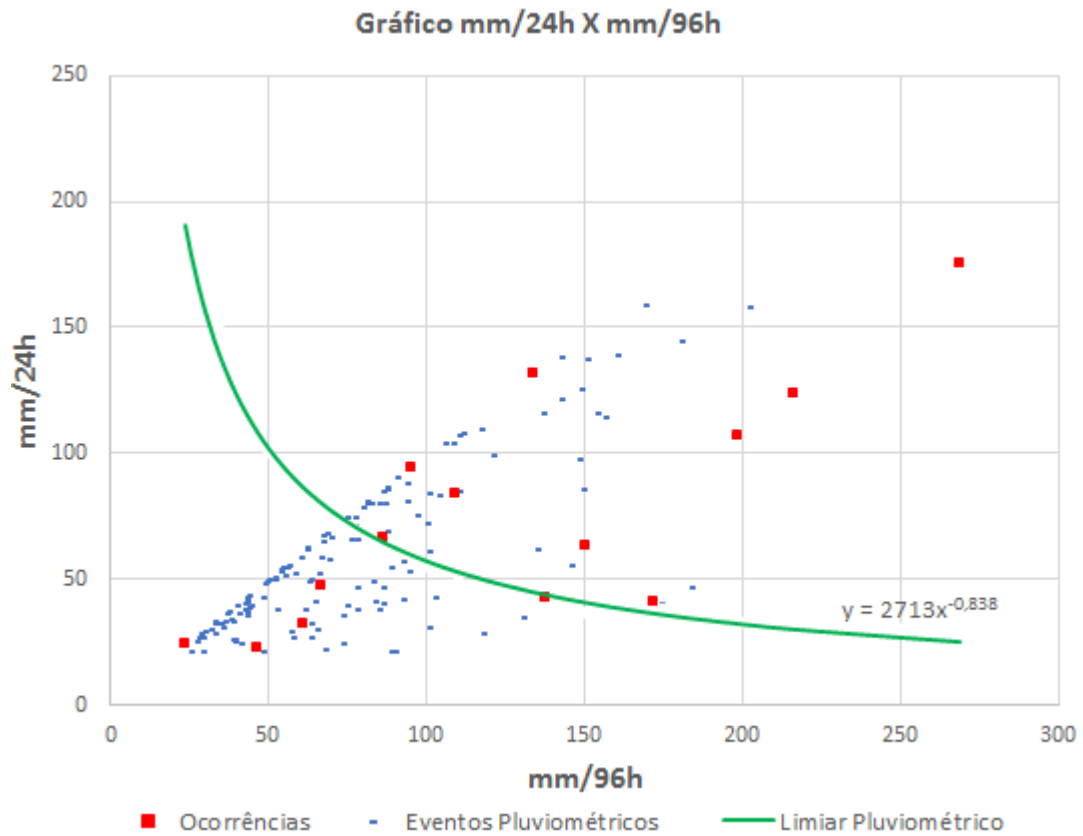


Figura 26 - Relação das acumuladas de 24h com as acumuladas de 96h.

Fonte: Autores (2019).

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

O município de Angra dos Reis mantém, por característica, um regime de chuvas diferente ao longo do verão, onde essas se manifestam de forma mais concentrada. Essas chuvas intensas, quando associadas ao relevo marcante da região e ao processo de ocupação irregular das encostas resulta em transtornos para a comunidade em geral, devido à ocorrência dos movimentos de massa, em especial os escorregamentos, importando assim investigar a relação das chuvas com as ocorrências.

Para o estudo foram relacionadas ocorrências no período de 2016 a 2018 analisando os registros pluviométricos de 07 estações do município, a fim de compará-las com os estudos propostos por d'Orsi (2011) e Tatizana *et al.* (1987) para verificar se a chuva nestes últimos 03 anos foi o único agente deflagrador dos escorregamentos nas localidades analisadas, mas o intervalo de tempo estabelecido foi curto, tornando inviável a determinação de um limiar pluviométrico para Angra dos Reis.

Os resultados obtidos demonstraram que a hipótese não se aplica aos casos de escorregamentos dos 03 anos analisados, tendo em vista que foram verificadas apenas ocorrências simples e esse tipo de ocorrência pode ter ligação ou não com a pluviometria, sendo muita das vezes causadas por ventos fortes, cortes indevidos em taludes e vários outros fatores que exercem influência nos escorregamentos.

