

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

JÚLIA FREDERICA EFFGEN

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A
MOVIMENTOS DE MASSA NA REGIÃO ADMINISTRATIVA 1
DE VILA VELHA-ES**

VITÓRIA
2015

JÚLIA FREDERICA EFFGEN

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A
MOVIMENTOS DE MASSA NA REGIÃO ADMINISTRATIVA 1
DE VILA VELHA-ES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Geografia do Centro de Ciências
Humanas e Naturais da Universidade
Federal do Espírito Santo, como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.
Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro.

JÚLIA FREDERICA EFFGEN

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA NA REGIÃO ADMINISTRATIVA 1 DE VILA VELHA-ES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Aprovado em _____ de _____ de 2015.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Celso de Oliveira Goulart
Departamento de Geografia (UFES)
Componente de Banca

Profa. Dra. Luiza Leonardi Bricalli
Departamento de Geografia (UFES)
Componente de Banca

Prof. Dr. Eberval Marchioro
Departamento de Geografia (UFES)
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, Pai e Mãe, e familiares por permitirem que chegasse até aqui.

Aos meus amigos, que me ajudaram das mais diversas formas possíveis, com palavras de apoio, brincadeiras, dicas ou longas caminhadas na praia: Frederico Pitanga, Arturo Martinelli, Guilherme Diniz, André Moraes, Thatyane Nascimento, Larissa Belo, Rafael Hygino, e tantos outros.

À Defesa Civil Municipal de Vila Velha, nas figuras do Coronel Corrêa Lima, Jéssica e Drielly, que me atenderam e cederam materiais fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Umi San – Serviços de Apoio à Navegação e Engenharia, principalmente a Juracy, Cinthia, Jéssica, Larissa e Jhonne, pelo apoio e incentivos.

À Ane (Projeto Tamar), Exército Brasileiro, Padre Ventura (Marinha do Brasil), Leonardo (Parque Municipal Morro da Mantegueira), por compartilharem pontos de vistas e informações sobre a região de estudo.

Ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (IDAF), Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), pela disponibilização de tamanha riqueza de informações e dados prontos para manipulação.

Ao Laboratório de Monitoramento e Modelagem de Sistemas Ambientais (LAMOSA) do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, pela disponibilidade e vontade de compartilhar aprendizados e informações.

Ao Prof. Dr. Eberval Marchioro, pela vontade de ajudar, orientar, ensinar e extrair o melhor que podemos produzir.

Por último, mas não menos importante, a todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram para o trabalho.

*“Andei depressa para não rever meus passos
Por uma noite tão fugaz que eu nem senti
Tão lancinante, que ao olhar pra trás agora
Só me restam devaneios do que um dia eu vivi”*

Saga – Filipe Catto

RESUMO

Este trabalho se propõe a analisar a distribuição das áreas de suscetibilidade a movimentos de massa na Região Administrativa 1 de Vila Velha, município do Espírito Santo. Para alcançar tal objetivo, diversos métodos de mapeamento de suscetibilidades a movimentos de massa foram considerados (considerações sobre os principais métodos estão no capítulo 3 do presente trabalho), mas o escolhido foi uma combinação de métodos apresentados em trabalhos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo sobre suscetibilidade a movimentos de massa e a aplicação da Análise de Processos Hierarquizados (AHP). Os maciços costeiros são as áreas de maior suscetibilidade a movimentos de massa, de acordo com o modelo gerado (e verificado em campo), em decorrência das coberturas superficiais derivadas da formação Maciço Vitória e das declividades serem, em grande parte, maiores que 17° e as curvaturas horizontais apresentarem alternância entre formas convergentes e divergentes. As colinas costeiras apresentam suscetibilidade nos seus terços médio e inferior, com destaque para as áreas com declividades entre 17-27° e curvaturas horizontais variando entre formas convergentes e divergentes. As áreas planas (com declividades entre 0-11°), de cobertura superficial formadas por depósitos aluvionares e litorâneos e com curvatura horizontal predominantemente retilínea apresentam as menores suscetibilidades a movimentos de massa. Em diversos locais identificados com suscetibilidade de média a alta, já ocorreram movimentos anteriormente (sendo que grande parte deles ocorreram durante o evento extremo de pluviosidade de dezembro de 2013). A ocupação em boa parte das áreas com suscetibilidade a movimentos de massa é de caráter residencial.

PALAVRAS-CHAVE: Encostas. SIG. Movimentos de massa. AHP. Suscetibilidade. Distribuição de eventos.

ABSTRACT

This study aims to analyze the distribution of areas with susceptibility to mass movements in Vila Velha's Administrative Region 1, municipality of Espírito Santo. To achieve this goal, various methods of susceptibility to mass movements mapping were considered (consideration of the main methods are in Chapter 3 of this work), but the choice was a combination of methods presented in the works of the Institute for Technological Research of the State São Paulo on susceptibility to mass movements and the application of Analytic Hierarchy Process (AHP). The coastal massifs are the areas of highest susceptibility to mass movement, according to the generated model (and verified in field trips), due to surface coatings derived from the geological formation Maciço Vitória and the slopes being largely greater than 17° and horizontal curvature alternating between converging and diverging shapes. The coastal hills are susceptible in their middle and lower thirds of their sides, highlighting the areas with slopes between 17-27° and horizontal curvatures ranging from convergent and divergent shapes. The flat areas (with slopes between 0-11°), the surface coatings formed by alluvial and coastal deposits and horizontal curvature predominantly rectilinear have lower susceptibility to mass movements. At various locations identified with average susceptibility to high, movements have occurred previously (most of them occurred during the extreme rainfall event December 2013). The occupation in most of the areas with susceptibility to mass movement is residential.

PALAVRAS-CHAVE: Slopes. GIS. Landslides. AHP. Susceptibility. Event distribution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desastres naturais registrados (1975-2011)	17
Figura 2: Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes: Morro do Jaburuna.....	18
Figura 3: Esquema de escorregamento rotacional.....	23
Figura 4: Esquema de escorregamento translacional	24
Figura 5: Esquema de rastejo	25
Figura 6: Relação entre as zonas de ocupação e suscetibilidade.....	27
Figura 7: Geometria de Encostas.....	28
Figura 8: Resultado do modelo SHALSTAB (<i>ShallowStability</i>) aplicado à parte insular do município de Vitória (ES).....	31
Figura 9: Etapas principais do método AHP	33
Figura 10: Etapas realizadas em SIG.....	38
Figura 11: Ajuda da ferramenta Combine	40
Figura 12: Resultado-padrão da ferramenta Flow Direction	41
Figura 13: Legenda dos Planos de Informação – SPRING	42
Figura 14: Avaliação de Importâncias – SPRING.....	43
Figura 15: Detalhes do Plano de Informação – SPRING	48
Figura 16: Classificação dos dados no software ArcMap.....	49
Figura 17: Mapa de Limites Administrativos do município de Vila Velha-ES	51
Figura 18: Mapa Hipsométrico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	52
Figura 19: Mapa da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	53

Figura 20: Mapa Geológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	54
Figura 21: Mapa de Precipitação Média Anual Acumulada para o ES, entre 1977 e 2006	55
Figura 22: Mapa Geomorfológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES: Domínios Morfoestruturais	57
Figura 23: Mapa Geomorfológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES: Regiões Morfoestruturais	58
Figura 24: Mapa Geomorfológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES: Unidades Morfoestruturais	59
Figura 25: Mapa Pedológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	60
Figura 26: Mapa de Declividades da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	62
Figura 27: Mapa de Formas de Relevo da Região Administrativa 1 de Vila Velha-ES	64
Figura 28: Mapa de Orientação de Vertentes da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	66
Figura 29: Mapa de Direção de Fluxos da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	68
Figura 30: Direção de Fluxos da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (com detalhe para os Maciços Costeiros).....	70
Figura 31: Mapa de Suscetibilidade a Movimentos de Massa da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES.....	72
Figura 32: Mapa de Suscetibilidade da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (com destaque para os Maciços Costeiros a Nordeste da mesma)	74
Figura 33: Encosta no estacionamento da Igreja Evangélica Missão	75

Figura 34: Estrada do Morro do Moreno, face leste	76
Figura 35: Estrada do Morro do Moreno, face norte.....	76
Figura 36: Morro do Moreno, face norte.....	77
Figura 37: Morro do Moreno.....	78
Figura 38: Matacões em encosta nas proximidades de uma residência no Morro do Moreno	78
Figura 39: Encosta estabilizada com solo grampeado	79
Figura 40: Encosta estabilizada com solo grampeado e sacos de areia.....	80
Figura 41: Encosta estabilizada com solo grampeado e muro de arrimo.....	80
Figura 42: Cicatriz de escorregamento, com grande presença de vegetação, próxima à estrada de acesso do 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro, localizado na Prainha de Vila Velha-ES	81
Figura 43: Cicatriz de escorregamento, próxima à estrada de acesso do 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro, localizado na Prainha de Vila Velha-ES	82
Figura 44: Cicatriz de escorregamento, nas proximidades da guarita do 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro, localizado na Prainha de Vila Velha-ES	83
Figura 45: Cicatriz de escorregamento no 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro, localizado na Prainha de Vila Velha-ES	83
Figura 46: Mapa de Suscetibilidade da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (com destaque para os Maciços Costeiros a Noroeste da mesma)	85
Figura 47: Escorregamento no Morro do Inhoá.....	86
Figura 48: Morros Inhoá e Soares.....	86
Figura 49: Encosta na face leste do Morro do Jaburuna – Rua Guilhermina Geovanote, Bairro Olaria.....	87
Figura 50: Face leste do Morro do Jaburuna.....	88

Figura 51: Face oeste do maciço costeiro Morro do Jaburuna, com delimitação de cicatrizes de escorregamento.....	88
Figura 52: Encosta escorregada, com matações e lixo presentes a montante de residências	89
Figura 53: Encosta da Avenida Castelo Branco	90
Figura 54: Encosta da Avenida Castelo Branco, imagem de agosto de 2013.....	91
Figura 55: Mapa de Suscetibilidade da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (com destaque para as Colinas Costeiras)	92
Figura 56: Encosta próxima a escadaria no Bairro Ilha dos Ayres	93
Figura 57: Encosta da rua Ilha dos Ayres, bairro Ilha dos Ayres.....	94
Figura 58: Viaduto da Terceira Ponte.....	95
Figura 59: Panorâmica de parte da Região Administrativa 1 de Vila Velha-ES, vista do Convento da Penha.....	95

