UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

Luzia de Jesus Matos

**A vulnerabilidade das construções às corridas de
detritos na bacia experimental do rio
Guaxinduba - município de Caraguatatuba – SP.**

São Paulo

2014

Luzia de Jesus Matos

A vulnerabilidade das construções às corridas de detritos na bacia experimental do rio Guaxinduba - município de Caraguatatuba – SP.

Versão Corrigida

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Bianca Carvalho Vieira
Área de Concentração: Geografia Física
Linha de Pesquisa: Estudos interdisciplinares em pedologia e geomorfologia

São Paulo

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Matos, Luzia de Jesus

A vulnerabilidade das construções às corridas de detritos na bacia experimental do rio Guaxinduba - município de Caraguatatuba – SP. Luzia de Jesus Matos; orientadora: Bianca Carvalho Vieira – São Paulo, 2014.

90 1f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Geomorfologia. 2. Corridas de Detritos. 3. Vulnerabilidade. 4. Elementos de Risco. 5. Construções.

I. Vieira, Bianca Carvalho. II. Universidade de São Paulo – Programa de Pós-graduação em Geografia Física. III. Título de Mestre.

<p>Luzia de Jesus Matos</p>	<p>A vulnerabilidade das construções às corridas de detritos na bacia experimental do rio Guaxinduba- município de Caraguatatuba – SP</p>	<p>Mestrado</p> <p>FFLCH</p> <p>2014</p>
---------------------------------	---	--

Luzia de Jesus Matos

A vulnerabilidade das construções às corridas de detritos na bacia experimental do rio Guaxinduba - município de Caraguatatuba – SP.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre.

Banca Examinadora

Prof^a. Dra. Bianca Carvalho Vieira (Orientadora)

Departamento de Geografia - Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross

Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Cláudio José Ferreira

Instituto Geológico/SMA

Agradecimentos

Todo o processo de desenvolvimento dessa pesquisa, causou em mim mudanças, novas reflexões, novas posturas frente a vida acadêmica e nova consciência acerca do real valor da ciência. Felizmente, não passei por todo esse processo sozinha; a contribuição fraterna e competente de todos que se envolveram nesse processo, direta ou indiretamente, ascende meus sentimentos e crença no valor do estudo e da disciplina combinados com amizades sinceras que fortalecem a esperança.

Agradeço a professora Bianca Carvalho Vieira pela orientação **dedicada e competente**. *“Obrigada por me aceitar no programa de pós-graduação em uma linha de pesquisa diferente da qual participei durante toda a graduação. Seu papel é fundamental em meu desenvolvimento acadêmico, Obrigada”*.

Aos professores Jurandyr L. Sanches Ross e Cláudio Ferreira pela colaboração científica, desde a etapa da qualificação. *“Agradeço, fortemente, por sua participação construtiva e solidária”*.

Ao Professor Milton Assis Kanji pela disposição no envio de material bibliográfico auxiliando, em muito, o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao meu esposo Mário por todo apoio durante o processo de pesquisa, sobretudo com sua paciência, consolo e auxílio nas leituras e trabalhos de campo em Dezembro.

A minha família nos nomes de minha mãe, irmãs e sobrinhos: Glória, Nina, Bete, Lucci, Célia, Ellen, Isa, André e Mari pela confiança depositada, sua capacidade de aceitar minhas escolhas e apoiá-las.

A amiga Juliana pelo auxílio nos trabalhos de campo, trocas de ideias e, sobretudo pela amizade repleta de carinho e boa vontade.

Aos colegas do grupo de pesquisa pelo acolhimento desde 2011 e auxílio com as trocas de literatura e trabalhos de campo, sobretudo nos nomes de: Vivian Dias, Túlius Nery, Carolina Villaça, Fabrício Listo e Viviane Portela.

Aos colegas Willian dos Santos pelo acolhimento e Ewerton Talpo pelo auxílio na produção e edição dos mapas em ArcGis.

Ao Sr. Leonel e esposa, residentes de Caraguatatuba, pela hospedagem, acolhimento e trabalhos de campo.

Aos amigos da UNESP/Ourinhos pela ajuda sempre que solicitada nos nomes: M^a Rita pelo auxílio na documentação do SME para a participação de congressos e trabalhos de campo; Professora e amiga Maria Cristina, Lucinda, Wellington, Kivan, Raquel, Angélica e Angel pela amizade e palavras de confiança.

Aos amigos da casa “Fraternidade da Luz”, “*Campanha de Fraternidade Auta de Souza*” . “*Posto de Assistência Maria de Nazaré*” e Grupo de apoio “*Espelho*” por seu suporte emocional.

Ao mundo e a todos vocês me coloco em gratidão.

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa é avaliar a vulnerabilidade das construções às corridas de detritos, na bacia do rio Guaxinduba – município de Caraguatatuba – SP. Para tanto, aplicou-se o método PTVA (*Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment*) que vem sendo aplicado em diferentes países considerando os diferentes processos perigosos naturais. Nesta pesquisa, a vulnerabilidade foi avaliada conforme as ações mitigadoras do poder público. As etapas metodológicas aplicadas foram: a) Classificação dos depósitos de corridas de detritos na área de estudo; b) Seleção dos critérios que afetam a vulnerabilidade das construções e sistematização de banco de dados; c) Cálculo da vulnerabilidade e d) Mapeamento da vulnerabilidade final. Dentre os instrumentos metodológicos utilizados, ressalta-se a utilização do ArcGis versão 10.0 e fotografia aérea. Ao todo, foram mapeadas 38 áreas que culminaram na distribuição da vulnerabilidade final com 7,9 % alta e 68,4 % média e 23,7% baixa. Nesse sentido, verificou-se a relevante variação de aproximadamente 30% entre a vulnerabilidade mais baixa (55%) e a mais alta (83%). Além disso, concluiu-se que a norte da Estrada do Cantagalo, bem como nas Alamedas dos Castanheiros e Pessegueiros, área central da bacia mapeada, concentra-se o maior número de áreas com vulnerabilidade elevada. Diante da escassez dos procedimentos metodológicos no Brasil que visem avaliar a suscetibilidade, a vulnerabilidade ou o risco, referentes às corridas de detritos; esta pesquisa destaca, ainda, a importância destes trabalhos no cenário de riscos ambientais, contribuindo com os esforços mundiais de redução de risco.

Palavras chave: Corridas de Detritos – Vulnerabilidade – Construções – Elementos de Risco.

ABSTRACT

The objective of this research is to assess the vulnerability of buildings to debris flow in the river basin Guaxinduba - Caraguatatuba county - SP. To this end, we applied the PTVA (Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment) method that has been applied in different countries considering different natural hazardous processes. In this research, the vulnerability was judged according to the mitigation actions of government. The methodological steps were applied: a) Classification of debris flow deposits in the study area; b) Selection criteria that affect the vulnerability of buildings and systematized database; c) Calculation of vulnerability and d) Mapping the final vulnerability. Among the methodological tools used, we emphasize the use of ArcGIS version 10.0 and aerial photography. In general 38 areas which resulted in the following distribution of the final vulnerability were surveyed: 7.9% high, 68.4% average and 23.7% presented low vulnerability. Accordingly, there was a significant variation of approximately 30% between the lowest vulnerability (55%) and the highest (83%). Furthermore, it was concluded that the northern of Cantagalo Road, as well as the alleys of Castanheiros and Pessegueiros, central area of the basin mapped, concentrates the largest number of areas with high vulnerability. Given the scarcity of methodological procedures in Brazil to evaluate the susceptibility, vulnerability or risk related to debris flow; This research also highlights the importance of these works on environmental risk scenario, contributing to global efforts to reduce risk.

Keywords: Debris Flow- Vulnerability - Buildings - Elements at Risk.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: O gráfico mostra os principais casos das Corridas de Detritos registradas no Brasil entre 1948 e 2014. Em (A) Destaca-se a deposição e a dimensão dos blocos durante corrida de detritos na Bacia do Quitite em 1996 – Jacarepaguá (RJ). Em (B) nota-se percurso da corrida na Bacia do rio Vieira em 2011 ocasionando danos e perdas ao longo do trajeto – Teresópolis (RJ). Fonte gráfico: Modificado de Gramani (2001). Fotos: Bianca C. Vieira.....	3
Figura 2: Esquema demonstrativo da relação entre os conceitos que compõem a avaliação de risco. Fonte: Compilação de dados em: Aubrecht <i>et al.</i> (2013). Organização: Luzia Matos (2014).....	9
Figura 3: Trecho da corrida de detritos ocorrida no vale do rio vieira, no município de Teresópolis, (RJ), em Janeiro de 2011. Foto: Bianca Carvalho Vieira	18
Figura 4: Destaca-se vale coberto pelo fluxo de lama e detritos, após eventos deflagrados em 18 de março de 1967. Fonte: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba/Acervo.....	20
Figura 5: Em (A) e (B) nota-se a altura que a água atingiu nas construções. Em (C) e (D) observa-se as residências recobertas por detritos mobilizados durante as corridas. Em (E) e (F) blocos que rolaram durante as corridas de detritos, no caso de (F) especificamente a rocha assinalada rolou o morro destruindo casas. Fonte: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba.....	22
Figura 6: Rodovia dos Tamoios dias após o desastre. Fonte: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba.....	24
Figura 7: Em (a) observa-se Avião da FAB no transporte de desabrigados e de recursos. Em (b) Destaca-se visada aérea da fazenda dos ingleses. Fonte: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba.....	25
Figura 8: Vista das encostas e enseada de Caraguatatuba (SP). Fonte: Bianca C. Vieira.	26
Figura 9: Localização da Bacia do rio Guaxinduba.	28
Figura 10: Passos do Papathoma Method (PM) desenvolvidos em Papathoma and Dominey-Howes, (2003). Fonte: modificado de Papathoma e Dominey-Howes. (2003) e Kappes et al. (2012).....	31
Figura 11: Etapas do método de avaliação a vulnerabilidade. Fonte: modificado Papathoma – Köhle et al. (2007).....	34
Figura 12: Passos do método PTVA . Fonte: modificado de Kappes et al. (2012)	39
Figura 13: Quadro geral da atribuição de pesos e contagens a partir do RVI (Índice de Vulnerabilidade Relativa) no contexto dos perigos-múltiplos. Fonte: modificado Kappes et al. (2012).....	42
Figura 14: Mapa de vulnerabilidade a perigos múltiplos na França. (a) Quadro da vulnerabilidade às Corridas de Detritos para os tomadores de decisão e planejadores. Os mapas em (b) e (d) são os cenários de emergência. Trata-se respectivamente, da vulnerabilidade à corridas e detritos e inundações. Em (c) apenas um cenário no mapa de vulnerabilidade à inundação e em (e) no mapa dos deslizamentos rasos. Fonte: Kappes et al. (2012).	43

Figura 15: Representação das etapas do PTVA aplicadas no município de Caraguatatuba. Modificado de PTVA.....	44
Figura 16: Bacia do rio Guaxinduba com destaque para a concentração de depósitos mapeados em Cruz (1974) Fonte: Dias (2014).....	45
Figura 17: Blocos com diferentes espessuras imbricados ao longo da área de estudo. Foto: Bianca C. Vieira (2012)	46
Figura 18: Mensuração dos blocos de corridas de detritos na bacia do rio Guaxinduba, Caraguatatuba. Foto: Vivian Dias (2013).	46
Figura 19: Mapeamento de classificação dos depósitos das corridas de 1967. Fonte: Dias (2014)	47
Figura 20: Mapa de Uso e Ocupação do solo a partir da imagem THEOS (<i>Thailand Earth Observation Satellite</i>). Destaca-se área de mapeamento das construções.....	48
Figura 21: Vias públicas selecionadas para o mapeamento das construções. Fonte: Levantamento Aerofotogramétrico em escala 1:25.000 (2010-2011) Emplasa (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A) (contrato de licença de uso CLU Nº 049/14).	49
Figura 22: Destaca-se casas em construção próximas e sobre blocos de corridas anteriores. Em (A) o bloco de grande dimensão encontra-se muito próximo a casa inacabada na Alameda dos Castanheiros. Em (B) e (C) verifica-se a construção da casa sobre blocos, frente e fundos respectivamente, na Estrada do Guaxinduba. Foto: Luzia Matos (2013).	51
Figura 23: Observa-se alguns dos critérios de vulnerabilidade selecionados no entorno das construções mapeadas: Em (A) verifica-se a proximidade da área construída com o rio principal (Guaxinduba). Em (B) a presença de terrenos baldios entre as construções. Em (C) e (D), respectivamente, a presença da ponte e uma barragem desativada potencializam um cenário perigoso no caso de deflagração de corridas de detritos. Foto: Vivian Dias (2013).	52
Figura 24: Destaca-se em (A) casa com portas e janelas grandes, envolvida por muros baixos. Em (B) nota-se construção sem muros de proteção e em (C) a presença de muros baixos, ambas com blocos próximos a área construída (Estrada do Cantagalo). Fotos: Luzia Matos (2014).....	54
Figura 25: Variação da vulnerabilidade final das construções. Fonte: Autora.....	60
Figura 26: Distribuição da vulnerabilidade por critérios. Fonte: Luzia Matos (2014).	62
Figura 27: Mapa da vulnerabilidade dos elementos de risco às corridas de detritos na bacia do Guaxinduba – Caraguatatuba (SP) com 7,9% de vulnerabilidade alta, 68,4% média e 23,7% baixa. Fonte: Autora.....	63.
Figura 28: Mapa da porção norte da bacia do Guaxinduba ressaltando as vulnerabilidades elevadas. Destaca-se a localização de algumas das construções mapeadas com alta vulnerabilidade. A vulnerabilidade das construções em destaque chegou a 83% na Estrada do Guaxinduba Fonte: Luzia Matos (2014).....	64.
Figura 29: Observa-se a falta de muros altos envolvendo a construção; o entorno do terreno descampado; a configuração de apenas um andar na residência, além da presença de blocos com variação no tamanho de grandes a muito grandes (Classe 3). Fonte: Vivian Dias (2013)	65
Figura 30: Residência sem muros, com apenas um andar, entorno da construção descampado, além da presença de blocos com variação no tamanho de grandes a muito grandes (Classe 3). Fonte: Luzia Matos (2014)	65

Figura 31: Residência com ausência de muros, apenas um andar, próxima a blocos grandes e muito grandes (classe 3), além do terreno descampado que a cerca. Fonte: Luzia Matos (2014).....	66.
Figura 32: Residência construída sobre blocos das classes 2 e 3 variando entre médios a muito grandes, apenas um andar, além do terreno descampado que a cerca e ausência de muros altos. Fonte: Luzia Matos (2014).....	66.
Figura 33: Porção central da bacia mapeada ressaltando as vulnerabilidades elevadas. Destaca-se as construções com vulnerabilidade alta (83%) localizadas na Alameda dos Castanheiros. Fonte: Luzia Matos (2014).....	67.
Figura 34: Residência na Alameda dos Castanheiros cercada por blocos de dimensão que varia entre grande e muito grandes (Classe 3). Além disso, nota-se a ausência de muro alto envolvendo toda a construção e configuração de apenas um andar.....	68.
Figura 35: Entorno da residência na Alameda dos Castanheiros. Nota-se um entorno descampado e preenchido por blocos grandes e muito grandes.....	68.
Figura 36: Residência na Alameda dos Castanheiros com janelas grandes, ausência de muros altos e entorno cercado por blocos que variam de grandes a muito grandes (Classe 3) Fonte: Luzia Matos.....	69.
Figura 37: Entorno da residência na Alameda dos Castanheiros. Nota-se um entorno descampado e preenchido por blocos grandes e muito grandes (Classe 3).....	69.
Figura 38: Enfoque da frente da construção residencial apresentando critérios de elevação da vulnerabilidade como: a configuração de apenas um andar, além da presença de blocos com variação no tamanho de médios a grandes (Classe 2). Fonte: Luzia Matos (2014)	
Figura 39: Enfoque dos fundos da residência observada na figura 38 para observação de outros critérios que elevaram sua vulnerabilidade. Trata-se da ausência de muros altos envolvendo toda a construção; o entorno do terreno baldio, além da observação de blocos da classe e (médios a grandes). Fonte: Luzia Matos (2014).	71
Figura 40: Residência com apenas um andar, próxima a blocos que variam de pequenos a médios (classe 1) e ausência de muros altos envolvendo a construção. Fonte: Luzia Matos (2014).....	71.
Figura 41: Distribuidora de bebidas com menor vulnerabilidade alcançada em todo mapeamento. Nelas observa-se mais de um andar, janelas e portas pequenas, além da extensão das paredes externas envolvendo toda a construção, funcionando como muros. Fonte: Luzia Matos.....	72.
Figura 42: Observa-se o entornos das construções mapeadas, permeado de blocos pertencentes à classe 1. Fonte: Luzia Matos (2014).....	73.
Figura 43: Residência de um andar cercada por vasta área descampada. Observa-se ainda bloco grande no interior da área construída e muros que não cobrem a construção como um todo. Fonte: Luzia Matos (2014).....	73
Figura 44: Destaca-se a localização das construções com alta vulnerabilidade às corridas de detritos em zonas de baixo perigo na Bacia de Barcelonnetti – França. Em (a) verifica-se a vulnerabilidade às corridas de detritos para os tomadores de decisão. Em (b) descreve-se a vulnerabilidade às corridas de detritos para os agentes de emergência. Fonte: Kappes et al. (2012).....	75.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos Movimentos de Massa	11
Tabela 2: Classificações dos movimentos de massa.	12
Tabela 3: Compilação de dados a partir de: Jornais e revistas diversas; Defesa Civil estadual (SP); Gramani (2001); Gramani e Kanji (2001); Kanji et al (2008); Gramani e Mirandola (2014) e Santoro (2014). (*) Trabalhos que se referem às perdas e aos danos.	16
Tabela 4: Desenvolvimento da corrida de detritos de 1967 em Caraguatatuba.	23
Tabela 5: Identificação dos parâmetros que contribuem para a classificação da vulnerabilidade das construções e população.	30
Tabela 6: Critérios de vulnerabilidade e atribuição de pesos	32
Tabela 7: Sistematização dos parâmetros de vulnerabilidade	35
Tabela 8: Padronização da contagem.	36
Tabela 9: Indicadores da vulnerabilidade das construções para os eventos de tsunamis e deslizamentos conforme atributos selecionados em Papathoma e Dominey-Howes (2003) e Papathoma-Köhle et al. (2007) por Kappes <i>et al.</i> (2012).	38
Tabela 10: Diferentes graus de Importância dos Indicadores de vulnerabilidade para cada evento perigoso na região dos alpes. O tom de azul mais escuro qualifica maior importância; azul escuro: importância média; azul claro: baixa importância e branco: nenhuma importância.	40
Tabela 11: Critérios que podem afetar a vulnerabilidade das construções a partir do mapa de classificação dos depósitos de corridas.	50
Tabela 12: Seleção dos critérios que afetam a vulnerabilidade das construções, a partir de seu entorno. ...	52
Tabela 13: Seleção dos critérios que afetam a vulnerabilidade a partir das características das construções.	53
Tabela 14: Seleção final dos critérios que afetam a vulnerabilidade	55
Tabela 15: Padronização da contagem dos critérios com base em Voogd (1983) e nas aplicações em Papathoma et al (2003); Papathoma and Dominey Howes (2003); Papathoma Kohle <i>et al.</i> (2007).	56
Tabela 16: Atribuição de pesos aos critérios selecionados	57
Tabela 17: Vulnerabilidade final das construções mapeadas. Fonte: Luzia Matos (2014)	58
Tabela 18: Descrição e número de critérios mapeados. Fonte: Luzia Matos (2014)	61

Sumário

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO	1
2. SUSCETIBILIDADE, PERIGO, VULNERABILIDADE E RISCO	5
3 CORRIDAS DE DETRITOS.....	10
3.1 Classificações, Conceitos e fatores condicionantes.....	10
3.2 Corridas de Detritos no Brasil.....	14
4. CATÁSTROFE DE 1967 NO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA.	19
5 ÁREA DE ESTUDO.....	26
6. PTVA (<i>Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment</i>): MÉTODO BASE.....	29
7 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
7.1 Classificação dos depósitos de corridas de detritos	44
7.2 Critérios que afetam a vulnerabilidade das construções e sistematização de banco de dados	50
7.3 Avaliação Multicriterial.....	55
8 RESULTADOS.....	58
9 DISCUSSÕES.....	74
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
12 ANEXOS.....	87

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Os desastres naturais e suas consequências para a população mundial vêm tomando cada vez mais espaço nas pautas de trabalho de órgãos ou de programas de governo em todo o mundo com o intuito de reduzir o número de vítimas e as perdas socioeconômicas (VALDÉS, 2006). Nesse sentido, LAVELL (2003) projeta perdas por desastres naturais de 300 bilhões de dólares com a média de 100 mil vítimas por ano para 2050. As avaliações de risco no mundo ressaltam que desde o ano 2000 as mortes relacionadas aos perigos naturais excederam-se em 1,1 milhão de dólares com mais de 2,7 bilhões de pessoas afetadas e impacto econômico da última década em 1,3 trilhão de perdas por desastres (ONU/ISDR, 2012).