5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Através dos resultados obtidos e suas análises, verificam-se nesta seção algumas sugestões para estudos futuros a fim de estabelecer o limiar pluviométrico para Angra dos Reis.

- I. Estabelecer a série histórica para o município de Angra dos Reis para análise das ocorrências em relação à pluviometria;
- II. Realizar ensaio laboratorial para avaliar o comportamento dos solos sob presença da ação da água;
- III. Proceder a levantamento da área do município suscetível a escorregamentos;
- IV. Estabelecer as principais variáveis a serem analisadas para a elaboração do limiar pluviométrico de Angra dos Reis.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Magda Luzimar de. **Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul.** Revista Geonomos, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p.17-22, dez. 1998.

ALHEIROS, Margareth Mascarenhas *et al.* **Manual de ocupação de morros da Região Metropolitana de Recife.** Fundação de Desenvolvimento Municipal, Recife, 2003. Disponível em: < <http://www2.condepefidem.pe.gov.br/web/condepefidem/biblioteca-virtual-download1>>. Acesso em: 31 ago.2019.

ANDRADE, Fernando. **Precipitação:** definição, métodos de medição e grandezas características. Notas de aula de Hidrologia. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/fandrade/teaching/files/aula_3_precipitacao.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.

ANGRA DOS REIS. **Projeto de Lei Municipal N° 2495, de 22 de março de 2017.** Classifica Angra dos Reis como "município de interesse turístico". Angra dos Reis, 2017. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/scpro1519.nsf/18c1dd68f96be3e7832566ec0018d833/60b1004563ad9608832580eb006fb0dc?OpenDocument>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

AUGUSTO FILHO, Oswaldo. **Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas:** análise e controle. In: BITAR, Omar Yazbek. (Coord.). CURSO DE GEOLOGIA APLICADA AO MEIO AMBIENTE. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. p. 84.

BARBOSA, Z. N. T.; OLIVEIRA, W. N de.; ALVES, P. R. **Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos** Estudo de caso: Angra dos Reis –RJ. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais eletrônicos. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 4940-4947. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/rep/3ERPFQRTRW/3A5D2GP>>. Acesso em: 10 set. 2019.

BRAND, E.W.; PREMCHITT, J; PHILLIPSON, H.B. (1984) -“**Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong**”. In: proceedings of the 4th International Symposium of Landslides, v. 1, pp. 377-384, Toronto.

CAMPBELL, R. H. **Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, southern California.** In: US Geological Survey

Professional, Paper # 851, pp. 51, U.S. Government Printing Office, Washington DC, 1975.

CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: mecânica das rochas, fundações e obras de terra. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. ISBN 978-85-216-3006-7. 576 p.

CARDOSO, Flávio Pinheiro. **Estrutura para Contenção de Taludes Verticais**: tirantes e solo grampeado. 2017. 45 p. Monografia (Graduação) – Faculdade Pitágoras de Londrina.

CARVALHO, Pierre Arruda de. **Análise do comportamento da encosta situada na rodovia BR 116 - RJ, Km 29**. 2013. 162 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CASTRO, Jeanne Michelle Garcia. **Pluviosidade e Movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. 2006.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais: banco de dados sobre estações pluviométricas. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 03 ago. 2019.

_____, **Pluviômetros Automáticos**. Disponível em <<https://www.cemaden.gov.br/pluviometros-automatico/>>. Acesso em: 22 jun. 2019.

_____, **Pluviômetro**. Disponível em <<http://www.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>>. Acesso em: 22 jun. 2019.

_____, **Radar Meteorológico**. Disponível em <<http://www.cemaden.gov.br/imagem11/>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

CHAVES, Fabiana Leão. **Proposta de correlação chuva vs escorregamento aplicada à cidade do Rio de Janeiro - 2016**. 118f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

Chuva provoca deslizamento de terra e piora situação de trecho da BR-101 em Angra dos Reis. G1, 09 abr. 2019. Sul do Rio e Costa Verde. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2019/04/09/chuva-provoca-deslizamento-de-terra-e-piora-situacao-de-trecho-da-br-101-em-angra-dos-reis.ghtml>>. Acesso em: 27 out. 2019.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação**. Elaborada em 2014. Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Angra dos Reis, RJ, 2015. 1 carta.

CRAIG, Robert F. **Mecânica dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. ISBN 978-85-216-1544-6. 390 p.