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Cálculo de autovetor máximo	35
Equação 2: Cálculo de Índice de Consistência	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Conceitos básicos	26
Tabela 2: Graus de importância do método AHP	33
Tabela 3: Exemplo de Matriz de Ponderação.....	34
Tabela 4: Normalização de Valores e Pesos da Matriz de Ponderação exemplo	34
Tabela 5: Autovalor Máximo, Índice e Razão de Consistência.....	35
Tabela 6: Índice Randômico Médio do método AHP proposto por Saaty.....	36
Tabela 7: Intervalos de classes - Curvaturas Horizontal e Vertical	39
Tabela 8: Matriz de Ponderação – Fator Geologia.....	44
Tabela 9: Normalização - Fator Geologia.....	44
Tabela 10: Normalização – Fator Curvatura Horizontal	45
Tabela 11: Matriz de Ponderação – Fator Declividade.....	46
Tabela 12: Normalização – Fator Declividade.....	46
Tabela 13: Declividades da Região Administrativa 1 de Vila Velha-ES	61
Tabela 14: Curvatura Horizontal.....	63
Tabela 15: Caracterização Geológica da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	65
Tabela 16: Orientação de Vertentes da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	67
Tabela 17: Áreas de Suscetibilidade da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES	73

LISTA DE SIGLAS

AHP – Análise de Processos Hierarquizados

CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESRI – *Environmental Systems Research Institute*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

LAMOSA – Laboratório de Monitoramento e Modelagem de Sistemas Ambientais

MDT – Modelo Digital de Terreno

MNT – Modelo Numérico de Terreno

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SHALSTAB–*Shallow Stability*

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REVISÃO TEÓRICA	20
3.1 MOVIMENTOS DE MASSA	20
3.1.1 Fatores Deflagradores.....	20
3.1.2 Classificações de Movimentos de Massa	21
3.1.3 Risco e Suscetibilidade.....	25
3.1.4 Encostas	27
3.2 MÉTODOS DE MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE.....	29
3.2.1 Análise de Processos Hierarquizados (AHP)	32
4 METODOLOGIA	37
4.1 OPERAÇÕES DE GEOPROCESSAMENTO	37
4.2 MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE	41
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA.....	50
6 DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	61
6.1 CARACTERIZAÇÃO DE ALGUMAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS DA SEDE DE VILA VELHA-ES.....	61
6.2 ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA DA REGIÃO ADMINISTRATIVA SEDE DO MUNICÍPIO DE VILA VELHA-ES	71
6.2.1 Maciços Costeiros a Nordeste da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (Morro do Moreno e Morro da Penha)	73
6.2.2 Maciços Costeiros a Noroeste da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (Morro do Soares, Morro do Inhoá, Morro do Jaburuna)	84
6.2.3 Colinas Costeiras da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha- ES (Morro do Marista e Ilha dos Ayres)	91
7 CONCLUSÃO	97
8 REFERÊNCIAS.....	98

1 INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são processos exógenos, que atuam no modelado da paisagem da superfície terrestre em diferentes partes do planeta, anteriores à própria civilização (FERNANDES; AMARAL, 2011).

Apesar de serem movimentos naturais do ajuste do equilíbrio dinâmico da paisagem, envolvendo variáveis como a geologia, geomorfologia, climatologia e pedologia, esses têm sido impulsionados pela ação antrópica ao longo de diferentes escalas espaço-temporais.

Entre os principais motivos para a ocorrência de movimentos de massa associados a ação antrópica, destaque para aqueles envolvendo os “*cortes para implantação de moradias e de estradas, desmatamentos, atividades de pedreiras, disposição final do lixo e das águas servidas*” (FERNANDES; AMARAL, 2011).

Dentre os movimentos de massa, os escorregamentos e corridas em encostas se destacam pela sua capacidade de afetar diversas atividades humanas e a variedade de tamanhos e tempos em que podem ocorrer (desde pequenos em magnitude distribuídos em grandes intervalos de tempo até os grandes eventos de ocorrência instantânea) (FERNANDES; AMARAL, 2011).

Segundo Tominaga, Santoro e Amaral (2009), a ocorrência de desastres naturais e os prejuízos causados por eles aumentou nas últimas décadas em todo o planeta. A maioria das populações em risco de serem afetadas por desastres naturais está nos países em desenvolvimento, onde são as com “[...] menores participações dos recursos econômicos e maior carga de exposição ao desastre” (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). A

Figura 1 apresenta o gráfico de desastres naturais registrados entre os anos de 1975 e 2011.

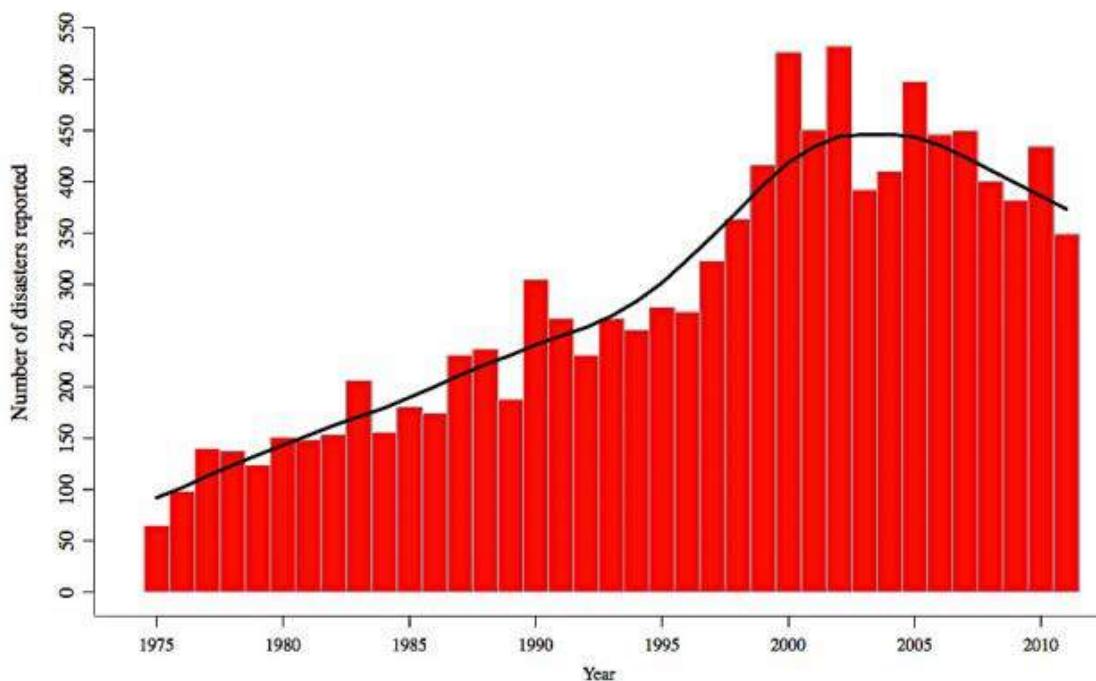


Figura 1: Desastres naturais registrados (1975-2011)

Fonte: ÅSVEEN, 2014

Nas metrópoles brasileiras, em especial as do Sudeste, são comuns as ocorrências de escorregamentos em encostas, deflagrados, principalmente, por conta da ação antrópica associados aos fatores naturais citados anteriormente.

A relevância deste trabalho reside na grande necessidade de se conhecer as áreas de risco e/ou suscetibilidade, seja de movimentos de massa ou de outros fenômenos, de nossas cidades. Considerando a dinâmica imobiliária das metrópoles brasileiras, onde são comuns os processos de ocupação desordenada de encostas, é fundamental que tais locais sejam estudados, a fim de diminuir os riscos aos quais os residentes estão sujeitos.

Diante da importância do tema para a população, este trabalho vem suprir uma carência de estudos que apontem para o mapeamento de áreas de suscetibilidade a movimentos de massa no município de Vila Velha-ES, pois o mesmo é amplamente conhecido pela população do Estado como a “Veneza Capixaba”, ou seja, é um município lembrado por ser afetado por inundações.

Em oposição ao destaque dado às inundações, estudos da CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais) apontam áreas de alto risco de movimentos de

massa em Vila Velha-ES, com destaque para a Região Administrativa 1 do município, denominada Centro ou Sede (INCAPER, acesso em: 08 nov. 2014).

A Figura 2 apresenta o mapeamento realizado na região do Morro do Jaburuna e prainha da Glória, com fotos de ocorrências e identificação dos setores de risco e sentidos de drenagem predominantes. Foram registradas quedas de muro, deslizamentos e rolamentos de blocos por todo o morro, com ocorrências isoladas e controladas; nas partes baixas, há risco de alagamentos. São apontados aproximadamente quinhentos imóveis em risco, expondo 2.500 habitantes (INCAPER, acesso em: 08 nov. 2014).



Figura 2: Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes: Morro do Jaburuna
Fonte: INCAPER, acesso em: 08 nov. 2014

Desse modo, o que se propõe, é a análise de áreas suscetíveis a movimentos de massa a partir da avaliação de diversos parâmetros, e sobreposição do mapa de suscetibilidade final ao ortofotomosaico de 2012, para se verificar a ocupação nessas áreas de suscetibilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar áreas com suscetibilidade a movimentos de massa a partir de técnicas de Geoprocessamento na Região Administrativa 1 de Vila Velha-ES.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar declividade, direção de fluxos e curvatura horizontal da Região Sede de Vila Velha-ES.
- Identificar cicatrizes de deslizamento e áreas suscetíveis segundo declividades em campo.
- Hierarquizar a área de estudo em níveis de suscetibilidade à movimentos de massa.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 MOVIMENTOS DE MASSA

Dentre os desastres naturais que mais causam prejuízos no mundo, estão os movimentos de massa (GUIMARÃES *et al.*, 2008).

Com clima tropical e grandes maciços montanhosos, o sudeste brasileiro apresenta grande suscetibilidade a tais eventos. A ocupação desordenada de suas encostas urbanas, com consequente derrubada de vegetação natural e cortes de taludes para construção de ruas e habitações, aumenta ainda mais as chances de ocorrência de movimentos de massa (GUIMARÃES *et al.*, 2008).