Nos países em desenvolvimento o número de pessoas que ocupa áreas de risco cresce de 70 a 80 milhões anualmente (ONU, 2005). Entende-se por risco a interação entre o potencial de perdas e danos socioeconômicos ou de vidas (vulnerabilidade) e a suscetibilidade da área ocupada (ZUQUETE et al.1990; CERRI, 1993; AUBRECHT et al.2013). Ressalta-se, assim, que a definição de vulnerabilidade consiste no potencial de perdas e danos dos elementos expostos ao risco (ROCHA, 2005; BIRKMANN, 2006b), assim como a suscetibilidade configura-se como o grau de exposição da área a formação de um ambiente perigoso no qual os fenômenos geológicos ou ambientais se deflagram (AUBRECHT et al.2013).

O intenso processo de urbanização, vem aumentando a exposição das sociedades aos perigos naturais (ONU/ISDR, 2012 p. 04), sobretudo no caso dos países em desenvolvimento. O terremoto no Haiti em 2010, por exemplo, excedeu 120% o valor de seu PIB (ONU/ISDR, 2012). Contudo, mecanismos de previsão e monitoramento vêm auxiliando na redução de riscos dos países na medida em que identificam e projetam modelos de visualização dos eventos futuros, mobilizando as sociedades em medidas que envolvem educação, recursos técnicos e institucionais no auxílio aos tomadores de decisão na gestão de risco (ONU/ISDR, 2012).

No Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) criou o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) com o objetivo de desenvolver e aprimorar sistemas de previsão a ocorrência de desastres naturais em todo o território nacional. Neste sentido, desde 2010 o estado de São Paulo conta com o auxílio do SÍDEC (Sistema Integrado de Defesa Civil) definido como um

banco de dados eletrônico que converge as informações trazidas pela Defesa Civil, analisando-as e encaminhando um pré-diagnóstico de cada situação para os tomadores de decisão otimizando sua ação.

Dentre os processos que mais provocam vítimas fatais no Brasil destacam-se os escorregamentos translacionais, que são mais frequentes na paisagem das regiões Sul e Sudeste do Brasil, (ex: estados de Santa Catarina, Rio de Janeiro e São Paulo), possuem superfícies com a forma planar, as quais são, em geral, condicionadas pela presença de estruturas geológicas (ex. acamamentos, fraturas etc.), depósitos de encostas, contatos entre solo e rocha e entre horizontes do solo etc. São tipicamente deflagrados em encostas mais íngremes e com presença de solos rasos. O plano de ruptura encontra-se em profundidades que variam de 1,0 a 4,0 metros, normalmente, com comprimento proporcional à profundidade (SELBY, 1993).

Uma segunda classe de movimentos de massa, as corridas de detritos, também merece destaque em algumas paisagens brasileiras (**Figura 1**). As corridas são movimentos rápidos nos quais os materiais se comportam como fluídos altamente viscosos e, conforme o tipo predominante de material podem ser classificadas como corridas de lama, de terra ou de detritos (GUIDICINI e NIEBLE, 1976; SELBY, 1993). Embora sejam, generalizadamente, mais catastróficas, são ocorrências menos frequentes na paisagem brasileira, uma vez que estão associadas a chuvas intensas com elevados períodos de recorrência (AUGUSTO FILHO, 1993).

Figura 1: O gráfico mostra os principais casos das Corridas de Detritos registradas no Brasil entre 1948 e 2014. Em (A) Destaca-se a deposição e a dimensão dos blocos durante corrida de detritos na Bacia do Quitite em 1996 – Jacarepaguá (RJ). Em (B) nota-se percurso da corrida na Bacia do rio Vieira em 2011 ocasionando danos e perdas ao longo do trajeto – Teresópolis (RJ). Fonte gráfico: Modificado de Gramani (2001). Fotos: Bianca C. Vieira

Embora os deslizamentos e seus processos correlatos correspondam historicamente aos acidentes geológicos com maior número de vítimas fatais no Brasil (CERRI e AMARAL, 1998), são escassos os mapeamentos de risco associados às corridas de detritos. Os procedimentos metodológicos que visam avaliar a suscetibilidade, a vulnerabilidade ou o risco na produção de mapas, ainda são pouco aplicados quando se trata das corridas de detritos. No Brasil, pesquisas voltadas para análises de risco, abarcam, sobretudo aos processos de erosão, inundações e escorregamentos. Seus mapeamentos vêm sendo aplicados com sucesso em diferentes paisagens brasileiras pelo método desenvolvido pelo Ministério das Cidades e IPT (2007). A produção dos mapeamentos voltados às avaliações de vulnerabilidade, à corridas de detritos, entretanto, são escassas. Apesar de sua importância no cenário de riscos ambientais, contribuindo com os esforços de redução de risco, este ainda é um campo que recebe pouca atenção, embora as análises de vulnerabilidade venham crescendo a partir das últimas décadas (KAPPES et al. 2012). Mesmo assim, muitos dos estudos de vulnerabilidade têm foco na dinâmica e desenvolvimento do evento perigoso, e não na área, nas comunidades ou nas estruturas de serviços atingidos (KAPPES et al. 2012). No Brasil, as ocorrências dos eventos perigosos, bem como os elevados registros de perdas e dos danos nos elementos de risco, demonstram a necessidade de instrumentos que viabilizem a identificação dos níveis de vulnerabilidade destes elementos, possibilitando sua redução com ações preventivas. Assim, o *presente estudo busca avaliar a vulnerabilidade das construções à corridas de detritos na bacia do rio Guaxinduba - município de Caraguatatuba – SP.*

2. SUSCETIBILIDADE, PERIGO, VULNERABILIDADE E RISCO

Define-se por suscetibilidade a exposição de uma área em relação a um fenômeno geológico ou ambiental (CERRI e AMARAL, 1998); indica, portanto uma condição de potencialidade para que os processos naturais e/ou induzidos possam acontecer sem que, entretanto, sejam necessariamente deflagrados. A correlação entre a suscetibilidade de uma área com agentes dinâmicos como a pluviosidade estabelece a formação de uma situação de perigo. Dessa forma, Aubrecht et al.(2013) classifica como perigo os processos e situações que tem o potencial de iniciar indesejáveis estados da realidade (AUBRECHT, 2013 p. 1206). Diante deste dinamismo, a pesquisa observa duas importantes variações neste conceito. A primeira ressalta o processo físico ou a atividade potencialmente danosa; a segunda refere-se a condição de ameaça indicada pelas probabilidades tanto de (re) ocorrência quanto das magnitudes (AUBRECHT, 2013 p. 1206).

A aplicação do conceito de suscetibilidade em trabalhos científicos volta-se, sobretudo à previsão e análise da dinâmica dos movimentos de massa, compreende ampla abordagem metodológica em ambientes de SIG, a exemplo dos mapas de inventários, dos métodos heurísticos (ex. mapas geomorfológicos e combinação de mapas qualitativos), do uso de ferramentas estatísticas e na utilização dos modelos determinísticos (BERTAGNA, 1999; GOMES, 2003; LOPES, 2006).

Em Bertagna (1999) foi utilizada a abordagem de combinação linear ponderada (método heurístico) na elaboração de uma carta de suscetibilidade a escorregamentos na bacia do rio Perequê, município de Cubatão na Serra do Mar – SP. O cruzamento dos pesos das variáveis de análise (declividade, vegetação, etc.) geraram diferentes classes de suscetibilidade. Em Gomes (2003) destacou-se um método que combinasse modelos matemáticos de predição de escorregamentos (modelo Shalstab) e de corridas de massa (modelo FLOW-2D) para determinar as áreas mais suscetíveis à ocorrência destes fenômenos nos maciços litorâneos do município do Rio de Janeiro. O estudo de Lopes (2006) desenvolveu-se em bacias da Serra do mar paulista, com o objetivo principal de usar um sistema de modelagem espacial dinâmico, baseado em estruturas matriciais adaptativas, cuja finalidade simulou escorregamentos com potencial de progredir para corridas de lama e detritos, gerando assim, diferentes cenários em função da deflagração por eventos pluviométricos.

Nos trabalhos voltados as análises de perigo, observa-se forte integração entre este conceito com o de vulnerabilidade. Em Holub e Hubl (2008), por exemplo, discute-se o aumento das ocupações em áreas suscetíveis aos movimentos de massa nas regiões montanhosas da Europa como fator que potencializa uma situação de perigo, aumentando consequentemente a vulnerabilidade. Assim, a partir das análises de perigo da área apresenta-se estratégias integradas de gerenciamento de risco para sua avaliação com o objetivo de reduzir a vulnerabilidade (HOLUB AND HÜBL, 2008). Para Aubrecht et al.(2013) uma situação de perigo latente a algum evento perigoso específico traz consigo a necessidade de considerar as características dos elementos de risco expostos, como a população e suas estruturas inerentes a vulnerabilidade em áreas potencialmente afetadas.

Neste sentido, estudos voltados à vulnerabilidade, vêm sendo desenvolvidos por diferentes abordagens científicas, ao longo dos anos. Durante a década de 1980 as ciências sociais, pioneiras neste processo, deu lugar a vasta produção científica desenvolvida pelas ciências naturais (CARDONA, 2004). Contudo, diante da ampla gama de abordagens acerca da vulnerabilidade por diferentes áreas do conhecimento (FUCHS, 2009), esses estudos vêm dividindo cada vez mais espaço com pesquisas de abordagem multidisciplinar e integrativa (CARDONA, 2004), ampliando seu debate teórico, metodológico e conceitual.

No âmbito das ciências naturais, a vulnerabilidade é compreendida como vulnerabilidade física ou estrutural, essencialmente relacionada ao grau de exposição e fragilidade dos elementos de risco atingidos pelo fenômeno (CARDONA, 2004). Dessa forma, sua fundamentação teórica baseia-se, sobretudo, em teorias de análise probabilísticas com metodologias que comumente avaliam o evento perigoso a partir de sua magnitude e frequência (FUCHS et al. 2007; FUCHS, 2009). Para tanto, se utilizam de equações de risco que são reconhecidas por quantificarem a probabilidade da formação de um cenário perigoso relacionando-o com as consequências apresentadas nos elementos de risco (AUBRECHT et al. 2013 p. 1206). Assim a vulnerabilidade expressará os danos e perdas conforme a intensidade e magnitude do evento natural perigoso.

Em Birkmann (2006b) e Kappes et al. (2012), o conceito de vulnerabilidade é compreendido de forma mais integrada descrevendo o nível de resistência do elemento de risco ao impacto dos eventos de perigo, antes mesmo que eles ocorram. Dessa forma, as perspectivas de análise das diferentes ciências acerca dos riscos (natural e ambiental) e vulnerabilidade (Física ou Técnica e Social) revelam a complexidade do tema e desafio científico na contribuição efetiva com os esforços mundiais para redução de risco. Assim,

proposições e análises que habilitem uma leitura realística das relações e agentes que compõem o cenário de risco, identificando sua capacidade de se adaptar e reagir quando atingidos por eventos perigosos são imprescindíveis (AUBRECHT et al. 2013). Diante dessa realidade, ressalta-se a contribuição de recentes pesquisas de caráter integrativo como BIRKMANN (2006a); BIRKMANN (2007); FUCHS (2009).

Em Birkmann (2006a) apresentou-se condições para desenvolver uma sociedade mais resiliente aos desastres a partir da mensuração da vulnerabilidade, expondo para tanto, um amplo quadro de definições que envolveram diferentes abordagens de análise do conceito de vulnerabilidade. Em Birkmann (2007) selecionou-se os índices e indicadores para mensurar a vulnerabilidade e o risco a eventos perigosos naturais, verificando sua aplicabilidade, utilidade e implicações políticas (BIRKMANN, 2007). Nestas duas pesquisas esclarece-se que o conceito de vulnerabilidade é impreciso, o que dificulta sua mensuração em indicadores e que segundo (Birkmann, 2007 p. 20) permite que muitas áreas de conhecimento desenvolvam sua própria definição e análise. Fuchs (2009) buscou em uma revisão conceitual e abordagem integrativa acerca da vulnerabilidade, ilustrar o cenário de risco na região das cadeias montanhosas da Europa (Áustria) com alta densidade populacional. Assim, descreveu-se questões chave da vulnerabilidade a partir do *Vulnerability – of – place Criterion* (FUCHS, 2009 p. 337), que analisa o risco a partir de uma interação ambiental em cenário perigoso.

Com base em Birkmann (2006a; 2007), ressalta-se o valor da abordagem do conceito de vulnerabilidade descrito em indicadores, pois que dessa forma descrevem as possíveis perdas e danos nos elementos de risco atingidos identificando e mensurando seus níveis de vulnerabilidade em relação a toda a capacidade de perda e de dano de um elemento de risco, antes mesmo que ele seja atingido por eventos naturais perigosos. A aplicação dessa abordagem conceitual gera resultados que esclarecem o *potencial total de dano* a que cada elemento de risco está sujeito. Neste íterim, observa-se que a aplicação do conceito de vulnerabilidade de Varnes (1984), amplamente utilizado nas ciências naturais, prioriza, sobretudo, as consequências finais dos danos e perdas provenientes do impacto entre evento perigoso e elementos de risco em um ambiente ocupado e suscetível a um evento perigoso natural (KAPPES et al. 2012). Os resultados dessa abordagem destacam o *valor do dano* com o grau de perda para cada elemento de risco depois de atingidos por processos naturais perigosos com mensuração que vai de 0 (menor) a 1 (maior) graus.

De modo geral, seguem alguns estudos voltados à vulnerabilidade no contexto da redução de risco (Fuchs et al.2007 e Wen-Chon Lo et al.2012). Em Fuchs et al. (2007) estabeleceu-se a vulnerabilidade dos elementos de risco, em função da intensidade das corridas de detritos em uma região montanhosa da Áustria em 1997. Sua pesquisa buscou quantificar a vulnerabilidade aplicada às construções localizadas nas baixadas de uma torrente já que, segundo os autores, faltam estudos que avaliem a vulnerabilidade numa abordagem quantitativa. Em Wen-Chon Lo et al. (2012) propôs-se um estudo que estabelecesse o processo de construção da vulnerabilidade, estimando seus danos nos elementos de risco, após serem atingidos por uma corrida de detritos. Seus parâmetros de análise foram o material construtivo e valor das construções incluindo a mobília, em dez vilarejos selecionados de Taiwan. Os resultados demonstraram que devido ao alto valor das construções estudadas, sua perda resultante derivou em vulnerabilidade mais alta em comparação com estudos nas cadeias montanhosas da Europa. Segundo os autores, este resultado diz respeito, particularmente, à alta-frequência das corridas de detritos mesmo com baixas magnitudes. Ressalta-se ainda que este método de construção da vulnerabilidade é aplicável, principalmente quando o evento perigoso não foi bem documentado, já que se desenvolve sem as análises de volume ou viscosidade da corrida (WEN – CHON LO et al.2012).

Com base nos conceitos descritos (susceptibilidade, perigo e vulnerabilidade) ressalta-se o Risco como produto dessa articulação no contexto dos movimentos de massa e suas consequências nos ambientes natural, econômico e social (**Figura 2**). Assim, o risco pode ser definido como a probabilidade combinada entre os parâmetros de perigo e vulnerabilidade (AUGUSTO FILHO, 1992; MACEDO et al. 2004; ROCHA, 2005), ocasionando, necessariamente diferentes valores e quantidades de dano.

Acerca das pesquisas voltadas para as análises de risco, ressalta-se o método do Ministério das Cidades e IPT (2007) que vem sendo utilizado com sucesso em diferentes paisagens brasileiras. Este método possibilita o diagnóstico de risco, isto é, o mapeamento de risco para a obtenção de informações como, avaliação e classificação de risco, com a sistematização destas informações por meio da Setorização. No Brasil este método foi adotado pelo Ministério das Cidades na realização dos Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR). No estado de São Paulo este tipo de mapeamento já foi realizado em diferentes municípios e regiões, por: MACEDO et al.(2004); PIMENTEL (2010); MACEDO et al.(2011); FARIA (2011) e LISTO (2011). Em MACEDO et al.(2004), a pesquisa possibilitou a avaliação de risco por setor nas subprefeituras do Butantã, zona sul de São

Paulo. PIMENTEL (2010) e LISTO (2011) aplicaram o método na sub-bacia do Limoeiro, afluente do alto Aricanduva (SP) e produziram mapas de risco a processos morfodinâmicos como escorregamentos e inundações. PIMENTEL (2010) avaliou as áreas de risco à inundação potencial e iminente aos processos morfodinâmicos da sub-bacia, permitindo a visualização de pressões antropogênicas em áreas naturalmente suscetíveis. O mapeamento desenvolvido por LISTO (2011) analisou o grau de suscetibilidade e risco a escorregamentos translacionais rasos, Alto Aricanduva, RMSP (SP). Para tanto, considerou o uso do Modelo Shalstab (modelo matemático para predição de escorregamentos) em áreas urbanas.

Figura 2: Esquema demonstrativo da relação entre os conceitos que compõem a avaliação de risco. Fonte: Compilação de dados em: Aubrecht *et al.*(2013). Organização: Luzia Matos (2014).