CURI, Ludmila. **Em Angra dos Reis, água da chuva penetrou tanto o solo quanto a rocha, segundo especialistas**. O Globo, 01 nov. 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/rio/em-angra-dos-reis-agua-da-chuva-penetrou-tanto-solo-quanto-rocha-segundo-especialistas-3074160>>. Acesso em: 27 out. 2019.

D'ORSI, Ricardo Neiva. **Correlação entre pluviometria e escorregamentos no trecho da Serra dos Órgãos da Rodovia Federal BR-116 RJ (Rio - Teresópolis)**. 2011. 218 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

DAS, Braja M.; SOBHAN, Khaled. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 8. ed. São Paulo: Cenage Learning, 2014. ISBN 978-85-221-1824-3. 630 p.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Pavimentação**. 2. Ed. Rio de Janeiro: 1996. 320 p.

DRM/RJ – Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. **Relatório Geotécnico**. 2015. Disponível em: <<https://www.angra.rj.gov.br/downloads/defesacivil/vitorias/DRM/cgu-relatorio-angra-dos-reis.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

ELETRONUCLEAR. **Estudo de Impacto Ambiental da Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**. 2005. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/NossasAtividades/Documents/EIA/v02_06_diagnostico.html>. Acesso em: 12 Ago. 2019.

ENDO, T. **Probable distribution of the amount of rainfall causing landslides**. Annual report, Hokkaido Branch, Govern. Forest Experiment Station, pp.123– 136, Sapporo, Japan, 1970.

EPA - Environmental Protection Agency. **Stream Corridor Restoration** – principles, processes and practices. EUA, 1998.

FERNANDES, Luís Renato Palha Teixeira. **A influência da infiltração das chuvas na estabilidade de um talude natural**. Caso de estudo: Camaragibe, Pernambuco, Brasil. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2014.

FERNANDES, Nelson Ferreira; AMARAL, C.P. **Movimentos de massa: uma abordagem geológica geomorfológica**. 1996. In: GUERRA, Antonio José Teixeira. Geomorfologia e Meio ambiente. 4 ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2003. p. 123-194.

GALVANI, Emerson. **O vapor de água na atmosfera: tipos de chuva - frontal, convectiva e orográfica**. Notas de Aula de Climatologia I. Universidade de São Paulo (USP), 2018. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4299936/mod_resource/content/1/Tipos%20de%20precipita%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Estabilidade de Taludes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. ISBN 978-85-7975-241-4. 192 p.

GROTZINGER, Jhon P.; JORDAN, Thomas H. **Para entender a terra**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. ISBN 978-85-65837-77-4. 768 p.

GUIDICINI, G; IWASA, O. Y. **Tentative correlation between rainfall and landslides in a humid tropical environment**. Bulletin International Association Engineering Geology, Krefeld, v.16, 1977. p.13-20.

GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos Manoel. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. Editora Edgard BlücherLtda, 1976. 170 p.

_____._____ 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2000. 192p. 464 p.

HORST, Rafael. **Avaliação dos métodos para cálculo de estabilidade de taludes em maciço terroso**. 2007. 131 f. Monografia (Graduação) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

IDE, Fernanda Sugamore. **Escorregamento, Meteorologia e Precipitação**: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicados em Campinas/SP. 2005. 154 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 9, p.131-152.

INMET – Instituto Nacional De Meteorologia. **Instrumentos Meteorológicos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=instrumentos>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

KAY, J. N.; CHEN, T. **Rainfall-landslide relationship for Hong Kong**. Proc. IC. Geotechnical Engineering, Bangkok, v.113, Apr. 1995. p 117-18.

KRYNINE, D.P. e JUDD, W.R. (1957) – **Landslides and other crustal displacements**. In: Principles of engineering geology and geotechnics. Tóquio, McGraw-Hill. pp. 636-671, il.

LOUSADA, Gabriel; FARIAS, Heitor. **Desastres ambientais, prevenção e mitigação**: um estudo de caso da região de Angra dos Reis/RJ. Revista Continentes (UFRRJ), ano 3, n.5, 2014, p. 131-149(ISSN 2317-8825). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/304534309_DESASTRES_AMBIENTAIS_P_REVENCAO_E_MITIGACAO_um_estudo_de_caso_da_regiao_de_Angra_dos_Reis_RJ>. Acesso em: 11 ago. 2019.