3.1.1 Fatores Deflagradores

Existem fatores (do meio físico ou biótico) que condicionam o acontecimento de movimentos de massa – a relação entre esses fatores pode diminuir a resistência do solo ou da rocha e desencadear a ocorrência desses movimentos. Esses fatores, apesar de naturais, podem ser potencializados pela ação humana (PINTO; PASSOS; CANEPARO, 2013).

Fernandes e Amaral (2011) colocam esses fatores condicionantes como determinantes de localização espacial e temporal dos movimentos. Além disso, diversas feições que atuam como fatores condicionantes tem origem associada a processos geológicos e geomorfológicos (processos esses que podem ser pretéritos ou atuantes).

Os movimentos de massa são dependentes, principalmente: da geologia, declividade (topografia), regime pluvial, estado da vegetação, atuação do homem e existência de mantos de intemperismo e/ou faixas impermeáveis (que acabam se tornando planos de descontinuidade) (BIGARELLA, 2003). A conjunção desses diversos fatores acaba por ocasionar ou impedir a ocorrência de movimentos de massas.

Bigarella (2003) expõe que os mecanismos de ruptura de um talude podem ser de ordem interna ou externa. Dentre os internos estão a “*alteração de nível freático; diminuição da resistência dos materiais [...] ; abertura de fraturas de tração;*

concentração de esforços no maciço”, enquanto os externos podem ser ligados a obras realizadas nos taludes, como as alterações na drenagem, remoção de cobertura vegetal, mudança da geometria do talude e remoção da base, entre outras (BIGARELLA, 2003).

Dos condicionantes geológicos, temos as falhas, fraturas, mantos de intemperismo, tipo de rocha e foliações metamórficas como fatores principais. As fraturas e falhas atuam como “caminhos preferenciais” para a infiltração de água no interior do maciço, aumentando a frente de intemperismo no mesmo, formando descontinuidades mecânicas (BIGARELLA, 2003; FERNANDES; AMARAL, 2011; PINTO; PASSOS; CANEPARO, 2013).

A declividade é apontada como um dos fatores básicos ligados às condições de instabilidade de encostas (tanto erosão quanto movimentos de massa) – pois quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento e potencial erosivo (BIGARELLA, 2003; PINTO; PASSOS; CANEPARO, 2013). Nota-se, entretanto, que em declividades muito altas, a instabilidade diminui por não se ter material disponível para escorregar e a estabilidade de um local vai variar de acordo com o material.

A presença de água no solo/maciço é considerada fator condicionante e detonador de movimentos de massa. A elevação de saturação dos solos diminui a resistência dos mesmos e aumenta o peso específico deles, o que também ajuda a desestabilizar os taludes (PINTO; PASSOS; CANEPARO, 2013).

3.1.2 Classificações de Movimentos de Massa

Os movimentos de massa apresentam diversas classificações, com critérios variando entre tipo de material deslocado, velocidade, mecanismo de movimentação, tipo de deformação/fratura, geometria do movimento e conteúdo de água presente na massa movimentada (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2008). A classificação de movimentos de massa escolhida para o presente trabalho é a do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). Nesta classificação, os movimentos são divididos em: rastejos, corridas de massa, escorregamentos e quedas/tombamentos (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2008).

O estudo dos movimentos de massa tem entre seus objetivos: a compreensão do desenvolvimento das encostas naturais e os processos de formação de diferentes feições; avaliação do risco de deslizamentos (e outros movimentos de massa) envolvendo encostas naturais e artificiais; recuperação de encostas e realização de planejamento para que novos eventos não ocorram; e análise dos tipos de movimentos de massa ocorridos e suas causas (GUERRA, 2011).

As corridas são movimentos rápidos, onde os materiais se comportam como fluidos viscosos – a alta viscosidade se deve à presença excessiva de água superficialmente na encosta afetada. Nesses movimentos, são mobilizadas grandes quantidades de material (solos e até blocos de rocha) e a partir das corridas, também chamadas de *flows*, podem ocorrer os escorregamentos; as corridas tendem a ocorrer em locais onde o fluxo de água se concentra, ou seja, setores côncavos das encostas. (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUERRA, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2008; IPT, 2007).

Os escorregamentos são movimentos rápidos, de curta duração, mas que apresentam planos de ruptura bem definidos – o que torna possível a diferenciação entre o material mobilizado e o não-mobilizado. A classificação dos escorregamentos é feita com base no material mobilizado (solo, rocha, lixo, detritos, ou uma mistura desses) ou plano de ruptura (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUERRA, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2008; IPT, 2007).

Os escorregamentos que possuem plano de ruptura curva, com concavidade para cima, são chamados de rotacionais – por conta da rotação que o material sofre ao escorregar. São de ocorrência comum em áreas de solos bem desenvolvidos, espessos e com alterações na base encosta (cortes ou erosão). Os escorregamentos rotacionais são comuns em certas áreas do sudeste do Brasil por causa da presença de grandes mantos de alteração. A Figura 3 apresenta um esquema geral de como ocorre um escorregamento rotacional (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUERRA, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2008; IPT, 2007).

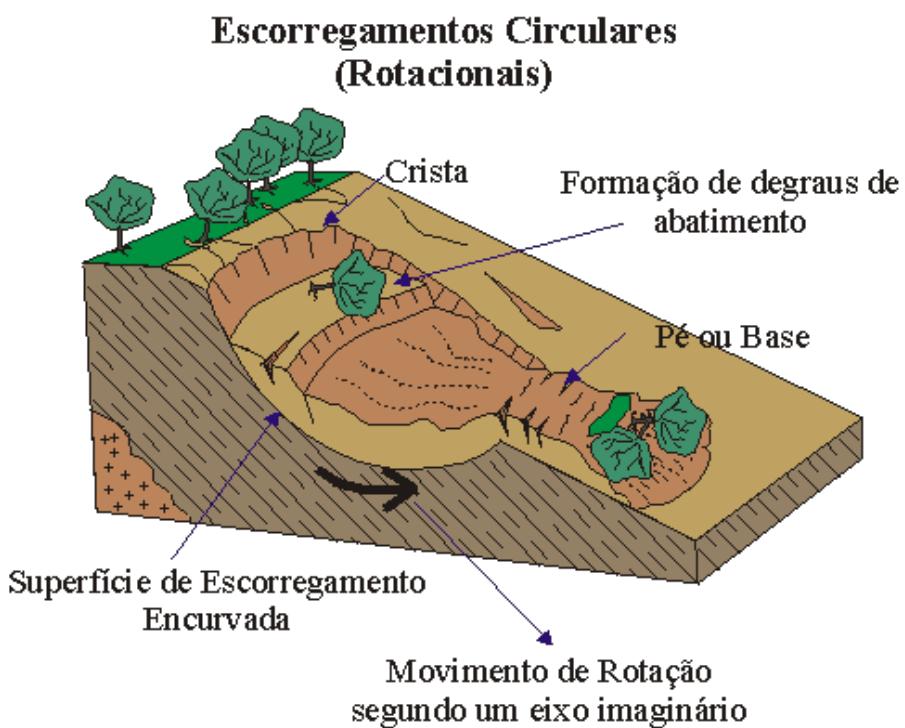


Figura 3: Esquema de escorregamento rotacional
Fonte: RIO CLARO, 2015

Os escorregamentos translacionais (ou planares) são os que ocorrem em solos pouco desenvolvidos e em vertentes de alta declividade, condicionados por descontinuidades presentes no interior do material (sejam elas mecânicas ou hidrológicas). Costumam ocorrer após grandes eventos de precipitação e se originam em contatos nas áreas de descontinuidades mecânica-hidrológicas (como contatos solo-rocha, solo-solo, etc., ou seja, pontos onde há variação textural e/ou estrutural). A Figura 4 apresenta um esquema de ocorrência de um escorregamento translacional (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUERRA, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2008; IPT, 2007).

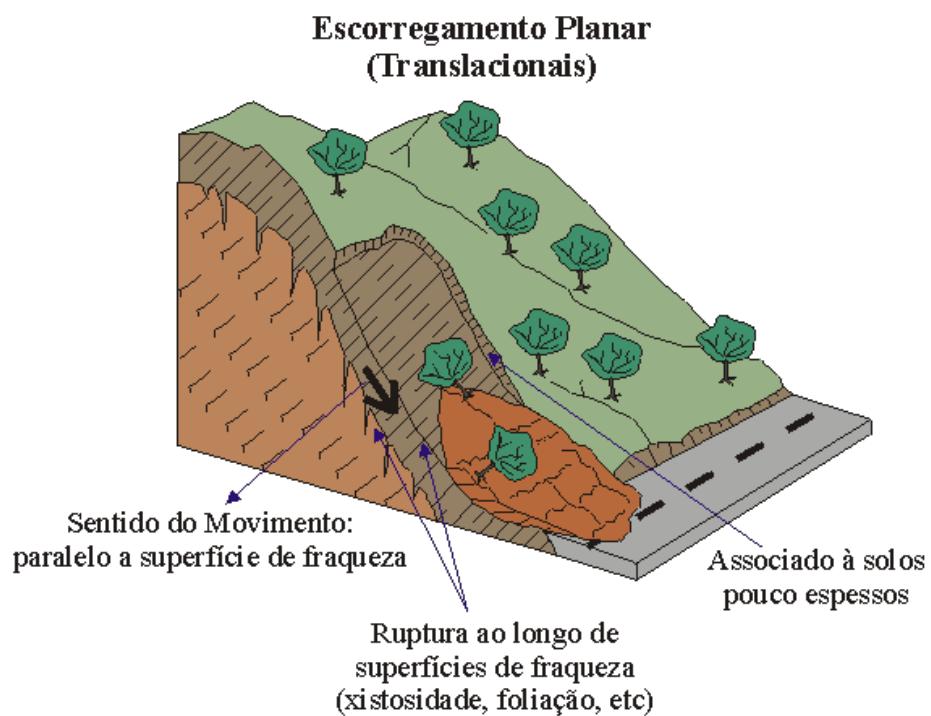


Figura 4: Esquema de escorregamento translacional
Fonte: RIO CLARO, 2015

De acordo com IPT (2007), os escorregamentos rotacionais tendem a ter alcance menor em relação aos translacionais. Guerra (2011) aponta que os escorregamentos translacionais são os mais recorrentes dentre os movimentos de massa.