Destaca-se ainda, importantes pesquisas de proposições metodológicas para as análises de risco (FARIA, 2011 e TOMINAGA, 2007). Na primeira, aplicou-se o método do Ministério das Cidades e IPT (2007) em assentamentos precários no município de São Sebastião, associado ao Processo de Análise Hierárquica (AHP) com o objetivo de melhorar a precisão destes mapeamentos aumentando a abordagem quantitativa no método. Neste sentido, Tominaga (2007) avaliou os métodos empregados em análises de risco a escorregamentos e aplicou uma proposta metodológica de avaliação de risco a escorregamentos no município de Ubatuba, área experimental de estudo, com técnicas de avaliação do terreno envolvendo fatores geoambientais.

3 CORRIDAS DE DETRITOS

As corridas de detritos configuram-se como um tipo de movimento de massa que quando deflagrado em áreas urbanas resulta em valores exorbitantes de perdas e danos diretos ou indiretos. Desse modo, sua compreensão conceitual, de seus fatores condicionantes, ou ainda, dos ambientes de recorrência histórica colaboram com a gestão e criação de medidas de redução do risco.

3.1 Classificações, Conceitos e fatores condicionantes.

Os movimentos de massa são bastante complexos, pois envolvem diferentes processos e dinâmicas em sua formação e desenvolvimento, necessitando, dessa maneira, de classificações que organizem um pouco da complexidade que os abrange sistematizando-os. Neste ínterim destacam-se as classificações de Sharpe, (1938); Hutchinson (1988) e Varnes (1958, 1978). Em Sharpe (1938) apresenta-se classificação norteadas pelo transporte (glacial e fluvial) e mobilidade gradual da massa definidas desde movimentos imperceptíveis a rápidos. A classificação de Hutchinson (1988) consiste na mais complexa já que abarca tanto a morfologia quanto o mecanismo da massa e sua velocidade (SELBY, 1993). Sua classificação considera oito etapas de desenvolvimento organizadas desde o ambiente no qual o processo se inicia (vales erodidos, escavações antrópicas, etc.) até as complexas inclinações que caracterizam os movimentos da massa como a queda de blocos (SELBY, 1993 p. 252). As classificações de Varnes (1958 e 1978) baseiam-se, sobretudo, no tipo de movimento das massas, e nos materiais envolvidos. No caso da classificação de 1958 os movimentos das massas caracterizam-se em quedas, escorregamentos e fluxos envolvendo materiais que vão desde solo, blocos rochosos até detritos (SELBY, 1993 p. 250). Na classificação de 1978 os movimentos passam a cinco tipos: quedas, tombamentos, escorregamentos, fluxos e expansões laterais da massa pela área atingida (SIDLE et al.1985 p. 10) (**Tabela 1**). A presente pesquisa baseia-se na classificação de Varnes (1978) que por sua vez caracteriza-se, juntamente com a classificação de 1958 como as utilizadas no mundo (GRAMANI, 2001).

Tabela 1: Classificação dos Movimentos de Massa

Tipo de Movimento			Tipo de Material		
			Rocha	Solo (engenharia)	
				Grosseiro	Fino
Quedas (“fall”)			de rocha	de detritos	de terra
Tombamentos (“topples”)			de Rocha	de detritos	de terra
Escorregamentos (“slides”)	Rotacionais	poucas unidades	abatimento de rocha	abatimento de detritos	Abatimento de terra
	Translacionais	muitas unidades	de blocos rochosos	de blocos de detritos	de blocos de terra
			de rocha	dedetritos	de terra
Expansões Laterais			de rocha	de detritos	de terra
Corridas/Escoamentos (*) (“flows”)			de rocha (rastejo profundo)	de detritos	de terra
			(rastejo de solo)		
Complexos: combinação de 2 ou mais tipos de movimento, ação de vários agentes (simultâneos ou sucessivos)					
(*) – o autor subdivide os diferentes tipos de corridas de acordo com a velocidade e conteúdo de água dos materiais					

Fonte: Varnes (1978) modificada por Gramani (2001).

Com base nas classificações de Varnes (1958, 1978) Augusto Filho (1992) em estudos realizados na serra do mar, sudeste brasileiro, as sistematiza de acordo com as principais características dos movimentos nas encostas, classificando-os em “rastejos”, “deslizamentos”, “quedas”, e “corridas” (**Tabela 2**). A classificação das corridas por Augusto Filho (1992) contempla os termos “corridas de detritos” e “corridas de lama”, indicando, assim como Varnes (1958 e 1978) a transição no processo, com a alteração na composição do material (da massa) envolvido.

Tabela 2: Classificações dos movimentos de massa.

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO, MATERIAL E GEOMETRIA
Rastejo ou <i>creep</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vários planos de deslocamento (internos) • Velocidades muito baixas a baixas e decrescentes com a profundidade • Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes • Material constituinte: solo, depósitos, rocha alterada ou fraturada • Geometria indefinida
Escorregamentos ou <i>slides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Poucos planos de deslocamento (externos) • Velocidades médias a altas • Pequenos a grandes volumes de material • Geometria e material variável • Tipos: <ul style="list-style-type: none"> • Planares ou translacionais: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; • Circulares ou rotacionais: solos espessos, homogêneos e rochas muito fraturadas; • Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas ou <i>falls</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sem planos de deslocamento • Movimentos do tipo queda livre ou em plano inclinado • Velocidades muito altas • Material rochoso • Pequenos a médios volumes • Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. • Rolamento de matacão e tombamento
Corridas ou <i>flows</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) • Movimento semelhante ao de um líquido viscoso • Desenvolvimento ao longo das drenagens

Fonte: Augusto Filho (1992)

Com relação aos diferentes processos dos movimentos gravitacionais de massa, as corridas de detritos revelam-se como os mais expressivos, já que mobilizam alto volume de material podendo alcançar grandes distancias e ocasionando danos com altas magnitudes (AUGUSTO FILHO, 1993; IPT, 2002). Sua movimentação se dá na forma de um escoamento viscoso, envolvendo um fluido, composto por uma mistura de rochas e solo (blocos de rochas, cascalhos, areia e outros sedimentos com granulação de partículas variadas), material lenhoso (galhos e troncos de árvores) e densas quantidades de água (STINY, 1997).

Neste sentido, as corridas de detritos caracterizam-se em escoamentos rápidos de água e materiais sólidos de diversos tamanhos e constituições, que demandam elevadas energias e apenas ocorrem em condições excepcionais, em que o fluxo de água e/ou de materiais sólidos é suficientemente elevado para produzi-las (WOLLE e CARVALHO, 1994).

O início das corridas de detritos caracteriza-se por seu elevado impulso erosivo possibilitando alta força de impacto ao longo de seu percurso; em sua fase posterior, desaceleração, seu fluxo inunda e cobre as planícies aluviais com grande volume de material com espessuras variadas (IPT, 2002). O percurso das corridas se desenvolve ao longo de drenagens em vales encaixados nas encostas até que, ao atingir vales mais abertos ou planícies, com declividades mais baixas, ocorre um espriamento e a deposição de material, cessando a corrida (STINY, 1997). Assim, as planícies aluviais, onde muitos depósitos se acomodam, configuram-se como áreas historicamente importantes para os estudos voltados a busca de registros das corridas de detritos. Neste contexto, Weinmeister (2007) ressalta que o acompanhamento da evolução histórica da área suscetível a processos gravitacionais complexos é tão importante quanto a dos compartimentos que as formam. O autor destaca que os registros das corridas de detritos, por exemplo, se dão a partir de sua frequência e magnitude na paisagem ao longo do tempo (escala de tempo geológico). Dessa forma, Weinmeister (2007) afirma que a compreensão de sua dimensão espaço-temporal possibilita maiores chances na proposição das medidas de redução da intensidade do evento nas áreas atingidas. Além de Weinmeister (2007), Marchi e Tecca (2006) observam a importância do conhecimento acerca de eventos passados para avaliações de perigo a corridas de detritos futuras.

Atualmente, verifica-se significativa produção bibliográfica internacional voltada aos estudos das corridas de detritos em pesquisas que enfocam seus mecanismos de previsão e desenvolvimento, além das avaliações de risco. Alguns destes trabalhos são: Chen et al.(2010) e Stoffel (2010); Marchi e Tecca (2006); Weinmester (2007); Conway et al.(2010); Jakob (2005); Kappes et al.(2011); Ding et al.(2012) e Wen-Chun-Lo et al.(2012).

Em Chen et al.(2010) desenvolveu-se pesquisas experimentais na China buscando identificar o papel da quantidade de argila na deflagração das corridas de detritos em massa pedológica cascalhenta. Em Stoffel (2010) classificou-se as corridas de detritos, por meio dos 62 registros, envolvendo sua frequência e magnitude nos Alpes suíços. A frequência foi reconstituída a partir dos registros em anéis das árvores atingidas, já a magnitude por meio da classificação de tamanho dos depósitos com base, sobretudo no volume das corridas.

Dos trabalhos que enfocam as corridas de detritos no contexto da avaliação de riscos ressalta-se que em Conway et al.(2010), que buscaram melhorar a avaliação de risco causada pelas corridas de detritos no noroeste da Islândia onde a frequência e magnitude deste evento é alta com volume estimado em 14000m³. Para tanto, foram produzidos *mapas isopachs* com

o uso do altímetro aerotransportado (LIDAR) e Global Positioning System (GPS). Assim, foi possível embasar um modelo empírico capaz de calcular todo o percurso e espessura das corridas de detritos. Para os autores, o valor deste modelo reside em sua simplicidade, já que não utiliza os parâmetros de viscosidade e velocidade na compreensão do fluxo dos detritos, comumente utilizados em pesquisas envolvendo este processo. Jakob (2005) identificou o volume das corridas de detritos, sua vazão e a extensão da área inundada pela aplicação do método *10-Fold classification for debris flow size*. Dessa forma, as características dos detritos e sua movimentação geraram diferentes classes de perigo contribuindo com os estudos de escala regional.

3.2 Corridas de Detritos no Brasil

Os ambientes suscetíveis à deflagração das corridas de detritos estão necessariamente, associados às condições climáticas e morfológicas nas redes de drenagem de bacias hidrográficas específicas (AUGUSTO FILHO, 1993; GRAMANI e MIRANDOLA, 2014). Nesse sentido, ressaltam-se suas chances de ocorrência em grande parte do território brasileiro, sobretudo na Serra do Mar, sudeste do Brasil (Tabela 3), que caracteriza-se por seus vastos depósitos coluvionares, predomínio do clima tropical úmido, e inclinações das vertentes com média acima de 25° (CRUZ, 1974; WOLLE e CARVALHO, 1994; GRAMANI, 2001). Assim, conforme aponta Meis e Silva (1968) os trópicos úmidos são considerados como uma das regiões onde as encostas estão mais intensamente sujeitas aos movimentos de massa e são frequentemente recobertas por depósitos coluvionares que testemunham antigos movimentos de massa.

Das corridas de detritos registradas na **Tabela 3** observa-se ampla ocorrência na Serra do Mar, além das diferenças na dimensão das perdas socioeconômicas. Os eventos em Caraguatatuba e Serra das Araras em 1967, Cubatão nas décadas de 1970 e 1990, no Vale do Itajaí em 2008 (Santa Catarina) e em Teresópolis (Rio de Janeiro) em 2011 (**Figura 3**) mostram alguns dos maiores desastres ocorridos. Neste sentido, ressalta-se que muitos dos valores registrados avaliaram os danos e perdas apenas durante o primeiro ano da ocorrência do evento natural perigoso conforme relatórios de risco, jornais diversos, e divulgações nos sites das Defesas Cíveis estaduais. Aproximam-se mais da realidade os valores de perdas e danos documentados ao longo do tempo, identificando também a capacidade de recuperação da comunidade atingida (BIRKMANN, 2006b).

Acerca das pesquisas voltadas às corridas de detritos no Brasil, destacam-se os estudos de Augusto Filho (1993), Gramani (2001) e Kanji et al (2003, 2008). Em Augusto Filho (1993) buscou-se identificar o potencial das bacias hidrográficas no município de Ubatuba (SP) para geração das corridas de detritos, determinando também o raio de alcance destes processos. Kanji et al (2003) avaliaram a gênese, as características e os mecanismos das corridas de detritos em áreas sob a condição dos solos residuais. Suas análises envolveram as ocorrências em diferentes países no mundo incluindo o Brasil. Gramani (2001) descreve as ocorrências e as características geológicas e geotécnicas das corridas de detritos no Brasil com base em ampla bibliografia e visitas técnicas.

Tabela 3: Compilação de dados a partir de: Jornais e revistas diversas; Defesa Civil estadual (SP); Gramani (2001); Gramani e Kanji (2001); Kanji et al (2008); Gramani e Mirandola (2014) e Santoro (2014). (*) Trabalhos que se referem às perdas e aos danos.

OCORRÊNCIAS DE CORRIDAS DE DETRITOS NO BRASIL E PERDAS SOCIOECONÔMICAS			
LOCAL	DATA	PERDAS SOCIOECONÔMICAS	REFERÊNCIAS
Caraguatatuba (SP)	17-18 Março de 1967	Número de mortes estimado entre 400 e 700; mais de 1.500 registros de ferimentos; 200 casas destruídas; Interdição de rodovias.	Petri e Suguio, (1971); Cruz (1974/1975); Fúlfaro <i>et al.</i> (1976); IPT (1988). jornais diversos do Arquivo Público do Município de Caraguatatuba*.
Serra das Araras (RJ)	Janeiro de 1967	1200 mortes, destruição de dezenas de casas, diferentes rodovias e uma usina hidrelétrica.	Jones, (1967/1973); Mousinho e Silva, (1968); Domingues <i>et al.</i> (1971); Barata, (1969); Costa Nunes, (1969). Gramani (2001)*
Grota Funda (SP)	Final de Dezembro de 1975/Início de Janeiro de 1976	-----	Morgenstern, (1978); Yassuda, (1981); Peão <i>et al.</i> , (1980).
Viaduto IV - Serra do Mar	1971	Destruição do viaduto. Trabalhos de estabilização na encosta foram necessários	M. A. Kanji (com. Verbal). Gramani e Kanji (2001)*
Serra de Tubarão (SC)	Março de 1974	199 mortos, destruição da cidade, camada de areia e lama	Bigarella <i>et al.</i> (1975). Gramani (2001) adaptado de Augusto filho (1992)*
Petrópolis (RJ)	Fevereiro de 1988	171 mortes, 1100 moradias interditadas e 5000 desabrigados.	IPT (1988); Nieto e Barany, (1988); Ogura e Augusto Filho (1991). Gramani (2001) adaptado de Augusto filho (1992)*
Quitite/Papagaio (RJ)	Fevereiro de 1996	1 morte; Centenas de casas destruídas.	Vieira <i>et al.</i> (1997); Macias <i>et al.</i> (1997). Gramani e Kanji (2001)*
Ubatuba (SP)	Fevereiro de 1996	Danos severos na rodovia. Trabalhos de estabilização na encosta foram necessários	CAP (1996); Martinez <i>et al.</i> (1996a; 1996b); Martinez, (1999). Gramani e Kanji (2001)*
Cubatão (SP) Copebrás; Refinaria	Ocorrências em 1976, 1994 e 1996 respectivamente.	Copebrás: foi inundada por detritos e lama. Foram necessárias construções de novos reservatórios. Refinaria Petrobrás: foi inundada por detritos. Houve interrupção das operações de trabalho gerando perdas de US 44 milhões. Refinaria Petrobrás (RPBC) , protegida por sistemas de emergência – não houve perdas, apenas limpeza.	IPT (1988); Cruz <i>et al.</i> (1997); Kanji <i>et al.</i> (1997); Massad <i>et al.</i> (1997); Massad <i>et al.</i> (1998); Cruz <i>et al.</i> (2000); Massad <i>et al.</i> (2000); e Kanji <i>et al.</i> (2000). Gramani e Kanji (2001)*; Kanji et al (2008)*

Via Anchieta (Km 42) - Serra do Mar	Dezembro de 1999	Interrupção de tráfego por várias semanas	Diversos jornais; Revistas CNT. Gramani e Kanji (2001)*
Vale do Paraíba, diversas localidades (MG/RJ)	Dezembro de 1948	-----	Sternberg, (1949).
V. Albertna, Campos do Jordão (SP)	Agosto de 1972	-----	Amaral e Fuck, (1973); Guidicini e Prandini, (1974); IPT (1972); Estado de São Paulo (1972); Folha de São Paulo (1972).
Lavrinhas (SP)	Dez. de 1996 e Jan. de 2000	11 mortes; destruição de muitas casas e pontes	IPT (1988); Ogura e Gramani (2000); Gramani e Kanji (2001)*
Timbé do Sul/Jacinto Machado (SC)	Dezembro de 1995	29 mortes; 20 casa destruídas; perdas na agricultura e pastagem	Pellerin <i>et al.</i> (1996/1997)*.
Serra de Maranguape (CE)	Maio de 1975	12 mortes e muitas casas destruídas	Soares <i>et al.</i> (1975); Gramani e Kanji (2001)*
Fazenda Mato Quietto	Janeiro de 2000	-----	Gramani (2001).
Santa Catarina	Novembro de 2008	110 mortes; 2 milhões de pessoas afetadas; mais de 80 mil pessoas desabrigadas e desalojadas; 60 municípios em estado de emergência; 14 em estado de calamidade pública	Diversos jornais; Instituto Geológico (2009); Banco Mundial (2012)*; Diversos jornais*
Região Serrana do Rio (RJ)	Janeiro de 2011	Ultrapassa de 500 o número de mortes nas 4 cidades do Rio de Janeiro (Teresópolis, Nova Friburgo, Petrópolis e Sumidouro)	Diversos jornais*
Itaóca – Interior de SP	Janeiro de 2014	25 mortes e 2 desaparecimentos. Construções destruídas E 180 pessoas desalojadas.	Gramani e Mirandola (2014)*; Santoro (2014)* e Defesa Civil estadual*

Figura 3: Trecho da corrida de detritos ocorrida no vale do rio vieira, no município de Teresópolis, (RJ), em Janeiro de 2011. Foto: Bianca Carvalho Vieira

Além destes trabalhos, ressalta-se a contribuição de Meis e Silva. (1968); Petri e Suguio (1971) e Cruz (1974), cujos estudos envolveram às corridas de detritos ocorridas no Brasil. Meis e Silva (1968) estudaram os processos rápidos que afetaram as vertentes cristalinas no Rio de Janeiro, durante o verão de 1966/1967 identificando assim, os deslizamentos e sua transformação em corridas de detritos:

“A massa deslocada desceu de forma relativamente homogenia, sofrendo pequena deformação dos elementos mais superficiais. Foram observadas árvores que se deslocaram por mais de 100 metros mantendo-se porém enraizadas. Tanto o desenvolvimento regressivo das cabeceiras como o alargamento dos canais caracterizou-se por um mecanismo de acomodação de paredes íngremes e desequilibradas pela corrida do material. Descalçadas passaram a evoluir através de sucessivos pequenos deslizamentos contemporâneos e mesmo posteriores ao movimento maior. Os últimos deslocamentos datam de fevereiro de 1967” (MEIS e SILVA, 1968 p. 62).