LUMB, P. (1975) - **“Slope Failures in Hong Kong”**. Quaterly Journal of Engineering Geology, v. 8, pp. 3165.

MACIEL FILHO, Carlos Leite; NUMMER, Andréa Valli. **Introdução à geologia de engenharia**. 4. ed. rev. e ampl. Santa Maria: Editora da UFSM, 2011. ISBN 978-85-7391-145-9. 392 p.

MARANGON, Marcio. **Notas de aula**: Tópicos em geotecnia e obras de terra. UFJF, 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/Geologia-Cap9.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

_____, **Notas de aula**: Tópico em geotecnia e obras de terra. UFJF, 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid04EstabilidadeTaludes01.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019.

MARTINS, Tiago da Fonseca. **Pluviometria crítica de escorregamentos na cidade do Rio de Janeiro**: Comparação entre regiões e períodos. 2014. 167 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

MENDONÇA, Francisco. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. ISBN 978-85-86238-54-3. 208 p.

MELO NETO, Marcus Vinicius. **Classificação e Caracterização de dois Movimentos de Massa no Estado de Pernambuco**. 2015. 235 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.

MONTANDON, Larissa Flávia. **Avaliação da influência da escala do mapa litológico nos modelos de suscetibilidade a escorregamento, no município de Caeté (MG) utilizando métodos estatísticos**. 2017. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste da Bahia.

OLIVEIRA, Nathalia Silva de. **Relação entre chuva e deslizamento em nova Friburgo/RJ**. 2014. 145 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

PAZ, Adriano Rolim da. **Hidrologia Aplicada**. Notas de aula de Hidrologia Aplicada. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.

PEDROSA, M. G. A. **Análise de correlações entre pluviometria e deslizamentos de taludes**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

POPP, José Henrique. **Geologia geral**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. ISBN 978-85-216-3430-0. 352 p.

PROIN/CAPES; UNESP/IGCE. **Material Didático**: arquivos de transparências (CD). Rio Claro: Departamento de Geologia Aplicada, 1999.

QUADRO, Mario Francisco Leal de. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 97 p. Dissertação (Mestrado) – INPE, São José dos Campos (SP), 1994.

REIS, Fábio Augusto Gomes Vieira. **Curso de geologia ambiental via internet**. UNESP, 2001. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09a.html>>. Acesso em: 22 mai. 2019.

RUDIO, Franz Victor. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 41. ed. Petrópolis: Vozes, 2013. ISBN 978-85-326-0027-1.

SAISP – Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo. **Radar Meteorológico**. Disponível em: <<https://www.saisp.br/site/oque.htm>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

SALES, Jhessyca Dalme Barbosa. **Correlação entre a probabilidade de ocorrência de deslizamentos e índices pluviométricos em Petrópolis (RJ)** 2017, 102 f. Projeto Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica.

SALGUEIRO, João Hipólito Paiva de Brito. **Avaliação de rede pluviométrica e análise de variabilidade espacial da precipitação**: estudo de caso na Bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco. 2005. 122f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil, 2005.

SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares; ANTUNES, Franklin dos Santos. **Solos**. In: GEOLOGIA DE ENGENHARIA. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. p.87-99.

SANTOS, Alexandre Rosa dos. **Apostila de Climatologia**. Capítulo 4 – Precipitação atmosférica. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), 2002. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo4-PrecipitacaoAtmosferica.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia científica**: a construção do conhecimento. 6. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2004. ISBN 85-7490-275-6.

SANTOS, Vitor Juste dos; FIALHO, Edson Soares. **Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e impactos pluviiais intensos**: o caso da cidade de Ubá/MG. Revista Brasileira de Climatologia, v. 19, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/35684/29392>>. Acesso em: 11 set. 2019.

SEPDC/AR – Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil de Angra dos Reis. **Pluviometria**. Disponível em: <<https://www.angra.rj.gov.br/sdc-pluviometria.asp?IndexSigla=SEPDC&vNomeLink=Pluviometria>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

_____, **Programa Alerta e Alarme**. Disponível em: <<https://angra.rj.gov.br/sdc-alerta.asp?IndexSigla=SEPDC&vNomeLink=Programa%20Alerta%20e%20Alarme>>. Acesso em: 08 nov. 2019.