As quedas (ou tombamentos) são movimentos extremamente rápidos, onde blocos e/ou lascas de rochas se deslocam em queda livre, por ação da gravidade, sem formação de superfícies de deslizamentos. Estão associadas a afloramentos rochosos em encostas inclinadas, com presença de descontinuidades no maciço rochoso. Contribuem para a formação de depósitos de tálus (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUERRA, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2008; IPT, 2007).

Os rastejos (ou creeps) são os movimentos lentos e contínuos, que mobilizam grande massa de material, mas que o deslocamento ao longo do tempo não ultrapassa a taxa de milímetros ou centímetros ao ano. Sofrem influência de variações de umidade e temperatura (que expandem ou contraem o material mobilizado). Os maiores indicativos visuais de ocorrência de rastejos são cercas, postes e árvores inclinadas e a formação de degraus de abatimento, como é

possível observar na Figura 5 (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUERRA, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2008; IPT, 2007).

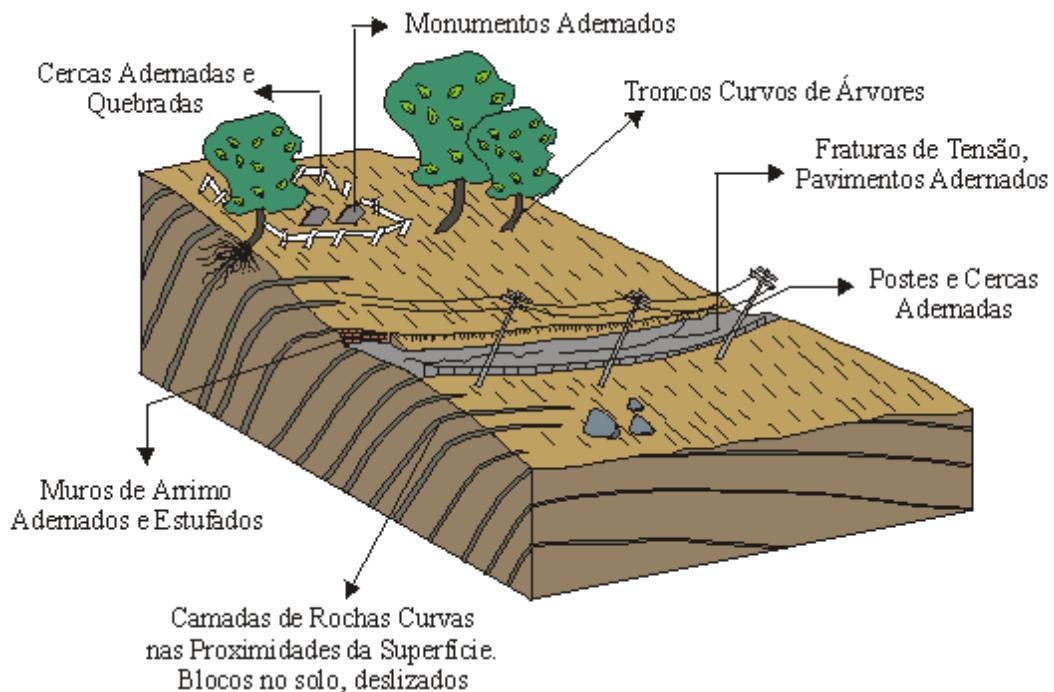


Figura 5: Esquema de rastejo
Fonte: RIO CLARO, 2015

3.1.3 Risco e Suscetibilidade

A ocupação desenfreada dos espaços urbanos disponíveis pela população leva a alterações significativas nas geometrias das encostas. Além disso, seguida à ocupação, vem as obras necessárias para tornar a habitação viável (abertura de ruas, instalação de dutos para esgoto e água, cabeamentos subterrâneos, etc.), que acabam por desestabilizar mais ainda as encostas (GUERRA, 2011).

Para fins de organização e melhorar o entendimento entre as diversas equipes técnicas envolvidas nas atividades de análise e gerenciamento de risco, o IPT (2007) estabeleceu conceitos de evento, perigo (*hazard*), vulnerabilidade, suscetibilidade, risco e área de risco. Os mesmos, apresentados na Tabela 1, serão os utilizados neste trabalho.

Tabela 1: Conceitos básicos

CONCEITO	DEFINIÇÃO
EVENTO	Fenômeno com características, dimensões e localização registradas no tempo, mas sem danos econômicos e/ou sociais.
PERIGO (HAZARD)	Condição ou fenômeno com potencial para consequências adversas.
VULNERABILIDADE	Grau de perda para um indivíduo, grupo ou comunidade dentro de uma área passível de ser atingida por um fenômeno.
SUSCETIBILIDADE	Potencialidade de ocorrência de processos naturais e/ou induzidos em uma dada área. Expressa em probabilidades de ocorrência.
RISCO	Relação entre a possibilidade de ocorrência de um processo e a magnitude dos danos econômicos e/ou sociais sobre um indivíduo, grupo ou comunidade. É proporcional à vulnerabilidade.
ÁREA DE RISCO	Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos com efeitos adversos.

(Adaptado de IPT, 2007)

É importante destacar que as áreas de risco, segundo o IPT (2007), normalmente abrangem os “núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários)” dentro do contexto de ocupação urbana brasileiro. Na área de estudo, por exemplo, algumas áreas classificadas como de média a alta suscetibilidade a movimentos de massa são de ocupação de alta renda e com grandes construções residenciais.

IPT (2014) define suscetibilidade como “propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área”. A Figura 6 apresenta a relação entre as zonas de suscetibilidade, ocupação e elementos expostos. Nota-se que a suscetibilidade é dada em função do meio físico; quando a suscetibilidade forma uma interseção com a ocupação (área urbanizada, por exemplo), tem-se a formação de uma área de risco.

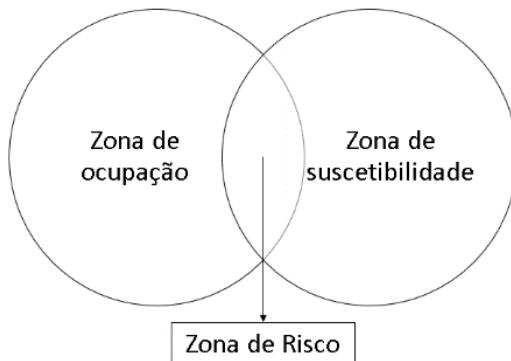


Figura 6: Relação entre as zonas de ocupação e suscetibilidade
Fonte: adaptado de IPT, 2014

As pesquisas sobre movimentos de massa (e seus impactos na sociedade) são de extrema importância, uma vez que podem fornecer informações sobre as condições naturais (pretéritas ou atuais) de uma área, seus cenários futuros – contribuindo para que ocorra um verdadeiro planejamento por parte do poder público e não só respostas emergenciais a eventos catastróficos (GUIMARÃES *et al.*, 2008).

3.1.4 Encostas

Segundo o IPT (2007), a crescente quantidade de pessoas habitando em áreas de risco constitui uma característica negativa do processo de urbanização e crescimento das cidades brasileiras. Entre os motivos que contribuem para essa situação estão fatores econômicos, políticos, sociais e culturais, como crises econômicas e sociais de resolução a longo prazo, políticas habitacionais ineficientes, falta de apoio técnico às populações mais carentes e falta de controle sobre a ocupação e uso do solo.

A apropriação por parte do mercado imobiliário das melhores áreas da cidade, característica marcante do processo de urbanização brasileiro, leva as populações mais carentes a buscarem as áreas desprezadas pelo mercado – as quais são tipicamente áreas frágeis, “*como margens de rios, mangues e encostas íngremes desocupadas*” (IPT, 2007). Os movimentos de massa causam impactos diretos ao uso da terra – e colocam em risco a população e as construções em seu entorno (GUERRA, 2011). Considerando a Região Sede de Vila Velha-ES, por exemplo, muitas áreas com suscetibilidade a movimentos de massa se encontram em regiões

nobres (como o maciço costeiro do Morro do Moreno, a área do Morro do Inhoá, o bairro de Olaria, entre outras).

As encostas são formações naturais do terreno e constituem quase todas as terras emersas. De acordo com a geologia, pedologia, geomorfologia e clima da região, as encostas podem assumir diferentes formas e comprimentos (GUERRA, 2011; IPT, 2007).

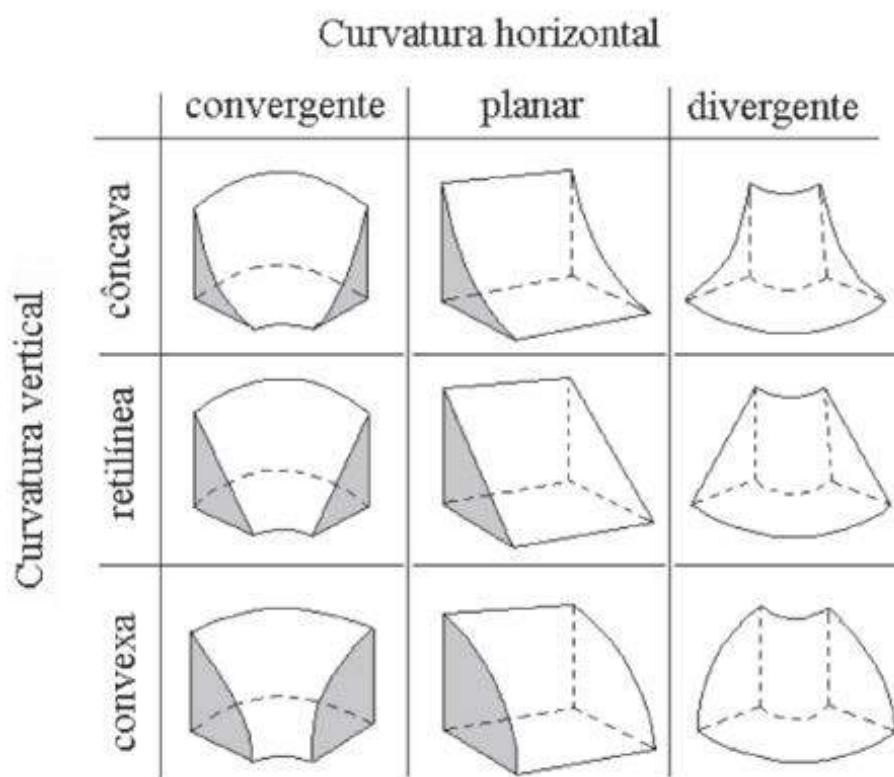


Figura 7: Geometria de Encostas
Fonte: DIKAU, 1990 (apud BISPO et al., 2011)

De acordo com a Figura 7, temos nove combinações possíveis de geometrias de encostas. Segundo Bispo *et al* (2011), a curvatura vertical se refere à convexidade/concavidade do terreno quando visualizado em perfil, enquanto a curvatura horizontal corresponde à capacidade de concentrar ou dispersar os fluxos de matéria sobre o terreno quando visualizado em planta. Fernandes e Amaral (2011) apontam que grande parte dos movimentos de massa registrados no mundo ocorrem em áreas de concavidade (*hollows*).