A pesquisa descreveu ainda a massa de detritos que atingiu a área urbana do Rio de Janeiro: “Deslizou grande quantidade de blocos e seixos embutidos em matriz fina de grande plasticidade, danificando edificações” (MEIS e SILVA, 1968 p. 63). As pesquisas de Petri e Suguio (1971) e Cruz (1974) caracterizaram a paisagem litorânea de Caraguatatuba após os eventos catastróficos de 1967. No caso da primeira estudou-se a granulometria do material deflagrado buscando, assim, inserir uma nova interpretação acerca da genética dos depósitos correlativos, no contexto da geologia quaternária no sudeste do Brasil. Cruz (1974) pesquisou de forma detalhada o processo evolutivo da paisagem, sobretudo depois do evento. Neste trabalho há uma minuciosa descrição acerca dos processos naturais envolvidos, bem como das condições físicas que fomentaram sua deflagração e desenvolvimento.

4. CATÁSTROFE DE 1967 NO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA.

Na data de 18 de Março de 1967 o município de Caraguatatuba vivenciou uma das maiores catástrofes naturais já ocorridas no Brasil. A característica natural de sua paisagem estruturada pela Serra do Mar aliada as condições excepcionais em sua pluviosidade no verão de 1966 – 1967 determinou a deflagração dos processos de deslizamentos, enchentes, corridas de lama e de detritos (CRUZ, 1974) (**Figura 4**). As condições urbanas do município contribuíram para que este evento tomasse a dimensão de catástrofe gerando graves perdas e devastação em ampla área do município.

Figura 4: Destaca-se vale coberto pelo fluxo de lama e detritos, após eventos deflagrados em 18 de março de 1967. Fonte: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba/Acervo.

Durante a catástrofe, massas de material heterogêneo desceram com violência, em movimentos turbilhonares paralelos as vertentes (CRUZ, 1974). Neste dia os postos meteorológicos registraram 195,5 mm que somado aos registros de todo o mês de março, totalizou 324,8 mm (CRUZ, 1974). Ainda sobre a pluviosidade deste período, Cruz (1974) explica que as chuvas foram constantes desde novembro de 1966 até março de 1967, intensificadas nos 3 primeiros meses deste último.

Diante dessa realidade, na tarde de Sábado do dia dezoito, 30 mil árvores deslizaram e todas as casas das populações ribeirinhas foram destruídas (JORNAL DA TARDE / O ESTADO DE SÃO PAULO, 1967a); a água chegou a atingir altura média de 2 metros em toda a cidade (O VALE PARA IBANO/São José dos Campos, 1967); o bairro do Rio Ouro, no km 207, desapareceu diante da transformação do rio em lagos de lama com 3 a 4 metros de profundidade em muitos pontos de sua extensão (JORNAL DA TARDE/ O ESTADO DE SÃO PAULO, 1967a) (**Figura 5 e Tabela 4**). Relatos de moradores que vivenciaram estes processos ressaltam que toneladas de terras, madeiras e troncos de árvores corriam para a baixada (JORNAL DA TARDE / O ESTADO DE

SÃO PAULO, 1967b; OLIVEIRA, M., 1993). Neste sentido, Petri e Suguio, (1971) quantificaram a movimentação do sedimento resultante em aproximadamente 2 milhões de toneladas distribuídos entre areias, seixos e matacões causando sérios transtornos para a população local e turistas.

Dentre as consequências imediatas da catástrofe, estima-se entre 400 e 700 o número de mortes e mais de 1.500 registros de ferimentos; 200 casas desapareceram sob os escombros de aproximadamente 80cm de lama, blocos e troncos de árvores (JORNAL DA TARDE / O ESTADO DE SÃO PAULO, 1967a, p.7; 1967b p. 8; CORREIO DA MANHÃ, 1967). Soma-se a isso a evidente alteração no número de habitantes na cidade que de quatorze mil passou a nove em face das consequências da catástrofe como mortes, e emigração; neste último caso, ressalta-se que pelo menos 3000 famílias ficaram sem habitação (Ofício – 4810/67 – Caraguatatuba, 10 de maio de 1967).

Na tarde em que se deflagrou o desastre, o município de Caraguatatuba permaneceu por aproximadamente 6 horas sem qualquer comunicação com outros lugares, diante da falta de energia elétrica e comprometimento das vias de transporte terrestres CORREIO DA MANHÃ, (1967) (**Figura 6**). Desta forma, famílias inteiras, isoladas no mar e ilhadas nos bairros periféricos do município tiveram que contar com os serviços de salvamento e busca da ação do exército da FAB (Força Aérea brasileira) e marinha de guerra, muito tempo depois da deflagração dos eventos (CORREIO DA MANHÃ, 1967). Assim, ressalta-se o núcleo isolado com mais de 2.500 agricultores na fazenda São Sebastião, conhecida como fazenda dos ingleses, local com o maior número de vítimas na catástrofe (DIÁRIO DA NOITE / SÃO PAULO, 1967) (**Figura 7**).

Figura 5: Em (A) e (B) nota-se a altura que a água atingiu nas construções. Em (C) e (D) observa-se as residências recobertas por detritos mobilizados durante as corridas. Em (E) e (F) blocos que rolaram durante as corridas de detritos, no caso de (F) especificamente a rocha assinalada rolou o morro destruindo casas. **Fonte:** Arquivo Público do Município de Caraguatatuba.

Tabela 4: Desenvolvimento da corrida de detritos de 1967 em Caraguatatuba.

FASE	DENOMINAÇÃO	SÍNTESE DO EVENTO
Dia 18	Primeiras horas da manhã	Começaram a cair as primeiras barreiras. Às 13 horas veio a avalanche total de pedras, árvores e lama dos morros do cruzeiro, Jaraguá e Jaraguazinho, enquanto outra frente se abria no vale do Rio S ^{to} Antônio.
1 ^a Fase	Enchente inicial (12 as 16 horas)	Nível do Rio S ^{to} Antônio se elevou em alguns metros e em alguns pontos a água extravasou nas margens, forçando a população a procurar lugares mais seguros. E este fato auxiliou muitas pessoas a salvarem suas vidas antes da 2 ^a Fase.
2 ^a Fase	Escorregamentos (16:00 -16:30 horas)	Fase crítica dos escorregamentos, pois alguns já tinham ocorrido. Escorregamentos generalizados. A superfície de ruptura atingia na maior parte dos casos a rocha sã, expondo muitas cicatrizes.
3 ^a Fase	“Debris Flows” (16:15 – 17:00 horas)	Os escorregamentos que atingiram as linhas de drenagem foram mobilizados (solo, rocha, árvore, solo) canalizados, retidos e acumulados em barramentos naturais. Com o aumento do material acumulado e aumento da pressão ocorreu o rompimento violento destes, causando “debris flow”. Segundo testemunhas o fato foi precedido de forte barulho (trovão), com o material movimentando-se em forma de onda. Próximo a Caraguatatuba, transformou-se num “mud flow” “wood flood”.
4 ^a Fase	Enchente por bloqueio (17:00 – 18:00 horas)	A ponte metálica localizada próximo a desembocadura do Rio S ^{to} Antônio foi completamente bloqueada por troncos de árvores, trazidos pelos “debris flows”, formando um represamento natural, originando uma enchente de grandes dimensões. A região a montante transformou-se num intenso reservatório de água e sedimentos em suspensão. Como consequência a ponte entrou em colapso e liberou o material.

Fonte: Gramani (2001) modificado.

O desenvolvimento da cidade após a catástrofe enfrentou problemas acerca do abastecimento de recursos, fluxo emigratório de 30% da população para as cidades vizinhas, sobretudo para São Sebastião (DIÁRIO POPULAR, 1968 p. 7). Dois anos depois, as dificuldades para estruturar a cidade ainda eram grandes com estradas não recuperadas que afetaram em muito o desenvolvimento desta cidade turística, bem como o funcionamento de instalações como as da Santa Casa de Misericórdia e hospital (O ESTADO DE SÃO PAULO, 1969). Quatro anos depois, no âmbito de sua paisagem física, ainda eram notáveis as cicatrizes deixadas pela remoção de material escorregado em um nítido contraste com as áreas vizinhas incólumes (PETRI e SUGUIO, 1971 p. 75).

Hoje, quarenta e sete anos depois da catástrofe, a presença de blocos mobilizados em direção a baixada e cicatrizes nos morros recobertos por *Greichênia* remontam o cenário de perdas e devastação no município. Sua recuperação social e econômica não foi documentada ao longo do tempo para que se apurasse com precisão a vulnerabilidade do município a aqueles eventos. Sabe-se, contudo que o dano gerado pela ocorrência de um evento natural em áreas ocupadas toma a dimensão de desastres ou catástrofes conforme a vulnerabilidade dos elementos de risco atingidos (CANNON, 2008; (ONU/ISDR, 2009); AUBRECHT et al.2013).

Figura 6: Rodovia dos Tamoios dias após o desastre. Fonte: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba.

Figura 7: Em (a) observa-se Avião da FAB no transporte de desabrigados e de recursos. Em (b) Destaca-se visada aérea da fazenda dos ingleses. Fonte: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba.

5 ÁREA DE ESTUDO

A Serra do Mar caracteriza-se em uma das unidades de relevo mais importantes do Brasil apresentando dinâmica e complexa formação morfológica, que se estende desde o estado do Rio de Janeiro até Santa Catarina (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998) (**Figura 8**). Nela predomina escarpas dissecadas com blocos falhados recuados de suas posições originais, além da presença morfológica dos mantos detríticos superficiais (CRUZ, 1974; ALMEIDA e CARNEIRO, 1998). Estes últimos, sob clima tropical úmido, configuram-se como fonte de detritos que alimentam a deflagração dos movimentos de massa (CRUZ, 1974; LOPES, 2006), sobretudo, corridas de detritos.

Figura 8: Vista das encostas e enseada de Caraguatatuba (SP). Fonte: Bianca C. Vieira.

Os sedimentos poderão ser movimentados ao longo das escarpas declivosas com diferentes velocidades, segundo as condições de ação dos mesmos agentes morfoclimáticos que lhes deram origem (CRUZ, 1974) consolidando o cenário perigoso.

Caraguatatuba é um município com população estimada para (2013) em 109 mil habitantes (IBGE, 2010), situado no litoral norte do estado de São Paulo, a 186 km da capital paulista. Juntamente com os municípios de Ubatuba, Ilha Bela e São Sebastião compõem a região de governo de Caraguatatuba. Neste município nascem alguns dos principais rios que deságuam nas praias e integram o Parque Estadual da Serra do Mar (núcleo Caraguatatuba). A praia Martim de Sá é onde deságua o rio Guaxinduba cuja bacia se estende aproximadamente por 24 km², com vasta área localizada nas escarpas da Serra do Mar (**Figura 9**). O tamanho dessa bacia, combinado com a presença de falhas geológicas, de rochas metamórficas e ígneas; elevação média de 30° de inclinação, altitude aproximada de 900 metros e extensas rampas de colúvio, solos colúvio-aluviais, entre algumas das feições observadas (CRUZ, 1974; DIAS, 2014) configuram-na como suscetível a ocorrência das corridas de detritos (CRUZ, 1974; DIAS, 2014). Além disso, esta bacia foi amplamente atingida pelos inúmeros escorregamentos rasos e corridas de detritos que alcançaram cerca de 7 a 15 km de extensão, em março de 1967, com chuvas intensas de mais de 420 mm em dois dias (CRUZ, 1974).

O rio principal da bacia do Guaxinduba com 13,5 km de extensão, e um curso assimétrico, em relação ao seu curso principal, apresenta diferentes tipos de uso e ocupação desde o entorno de sua cabeceira até a foz. À montante dos contrafortes predominam as ocupações em imóveis rurais, alguns com porções de terra para o desenvolvimento, em escala familiar, da pecuária ou do cultivo agrícola. Á jusante, na planície costeira, situa-se a densa ocupação humana, sobretudo após a abertura da estrada Rio - Santos na década de 1970.

Figura 9: Localização da Bacia do rio Guaxinduba.

6. PTVA (*Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment*): MÉTODO BASE

O método PTVA (*Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment*) foi desenvolvido por Papathoma et al. (2003), Papathoma e Dominey-Howes (2003); Papathoma - Köhle et al. (2007) e Kappes et al. (2012). Nestes artigos os autores buscaram estimar a vulnerabilidade dos elementos expostos a algum evento perigoso gerando mapeamento com diferentes graus de vulnerabilidade tanto para os eventos perigosos como para os diferentes grupos gestores dessas áreas e setores de emergência. Assim, segue uma descrição das pesquisas e o processo de desenvolvimento do método.

Em Papathoma et al. (2003) e Papathoma e Dominey-Howes (2003), respectivamente, desenvolveu-se o método, hoje compreendido em PTVA, no qual verificou-se a vulnerabilidade dos elementos de risco expostos a tsunamis em Herakleio, ilha de Creta e Golfo de Corinto na Grécia. Estas duas pesquisas tiveram como base de dados as informações referentes aos recortes históricos de Tsunamis anteriores, bem como levaram em conta pesquisas desenvolvidas logo após estes eventos considerando suas estimativas de danos.

Em Papathoma et al. (2003), mais precisamente, buscou-se mensurar a vulnerabilidade das construções em áreas suscetíveis a tsunamis a partir do desenvolvimento dos seguintes procedimentos metodológicos: (1) identificação e sistematização da área de estudo; (2) a estimativa do pior cenário envolvendo áreas atingidas por tsunamis, (3) atribuição de diferentes parâmetros nos elementos de risco para a obtenção de maior precisão nas análises de vulnerabilidade e (4) geração de banco de dados primários e mapeamento final em ambiente de SIGs.

A etapa (1) levou em conta o reconhecimento da área atingida pelo Tsunami em largura e profundidade, de modo que se pudesse identificar o raio de alcance da área atingida e explorar acerca da vulnerabilidade dos elementos de risco internos a área. Na etapa (2) foram catalogadas as ocorrências de tsunamis anteriores para coletar informações do evento e avaliar as condições do cenário de ocorrência aplicando-as na pesquisa na forma do pior cenário, como margem de segurança para os resultados. Na etapa (3) foram desenvolvidos parâmetros de vulnerabilidade para os elementos de risco das construções e população (**Tabela 5**). Na etapa (4) foi concretizado o mapeamento proposto com visualização em diferentes unidades de mapas.

Tabela 5: Identificação dos parâmetros que contribuem para a classificação da vulnerabilidade das construções e população.

Área Construída	Número de andares por construção	Apenas um andar (A evacuação vertical é impossível) (alta vulnerabilidade)
		Mais de um andar (A evacuação vertical é possível) (Baixa vulnerabilidade)
	Descrição do piso térreo	Plano aberto com objetos móveis, por exemplo, mesas e cadeiras (alta vulnerabilidade a lesões / danos)
		Plano aberto ou com janelas grandes de vidro, sem objetos móveis (vulnerabilidade moderada)
		Nenhuma das anteriores (baixa vulnerabilidade)
	Entorno das construções	Nenhuma barreira (vulnerabilidade muito alta); Baixa/estreita barragem de terra (alta vulnerabilidade) Baixo / estreito muro de concreto (vulnerabilidade moderada) Alta parede de concreto (baixa vulnerabilidade)
	Condições: Material de construção, idade e modelo construtivo	Edifícios de pedras, sem reforço, em ruínas e / ou abandonados (alta vulnerabilidade)
		Prédios de tijolos comuns, argamassa de cimento, sem reforço (vulnerabilidade moderada) Esqueleto de concreto pré-moldado, concreto armado (baixa vulnerabilidade)
Densidade populacional		A densidade populacional durante a noite A densidade populacional durante o dia A densidade populacional no verão A densidade populacional no inverno
Economia	Uso da terra	Comércios (lojas, armazéns, bares, hotéis, etc) Residencial Serviços (escolas, hospitais, estações de energia, etc)
Dados Ambientais / Físicos	Presença de barreiras naturais ou construídas pelo homem/Defesa marinha	Natural (praia ou pântano) (baixa proteção contra inundações - alta vulnerabilidade) Aterro do terra (proteção moderada contra inundações - vulnerabilidade moderada) Parede de pedra de concreto (alta proteção contra inundações - baixa vulnerabilidade)
	Ambiente natural	Ampla zona de interdição (alta proteção contra inundações - baixa vulnerabilidade) Zona Intermediária de interdição (proteção moderada contra inundações - vulnerabilidade moderada) Estreita zona de interdição (baixa proteção contra inundações - alta vulnerabilidade).
	Cobertura do solo - vegetação	Sem cobertura vegetal (alta vulnerabilidade) Vegetação rasteira e arbustiva (vulnerabilidade moderada) Árvores e arbustos densos (baixa vulnerabilidade)

Fonte: modificado de Papathoma et al. (2003).

Observa-se a abordagem qualitativa na organização dos parâmetros que em sua própria elaboração indica as diferentes condições para a classificação das vulnerabilidades alta, média e baixa. No caso dos parâmetros relacionados às construções observa-se que a exemplo da “área construída” o número de andares (um ou mais de um) compõe grande relevância na classificação dos graus de vulnerabilidade. Papathoma et al. (2003) afirmam que no caso de apenas um andar, o processo de evacuação torna-se muito limitado se comparado à construções com mais de um andar, nas quais as pessoas e seus bens tem maiores chances de evacuação. Neste mesmo parâmetro, as condições das construções representadas pela **idade, modelo e material de construção** demonstram como o tempo, manutenção ou qualidade de material e modelo de construção alteram o grau de vulnerabilidade do elemento de risco avaliado. No Quadro 1 nota-se também que no ambiente externo às construções alguns fatores também contribuem com essa avaliação. Trata-se, por exemplo, da vegetação cujas características de densidade e altura podem configurar-se como barreiras protetoras ou caminhos para que o evento atinja as construções próximas (STINY,1997).

Em Papathoma e Dominey-Howes (2003), a pesquisa visou desenvolver um método que fosse flexível o bastante para ser utilizado, não apenas por diferentes usuários, mas também aplicado em diferentes paisagens em todo o mundo. Neste sentido, o *Papathoma Method* (PM) como passou a ser chamado, estima a vulnerabilidade das construções e da população a tsunamis a partir dos procedimentos metodológicos que foram reelaborados com mais aplicações e testes, desde Papathoma et al. (2003). Assim, desenvolvem-se as seguintes etapas (**Figura 10**):

Figura 10: Passos do Papathoma Method (PM) desenvolvidos em Papathoma and Dominey-Howes, (2003). Fonte: modificado de Papathoma e Dominey-Howes. (2003) e Kappes et al. (2012)

Nota-se que na **Figura 10** as etapas 2 e 3 sistematizam-se de forma mais precisa e integrada. Os “parâmetros” de vulnerabilidade em Papathoma *et al.* (2003) agora identificados como “critérios” integram a etapa de construção da base de dados ao passo que em Papathoma and Dominey-Howes (2003) uma nova etapa, cálculo da vulnerabilidade das construções, apresenta-se antes da exibição da vulnerabilidade final com os mapeamentos em ambiente de SIG.