_____, **Campanha explica funcionamento das sirenes**. Disponível em: <http://www.angra.rj.gov.br/noticia.asp?vid_noticia=43297&IndexSigla=imp>. Acesso em: 08 nov. 2019.

_____, **Mapeamento de Risco Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil – 2019**. Disponível em: <<https://angra.rj.gov.br/downloads/defesacivil/vistorias/2019/MAPEAMENTO2019.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2019.

SILVA, Aline Marques da. **Áreas de risco em Volta Redonda - RJ: As causas dos movimentos de massa**. 2018. 98 f. Monografia (Graduação) – Centro Universitário de Volta Redonda, 2018.

SILVA, Fellipe Figueiredo *et. al.* **Diagnóstico dos deslizamentos na cidade do Rio de Janeiro a partir das chuvas de abril de 2010**: estudo de caso do Morro dos Prazeres. In: Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, 2010.

SILVA, José Carlos Fernandes da. **Encostas do Salvador**: uma abordagem sócio-ambiental. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gestão Ambiental, Universidade Católica do Salvador, Salvador-Bahia, 1994.

SILVA, Josemar Pereira da. **Análise do índice de estabilidade das vertentes da bacia Hidrográfica do rio Ribeirão – Paranaguá**. 2011. 63 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, 2011.

SILVA, Naiara de Lima. **Correlação entre pluviosidade e movimentos gravitacionais de massa no Alto Ribeirão do Carmo/MG** - 2014. 114f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, 2014.

SOARES, Elenir Pereira. **Caracterização da precipitação na região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas**. 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

SOARES, Fábio Lopes; RAMOS FILHO, Geraldo Moura. **Correlações entre movimentos de massa e pluviosidade nas encostas de João Pessoa – PB**. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 2014, Goiânia, GO. Anais eletrônicos. ABMS, 2015. Disponível em: <http://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobramseg/2014/604622_80_Correlacao_entre_Movimento_de_Massa_FLS_e_GMRF.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2019.

SOUSA, Patrícia Santos. **Comportamento mecânico e hidráulico de um solo residual do granulito-gnaise de Salvador e sua aplicação no estudo de mecanismos de instabilização de taludes**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, 2006.

TATIZANA, C. *et al.* **Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, município de Cubatão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987a, São Paulo, SP. Anais. São Paulo: ABGE, 1987a. v.2, p. 225-236.

TATIZANA, C. *et al.* **Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, município de Cubatão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5., 1987, São Paulo, SP. Anais. São Paulo: ABGE, 1987b. v.2, p.237-248.

TCE/RJ – Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. **Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro – Angra dos Reis**. 2016. 122 p.

TEIXEIRA, Wilson *et al.* **Decifrando a terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2015. ISBN 978-85-04-01439-6. 624 p.

VALADARES, Carolina. Costa Verde (RJ) é eleita uma das 10 melhores regiões do mundo para viajar. **Ministério do Turismo**, nov. 2015, Agência do Turismo. Disponível em: <<http://www.turismo.gov.br/%C3%BAltimas-not%C3%ADcias/5641-costa-verde-rj-%C3%A9-eleita-uma-das-10-melhores-regi%C3%B5es-para-viajar.html>>. Acesso em: 09 Ago. 2019.

VARNES, David J. **Slope Movement Types and Processes**. In: Landslides Analysis and Control. Washington: National Academy of Sciences, pp. 11-33.

VIEIRA, R. **Um olhar sobre a paisagem e o lugar como expressão do comportamento frente ao risco de deslizamento**. 2004. 197 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