Além da geometria geral, uma encosta possui elementos geométricos próprios: inclinação e declividade. A inclinação é dada pelo ângulo médio formado entre a base e o eixo horizontal da encosta, enquanto a declividade é expressa pela “*relação percentual entre o desnível vertical [...] e o comprimento na horizontal [...]*” (IPT, 2007). A declividade de uma encosta é controlada, a princípio, pela geologia local (GUERRA, 2011).

Guerra (2011) afirma que a “[...] maior ou menor segurança das encostas está [...] nas suas características intrínsecas [...]” (ou seja, forma, comprimento e inclinação), mas também no modo de uso e ocupação delas. Adicionado a esse fato, temos que grande parte das encostas situadas nas zonas urbanas não possuem estudos prévios de suscetibilidade à erosão ou movimentos de massa.

3.2 MÉTODOS DE MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE

Dos mapeamentos para previsão de áreas instáveis, os principais são: análise a partir da distribuição de deslizamentos já ocorridos (inventário); mapeamentos heurísticos; modelos estatísticos e; modelos determinísticos (VIEIRA, 2008). Vanacôr (2006) afirma que os métodos propostos por diversos autores, se baseiam em estimar fatores que influenciam na geração de instabilidades.

A análise de inventário se apoia na hipótese de que locais que já sofreram deslizamentos são propensos a terem novos eventos. O inventário pode ser feito a partir de pesquisas de informações históricas de eventos passados ou pela interpretação de fotografias aéreas (com posterior confirmação em campo). A desvantagem de tal metodologia é não apontar a suscetibilidade “prévia”, ou seja, apenas áreas já escorregadas são consideradas suscetíveis a novos eventos (VIEIRA, 2008).

O método heurístico se baseia na combinação de diversos mapas temáticos, com pesos e notas atribuídos aos fatores condicionantes de instabilização. Apesar de ter se popularizado com o advento e desenvolvimentos dos Sistema de Informações Geográficas (SIGs), o método é criticado pela subjetividade, uma vez que os pesos e critérios utilizados para a avaliação dos fatores são diferentes para cada especialista, o que dificulta a comparação e reprodução dos mapeamentos. Os graus de suscetibilidade a serem aplicados nos fatores podem ser obtidos por

mapeamento direto ou indireto: no primeiro, é realizado um mapeamento geomorfológico de detalhe da área de interesse afim de serem determinados, posteriormente, os pesos de cada fator, enquanto, no segundo, os fatores têm seus pesos determinados pelo pesquisador (VANACÔR, 2006; VIEIRA, 2008).

Tominaga (2007) cita a avaliação de terrenos como uma forma de se estudar o espaço territorial, para a elaboração de planejamentos e gestão ambiental. A avaliação pode ser realizada por dois métodos: sistema de classificação paramétrica ou sistema de classificação de paisagem. As duas abordagens se aproximam do método heurístico, sendo que a classificação de paisagens se assemelha ao mapeamento direto, enquanto classificação paramétrica se assemelha ao mapeamento indireto.

Ferreira (2012), do Instituto Geológico de São Paulo, apresenta as duas abordagens supracitadas como formas de mapeamento de riscos em escala regional.

A partir da década de 1990, a Fundação Instituto de Geotécnica (GEORIO) elaborou diversos tipos de cartas geotécnicas, que variavam em escala e metodologia de acordo com o objetivo a ser alcançado. As cartas de suscetibilidade a escorregamentos eram elaboradas em escala 1:25.000, a partir da sobreposição de diversos mapas temáticos, em formato *raster* (TOMINAGA, 2007).

Os modelos estatísticos foram desenvolvidos visando a redução da subjetividade dos mapeamentos de suscetibilidade. Eles se baseiam na relação entre os fatores condicionantes aos movimentos e a distribuição dos movimentos (atuais e antigos); logo, estimativas estatísticas são feitas para as áreas onde não ocorreram deslizamentos, mas são similares às áreas que já escorregaram. Por depender de uma grande base de dados, são raras as aplicações na pesquisa brasileira (VANACÔR, 2006; VIEIRA, 2008).

Os modelos determinísticos são mais usados para as áreas pequenas, uma vez que são usados modelos das bases físicas que controlam a estabilidade das encostas. A vantagem desses modelos reside na utilização de fatores de segurança, enquanto a desvantagem está na dificuldade para obtenção dos dados necessários para alimentar o modelo e na difícil aplicação em áreas não-homogêneas. Esse método é utilizado, comumente, em estudos prévios de obras de engenharia e em pesquisas

específicas de escorregamentos translacionais. Dentre os modelos determinísticos, um dos mais usados e documentados é o SHALSTAB (*ShallowStability*, estabilidade rasa – tradução nossa), usado para previsão de escorregamentos rasos através de simulação com modelos digitais de terreno, modelos hidrológicos e modelos de estabilidade de encostas (VANACÔR, 2006; VIEIRA, 2008).

Silva *et al.* (2013) relata a aplicação do SHALSTAB para avaliar graus de suscetibilidade a escorregamentos translacionais de massa na porção insular de Vitória/ES, com resultados de instabilidade maior na área do maciço, em condições de chuvas fortes. A Figura 8 apresenta o mapa final, com os pixels que apresentam maior instabilidade dentre todas as simulações realizadas no trabalho, com as pluviometrias necessárias para instabilizar a área.

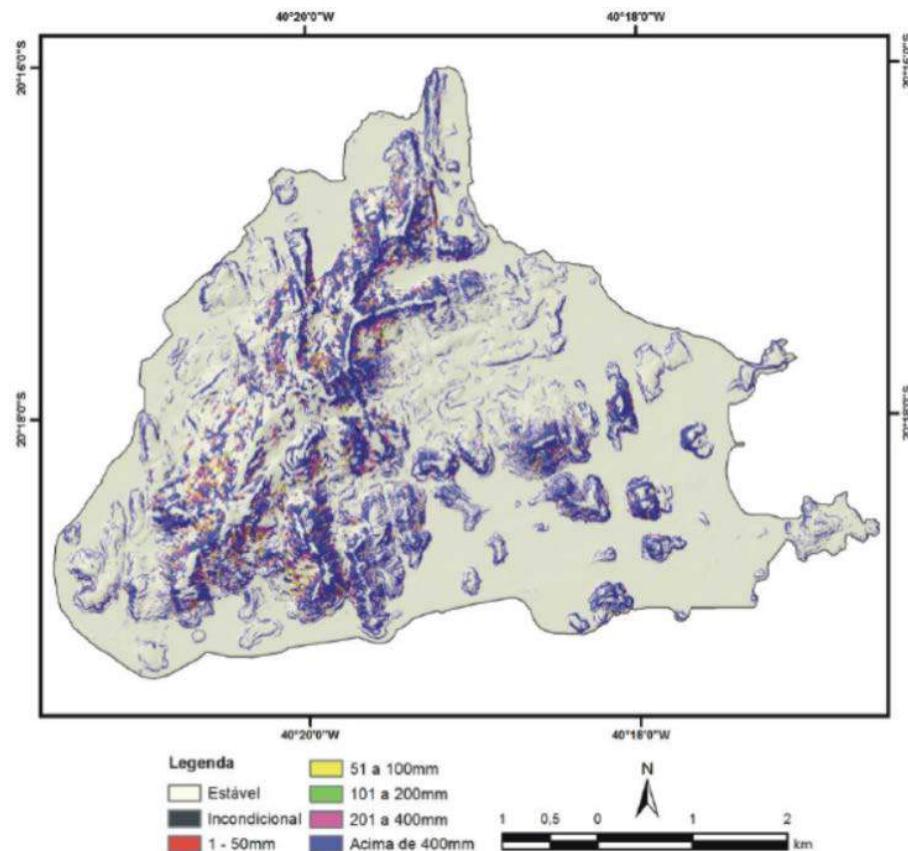


Figura 8: Resultado do modelo SHALSTAB (*ShallowStability*) aplicado à parte insular do município de Vitória (ES)
Fonte: SILVA *et al.* (2013)

Como Vieira (2008) destaca, a escolha da metodologia está associada à aplicabilidade na área de estudo e à disponibilidade de dados da mesma. Desse

modo, não será possível, no momento, realizar o mapeamento de suscetibilidade da Região Administrativa 1 de Vila Velha através da metodologia apresentada na Nota Técnica Explicativa publicada pelo IPT em 2014 sobre Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, uma vez que não estão disponíveis as informações necessárias em grande escala, principalmente a “*densidade de lineamentos estruturais (correlatos a fraturas, juntas, zonas de falhas e outras descontinuidades)*” (IPT, 2014).

Aqui, será utilizado o método heurístico, com avaliação de suscetibilidade por meio de parâmetros, auxiliado pela Análise de Processos Hierarquizados (AHP) na determinação dos pesos atribuídos aos mesmos. O AHP será aplicado como forma de diminuir a subjetividade intrínseca ao método escolhido.

De acordo com a Nota Técnica do IPT (2014), este trabalho é definido como um zoneamento local informativo básico de suscetibilidade.

3.2.1 Análise de Processos Hierarquizados (AHP)

A de Análise de Processos Hierarquizados (AHP) consiste em “*um método de análise multicriterial baseado na ponderação ativa*”, onde os fatores a serem avaliados são colocados numa escala de importâncias que varia de 1 a 9, apresentada na Tabela 2, com os valores pares (2, 4, 6 e 8) sendo intermediários entre as importâncias definidas (SPÍNOLA; VICTÓRIA, 2012). O método oferece um meio compreensivo para se modelar um “*problema de decisão, representando e quantificando as variáveis envolvidas em uma hierarquia de critérios ponderados por preferências (pesos)*” (FARIA; AUGUSTO FILHO, 2013).