Papathoma e Dominey – Howes (2003) desenvolveram sua pesquisa com a premissa de que os fatores que compõem a vulnerabilidade em um elemento de risco contribuirão com intensidades diferentes para a vulnerabilidade final, o que requer, portanto, a atribuição de pesos. Dessa forma, em cada critério de vulnerabilidade selecionado (material de construção, número de andares etc.,) foi atribuído um peso específico. Assim, cada critério, individualmente, demonstrará, de forma mais precisa, o potencial de dano de cada elemento de risco, no caso, o das construções. Em Papathoma and Dominey-Howes. (2003) os critérios e os pesos foram organizados em ordem crescente de importância (**Tabela 6**).

Tabela 6: Critérios de vulnerabilidade e atribuição de pesos

Critério	Peso
(a) Material de construção	7
(b) Linha (percurso do processo)	6
(c) Entorno	5
(d) Condições do piso térreo	4
(e) Número de andares	3
(f) Defesa marinha	2
(g) Ambiente natural	1

Fonte:modificado de Papathoma and Dominey-Howes (2003)

A ordem de cada critério nesta pesquisa levou em conta sua importância, quando da aplicação das medidas de mitigação pelo poder público. Vale a pena ressaltar que a ordem de importância dos critérios e consequentemente da atribuição de pesos

correspondentes, depende das prioridades e objetivos de cada pesquisa (VOOGD, 1983; PAPATHOMA e DOMINEY-HOWES, 2003; PAPATHOMA-KHOLE et al. 2007). No caso de Papathoma e Dominey-Howes (2003) observa-se, na Tabela 6 que o critério com maior peso é o de “material para construção”, na medida em que o critério “ambiente natural” tem peso mais baixo. No primeiro caso, trata-se do critério que oferece maior facilidade de acesso e baixo custo, envolvendo uma ação mais pontual e dinâmica para o planejador. No segundo caso, o critério “ambiente natural” enfoca as características de uma área, dificultando as medidas de mitigação pelo poder público, sobretudo no que tange aos custos, tempo de execução e acesso.

Considerando a distribuição de pesos e critérios acima, o cálculo para a obtenção da vulnerabilidade se dá da seguinte forma (Equação 1):

$$VC = (7 \times a) + (6 \times b) + (5 \times c) + (4 \times d) + (3 \times e) + (2 \times f) + (1 \times g)$$

Onde VC representa Vulnerabilidade das Construções nas áreas mapeadas e identificadas como suscetíveis a eventos perigosos, no caso, tsunamis. Nota-se, na fórmula acima, que cada peso é multiplicado pelo critério correspondente. No caso da vulnerabilidade das pessoas nestas áreas, aplica-se Equação 2:

$$VH = VC \times P \text{ (onde } P = \text{População)}$$

Onde VH (vulnerabilidade Humana) é o resultado da multiplicação da VC (vulnerabilidade das construções) pela P (população) interna.

Em Papathoma – Köhle et al. (2007) o método desenvolvido em Papathoma et al. (2003) e Papathoma e Dominey Howes (2003) foi aplicado com os deslizamentos e não mais os tsunamis. A pesquisa foi realizada em Lichtenstein, Swabian Al. na Alemanha com o objetivo de apresentar a vulnerabilidade das construções, da economia e da população em áreas suscetíveis a deslizamentos (**Figura 11**):

O método compõe-se de etapas de identificação da área suscetível ao evento, dos fatores de vulnerabilidade, construção de banco de dados, atribuição de pesos, de vulnerabilidade e classificação dos resultados. Trata-se, novamente da aplicação do PTV, neste caso, com os objetivos de identificar a vulnerabilidade das construções, pessoas e economia da área de estudo para os diferentes grupos de interesse.

Com base nos passos apresentados na **Figura 11** observa-se que a etapa (1) do passo (5) esclarece atributo na padronização dos parâmetros classificados (**Tabela 8**).

Figura 11: Etapas do método de avaliação a vulnerabilidade. Fonte: modificado Papatoma – Köhle et al. (2007).

Nesta etapa os parâmetros de vulnerabilidade das construções, população e economia da área são descritos e classificados numericamente dando início a padronização do banco de dados. No parâmetro “Material”, por exemplo, do qual obteve-se as categorias “concreto”, “alvenaria” e “material pobre” (menos resistente) foram gerados os códigos “1”, “2”, e “3” para cada categoria respectivamente. Estes códigos serviram de base para a padronização da contagem através do cálculo proposto por Voogd, (1983) chamado *Transformação Linear Simples* (PAPATHOMA-KHOLE et al. 2007):

$$\text{Contagem Padronizada } I = \text{contagem bruta} \div \text{contagem bruta máxima}$$

Onde a contagem padronizada (*Standardized score I*) resulta da contagem bruta (*raw score*) que é dividida pelo número máximo de elementos com contagem bruta (*maximum raw score*). Segue a Tabela 7 com aplicação da transformação linear simples

Tabela 7: Sistematização dos parâmetros de vulnerabilidade

Campo	Descrição de campo	Descrição das categorias	Código
Material	Material do qual a construção é feita	Concreto	1
		Alvenaria	2
		Outro (pobre)	3
Entorno	Presença de paredes circundantes ou de proteção especialmente no lado da inclinação	Não/ baixos muros no entorno	3
		Muros médios	2
		Muro alto/forte	1
Andares		Um andar	2
		Mais de um andar	1
Inclinação lateral	Descrição do lado da construção em frente a inclinação	Apenas a parede/muro	1
		Pequenas janelas	2
		Janelas grandes	3
Eco-imp.	Importância da economia local (Indústrias, principais empregadores locais)	Alto	2
		Baixo	1
Uso		Residencial	1
		Comercial	2
		Serviços	3
Domicílios	Número de domicílios	Número absoluto	-----
Funcionários	Número de funcionários	Número absoluto	-----
Densidade da população durante o ano	Diferença na densidade nas construções com usos direcionados (pousadas de inverno, etc.		1
		Alta densidade pop. no verão	2
		Alta densidade pop. no inverno	
Densidade da população durante o dia	Diferença na densidade da população durante o dia (escolas) e a noite (hotéis, teatros)	Alta densidade pop. durante o dia	1
		Alta densidade pop. durante a noite	2
Vul-pop	-----	Sim	2
		Não	1
Seguro	Seguro privado	Sim	1
		Não	2
Aviso/Sinal	Presença de sinais de aviso a deslizamentos (trincas etc)	Sim	2
		Não	1

Fonte: Papathoma – Köhle et al. (2007)

Tabela 8: Padronização da contagem.

Fator	Categorias	Contagem Bruta (Código)	Contagem Padronizada	
Material	Concreto	1	0,33	<div> <div>Número máximo de elementos da contagem bruta</div> <div> $1 \div 3 = 0,33$ </div> <div> <div>Contagem bruta</div> <div>Contagem padronizada</div> </div> </div>
	Alvenaria	2	0,66	
	Outro (pobre)	3	1	
Entorno	Presença de paredes circundantes ou de proteção especialmente no lado da inclinação	1	0,33	
		2	0,66	
		3	1	
Inclinação lateral	Descrição do lado da construção em frente a inclinação	1	0,33	
		2	0,66	
		3	1	
Aviso/Sinal	Presença de sinais de aviso <u>à deslizamentos</u> (trincas etc)	2	1	
		1	0,50	
Andares	Um andar	1	0,50	
	Mais de um andar	2	1	

Fonte: Papathoma – Köhle et al. (2007) modificado.

Com a aplicação da *transformação linear simples* objetivou-se padronizar a contagem bruta das categorias de cada fator definindo o grau do quanto cada uma dessas variáveis (categorias) contribui com a vulnerabilidade dos fatores (PAPATHOMA-KHOLE et al. 2007).

A etapa que segue a padronização da contagem refere-se a atribuição dos pesos. Inicialmente cada critério requer esta atribuição para ter seu grau de importância quantificado na vulnerabilidade dos elementos de risco escolhidos. Sua aplicação justifica-se no fato de que nem todos os elementos de risco estão vulneráveis da mesma forma a algum evento perigoso no ambiente, pois a vulnerabilidade é dinâmica e depende de muitos fatores (PAPATHOMA-KHOLE et al. 2007).

Desenvolvidas as etapas acima, o que inclui a atribuição de pesos calcula-se a vulnerabilidade dos elementos de risco demonstradas em Papathoma - Köhle et al. (2007).

Fator	Peso
Material	5
Entorno	4
Inclinação lateral	3
Aviso/Sinal	2
Andares	1

Onde cada peso atribuído é multiplicado pelo resultado da padronização:

$$\begin{aligned}
 VC &= (5 \times a) + (4 \times b) + (3 \times c) + (2 \times d) + (1 \times e) \\
 (5 \times 0,33) + (4 \times 0,33) + (3 \times 0,33) + (2 \times 0,5) + (1 \times 0,5) &= \\
 &= 1,65 + 1,32 + 0,99 + 1 + 0,5 = \mathbf{4,46}
 \end{aligned}$$

Este resultado exprime a vulnerabilidade da soma dos fatores selecionados em um elemento de risco, no caso, uma construção. Sua expressão em porcentagem (0 a 1), equivalente, portanto ao valor de **29%** revela o quão baixa é a vulnerabilidade obtida na construção avaliada.

Em Papathoma – Köhle et al. (2007) verificou-se a vulnerabilidade de comunidades inteiras aos deslizamentos, sobretudo por conta dos condicionantes ligados a aplicação do método PTVA: pouca disponibilidade de informações referentes ao processo de deslizamento como a falta de informações referentes aos fenômenos que poderiam gerar a deflagração deste processo gravitacional, tais como terremotos ou eventos que pudessem ocorrer simultaneamente, a exemplo das inundações ou terremotos. Dessa forma, em Kappes et al. (2012) desenvolveu a versão do modelo PTVA para estimativa da vulnerabilidade em áreas suscetíveis a perigos múltiplos. Nesse sentido, ressalta-se como de necessidade emergente o desenvolvimento de um método que leve em conta áreas sujeitas aos perigos múltiplos (LIN et al. 2006; KAPPES et al. 2012).

Trata-se agora do método PTVA (*Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment*) que avalia, necessariamente, a vulnerabilidade dos elementos de risco à eventos perigosos-múltiplos a partir do índice de Vulnerabilidade Relativa (RVI). De modo geral, o principal objetivo em Kappes et al.(2012) consistiu na discussão acerca das adaptações no método PTVA para aplicação em áreas suscetíveis a perigos múltiplos. Seu desenvolvimento baseou-se na seleção de elementos expostos ao perigo categorizados em indicadores de vulnerabilidade (**Tabela 9**).

Tabela 9: Indicadores da vulnerabilidade das construções para os eventos de tsunamis e deslizamentos conforme atributos selecionados em Papathoma e Dominey-Howes (2003) e Papathoma-Köhle et al. (2007) por Kappes et al. (2012).

	Tsunamis	Deslizamentos
Material de construção	X	X
Número de andares das construções	X	X
Sinais de aviso nas construções (trincas, rachaduras, etc)		X
Características da encosta na saída para a parede / muro com ou sem janelas		X
Condição em que se encontra o piso térreo	X	
Presença de muros no entorno das construções	X	X
Área construída na direção (row) do processo perigoso	X	
Presença da defesa marinha	X	
Largura da zona interditada (área atingida pelo processo) em frente a construção	X	

Fonte: modificado de Kappes et al. (2012).

O elemento de risco trabalhado na tabela é o das construções. Observa-se um amplo número de indicadores a exemplo dos materiais de construção, número de andares, entorno das construções, entre outros. Nota-se que muitos deles são comuns em eventos diferentes, no caso, tsunamis e deslizamentos. Essa compatibilidade de indicadores em diferentes eventos demonstra a pertinência e validade do método em desenvolvimento no contexto dos perigos múltiplos. Seguem as etapas do PTVA (**Figura 12**).

Figura 12: Passos do método PTVA . Fonte: modificado de Kappes et al. (2012)

O desenvolvimento da primeira etapa foi facilitado pela existência da PPR (Plan de prevention des risques naturels previsible) na França, bacia de Barcelonnette, área piloto de estudo, com as classificações de risco alto, médio e baixo. A importância dessas classificações de risco está em sua abordagem qualitativa, auxiliando na obtenção de informações acerca da recorrência e intensidade dos eventos nas zonas classificadas (KAPPES et al. 2012). Na etapa seguinte (2) o enfoque está na seleção de elementos de risco e sua discriminação em indicadores de vulnerabilidade. No caso de Kappes et al. (2012) os elementos de risco correspondem nas construções e população, assim como em Papathoma et al. (2003), Papathoma e Dominey-Howes (2003) e Papathoma- Köhle et al. (2007). Observa-se ainda que sua compreensão acerca dos indicadores de vulnerabilidade no contexto dos perigos múltiplos torna-se mais complexa, pois que estes apresentam diferentes graus de importância de acordo com os diferentes eventos de perigo. (**Tabela 10**).

Tabela 10: Diferentes graus de Importância dos Indicadores de vulnerabilidade para cada evento perigoso na região dos alpes. O tom de azul mais escuro qualifica maior importância; azul escuro: importância média; azul claro: baixa importância e branco: nenhuma importância.

	Avalanche	Queda de Blocos	Inundação	Deslizamentos rasos	Corridas de Detritos	Enchentes
Informações específicas das Construções						
Material						
Andares						
Condições						
Aberturas na direção da vertente inclinada (tamanho e condições)						
Altura da menor abertura						
Presença de sinais de aviso dos deslizamentos (portas emperradas, trincas, etc.,)						
Porão						
Material do telhado						
Tipo de fundação						
Construções do entorno						
Localização da área construída (row) – direção da encosta						
Localização da área construída (row) – direção do rio						
Proteção da vegetação						
Medidas de proteção						
Presença de objetos móveis que podem ser levados pela água ou neve						
Características relacionadas a população						
Uso						
Vulnerabilidade da pop. (escolas, hospitais, etc)						
Densidade da pop. No inverno/dia						
Densidade da pop. No inverno/noite						
Densidade da pop. No verão/dia						
Densidade da pop. No verão/noite						

Fonte: Kappes et al. (2012) modificado.

Na **Tabela 10**, Kappes et al. (2012) apontam a relevância dos indicadores na identificação de sua vulnerabilidade em relação aos eventos demonstrados, já que há forte contraste nos graus de importância de alguns indicadores para os diferentes eventos. Trata-se, por exemplo, dos indicadores: andares, condições (idade, manutenção, presença de muros altos); ou ainda materiais de construção. Contudo, os autores observam que em alguns casos a vulnerabilidade dos indicadores não atinge precisão que diferencie a vulnerabilidade dos critérios de risco quando exposto a diferentes processos naturais de perigo. A este exemplo, cita-se os critérios, “uso da terra pelo homem” e “densidade da população durante o dia no inverno”, nivelados com tom de azul escuro indicando que são igualmente de grande importância para todos os eventos relacionados na Tabela.

Nesta pesquisa, etapa (3), os pesos são atribuídos tanto com relação ao evento perigoso como para os diferentes tomadores de decisão (governadores, prefeitos, detentores das empresas de seguro, etc) e agentes dos setores de emergência (defesa civil, corpo de bombeiros, etc). A contagem, no entanto refere-se apenas as variáveis dos indicadores (**Figura 13**) (KAPPES et al. 2012).

Sabendo que o PTVA vem sendo desenvolvido ao longo do tempo, com o desenvolvimento de diferentes pesquisas Kappes et al. (2012) ressalta que a computação da vulnerabilidade em Papathoma et al. (2003), Papathoma and Dominey-Howes (2003) e Papathoma-Khole. (2007) fez-se por meio do *método de combinação do peso linear* baseado em Voogd (1983), no qual era feita a multiplicação entre os parâmetros e seus pesos, gerando vulnerabilidade. Em Kappes et al. (2012) esta vulnerabilidade é computada como um índice de vulnerabilidade relativa (RVI) para cada evento perigoso selecionado pela pesquisa (Equação).

$$RVI = \sum_{1}^m W_m \cdot I_m S_n$$

Onde o Índice de Vulnerabilidade Relativa (RVI) resulta da somatória dos pesos ($\sum_{1}^m W_m$) que são multiplicados pelos Indicadores (I_m) e contagens (S_n) em ambiente de SIG. Toda a base de dados é identificada por meio de sobreposição na área de estudo facilitada pelas informações de suscetibilidade (KAPPES et al. 2012).

Na etapa (4) do PTVA, em que as interações de perigo alteram a intensidade da vulnerabilidade dos elementos em risco não se concretizou no estudo piloto de Kappes et al. (2012). Dessa forma, não houve sobreposição espacial dos efeitos das interações de perigo nos indicadores de vulnerabilidade alterando-os (KAPPES et al. 2012). Mesmo assim, o mapeamento resultante gerou visualização (**Figura 14**) para auxiliar o mais amplo grupo de planejadores urbanos, tomadores de decisão, bem como dos agentes de emergência.

Figura 13: Quadro geral da atribuição de pesos e contagens a partir do RVI (Índice de Vulnerabilidade Relativa) no contexto dos perigos-múltiplos. Fonte: modificado Kappes et al. (2012).

Figura 14: Mapa de vulnerabilidade a perigos múltiplos na França. (a) Quadro da vulnerabilidade às Corridas de Detritos para os tomadores de decisão e planejadores. Os mapas em (b) e (d) são os cenários de emergência. Trata-se respectivamente, da vulnerabilidade à corridas e detritos e inundações. Em (c) apenas um cenário no mapa de vulnerabilidade à inundações e em (e) no mapa dos deslizamentos rasos. Fonte: Kappes et al. (2012).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas metodológicas (**Figura 15**) configuram-se em: (7.1) Classificação dos depósitos de corridas de detritos na área de estudo; (7.2) Seleção dos critérios que afetam a vulnerabilidade das construções e sistematização de banco de dados; (7.3) Cálculo da vulnerabilidade das construções a partir da Avaliação Multicriterial; (7.4) Mapeamento de vulnerabilidade das construções.

Figura 15: Representação das etapas do PTVA aplicadas no município de Caraguatatuba. Modificado de PTVA

7.1 Classificação dos depósitos de corridas de detritos

A classificação dos depósitos provenientes de corridas de detritos se desenvolveu por meio do mapeamento de blocos aplicado em Dias (2014)¹. Em sua pesquisa, destacou-se a concentração de depósitos provenientes das corridas de detritos de 1967 na bacia do rio Guaxinduba (**Figura 16**) também observados em trabalhos de campo (**Figura 17**).

A observação dos depósitos, sua localização, distribuição dentre outras de suas características na bacia, fomentou a criação das fichas descritivas (Anexo 1) para auxiliar na sistematização das informações referentes aos depósitos das corridas de detritos. Seu desenvolvimento baseou-se, sobretudo em Stiny (1997); Macedo et al. (2004) e Ministério das Cidades e IPT (2007). As informações descritas nas fichas abrangem as características do canal (retilíneo, natural ou meandrante etc); Condição

¹ uma das pesquisas que vem sendo desenvolvidas no município de Caraguatatuba pelo núcleo de pesquisas em geomorfologia da Universidade de São Paulo - NUPEG (*Grupo de Estudos de Processos Morfodinâmicos: Modelagem e Monitoramento*).

atual (presença de assoreamento, solapamento de margem, etc.); Presença de depósitos e suas dimensões, bem como sua localização em relação ao rio (**Figura 18**).