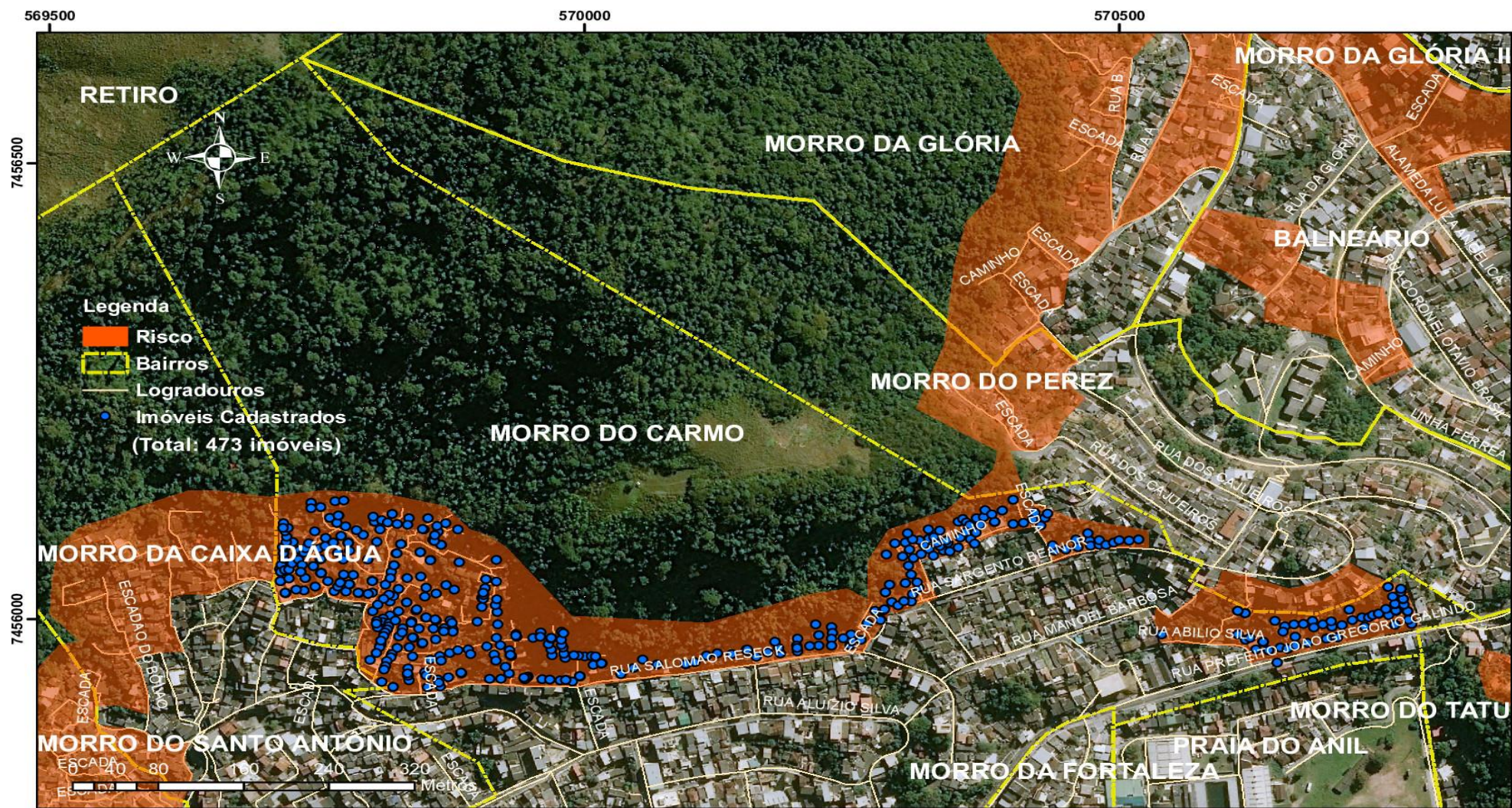
WICANDER, Reed; MONROE, James S. **Geologia** - Tradução da 2ª edição norte-americana. 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018. ISBN 978-85-221-2619-4.

XAVIER, H. **Percepção geográfica dos deslizamentos de encostas em áreas de risco no município de Belo Horizonte, MG**. 1996. 222 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, 1996.

ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), 2015. ISBN 978-85-09-00181-0.

ZÊRERE, J. L.; RODRIGUES, M. L.; FERREIRA, A. B. **Recent landslide activity in relation to rainfall in the Lisbon region (Portugal)**. Geophysical Research Abstracts, v.5, 2003.

**ANEXO I - MAPAS DAS ÁREAS DE RISCO EM PRINCIPAIS
BAIROS DE ANGRA DOS REIS (RJ) E IMÓVEIS CADASTRADOS**



Cadastramento de Moradores em Áreas de Risco MORRO DO CARMO

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS - UTM
 FUSO 23 S
 DATUM: WGS 1984
 ESCALA 1:5.000

Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil
 Superintendência de Gestão de Risco de Desastres
 Departamento de Engenharia
 Coordenação de Geoprocessamento