Tabela 2: Graus de importância do método AHP

IMPORTÂNCIA RELATIVA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Mesma importância	Duas atividades contribuem para concretizar o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	Importância e julgamento favorecem levemente um critério sobre o outro
5	Importância grande ou essencial	Importância e julgamento favorecem fortemente um critério sobre o outro
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um critério se sobressai ao outro fortemente, com dominação demonstrada na prática
9	Importância absoluta	Um critério se sobressai ao outro, com alto grau de certeza

(Adaptado de SPÍNOLA; VICTÓRIA, 2012)

As etapas principais da aplicação do método AHP podem ser resumidas como mostradas na Figura 9.

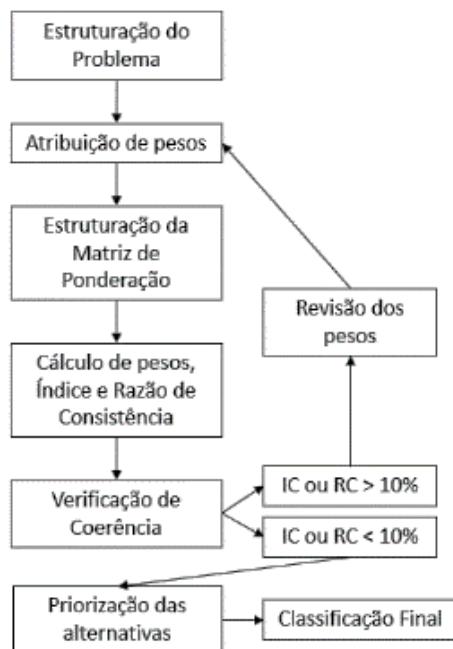


Figura 9: Etapas principais do método AHP

Fonte: adaptado de FARIA; AUGUSTO FILHO (2013)

Os graus de importância são utilizados para estabelecer ordem de relevância e intensidade entre os fatores avaliados (SPÍNOLA; VICTÓRIA, 2012).

Tabela 3: Exemplo de Matriz de Ponderação

MATRIZ DE PONDERAÇÃO				
Critérios	C1	C2	C3	C4
C1	1	2	3	5
C2	0,5	1	3	2
C3	0,333	0,33	1	1
C4	0,2	0,5	1	1
Xw	2,033	3,83	8	9

A Tabela 3 apresenta um exemplo de matriz de ponderação. Os critérios são comparados par-a-par, sendo que a diagonal é sempre igual a 1 (C1 tem a mesma importância que C1, assim como C2 é de importância equivalente a C2, e assim por diante). Pode-se inferir que C1 é de importância quase igual a C2, pouco maior que C3 e de grande importância quando comparado a C4; C2 tem importância pequena sobre C3 e quase-similaridade à C4; e C3 é de igual importância a C4. Os valores fracionários são os inversos dos valores de importância atribuídos (princípio de reciprocidade). Os valores de Xw são os somatórios totais para cada critério (SPÍNDOLA; VICTÓRIA, 2012).

Com os graus de importância atribuídos, os valores são normalizados (cada comparação de critérios da matriz de ponderação é dividida pelo seu respectivo Xw). Na Tabela 4, são apresentadas as normalizações e pesos de cada critério avaliado – o valor de 0,492 obtido para a comparação de C1-C1, por exemplo, é resultado de 1 dividido por 2,033, da matriz de ponderação. Os totais das colunas devem retornar valores unitários (sendo que a soma dos valores de normalização deve ser igual à quantidade de critérios avaliados) (SPÍNDOLA; VICTÓRIA, 2012).

Tabela 4: Normalização de Valores e Pesos da Matriz de Ponderação exemplo
NORMALIZAÇÃO

Critérios	C1	C2	C3	C4	TOTAL	w
C1	0,492	0,52	0,38	0,56	1,9441	0,48602
C2	0,246	0,26	0,38	0,22	1,104	0,276
C3	0,164	0,09	0,13	0,11	0,487	0,12175
C4	0,098	0,13	0,13	0,11	0,4649	0,11623
TOTAL	1	1	1	1	4	1

O peso a ser atribuído a cada critério (w) é calculado através da média das normalizações. O peso de C2, por exemplo, é resultado da divisão de 1,104 (soma das normalizações) por 4 (quantidade de critérios).

Para verificação de consistência, é feito o cálculo do autovalor máximo ($\lambda_{\text{máx}}$), do índice de consistência (IC) e razão de consistência (RC), conforme apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Autovalor Máximo, Índice e Razão de Consistência

$\lambda_{\text{máx}}$	4,066
IC	0,022
RC	2,46%

O autovalor máximo é obtido pela soma dos produtos dos totais da matriz de ponderação (Xw) e dos pesos de cada critério. No exemplo apresentado, o cálculo do autovalor máximo vai ser como demonstrado abaixo (SPÍNDOLA; VICTÓRIA, 2012). Quanto mais próximo o autovalor máximo for da quantidade de critérios avaliados, mais consistente será o resultado (FARIA; AUGUSTO FILHO, 2013).

$$\lambda_{\text{máx}} = (Xw_{C1} \times w_{C1}) + (Xw_{C2} \times w_{C2}) + (Xw_{C3} \times w_{C3}) + (Xw_{C4} \times w_{C4})$$

Equação 1: Cálculo de autovetor máximo

O Índice de Consistência é calculado através da expressão a seguir, onde n representa a quantidade de critérios avaliados. A consistência deve ser menor que 0,1 – caso o valor seja ultrapassado, a avaliação de critérios está inconsistente (SPÍNDOLA; VICTÓRIA, 2012).

$$IC = \frac{(\lambda_{\text{máx}} - n)}{(n - 1)}$$

Equação 2: Cálculo de Índice de Consistência

A Razão de Consistência é dada pela divisão do Índice de Consistência pelo Índice Randômico médio do AHP (os índices são usados de acordo com a quantidade de critérios avaliados: um ou dois critérios avaliados têm IR igual a 0; três critérios têm IR igual a 0,58; etc.). Os valores de IR são propostos pelo criador do método, Thomas Saaty (SPÍNDOLA; VICTÓRIA, 2012).

Faria e Augusto Filho (2013) afirmam que, para os julgamentos realizados serem considerados consistentes, a razão de consistência deve ser menor que 10%. No nosso exemplo, a razão de consistência vai ser o resultado de 0,022 dividido por 0,9 (2,46%).

Tabela 6: Índice Randômico Médio do método AHP proposto por Saaty

ÍNDICE RANDÔMICO MÉDIO DO AHP															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59	

(SAATY 1991 *apud* SPÍNDOLA; VICTÓRIA, 2012)

4 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada neste trabalho segue a seguinte sequência: escolha do tema; levantamento de dados (digitais e analógicos sobre a área de interesse) e pesquisa bibliográfica (em artigos, livros, enciclopédias e dicionários relacionados ao tema estudado); mapeamentos e operações de geoprocessamento; validação em campo do modelo gerado (através visita a diferentes pontos da área mapeada e registrar fotograficamente cicatrizes de movimentos de massa e/ou áreas com suscetibilidade a movimentos de massa); análise e conclusões.

4.1 OPERAÇÕES DE GEOPROCESSAMENTO

Os mapas foram elaborados com os softwares ArcMap™ 10.2.2, produzido pela ESRI™ (ESRI, acesso em: 30 out. 2014); Surfer® 11.0.642 (Surface Mapping System), da *Golden Software*; e o SPRING© 5.2.7, elaborado e distribuído pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE).

Os planos de informações geográficos vetoriais (*shapefiles*) de Geomorfologia e divisão de todos os bairros do Espírito Santo foram obtidos no site do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, acesso em: 20 abr. 2015).

O plano de informação de Geologia de Vitória-ES (articulação SF.24-V-B-I), foi obtido no site Geobank, da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM) (BRASIL, acesso em: 18 mai. 2015).

É fundamental frisar que os planos de informação de Geologia (do CPRM) e Geomorfologia (do IJSN) apresentam áreas sem dados (com destaque para o Morro do Moreno, localizado a nordeste da área de estudo).

Na interface do Portal Geobases, foram obtidos os planos de informação de Áreas de Risco (elaboradas pela Defesa Civil estadual), limites municipais e trechos de drenagem. O plano de informação de Solos foi montado a partir das coordenadas disponíveis na interface de informações das geometrias (INCAPER, acesso em: 08 nov. 2014). Cada classe de solo presente na área de interesse teve suas coordenadas organizadas e inseridas no Surfer, de modo a se gerar um shapefile compatível com o ArcMap.

O ortofotomosaico de 2012, curvas de nível e pontos cotados de Vila Velha-ES, do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), elaborada pela HIPARC Geotecnologia, foram cedidos pelo Prof. Dr. Eberval Marchioro, coordenador do Laboratório de Monitoramento e Modelagem de Sistemas Ambientais (LAMOSA).

A partir das curvas de nível e pontos cotados da área de interesse (com intervalos de 5m), foi gerado um MDT (modelo digital de terreno), com *pixel* de 5m de lado. A Figura 10 mostra a sequência de trabalho realizada.

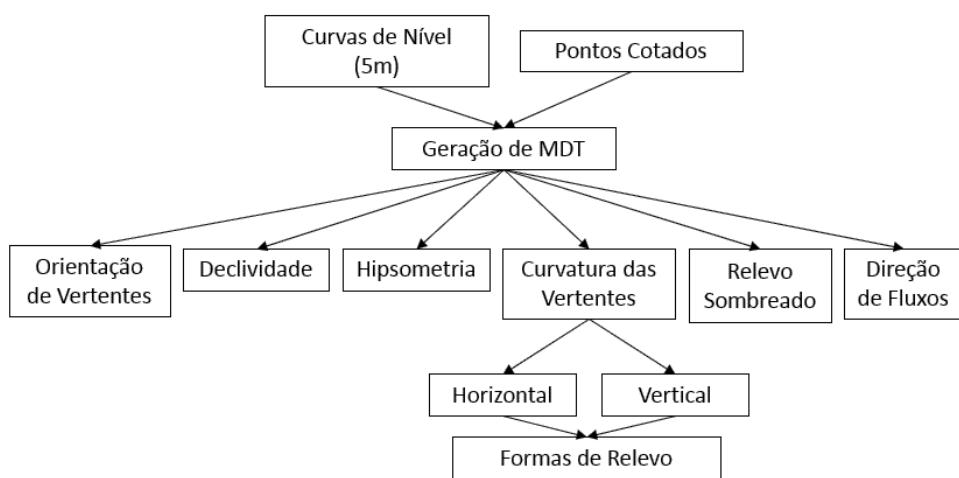


Figura 10: Etapas realizadas em SIG

A geração do MDT foi feita com a ferramenta *Topo to Raster*, componente do módulo 3D Analyst do ArcMap. Essa ferramenta interpola uma superfície matricial (*raster*) hidrologicamente correta, com as informações de pontos, linhas e polígonos. As curvas de nível entraram como *Contours* (contornos), que são linhas com informações de elevação, e os pontos cotados entraram como *PointElevation* (pontos de elevação, do inglês) (ESRI, acesso em: 12 abr. 2015).