Figura 16: Bacia do rio Guaxinduba com destaque para a concentração de depósitos mapeados em Cruz (1974) Fonte: Dias (2014)

Figura 17: Blocos com diferentes espessuras imbricados ao longo da área de estudo. Foto: Bianca C. Vieira (2012)

Figura 18: Mensuração dos blocos de corridas de detritos na bacia do rio Guaxinduba, Caraguatatuba. Foto: Vivian Dias (2013).

A variação no tamanho dos blocos depositados ao longo da bacia possibilitou que Dias (2014) os mapeassem em pequenos (S), médios (M), grandes (L) e muito grandes (XL) (**Figura 19**). Para a conclusão deste mapeamento, Dias (2014) baseou-se, sobretudo em Stoffel (2010), considerando principalmente o tamanho dos blocos. Nesta mesma área avaliou-se o mapeamento do uso e ocupação do solo (**Figura 20**) auxiliando na seleção das construções (elementos de risco) para mapeamento (**Figura 21**).

Figura 19: Mapeamento de classificação dos depósitos das corridas de 1967. Fonte: Dias (2014)

Figura 20: Mapa de Uso e Ocupação do solo a partir da imagem THEOS² (*Thailand Earth Observation Satellite*). Destaca-se área de mapeamento das construções.

² **Fonte:** Grupo de pesquisa Mudanças Climáticas Globais (2010). Trata-se do Projeto “Aplicação de geotecnologias na orientação do uso da terra com base nos impactos das mudanças climáticas globais: sub-bacias hidrológicas do Estado de São Paulo e do Estado do Rio de Janeiro”.

Figura 21: Vias públicas selecionadas para o mapeamento das construções. Fonte: Levantamento Aerofotogramétrico em escala 1:25.000 (2010-2011) Emplasa (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A) (contrato de licença de uso CLU N° 049/14).

7.2 Critérios que afetam a vulnerabilidade das construções e sistematização de banco de dados

No intuito de selecionar os critérios que afetam a vulnerabilidade das construções foram criadas fichas descritivas fundamentadas, sobretudo em Macedo et al. (2004) e Ministério das Cidades e IPT (2007) (Anexo 2). Estas fichas, aplicadas em trabalhos de campo, auxiliaram na seleção destes critérios descrevendo, principalmente as características que alteram a vulnerabilidade das construções a partir de seu entorno e padrão construtivo quando atingidas por corridas de detritos. A seleção destes critérios fundamentou-se, sobretudo em: Stiny (1997); Papathoma et al. (2003); Papathoma and Dominey – Howes (2003); Fuchs (2007); Papathoma-Kohle et al. (2007), Holub and Hübl (2008) e Kappes et al (2012).

Para compreender o papel do entorno das construções na alteração de sua vulnerabilidade, levou-se em conta o mapa de depósitos, além das características do entorno na ficha (Anexo 1). No caso do mapa de classificação dos depósitos observou-se que a presença, proximidade dos depósitos e suas dimensões podem contribuir na alteração do potencial de dano a que as construções sob essas condições estão sujeitas (Tabela 11 e Figura 22).

Tabela 11: Critérios que podem afetar a vulnerabilidade das construções a partir do mapa de classificação dos depósitos de corridas.

Elemento de risco	Critérios (a partir do mapa de classificação dos depósitos de corridas)	Descrição dos Critérios
Construções	Presença de blocos	Sim / Não
		< 1m – 2,5 m
		> 2,5 m – 5
	Tamanho dos blocos	> 5m – 10 m
		> 10 m
	Distância entre os blocos e as construções	Baixa (até 50m) Média (de 50 até 100m) Alta (> 100m)

Figura 22: Destaca-se casas em construção próximas e sobre blocos de corridas anteriores. Em (A) o bloco de grande dimensão encontra-se muito próximo a casa inacabada na Alameda dos Castanheiros. Em (B) e (C) verifica-se a construção da casa sobre blocos, frente e fundos respectivamente, na Estrada do Guaxinduba. Foto: Luzia Matos (2013).

Neste sentido, observou-se casos de levantamento das construções posteriormente a catástrofe de 1967 já que a quantidade, dimensão e proximidade dos blocos com as construções em seu entorno é grande, o que teria causado danos notáveis a sua estrutura.

Outros critérios de vulnerabilidade no entorno da construção, descritas na ficha de depósitos refere-se a presença de Pontes, Atalhos, Barragens, bem como Terrenos abertos (clubes, baldios, campos, dentre outros) e a proximidade das construções com os cursos d'água (**Tabela 12 e Figura 23**). No caso das pontes e barragens, Stiny (1997) observa que sua estrutura pode potencializar o poder destrutivo das corridas de detritos, com obstruções que elevam o nível da água intensificando os danos do evento. Acerca dos atalhos e terrenos abertos, este autor destaca que essa configuração favorece um percurso com maior velocidade pelas corridas.

Tabela 12: Seleção dos critérios que afetam a vulnerabilidade das construções, a partir de seu entorno.

Elemento de Risco	Critérios do entorno	Descrição dos critérios
Construções	Pontes	Sim / Não
	Terrenos largos (campos, Clubes, terrenos baldios)	Sim / Não
	Atalhos	Sim / Não
	Barragens	Sim / Não
	Proximidade das construções	Alta (até 50 m)
	Com os cursos d'água	Média (de 50 a 100 m) Distante (mais de 100 m)

Figura 23: Observa-se alguns dos critérios de vulnerabilidade selecionados no entorno das construções mapeadas: Em (A) verifica-se a proximidade da área construída com o rio principal (Guaxinduba). Em (B) a presença de terrenos baldios entre as construções. Em (C) e (D), respectivamente, a presença da ponte e uma barragem desativada potencializam um cenário perigoso no caso de deflagração de corridas de detritos. Foto: Vivian Dias (2013).

No caso das características das construções (padrão construtivo), selecionou-se os seguintes critérios (**Tabela 13 e Figura 24**): material para construção, muros altos envolvendo as construções, número de andares, presença de portas e janelas grandes e idade das construções. Em materiais para construção, sabe-se que a alvenaria configura-se como material mais resistente que a madeira quando atingida por movimentos de massa. Neste sentido, ressalta-se que a vulnerabilidade é altamente dependente dos materiais de construção utilizados no elemento de risco exposto (FUCHS et al. 2007). Os muros altos, cobrindo as laterais da construção devem protegê-la de um contato direto com os detritos e sua ausência, somada a construções com janelas e portas largas, atribuem a área um potencial de dano maior (KAPPES et al. 2012). A idade das construções também altera o potencial de danos, pois envolve as condições e o estado de suas estruturas. O número de andares tem papel fundamental no grau de perdas socioeconômicas e de vidas, pois, quando o número de andares é maior que um pode preservar material e pessoas, ao passo que um andar limita esta ação potencializando o número de perdas (KAPPES et al. 2012).

Tabela 13: Seleção dos critérios que afetam a vulnerabilidade a partir das características das construções.

Elemento de risco	Critérios das construções	Descrição dos Critérios
Construções	Material de Construção	Material menos resistente (madeira) Composição Mista de materiais Material mais resistente (Alvenaria)
	Muros altos envolvendo As construções	Sim / Não
	Número de andares	1 > 1
	Presença de portas e janelas Grandes / largas	Sim / Não
	Idade das construções	Nova / Velha

Figura 24: Destaca-se em (A) casa com portas e janelas grandes, envolvida por muros baixos. Em (B) nota-se construção sem muros de proteção e em (C) a presença de muros baixos, ambas com blocos próximos a área construída (Estrada do Cantagalo). Fotos: Luzia Matos (2014).

Toda a base de dados e critérios selecionados acima contribui com a identificação da vulnerabilidade para as corridas de detritos na perspectiva da redução de riscos. Contudo, um grande número de critérios para sua avaliação compromete a precisão dos resultados futuros quando aplicados no método de Avaliação Multicriterial (VOOGD, 1983 p. 103). Diante deste contexto e com base em Papathoma *et al.* (2003) e Papathoma and Dominey-Howes (2003), alguns dos artigos nos quais essa pesquisa se baseia, os critérios descritos e observados foram selecionados de modo que resultassem em no máximo sete critérios, número médio, recomendado em Voogd (1983) (**Tabela 14**). Esta seleção priorizou os critérios que foram apontados por diferentes autores em revisão bibliográfica observando os critérios distribuídos tanto no entorno quanto no padrão construtivo da área mapeada. Além disso, optou-se por valorizar os critérios referentes a presença e dimensão dos blocos, pois geram fortes impressões acerca dos diferentes níveis de vulnerabilidade.

Tabela 14: Seleção final dos critérios que afetam a vulnerabilidade

CrITÉRIOS	Descrição dos critérios
Presença de blocos na Área Mapeada	Sim / Não
Tamanho dos blocos	< 1m – 2,5 m (Pequenos) > 2,5 m – 5 (Médios) > 5m – 10 m (Grandes) >10 m (Muito Grandes)
Terrenos largos (campos, Clubes, terrenos baldios)	Sim / Não
Material de Construção	Material menos resistente (Madeira) Composição Mista (Madeira, Alvenaria) Material mais resistente (Alvenaria, concreto)
Muros altos envolvendo As construções	Sim / Não
Número de andares	1 > 1
Presença de portas e janelas Grandes / largas	Sim / Não

7.3 Avaliação Multicriterial

Nesta etapa aplicou-se o método de Avaliação Multicriterial de Voogd (1983) com a transformação linear simples na contagem do quanto cada descrição criterial selecionada contribuiu para a vulnerabilidade das construções (**Tabela 15**), bem como com a atribuição posterior de pesos para cada critério (**Tabela 16**). Os pesos foram organizados de acordo com a importância de cada um na aplicação das medidas de mitigação pelo poder público, assim como desenvolveu-se em Papathoma and Dominey – Howes (2003). Diante da contagem e atribuição de pesos, foi feito o cálculo da vulnerabilidade com a multiplicação de cada peso pela contagem padronizada das descrições criteriosais obtidas por ficha cadastral. A vulnerabilidade final foi dividida pela soma dos pesos de modo que expressasse os valores na escala de 0 a 1 (%).

A transformação da contagem bruta (1,2,3...) em padronizada com valores que variam entre (0 a 1), descreve uma maneira de tornar compatíveis os dados trabalhados VOOGD (1983). Observa-se que a descrição dos critérios selecionados na etapa 02 do PTVa orienta a atribuição dos valores brutos da contagem para a padronização. No caso, por exemplo, da descrição do número de andares, na qual (1) representa construções com mais de um andar e (2) com apenas um andar; seus resultados

padronizados demonstram que as construções sob a primeira condição contribuem para a geração de menor vulnerabilidade se comparadas com as construções de apenas um andar.

Tabela 15: Padronização da contagem dos critérios com base em Voogd (1983) e nas aplicações em Papathoma et al (2003); Papathoma and Dominey Howes (2003); Papathoma Kohle et al. (2007).

Crítérios	Descrição dos Crítérios	Contagem Bruta	Contagem Padronizada
Presença de blocos na Área Mapeada	Não	1	0,5
	Sim	2	1,0
Tamanho dos blocos	Pequenos	1	0,25
	Médios	2	0,5
	Grandes	3	0,75
	Muito Grandes	4	1,0
Presença de portas e janelas Grandes / largas (Especialmente na direção do rio).	Não	1	0,5
	Sim	2	1,0
Número de andares	Um andar	2	1,0
	Mais de um andar	1	0,5
Terrenos largos (campos, Clubes, terrenos baldios) próximos às construções	Não	1	0,5
	Sim	2	1,0
Material de Construção	Concreto	1	0,33
	Misto	2	0,66
	Material pobre (Madeira)	3	1,0
Muros altos envolvendo as construções	Sim	1	0,5
	Não	2	1,0

A atribuição de pesos foi ordenada de forma decrescente conforme organização dos critérios a esquerda na Tabela 16. Esta configuração buscou representar a hierarquia em importância destes critérios para a aplicação das medidas de mitigação pelo poder

público. Dessa forma, os critérios com pesos maiores (7, 6, 5) representam maior importância para o poder público porque reúnem melhores condições de alteração em cada construção, buscando seu fortalecimento com o uso de material mais resistente, construção e aumento na altura dos muros e troca de janelas e portas.

Os critérios com pesos menores (4, 2, 3 e 1) envolvem as características do entorno das construções; no caso do critério (3), número de andares das construções, sabe-se que alterações nesta estrutura envolve o código de construção do município o que necessariamente leva tempo para adequações das construções à prática da redução de riscos. Neste sentido o critério, “Presença de Terrenos grandes/ Largos, baldio, próximos às construções (4), envolve muitas vezes, dificuldade em planejar as alterações necessárias para a diminuição do potencial de dano nesta área e construções próximas, quando atingidas pelas corridas de detritos.

Nos casos dos pesos (2) e (1), respectivamente, “Presença de Blocos” e “Tamanho dos Blocos”, no entorno da área construída, verifica-se grande desafio para o poder público, já que a presença dos blocos indica a tendência à maior vulnerabilidade do elemento de risco nesta área; contudo, acerca das medidas de mitigação, pouco se pode alterar desta condição, no máximo limitar a ocupação nestas áreas, sobretudo as que se localizam próximas a blocos grandes e muito grandes.

Tabela 16: Atribuição de pesos aos critérios selecionados

Critérios	Pesos
Material de Construção	7
Muros altos envolvendo as construções	6
Presença de Portas e Janelas Grandes/ Largas (Especialmente na direção do rio)	5
Terrenos largos (Campos, Clubes, Baldios, etc) próximos as construções	4
Número de andares	3
Presença de blocos	2
Tamanho dos blocos	1

8 RESULTADOS

As etapas de classificação dos blocos e seleção dos critérios de vulnerabilidade resultaram na criação de fichas cadastrais descritivas (ANEXOS 1 e 2). Sua aplicação em trabalho de campo permitiu a identificação sistematizada das variáveis desta pesquisa gerando uma base de dados para a aplicação do método de Avaliação Multicriterial de Voogd (1983), no qual calculou-se a vulnerabilidade final dos elementos de risco (**Tabela 17**).

Os valores da vulnerabilidade variaram entre 55 e 83% demonstrando o quanto as medidas de mitigação são importantes nas análises de vulnerabilidade (**Tabela 17 e Figura 25**). Esta variação de 28 % resultou da presença ou da condição dos critérios de vulnerabilidade avaliados. Neste contexto, as vulnerabilidades com as maiores elevações atingiram valores entre 76 e 83%. Nelas os critérios mapeados apresentaram condições frágeis, principalmente na Estrada do Cantagalo, porção norte da bacia mapeada; nas Alamedas dos Castanheiros e dos Pessegueiros na porção central.

Tabela 17: Vulnerabilidade final das construções mapeadas. Fonte: Luzia Matos (2014)

Mês	Número das fichas	Localização/UTM	Endereço	Vulnerabilidade	Vulnerabilidade %
Julho	01	N 459459 S 7390057	Estrada do Cantagalo	20,81	74
Julho	02	N 459519 S 7390611	Estrada do Cantagalo	20,81	74
Julho	03	N 459443 S 7390647	Estrada do Cantagalo	23,21	83
Setembro	01	N 459779 S 7389964	Estrada do Cantagalo	20,81	74
Setembro	02	N 459496 S 7389712	Estrada do Cantagalo	18,06	64
Setembro	03	N 459774 S 7390208	Estrada do Cantagalo	18,56	66
Setembro	04	N 459770 S 7390243	Estrada do Cantagalo	16,81	60
Setembro	05	N 459752 S 7390310	Estrada do Cantagalo	18,56	66
Setembro	06	N 459791 S 7390359	Estrada do Cantagalo	18,31	65
Dezembro	01	N 0459461 S7390406 N 0459592 S7390584	Estrada do Cantagalo	18,56	66
Dezembro	02	N 0459561 S7389858	Estrada do Cantagalo	17,06	61
Dezembro	03	N 0459561 S7389858	Estrada do Cantagalo	21,06	75

Dezembro	04	N 0459641 S 7390510	Estrada do Cantagalo	18,56	66
Dezembro	05	N 0459749 S 7390629	Estrada do Cantagalo	18,56	66
Dezembro	06	N 0459428 S 7389530	Estrada do Cantagalo	20,06	71
Dezembro	07	N 0459420 S 7389445	Estrada do Cantagalo	20,06	71
Dezembro	08	N 0459646 S 7389129	Al. do Salgueiro	19,56	70
Dezembro	09	N 0459841 S 7388747	Al. das Faias	16,06	57
Dezembro	10	N 0460000 S 7388869	Al das Cerejeiras	19,21	68
Dezembro	11	N 0460070 S 7388745 N 0459788 S 7388964	Al dos Pessegueiros	21,65	77
Dezembro	12	N 0460128 S 7388807 N 0460138 S 7388800 N 0460070 S 7388745	Al. dos Castanheiros	23,21	83
Dezembro	13	N 0459906 S 7388673 N 0459907 S 7388675	Al. dos Carvalhos	16,31	58
Dezembro	14	N 0459863 S 7388565	Al das Seringueiras	19,31	70
Dezembro	15	N 0459953 S 7388517 N 0459952 S 7388538	Al. Ciprestes	19,29	69
Dezembro	16	N 0459685 S 7388403	Al. das Palmeiras	19,31	70
Dezembro	17	N 0459991 S 7388368 N 0459998 S 7388378	Al. Pinheiros	19,31	70
Dezembro	18	N 0459819 S 7388239	Al. dos Jacarandás	19,31	70
Dezembro	19	N 0460443 S 7388361 N 0460138 S 7388587	Av. Sabiá laranjeiras	17,81	63
Dezembro	20	N 0459722 S 7388875	A.v José. A. Galvão	17,81	63
Dezembro	21	N 0459928 S 7388667 N 0460466 S 7388368 N 0460070 S 7388253	Av. Alcides C. Galvão	19,06	68
Dezembro	22	N 0459936 S 7388356	Al. Paineiras	19,31	70
Dezembro	23	N 0459750 S 7388146 N 0460409 S 7388460	Rua dos Ipês	19,31	70
Dezembro	24	N 0459774 S 7388154 N 0459767 S 7388159	Rua dos Ipês	20,56	73
Dezembro	25	N 0460014 S 7388233 N 0459980 S 7388231	Rua dos Ipês	15,31	55
Dezembro	26	N 0460086 S 7388254 N 0459122 S 7388266	Rua dos Ipês	20,56	73
Dezembro	27	N 0460358 S 7388339 N 0460384 S 7388350	Rua dos Ipês	20,56	73
Dezembro	28	N 0460424 S 7388363 N 0460054 S 7388370	Rua dos Ipês	20,56	73
Dezembro	29	N 0460162 S 7388571 N 0460528 S 7388387	Ruas: Curió; Benedita C. de Moura; Banedita I. de Moura; Saíra; Azulão	19,06	68

Variação da Vulnerabilidade final das construções na bacia do Guaxinduba - SP.