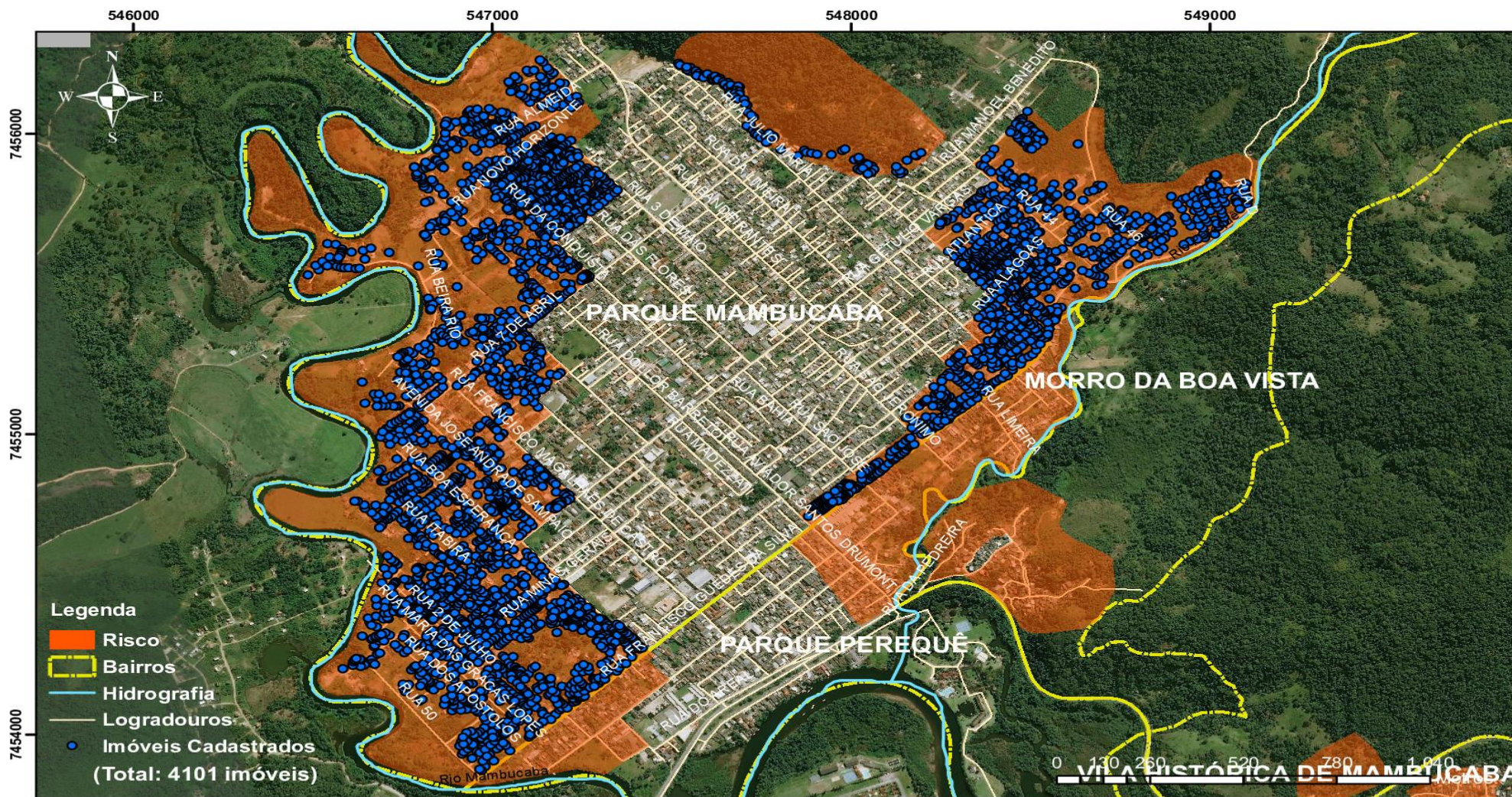


**Cadastramento de Moradores
em Áreas de Risco
MORRO DA CARIOCA**

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS - UTM
FUSO 23 S
DATUM: WGS 1984
ESCALA 1:2.000

Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil
Superintendência de Gestão de Risco de Desastres
Departamento de Engenharia
Coordenação de Geoprocessamento