A partir do MDT, foi elaborado o relevo sombreado, que serviu como base tridimensional para os outros mapas. A ferramenta utilizada foi a *Hillshade* (módulo 3D Analyst, conjunto de ferramentas *Raster Surface*).

O mapa de Hipsometria foi elaborado a partir da classificação (em cores) do MDT. Para melhor visualização, aplicou-se transparência ao MDT e o sobreporá ao relevo sombreado.

Em seguida, com a ferramenta *Slope*, foram calculadas as declividades (em graus) do MDT e divididas em cinco classes (de 0-11°, 11-17°, 17-27°, 27-45° e acima de 45°).

A ferramenta *Aspect* fornece a orientação das vertentes, que é a direção para qual a face da vertente está voltada.

A curvatura do relevo é fornecida pela ferramenta *Curvature*. Como resultado, são gerados três modelos distintos: curvatura geral, curvatura horizontal e curvatura vertical.

Valeriano (2008) explica que a curvatura vertical é o formato da vertente quando observada em perfil – podendo assumir formatos côncavos, convexos ou retilíneos, enquanto a curvatura horizontal é o formato da vertente quando observada em projeção horizontal – assumindo formas divergentes ou convergentes.

Considerando que os modelos de curvaturas horizontal e vertical podem variar, potencialmente, de menos infinito a mais infinito, é preciso estabelecer valores de referência para realizar as divisões por classes. De maneira geral, os valores próximos a zero são indicativos de formas retilíneas/planas (VALERIANO, 2008).

No caso deste trabalho, os valores negativos de curvatura horizontal foram classificados como convergentes, enquanto os positivos assumiram a situação de divergência.

Com a ferramenta *Reclassify*, cada um dos modelos gerados teve suas classes separadas por conjuntos de valores. Com os valores separados (e identificados), é utilizada a ferramenta *Combine*.

Tabela 7: Intervalos de classes - Curvaturas Horizontal e Vertical

CURVATURA	INTERVALO	CLASSIFICAÇÃO DA FORMA
HORIZONTAL	-11,33730602 a -0,3	Convergente
	-0,3 a 0,3	Planar
	0,3 a 10,29994011	Divergente
VERTICAL	-12,43628979 a -0,3	Convexa
	-0,3 a 0,3	Retilínea
	0,3 a 16,43675995	Côncava

A ferramenta *Combine* traz como resultado o cruzamento das classificações distintas. A Figura 11, retirada da Ajuda do ArcMap, ilustra como é realizada a combinação de diferentes matrizes (ESRI, acesso em: 12 abr. 2015). O exemplo mostra a combinação de dois *rasters* 4x4, os dois com três classificações de célula cada. O *raster* gerado pela ferramenta *Combine* possui nove classificações, resultado do cruzamento das duas classificações anteriores.

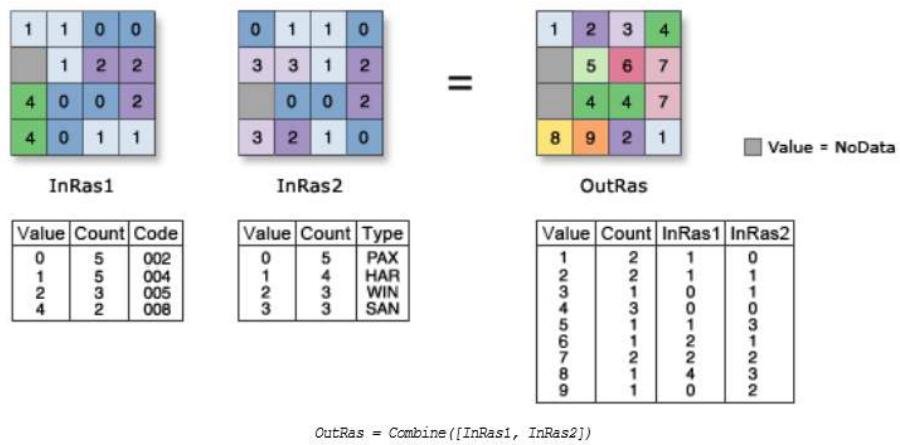


Figura 11: Ajuda da ferramenta *Combine*
Fonte: ESRI, acesso em: 12 abr. 2015

Considerando que são três possibilidades de formas de vertente para cada curvatura, temos como resultado nove classificações de formas de relevo. As formas de relevo são as apresentadas na Figura 7.

Com a ferramenta *Flow Direction*, do módulo *Spatial Analyst*, pacote de Hidrologia, são calculadas as direções de fluxo de matéria no MDT. O resultado gerado é um *raster* com oito valores, cada um deles equivalente a uma direção. A Figura 12, retirada da seção de ajuda do site da ESRI, mostra como é o *raster* resultado-padrão da ferramenta utilizada (ESRI, acesso em: 12 abr. 2015).

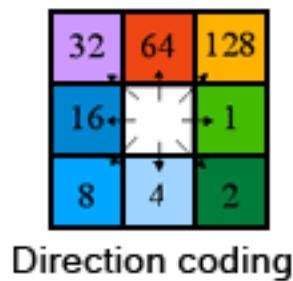


Figura 12: Resultado-padrão da ferramenta Flow Direction
Fonte: ESRI, acesso em: 12 abr. 2015

4.2 MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE

As informações de geologia, declividade e forma de vertente são suficientes para a determinação de suscetibilidade a movimentos de massa de uma área (FERREIRA *et al.*, 2008).

Para realizar o mapeamento final de suscetibilidade, o plano de informação de Geologia foi convertido para *raster*. Juntamente com os *rasters* de Declividade e Curvatura Horizontal, gerados no ArcMap, foram reclassificados e importados para o Spring.

Inicialmente, é preciso criar os modelos de dados para acomodar os *rasters* classificados (criação de legendas) e o resultado final (dados temáticos para os *rasters* de entrada e um MNT para a suscetibilidade). Depois dessa etapa, basta importar o *raster* e “fatiar” as informações (Figura 13).

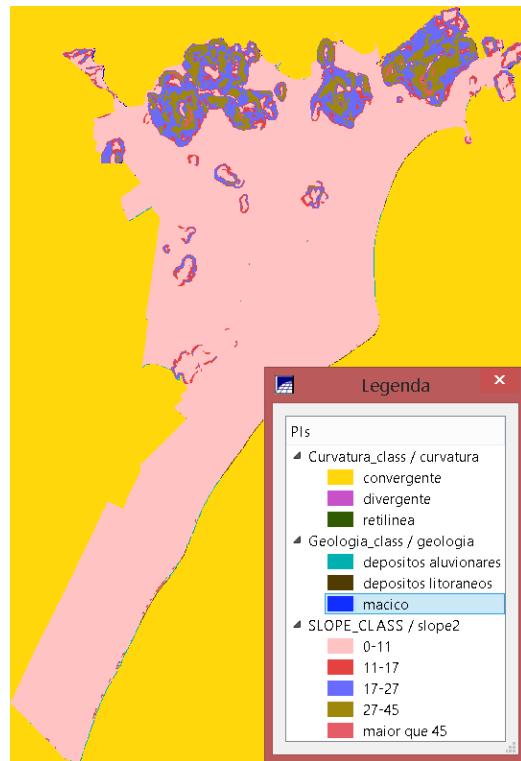


Figura 13: Legenda dos Planos de Informação – SPRING

O software Spring, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), vem com um módulo de Suporte à Decisão (AHP) embutido.

A avaliação dos fatores utilizados para o mapeamento de suscetibilidade, neste trabalho, foi feita conforme demonstrado na Figura 14. O índice de consistência alcançado com a avaliação realizada foi de 0,033, o que torna a mesma consistente.

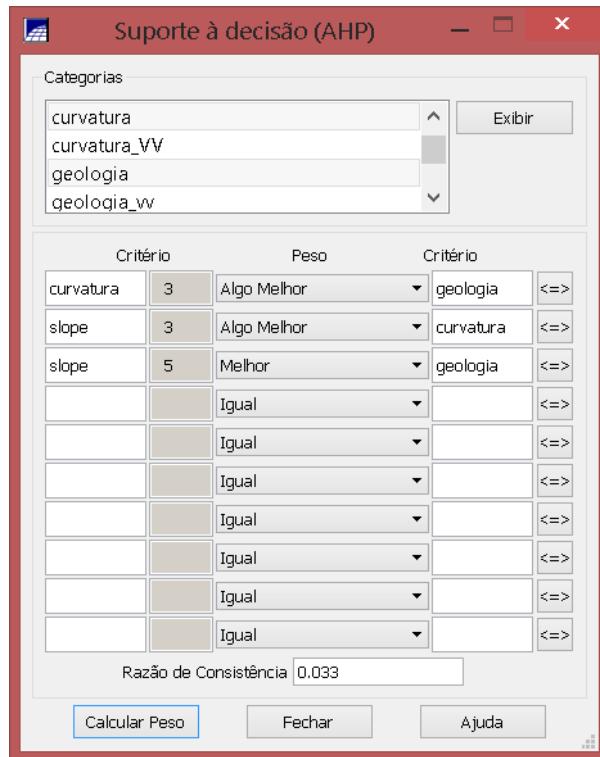


Figura 14: Avaliação de Importâncias – SPRING

O resultado do cálculo de pesos é um *script* em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), que vai realizar uma operação de média ponderada para gerar o mapa de suscetibilidades. As declividades receberam peso 0,637, enquanto as curvaturas receberam 0,258 e a geologia, 0,105.