Figura 25: Variação da vulnerabilidade final das construções. Fonte: Autora

Dessa forma, observa-se nas (Tabela 18 e na Figura 26), a contribuição de cada critério mapeado para a vulnerabilidade final das construções. Nelas destacaram-se como critérios de maior relevância para o aumento da vulnerabilidade, a falta de muros altos envolvendo as construções, seguido pela presença de blocos no entorno, e proximidade das construções mapeadas com terrenos descampados, respectivamente. Na contra partida, as áreas mapeadas apresentaram alto número de construções em alvenaria, seguido das áreas construídas que não apresentaram proximidade com terrenos descampados como campos, baldios, etc e ainda, a ausência de blocos, diminuindo significativamente a vulnerabilidade das construções. Nesse sentido, observa-se que a distribuição dos critérios “Presença dos blocos” e “Proximidade das construções, com terrenos descampados, baldios” foi proporcional tanto na elevação quanto na diminuição da vulnerabilidade da área. Observou-se ainda que aproximadamente 50% da área mapeada apresentara blocos provenientes das corridas de detritos anteriores. Nas construções inseridas nestas áreas verificou-se distribuição regular das três classes de blocos mapeadas em seu entorno.

Tabela 18: Descrição e número de critérios mapeados.

Crítérios	Descrição dos Critérios	Número de Mapeamentos
Presença de blocos na Área Mapeada	Não Área mista Sim	19 1 18
Tamanho dos blocos	Classe 1 ³ Classe 2 Classe 3	5 7 7
Presença de portas e janelas Grandes / largas (na direção do rio)	Não Área mista Sim	19 10 9
Número de andares	Mais de um andar Área mista Um andar	2 21 15
Terrenos largos (campos, Clubes, terrenos baldios) próximos às construções	Não Área mista Sim	20 1 17
Material de Construção	Alvenaria Misto Material pobre	34 3 1
Muros altos envolvendo as construções	Sim Área mista Não	2 6 30

Fonte: Luzia Matos (2014)

³ Classe 1: Blocos Pequenos – Médios
Classe 2: Blocos Médios – Grandes
Classe 3: Blocos Grandes – Muito grandes

Figura 26: Distribuição da vulnerabilidade por critérios. Fonte: Luzia Matos (2014).

Na última etapa do PTVa (**Figura 27**), evidenciou-se a distribuição da vulnerabilidade final com 7,9 % das construções classificadas com vulnerabilidade elevada, 68,4 % média e 23,7 % baixa. Neste íterim, as altas vulnerabilidades concentraram-se nas porções norte (**Figura 28 à 32**) e central (**Figura 33 à 37**) da área mapeada (Estrada do Cantagalo e Alamedas dos Castanheiros e Pessegueiros, respectivamente) com construções nas quais predominaram critérios como blocos da classe 1 e 3, construções sem muros altos e apenas um andar, cercadas por terrenos baldios.

Figura 27: Mapa da vulnerabilidade dos elementos de risco às corridas de detritos na bacia do Guaxinduba – Caraguatatuba (SP) com 7,9% de vulnerabilidade alta, 68,4% média e 23,7% baixa. Fonte: Autora.

Figura 28: Mapa da porção norte da bacia do Guaxinduba ressaltando as vulnerabilidades elevadas. Destaca-se a localização de algumas das construções mapeadas com alta vulnerabilidade. A vulnerabilidade das construções em destaque chegou a 83% na Estrada do Guaxinduba Fonte: Luzia Matos (2014).

Figura 27: Observa-se a falta de muros altos envolvendo a construção; o entorno do terreno descampado; a configuração de apenas um andar na residência, além da presença de blocos com variação no tamanho de grandes a muito grandes (Classe 3). Fonte: Vivian Dias (2013)

Figura 28: Residência sem muros, com apenas um andar, entorno da construção descampado, além da presença de blocos com variação no tamanho de grandes a muito grandes (Classe 3).
Fonte: Luzia Matos (2014)

Figura 31: Residência com ausência de muros, apenas um andar, próxima a blocos grandes e muito grandes (classe 3), além do terreno descampado que a cerca. Fonte: Luzia Matos (2014).

Figura 32: Residência construída sobre blocos das classes 2 e 3 variando entre médios a muito grandes, apenas um andar, além do terreno descampado que a cerca e ausência de muros altos. Fonte: Luzia Matos (2014).

Figura 33: Porção central da bacia mapeada ressaltando as vulnerabilidades elevadas. Destaca-se as construções com vulnerabilidade alta (83%) localizadas na Alameda dos Castanheiros. Fonte: Luzia Matos (2014).

Figura 34: Residência na Alameda dos Castanheiros cercada por blocos de dimensão que varia entre grande e muito grandes (Classe 3). Além disso, nota-se a ausência de muro alto envolvendo toda a construção e configuração de apenas um andar.

Figura 35: Entorno da residência na Alameda dos Castanheiros. Nota-se um entorno descampado e preenchido por blocos grandes e muito grandes.

Figura 36: Residência na Alameda dos Castanheiros com janelas grandes, ausência de muros altos e entorno cercado por blocos que variam de grandes a muito grandes (Classe 3) Fonte: Luzia Matos.

Figura 37: Entorno da residência na Alameda dos Castanheiros. Nota-se um entorno descampado e preenchido por blocos grandes e muito grandes (Classe 3).

A conformidade entre os critérios avaliados gerou o predomínio das vulnerabilidades médias distribuídas ao longo da bacia (**Figura 38 à 40**). Quanto as baixas vulnerabilidades, ressalta-se o caso da Rua dos Ipês na qual identificou-se a vulnerabilidade mais baixa (55%) de toda a área mapeada, no que tange as possibilidades de ações mitigadoras pelo poder público. Nela, destaca-se o quarteirão com a distribuidora de bebidas que caracteriza-se com mais de um andar, muro alto envolvendo a área construída, janelas pequenas, além de não apresentar blocos (**Figura 41**).

Figura 38: Enfoque da frente da construção residencial apresentando critérios de elevação da vulnerabilidade como: a configuração de apenas um andar, além da presença de blocos com variação no tamanho de médios a grandes (Classe 2). Fonte: Luzia Matos (2014)

Vulnerabilidade média: (74%)

Figura 299: Enfoque dos fundos da residência observada na figura 38 para observação de outros critérios que elevaram sua vulnerabilidade. Trata-se da ausência de muros altos envolvendo toda a construção; o entorno do terreno baldio, além da observação de blocos da classe e (médios a grandes). Fonte: Luzia Matos (2014).

Vulnerabilidade média: (71%)

Figura 40: Residência com apenas um andar, próxima a blocos que variam de pequenos a médios (classe 1) e ausência de muros altos envolvendo a construção. Fonte: Luzia Matos (2014).

Figura 41: Distribuidora de bebidas com menor vulnerabilidade alcançada em todo mapeamento. Nelas observa-se mais de um andar, janelas e portas pequenas, além da extensão das paredes externas envolvendo toda a construção, funcionando como muros.

Outro importante resultado, acerca do mapa final de vulnerabilidade, é o de que o tamanho de blocos na área não é um critério determinante na classificação das altas vulnerabilidades. O caso da Alameda dos Pessegueiros (**Figuras 27 e 33**), que embora tenha apresentado blocos das classes 1 e 2 (com variação no tamanho de pequeno a médio e de médio a grande) apresentou vulnerabilidade elevada (77%). Nela, o critério “Proximidade com terrenos descampados, baldios” predominou entre uma construção e outra (**Figuras 42 e 43**).

Figura 42: Observa-se o entorno das construções mapeadas, permeado de blocos pertencentes à classe 1. Fonte: Luzia Matos (2014)

Figura 43: Residência de um andar cercada por vasta área descampada. Observa-se ainda bloco grande no interior da área construída e muros que não cobrem a construção como um todo. Fonte: Luzia Matos (2014)

9 DISCUSSÕES

Em Papathoma- khole et al. (2007) a vulnerabilidade mais baixa chegou a aproximadamente 30 % para os escorregamentos rasos. No caso das vulnerabilidades avaliadas na bacia do rio Guaxinduba, para as corridas de detritos, ressalta-se seu valor mais baixo de 55%, mostrando, provavelmente, a importância de medidas mitigadoras (preventivas) nesta área.

Outro importante resultado a ser discutido com as pesquisas que desenvolveram o método, refere-se a distribuição das áreas mais vulneráveis com seus respectivos mapas de suscetibilidade e perigo. Tanto em Papathoma e Dominey-Howes (2003), Papathoma-Khole et al. (2007) quanto em Kappes et al. (2012) e nesta pesquisa com o mapeamento dos blocos, os graus de vulnerabilidades não apresentaram, necessariamente conformidade, com os graus de suscetibilidade ou zonas de perigo da área (**Figura 44**). Para Papathoma-Khole et al. (2007), uma possível resposta está no caráter dinâmico e complexo do conceito de vulnerabilidade, fomentando mais estudos acerca deste conceito. Nesse sentido, salienta-se que as vulnerabilidades resultantes destas pesquisas voltaram-se para as ações mitigadoras do poder público, assim, o estabelecimento de seus critérios em concordância com os graus de importância para o poder público, direcionou a construção dos valores das vulnerabilidades tornando-as independentes dos mapeamentos de suscetibilidade e de perigo. Assim, diante da ação mitigadora do poder público, é possível que se tenha construções com baixas vulnerabilidades em áreas bastante suscetíveis aos perigos naturais.

Em todas estas pesquisas, aqui avaliadas o aumento da vulnerabilidade foi potencializado pelo comprometimento das condições físicas em que se encontravam as construções mapeadas. Nesta pesquisa, observou-se que as áreas mapeadas não atendem a um planejamento com a perspectiva da redução de riscos, importante porque podem oferecer às construções um potencial de dano menor quando atingidas pelas corridas de detritos. Dessa forma, a aplicação das medidas mitigadoras dá lugar a um planejamento que resulte em menos danos e/ou perdas diante da ocorrência dos desastres.

Figura 44: Destaca-se a localização das construções com alta vulnerabilidade às corridas de detritos em zonas de baixo perigo na Bacia de Barcelonnette – França. Em (a) verifica-se a vulnerabilidade às corridas de detritos para os tomadores de decisão. Em (b) descreve-se a vulnerabilidade às corridas de detritos para os agentes de emergência. Fonte: Kappes et al. (2012).

Quanto às pesquisas nacionais acerca do tema, destaca-se Kanji et al. (2001) que propõem a redução do impacto das corridas de detritos em Cubatão, Serra do Mar, a partir de obras de engenharia e proteção das encostas com a recuperação de áreas degradadas. Este estudo confere o cenário da refinaria de petróleo Bernardes, sobretudo com a construção de obras de controle de vazão e retenção de detritos (blocos, troncos de árvores, sedimentos, etc.). A instalação das barragens nos vertedouros, conforme dinâmica da bacia experimental e suas condições para a ocorrência das corridas visa como resultado não apenas proteger a instalação industrial, mas também a preservação do ambiente de instalação. Quanto a seus resultados mais efetivos, os autores ressaltam que os serviços de proteção instalados, em diferentes pesquisas, devem atender aos objetivos específicos de cada uma, de acordo com os elementos de risco (as estruturas, propriedades, etc) expostos. Além disso, pontuam que os serviços de proteção a serem instalados devem considerar a realidade física, ambiental de cada elemento de risco vulnerável.

Os trabalhos de Hummell (2013) e Szlafsztein (2013), embora visem classificar a vulnerabilidade social de uma área, diferentemente desta pesquisa que busca a vulnerabilidade física, geraram importantes resultados acerca da vulnerabilidade frente aos perigos ambientais no Brasil. Em Hummell (2013) apresentou-se a construção de um índice de vulnerabilidade social em ambientes de ocorrência dos perigos naturais

chamado SoVI (Índice de Vulnerabilidade Social). Esta pesquisa examinou comparativamente a vulnerabilidade com variáveis que indicavam a escolaridade, riqueza, pobreza, ocupação, entre outras, a fim de auxiliar nas medidas de prevenção e mitigação de desastres naturais nos municípios brasileiros. De modo geral, os municípios estudados apresentaram vulnerabilidade média com uma variação que chegou a 67% ao longo do território nacional. A variação alcançada na presente pesquisa com a aplicação do PTVA é de 28%. Conforme resultados alcançados nestas duas pesquisas, ressalta-se a necessidade de medidas que diminuam a discrepância entre os elementos de risco avaliados, padronizando-os.

Em Szlafsztein (2013) apresentou-se o método de análise e mapeamento da vulnerabilidade às ameaças ambientais na Amazônia com o Índice Composto de Vulnerabilidade às ameaças ambientais na Amazônia (ICVAM). Trata-se da relação matemática entre o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), que identifica as variáveis que compõem a vulnerabilidade de diferentes grupos populacionais (idade, classe social, escolaridade, etc) e o Índice de Unidades de Resposta (IUR) que define os agentes estruturais que contribuirão para o socorro da população quando atingidas por eventos perigosos possibilitando a redução de riscos (gestão de risco, infraestrutura de abrigo, órgãos de defesa civil e segurança como o corpo de bombeiros e polícia militar, etc). Seus resultados apontaram a importância desta metodologia que com baixo custo e rapidez gera base de dados para o gestor público no que tange a identificação e localização dos grupos mais vulneráveis diante dos perigos naturais na região amazônica.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Nenhum critério de vulnerabilidade é determinante na classificação da vulnerabilidade final. Sua geração depende de um conjunto de critérios que diante de sua presença e condições devem gerar diferentes classes de vulnerabilidade. Nesse sentido, ressalta-se os resultados dessa pesquisa que identificou áreas com blocos da classe 3, por exemplo, apresentando vulnerabilidade elevada (Fichas 03 Julho; 12 Dezembro na Tabela 17 e Figuras 28, 29, 30, 31e 32) e áreas que apresentaram blocos da classe 1 (Ficha 11 Dezembro na Tabela 17 e Figuras 43, 44 e 45). Corroboram com esta consideração os estudos do método base PTVA Papathoma e Dominey Howes (2003), Papathoma-Khole et al. (2007) e Kappes et al. (2012); Slafstein (2013) com o conjunto dos critérios que definiram tanto o (IVS) quanto do (IUR) compondo o (ICVAM) e a pesquisa de Humell (2013).
- De modo geral, verificou-se que a conformidade entre o maior número de critérios avaliados em uma área construída é o que define a classe de vulnerabilidade correspondente. Dessa forma, nenhuma das construções mapeadas atendeu a todos os critérios conjuntamente, aumentando ou diminuindo, ao máximo, o valor da vulnerabilidade final. No caso, a condição de maior vulnerabilidade em uma construção, reuniria os seguintes critérios: Material construtivo pobre (ex: madeira), Ausência de muros altos envolvendo a construção, presença de portas e janelas grandes/ largas em construções com apenas um andar. Em seu entorno a presença de blocos com tamanho correspondente a classe 3 (blocos com dimensão grande a muito grande) e áreas descampadas, portanto, sem cobertura vegetal ou outras construções.
- Aproximadamente 8% de toda área mapeada configura-se como de alta vulnerabilidade. Trata-se de uma potencialidade relevante para a configuração de catástrofe diante da ocorrência das corridas de detritos nestas áreas. As altas vulnerabilidades obtidas nesta pesquisa, sobretudo as quais os critérios de vulnerabilidade mapeados apresentaram maior importância para a ação do poder público (Tabela 16), revelam o quanto de medidas mitigadoras podem ser realizadas, no intuito de diminuir a alta vulnerabilidade encontrada (76 a 83%), possibilitando que chegue a valores mais baixos. Nesse sentido, as altas vulnerabilidades na Estrada do Cantagalo, Alamedas Castanheiros e Pessegueiros, destacam o quão resistentes

estas áreas podem ser, ou ainda, que as medidas mitigadoras em áreas suscetíveis as corridas de detritos são muito importantes.

- Com base na variação de 28% entre a vulnerabilidade mais alta (83%) e a mais baixa (55%) na área de estudo, verifica-se que os tomadores de decisão devem agir na diminuição da vulnerabilidade às corridas de detritos no Brasil. Neste processo, tanto o poder público, como as famílias ou empresários podem com ações pontuais (levantamento de muros em concreto ou ainda construções com mais de um andar) e manutenções sistematizadas contribuir com a diminuição da vulnerabilidade das moradias ou negócio de interesse.
- De modo geral, observou-se que as construções das residências, fábrica ou comércios mapeados não atendem a um planejamento que busque a redução do risco. Neste sentido, salienta-se a necessidade de documentação, ao longo do tempo, das características dos eventos ocorridos, bem como o registro dos processos de recuperação dos elementos, das estruturas e da população atingidos. De posse desse material será possível identificar a vulnerabilidade destes elementos com maior precisão futuramente, o que embasará um planejamento de risco realístico.
- A vulnerabilidade (em função das medidas de mitigação) nem sempre estará em conformidade com os mapas de suscetibilidade e de perigo. A interdependência entre a vulnerabilidade dos elementos de risco e as características que suscetibilizam uma área a um evento perigoso define este cenário. Sabe-se que os critérios que geram os diferentes valores de vulnerabilidade, não correspondem, necessariamente, aos que caracterizam uma área como sendo suscetíveis. Embora o estudo de ambas possa “enfrentar” os impactos dos desastres naturais, caracterizam-se com funções diferentes neste processo.
- Todo o processo de construção desta pesquisa, na busca por referências bibliográficas, verificou a necessidade de trabalhos nacionais que relacionem a vulnerabilidade e as corridas de detritos no Brasil, sobretudo as que enfoquem o elemento de risco como agente dinâmico capaz de reduzir o dano ou a perda gerada pelo impacto com o processo perigoso.

- Diante da falta de mapeamentos de suscetibilidade ou perigo voltados às corridas de detritos na área de estudo, esta pesquisa precisou construir uma base de dados acerca do processo pretérito para então aplicar o método PTVA.
- O PTVA gera resultados mais precisos conforme acesso a informações como: códigos de construção, número absoluto de construções na área de estudo, sua distinção entre fábricas, serviços ou residências. Sabe-se, entretanto que o acesso a estas informações depende de setores públicos nos quais por vezes temos acesso limitado.
- Optou-se pelo mapeamento setorizado na área de estudo, diferentemente do aplicado pelos trabalhos base que desenvolveram seus mapeamentos por meio de cadastramento individual das construções. Nesse sentido, ressalta-se a dificuldade do mapeamento cadastral em área urbana.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, C. D. R. (1998). **Origem e Evolução da Serra do Mar**. Revista Brasileira de Geociências: 135-150.

AUBRECHT, C. FUCHS, S. NEUHOLD, C. (2013) **Spatio-Temporal aspects and dimensions in integrated disaster risk management**. Springer, Nat. Hazards – Original Paper p. 1205 – 1216.

AUGUSTO FILHO, O. (1992) **Caracterização Geológico-Geotécnica voltada à Estabilização de Encostas: uma proposta metodológica**. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1 Rio de Janeiro. ABMS/ABGE/PCRJ. V2, p.721-733.

AUGUSTO FILHO, O. (1993) - **O estudo das corridas de massa em regiões serranas tropicais: um exemplo de aplicação no Município de Ubatuba, SP**. Congr. Bras.Geol.Eng., 7, Poços de Caldas. ABGE. V 2, p. 63-70.