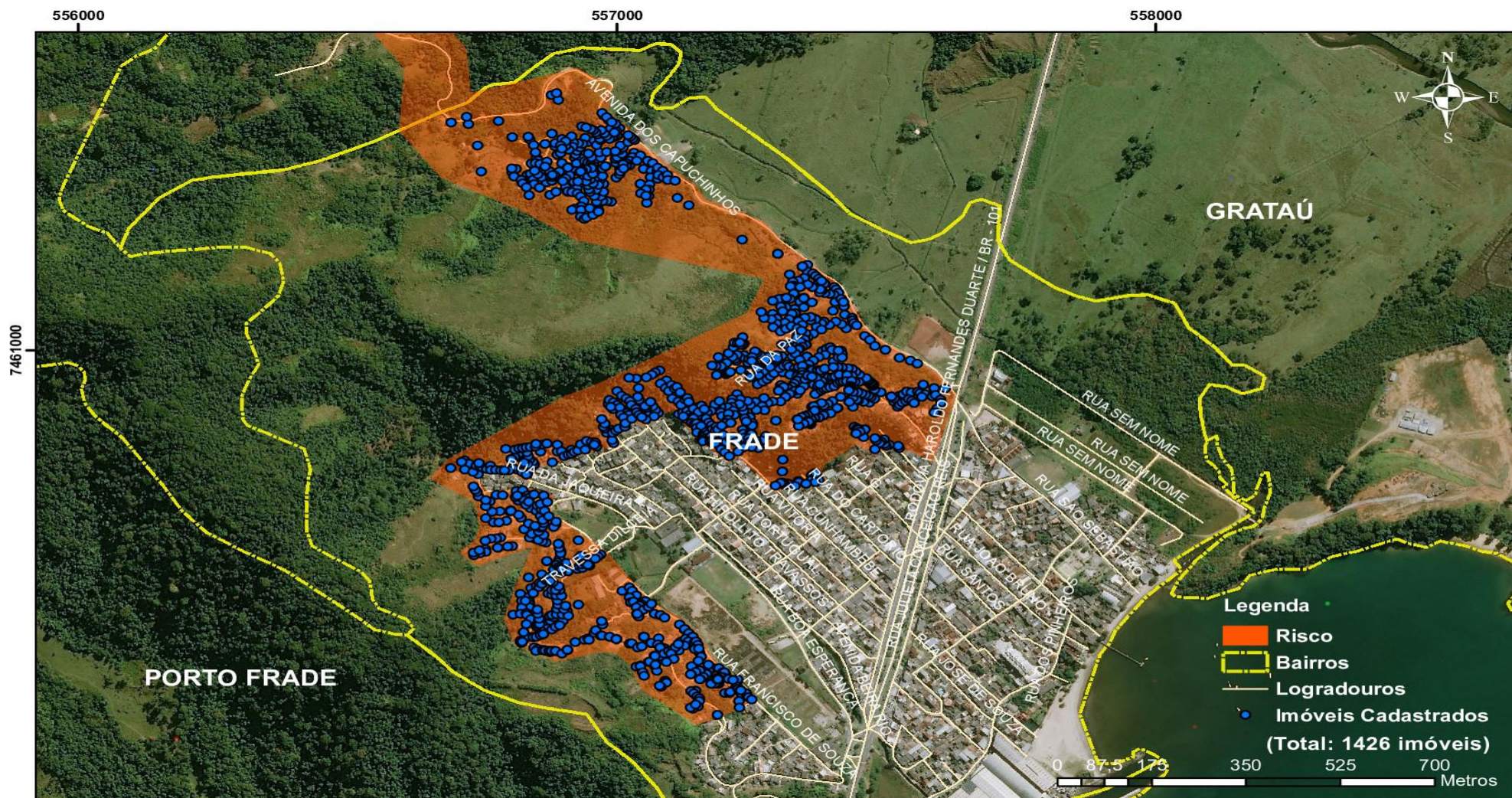


Cadastramento de Moradores em Área de Risco PARQUE MAMBUCABA

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS - UTM
 FUSO 23 S
 DATUM: WGS 1984
 ESCALA 1:15.000

Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil
 Superintendência de Gestão de Risco de Desastres
 Departamento de Engenharia
 Coordenação de Geoprocessamento





Cadastramento de Moradores em Área de Risco FRADE

SISTEMA DE COORDENADAS PROJETADAS - UTM
FUSO 23 S
DATUM: WGS 1984
ESCALA 1:10.000

Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil
Superintendência de Gestão de Riscos de Desastres
Departamento de Engenharia
Coordenação de Geoprocessamento