BANCO MUNDIAL (2012). **Avaliação de Perdas e Danos: Inundações em Santa Catarina**. Relatório elaborado pelo Banco Mundial com o apoio do governo do estado de Santa Catarina. Brasília- DF. Editora Executiva- p. 63.

BERTAGNA, S. M. A. (1999). **Proposta Metodológica para elaboração de Carta de Suscetibilidade ao Escorregamento em Sistema de Informação Geográfica: Média-Baixa do Rio Perequê (Serra do Mar – SP)** In: CONGRESSO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA,9, São Pedro. Anais... ABGE, 1999. CD-ROM.

BIRKMANN, J. (2006a). **Measuring Vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions**. In J. Birkmann (Ed.), Measuring vulnerability to natural disasters - United Nations University Press. p. 09-54).

BIRKMANN, J. (2006b). **Indicators and criteria for measuring vulnerability: theoretical bases and requirements**. In J. Birkmann (Ed.), Measuring vulnerability to natural disasters - United Nations University Press. p. 55 e 77).

BIRKMANN, J. (2007). **Risk and Vulnerability indicators at different scales: Applicability, Usefulness and Policy implications**. Elsevier – Environmental Hazards. 7. P. 20-31.

CANNON, T. (2008) **Vulnerability, “innocent” disasters and the imperative of cultural understanding**. Disaster Prev. Manag. 17 (3) p. 350-357.

CARDONA, D. O (2004) **The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a Holistic Perspective: A necessary review and criticism for effective risk management**. In Bankoff, G. Frerks and D. Hilhorst, (Eds), Mapping Vulnerability: Disasters, development and people, London: Earthscan, p. 1-17.

CERRI, E. S, (1993). **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para a prevenção de acidentes**. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 197P.

CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. (1998). **Riscos Geológicos**, In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S.N. A. de. (Org) – Departamento de Geologia de Engenharia. ABGE-CNPq-FAPESP. São Paulo, p.301-310.

CHEN, N. SH, ZHOU, W, YANG, CH. L, HU, G. SG, GAO, Y. CH, HAN, D. (2010) **The processes and Mechanism of failure and debris flow initiation for gravel soil with different clay content**. Geomorphology 121 – Elsevier: DOI: 10.1016/J. geomorph. 2010.04.017. p. 222-230.

CONWAY, F.S. DECALNE, A. BALME, R.M. MURRAY, B. J. TOWNER, C.M. (2010) **A new approach to estimating hazard posed by debris flows in the Westfjords of Iceland**. Geomorphology – Elsevier. DOI: 10.1016/J. geomorf.. 2009.08.015. p. 556-572.

CRUZ, O. (1974). **A Serra do Mar e planície na área de Caraguatatuba-contribuição à geomorfologia litorânea tropical**. Série Teses e Monografias, 11, IGEOG/USP: 181 p.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO: **Defesa Civil continua atuando em Itaóca**. São Paulo - <http://www.saopaulo.sp.gov.br>. Último acesso em 29/05/2014.

DING, M. WEI, F. HU, K. (2012) **Property Insurence against Debris Flow disasters based on risk assessment and the principal-agent theory**. Nat. Hazards. 60. p. 801-817.

DIAS (2014) **Análise da influencia dos parâmetros morfológicos e morfométricos na geração de Corridas de Detritos em Caraguatatuba (SP)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) Universidade de São Paulo.

FARIA, D. G. M. (2011). **Mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas precárias brasileiras com a incorporação do processo de análise hierárquica (AHP)**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós- Graduação e Área de concentração em Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - São Carlos, p 22-36.

FUCHS, S. Heiss, K. and Hübl, J. (2007) **Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow assessment**, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 7, 495-506.

FUCHS, S. (2009) **Susceptibility versus resilience to mountain in Austria – paradigms of vulnerability revisited**, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 337-352, 2009.

GRAMANI, M. F. (2001) **Caracterização geológico-geotécnica das corridas de detritos (Debris flows) no Brasil, em comparação com alguns casos internacionais**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p 135 – 225.

GRAMANI, M. F. KANJI, M. A. (2001). **Inventário e Análise das Corridas de Detritos no Brasil**. 3o .Congr. Bras. Estab. Encostas (COBRAE), ABMS, R. Janeiro, 53-60.

GRAMANI, M. F e MIRANDOLA, F. A. (2014) **A Corrida de Massa no córrego Guarda-Mão- Município de Itaóca - SP: Impacto e observações de campo.** In: Desastres de 2014 Na região Sudeste do Brasil. São Paulo /ABGE/ p.28-36.

GOMES, R. A. T. (2003). **Previsão de áreas de risco a movimentos de massa a partir da modelagem matemática de previsão de escorregamentos e corridas de massa.** Tese de Doutorado. UFRJ, Rio de Janeiro.

GUIDICINI, G, C. M. NIEBLE, (1976). **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação.** São Paulo. p. 09-27

HOLUB, M. AND HÜBL, J. (2008). **Local protection against mountain hazards – State of the art and future needs.** Natural Hazards and Earth System Sciences.,(8) p. 81-99

HUMELL, B. (2013) **Desenvolvimento do índice de vulnerabilidade social (SOVI) para o Brasil.** I Seminário Internacional de Investigação sobre Vulnerabilidade dos Desastres Socionaturais – SIIVDS. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. 20 a 22 de Novembro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br/censo2010/>. Último acesso em 31/05/2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, (2002). **Reconhecimento, Caracterização e Monitoramento de locais potencialmente sujeitos a instabilizações na serra do mar na área de influencia dos diversos sistemas de captação e abastecimento de água de tratamento de esgoto,** Estado de São Paulo. SCT. Relatório N° 59 123/02

JAKOB, M. (2005) **A size classification for debris flows.** Elsevier – Science Direct. BGC Engineering Geology Inc., 79. p. 151-161.

JORNAL CORREIO DA MANHÃ (1967). Retirados 200 corpos. Acervo: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba. Quarta-Feira, 22 de Março de 1967. 2º caderno.

JORNAL DA TARDE - JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO (1967a). Primeira Visão de Caraguatatuba. Acervo: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba. Segunda-Feira, 20 de Março de 1967. p7.

JORNAL DA TARDE - JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO (1967b) - O Prefeito e sua cidade morta. Acervo: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba. Segunda-Feira, 20 de Março de 1967. p 8.

JORNAL DIÁRIO DA NOITE (1967). Diário da Noite. Acervo: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba. Sexta-Feira, 24 de março, p 2.

JORNAL DIÁRIO POPULAR (1968). Falta de estradas dificulta progresso do litoral norte. Acervo: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba. 12 de Fevereiro de 1968, 1º caderno. p7.

JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO (1969). Por esta estrada vão morrendo 4 cidades. Acervo: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba. Quinta-Feira, 24 de Abril de 1969.

JORNAL O VALE PARAIBANO/ São José dos Campos (1967). Estão chegando os flagelados. Acervo: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba. Quarta-Feira, 22 de Março de 1967, nº 3.420 – Ano XVI.

KANJI, M. A. CRUZ, P. T. MASSAD, F. ARAUJO FILHO, H. A. DE (2001) **Environmental Effects Of Debris Flows And Their Protection Measures**. Istanbul: A. A. Balkena Publishers. V. 3, p. 1913-1916.

KANJI, M. A. CRUZ, P. T. MASSAD, F. (2008) Debris Flow affecting the Cubatão Oil refinery, Brazil. In: Landslides. V. 5, Issue 1, pp. 71 - 82.

KANJI, M. A. MASSAD, F. CRUZ, T. P. (2003) Debris Flows in areas of residual soils: Occurrence and characteristics, P. 1-8.

KAPPES, S. M, MALET, P. J, REMAITRE, A. HORTON, P. JABOYEDOFF, M. BELL, R. (2011) **Assessment of debris-flow susceptibility at medium-scale in Barcelonnette Basin, France**. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11 627-641.

KAPPES, M. S, PAPATHOMA-KÖLE, M. K, (2012). **Assessing physical vulnerability for multi- hazards using an indicator-based methodology**. Elsevier - Applied Geography vol.32, Wien – Austria. p 577-590.

LAVELL, A. (2003). **Gestión del riesgo**. Nociones y precisiones en torno al concepto y lapráctica, (CEPREDEAC-PNUD) Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central, 6p.

LISTO F. R. L. (2011). **Análise da suscetibilidade e do grau de risco a escorregamentos rasos na Bacia do alto Aricanduva, (SP)**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de geografia Física. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciencias Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, p 20-71.

LOPES, E. S. S, (2006). **Modelagem Espacial Dinâmica em Sistema de Informação Geográfica: Uma Aplicação ao Estudo de Movimentos de Massa em Uma Região da Serra do Mar Paulista**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, p. 314.

MACEDO, E. S.; CANIL,K.; GRAMANI, M. F.; ALMEIDA FILHO, G.S.; YOSHIKAWA, N.K.; MIRANDOLA, F.A; VIEIRA, B.C.; BAIDA, L. M. A.; AUGUSTO FILHO, O; SHINOHOARA, E. J. (2004). **Mapeamento de áreas de risco de escorregamentos e solapamento de margens no município de São Paulo (SP): O exemplo da favela Serra Pelada, Subprefeitura Butantã**. In Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, Anais - GEDN/UFSC – CD-ROM. Florianópolis, p.59-72.

MACEDO, E. S; SANTOS, L. P; CANIL, K; SILVA, F. C; LANÇONE, R. B; MIRANDOLA, F. A; COSTA, R. N. (2011). **Mapeamento de risco em assentamentos precários no município de São Paulo (SP)**. In: 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Paulo, p1- 10.

MARCHI, L. AND TECCA, R.P. (2006) **Some Observations on the use of data from Historical Documents in Debris Flow studies**. Nat. Hazards – Springer p. 301-320.

MEIS, M. R. M & SILVA, J.X. (1968) **Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro**, Rev. Bras. Geografia, ano 30, n. 1, p 55-73.

MINISTÉRIO DAS CIDADES e INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (2007). **Manual de treinamento de técnicos municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com risco de escorregamentos, enchentes e inundações**. CPRM/SGB: Rio de Janeiro, 90 p.

OLIVEIRA, M. **Projeto História Oral: “Recontando Caraguá”** (1993). Acervo: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU, 2005) **Living with risk. A global review of disaster reduction initiatives**. Inter – Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra, Suíça. Disponível em www.unisdr.org. Último acesso em 26/05/2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ISDP (2009) **Terminology on disaster risk reduction**. United Nations, Geneva, Switzerland, Maio, 2009 p. 30.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU, 2012) United Nations system task team on the post – 2015 united nations development agenda: **Disaster risk and Resilience – Thematic Think Piece**. UNISDR, WMO. P. 1-13.

PAPATHOMA, M., DOMINEY. H, D., ZONG, Y., and SMITH. D. (2003). **Assessing Tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Greece**. Natural Hazards and Earth System. Sciences, 3, 377–389.

PAPATHOMA. M and HOWES D. (2003). **Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece**. Natural Hazards and Earth System Sciences, 3, European Geosciences Union. p. 733–747.

PAPATHOMA, K, M., NEUHÄUSER, B., RATZINGER, K., WENZEL, H., & DOMINEY, H, D. (2007). **Elements at risk as a framework for assessing the vulnerability of communities to landslides**. Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 765 e 779.

PETRI, S. e SUGUIO, K. (1971) **Características granulométricas dos materiais de escorregamentos de Caraguatatuba, São Paulo, como subsídio para o estudo da sedimentação neocenoica do sudeste brasileiro**. Anais 25º Congr. Bras. Geol., São Paulo, Vol. 1 ed. 2º - p. 70-82.

PIMENTEL, P. I. C. (2010). **Mapeamento das Áreas de Riscos Potencial e Iminente a Processos Morfodinâmicos na Bacia do Córrego do Limoeiro (SP)**. Trabalho de Graduação Individual – Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia. São Paulo, p 24-64.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CARAGUATATUBA. **Águas de Março** - Registros Históricos extraídos dos arquivos do ex-prefeito Geraldo Nogueira da Silva. Ofício – 4810/67 – Caraguatatuba, 10 de maio de 1967.

ROCHA, G. C. (2005). **Riscos Ambientais: Análise e Mapeamento em Minas Gerais**. Ed. UFJF, Juiz de Fora. 126p.

SANTORO, J. (2014) **Atendimento emergencial no município de Itaóca (SP)** In: Desastres de 2014 Na região Sudeste do Brasil. São Paulo /ABGE/ p.22-27.

SELBY, M. J. (1993). **Mass Wasting of soils In: Hillslope: Materials & process**. New York,. Publisher: Oxford University Press. USA. 2 editions. 480 p.

SHARPE, C. F. S. (1938) **Landslides and related phenomena: a study of mass movements of soil and rock**. Columbia University Press - New York. p. 125

SIDLE, C. R, PEARCE, J. A, O'LOUGHLIN, L. C. (1985) **Hill slope Stability and Land Use**. American Geophysical Union, IV Title. V. Series: Water Resources Monograph. 11. ISSN 0270-9600 - Washington, D. C.

STINY, P. J. (1997). **Debris Flows: An attempted monograph with particular reference to the conditions in the Tyrolean Alps**. EBA Engineering Consultants Ltd., Vancouver, British Columbia. p.105.

STOFFEL, M. (2010) **Magnitude-Frequency relationships of debris flow – A case study based on field surveys and tree-ring records**. Geomorphology – Elsevier. DOI: 10.1016/J.geomorph.2009.10.009 p. 67-76.

SZLAFSZTEIN, C. (2013) **Metodologia de Análise e Mapeamento de Vulnerabilidade na Amazônia**. I Seminário Internacional de Investigação sobre Vulnerabilidade dos Desastres Socionaturais – SIIVDS. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. 20 a 22 de Novembro.

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

VALDES, J. (2006). **A redução do risco de desastres: uma chamada para a ação**: In @local. glob nº 3 , Ed. Centro Internacional da OIT, Itália, P.2 a 7.

VARNES, D.J. (1958) - **Landslide Types and Processes**. In: Eckel, E.B. (editor) - Landslides and Engineering Practice. Highway Research Board. Special Report 20-1958. Publication 544. NAS/NRC. p. 20 - 47.

VARNES, D.J. (1978) - **Slope Movement Types and Processes**. In: Landslides - Analysis and Control, SCHUSTER, R.L. & KRIZEK, R.J. (eds).Transportation Research Board Special Report 176. NAS. p.11-33.

VARNES, D. (1984) **Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice**. UNESCO, Paris. p 09-63.

VOOGD, H.(1983). **Multicriteria Evaluation for Urban and Regional planning**. ISBN 085086 1063. Pion Limited, London p.357

WEN, C. L, TING, C. T, CHI, H. H. (2012) **Building Vulnerability to debris flows in Taiwan: a preliminary study**. Springer - Nat. Hazards – Original Paper. p. 2107-2128.

WEINMEISTER, W. H. (2007) **Integrated Debris Flow Disaster Mitigation: A comprehensive Method for Debris Flow Disaster Mitigation**. Journal of Mountain Science. Vol. 4 N° 4 p. 293-308.<http://jms.imde.ac.cn>

WOLLE, C. M. e CARVALHO, C. S (1994). **Taludes Naturais**. In F. F. Falconi and A. N. Jr. (eds), **Solos do litoral de São Paulo**. Associação Brasileira de Mecânica de Solos - Núcleo Regional de São Paulo - ABMS, São Paulo, pp. 180-203.

ZUQUETTE, L.V; GANDOLFI, N; PEJON, O. J.(1990). **O mapeamento geotécnico na prevenção de riscos geológicos em áreas urbanas**. In: 1º Simpósio Latino Americano sobre risco geológico urbano. (ABGE), São Paulo. p. 305-315.

12 ANEXOS

ANEXO – 1 FICHA CADASTRAL PARA MAPEAMENTO DOS DEPÓSITOS. **Fonte:**

Compilação de dados baseados em Stiny (1997); Macedo *et al.* (2004) e Ministério das Cidades e IPT (2007).

Nº de cadastro: _____	Data: _____
Coordenadas UTM: N _____ S _____	Altimetria: _____
Pesquisadores: _____	
Condições de acesso: Pública: _____ Privada: _____	
Descrição: _____	
CARACTERÍSTICAS DO CANAL	
Natural _____ Retificado _____ Lâmina d'água _____ m. ; Largura do canal _____ m. ; Comprimento do canal _____ m/km.	
Observação: _____	
MORFOLOGIA DO CANAL:	
Meandrante _____ Retilínio _____ Encaixado _____	
Observação: _____	
PRESENÇA DE:	
Mata ciliar _____ Assoreamento _____ Solapamento de margem _____ Patamares _____	
Descrição: _____	
DIMENSÃO DOS DEPÓSITOS:	
Sedimentação fina (Patamares) _____ Arenoso com pedregulhos e cascalhos _____ Blocos e detritos mais espessos _____	
Diâmetro dos blocos: _____ Altura dos blocos: _____ Comprimento dos blocos: _____	
CONDIÇÕES EM QUE SE ENCONTRAM EM RELAÇÃO A DISTÂNCIA DO RIO:	
Distância: _____ Geometria (angulosidade): _____	
Litologia: _____	
Descrição: _____	
INTERVENÇÕES NA ÁREA:	
Diques _____ Barragem _____ "Piscinão" _____ Nenhuma: _____	
Pontes _____ Canalização _____ Travessias _____ Outros: _____	
Descrição: _____	
DESCRIÇÃO DA PAISAGEM DO ENTORNO: "MICRO TOPOGRAFIA"	

ANEXO 2: FICHA CADASTRAL PARA MAPEAMENTO DAS CONSTRUÇÕES E SEU ENTORNO. **Fonte:** Compilação de dados em Macedo *et al.* (2004) e Ministério das cidades e IPT (2007).

Nº de cadastro: _____	Data: _____
Coordenadas UTM: N _____ S _____	Altimetria: _____
Pesquisadores: _____	
Condições de acesso: Pública: _____ Privada: _____	
Construção visitada: Casa () Fábrica () Prédio (). Outros: _____	
TIPOS DE CONSTRUÇÃO	
Material mais resistente (Concreto, Alvenaria) _____	Material menos resistente (Madeira) _____
Composição Mista _____	
Observação: _____	

CARACTERÍSTICAS DAS CONSTRUÇÕES:	
Muros altos envolvendo a construção _____	Número de andares _____
de janelas e portas largas / grandes _____	Idade: _____
Presença	
Descrição: _____	

ENTORNO DAS CONSTRUÇÕES:	
Ponte: _____	Atalho: _____
Terrenos largos (campos, clubes, etc): _____	
Proximidade da construção com os cursos d'água: _____	
PRESENÇA DE DEPÓSITOS (DE CORRIDAS DE DETRITOS) NO ENTORNO DAS CONSTRUÇÕES:	
Sedimentação fina (Patamares): _____	
Depósitos arenosos com pedregulhos e cascalhos: _____	
Blocos e detritos pouco espessos: _____ cm (); Blocos e Detritos com espessura média: _____ cm (); Blocos e Detritos mais espessos: _____ cm/metros ().	
Descrição: _____	

DESCRIÇÃO DA PAISAGEM DO ENTORNO: (Proximidade entre as construções, distanciamento em relação com os principais cursos d'água, etc...)	