No *script*, é possível inserir valores de pesos para cada classe de declividade, curvatura e geologia. Lançou-se mão de planilhas em Excel (do pacote Microsoft Office) para o cálculo desses pesos.

Os tipos de cobertura superficiais de uma área vão influenciar a permeabilidade, padrões texturais e de drenagem, e, por fim, da resistência ao intemperismo. É notável que as áreas de sedimentos recentes não são, comumente, afetadas por movimentos de massa (SPÍNDOLA; VICTÓRIA, 2012).

Das coberturas identificadas na região de interesse – Maciço Vitória, depósitos aluvionares e depósitos litorâneos –, a que apresenta menor estabilidade é a do Maciço Vitória (SILVA *et al.*, 2013), por isso, foi designada maior importância a ela em relação às outras duas (vide Tabela 8). Os depósitos litorâneos e aluvionares

são avaliados com mesma importância entre si, por não serem afetados com frequência por movimentos de massa (SPÍNDOLA; VICTÓRIA, 2012).

No mapeamento realizado pelo CPRM (articulação SF.24-V-B-I), não são identificadas falhas, lineamentos estruturais, diques de basalto ou foliações na área de estudo (BRASIL, acesso em: 18 mai. 2015).

Tabela 8: Matriz de Ponderação – Fator Geologia

MATRIZ DE PONDERAÇÃO – GEOLOGIA			
Critérios	MACIÇO VITÓRIA	DEPÓSITOS ALUVIONARES	DÉPOSITOS LITORÂNEOS
MACIÇO VITÓRIA	1	5	7
DEPÓSITOS ALUVIONARES	0,2	1	1
DEPÓSITOS LITORÂNEOS	0,143	1	1
TOTAL (Xw)	1,343	7	9

A partir dos valores totais da matriz de ponderação (Xw), são calculadas as normalizações e pesos (w) relativos a cada critério, conforme descrito anteriormente.

Tabela 9: Normalização - Fator Geologia

NORMALIZAÇÃO – GEOLOGIA					
Critérios	MACIÇO VITÓRIA	DEPÓSITOS ALUVIONARES	DÉPOSITOS LITORÂNEOS	TOTAL	w
MACIÇO VITÓRIA	0,745	0,714	0,778	2,237	0,746
DEPÓSI- TOS ALUVIO- NARES	0,149	0,143	0,111	0,403	0,134
DEPÓSI- TOS LITORÂ- NEOS	0,106	0,143	0,111	0,360	0,120
TOTAL	1	1	1	3	1

O peso atribuído ao Maciço Vitória é 0,746; e os depósitos aluvionares e litorâneos receberam pesos 0,134 e 0,120, respectivamente.

O autovalor máximo ($\lambda_{máx}$) alcançado para a avaliação do fator Geologia foi de 3,022, com índice de consistência de 0,011 (consistente) e razão de consistência de 1,929%.

Considerando, como foi explicado anteriormente, que a curvatura horizontal representa a capacidade de divergir ou convergir fluxos de matéria na encosta, as encostas de curvaturas convergentes e retilíneas receberam maiores importâncias (BISPO *et al.*, 2011; FERNANDES; AMARAL, 2011).

Tabela 10: Matriz de Ponderação – Fator Curvatura Horizontal

MATRIZ DE PONDERAÇÃO – CURVATURA HORIZONTAL			
Critérios	CONVERGENTE	RETILÍNEA	DIVERGENTE
CONVERGENTE	1	2	3
RETILÍNEA	0,500	1	3
DIVERGENTE	0,333	0,333	1
TOTAL (Xw)	1,833	3,333	7

Após a normalização dos valores, os pesos atribuídos às curvaturas convergente, retilínea e divergente foram 0,525; 0,334 e 0,142, respectivamente.

Tabela 10: Normalização – Fator Curvatura Horizontal

NORMALIZAÇÃO – CURVATURA HORIZONTAL					
Critérios	CONVER- GENTE	RETILÍNEA	DIVERGENTE	TOTAL	w
CONVER- GENTE	0,545	0,600	0,429	1,574	0,525
RETILÍNEA	0,273	0,300	0,429	1,001	0,334
DIVERGEN- TE	0,182	0,100	0,143	0,425	0,142
TOTAL	1	1	1	3	1

O autovalor máximo obtido para a Curvatura Horizontal foi 3,065, com índice de consistência de 0,033 (consistente) e razão de consistência 5,635%.

Neste trabalho, as declividades serão divididas em cinco classes, com intervalos adaptados de IPT (2007). Esses valores foram escolhidos por serem de fácil conversão para percentuais (11° é equivalente a 20% de inclinação; 17° é equivalente à 30%; 27° equivale a 50%; 45° é equivalente a 100%).

Tabela 11: Matriz de Ponderação – Fator Declividade

MATRIZ DE PONDERAÇÃO – DECLIVIDADE					
Critérios	0-11°	11-17°	17-27°	27-45°	>45°
0-11°	1	0,5	0,333	0,5	1
11-17°	2	1	1	2	3
17-27°	3	1	1	2	3
27-45°	2	0,500	0,500	1	2
>45°	1	0,333	0,333	0,500	1
TOTAL (Xw)	9	3,333	3,167	6,000	10

Tabela 12: Normalização – Fator Declividade

NORMALIZAÇÃO – DECLIVIDADE							
Critérios	0-11°	11-17°	17-27°	27-45°	>45°	TOTAL	w
0-11°	0,111	0,150	0,105	0,083	0,100	0,550	0,110
11-17°	0,222	0,300	0,316	0,333	0,300	1,471	0,294
17-27°	0,333	0,300	0,316	0,333	0,300	1,582	0,316
27-45°	0,222	0,150	0,158	0,167	0,200	0,897	0,179
>45°	0,111	0,100	0,105	0,083	0,100	0,500	0,100
TOTAL	1	1	1	1	1	5	1

Os maiores pesos foram atribuídos às faixas de declividade de 17-27°, 11-17° e 27-45° (0,316; 0,294 e; 0,179, respectivamente), que são as mais registram movimentos de massa. As faixas com declividade 0-11° e maiores que 45° receberam os menores pesos (0,110 e 0,100, respectivamente), por terem menos registros de movimentos.

A escolha das classes de declividade de maiores pesos está pautada em pesquisas citadas nos trabalhos de Bigarella (2003) e Vanacôr (2006):

- Na região da Serra de Cubatão, os escorregamentos são mais frequentes em vertentes com declividade maior que 15°, com destaque para as declividades entre 25° e 35°;
- Verificação de ocorrência de movimentos de massa na região sul da Coréia do Sul, com declividades entre 22° e 30° de declividade, após chuvas intensas;
- Predominância de escorregamentos translacionais rasos, em Portugal, entre 15° e 30°, e escorregamentos rotacionais entre 10° e 25°;

- Em São Paulo, nas proximidades do Sistema Rodoviário Anchieta-Imigrantes, foram identificadas instabilidades em encostas entre 20° e 40°, com pouca instabilidade em escarpas de inclinação maior que 50°;
- Na Nova Zelândia, 97% dos movimentos de massa ocorridos após eventos de precipitação se dão em declividades maiores que 20°.

Listo e Vieira (2010) citam a Lei Lehman (Lei Federal nº 6.766/79), que faz a regulamentação da ocupação urbana em encostas brasileiras. De acordo com a mesma, a ocupação urbana é permitida livremente até declividades de 9,6°; entre 9,6° e 16,7°, a ocupação só é autorizada se laudos técnicos constatarem que não existe risco de ocorrerem movimentos de massa; acima de 16,7°, a “ocupação é proibida em função da maior probabilidade de movimentos de massa” (LISTO; VIEIRA, 2010).

O autovalor máximo calculado para o fator declividade foi 5,048, com índice de consistência de 0,012 (consistente) e razão de consistência 1,075%.

O *script* final utilizado gerou um Modelo Numérico de Terreno (MNT) de resolução espacial de 5m. O MNT foi exportado para arquivo de extensão dat, editável em Bloco de Notas.

O arquivo resultante foi importado para o ArcMap através do comando *Add XY Data*. A massa de pontos gerada é transformada em plano de informações e convertida para um arquivo *raster* (através do comando *Feature to Raster*).

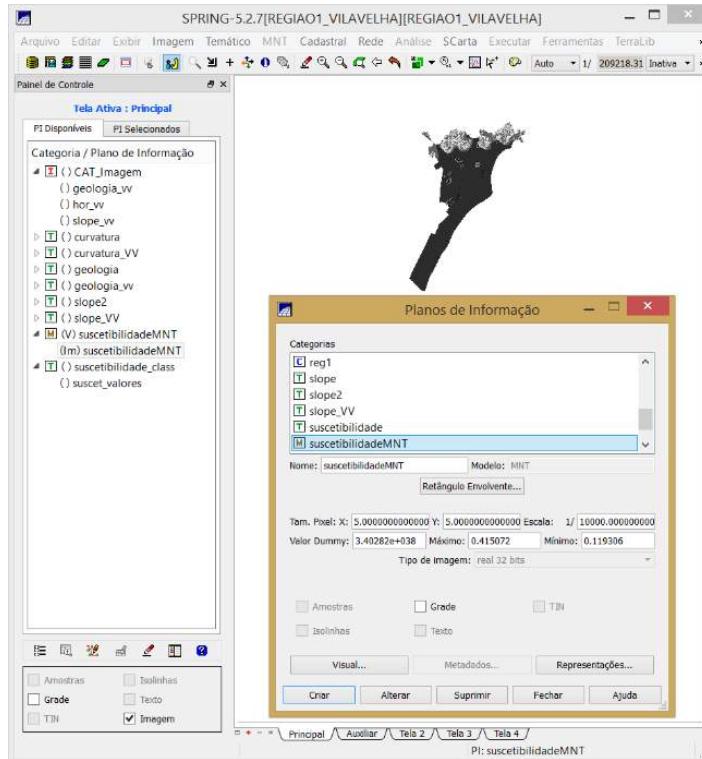


Figura 15: Detalhes do Plano de Informação – SPRING

O Spring, ao gerar o MNT de suscetibilidade, inclui o “valor dummy” ($3,40282e+038$), que é automaticamente lido como nulo. No ArcMap, o “valor dummy” não é visto como nulo, por isso, é necessário tirá-los do plano de informação – é usado o comando *Extract by Attributes* (são selecionados os valores menores que 0,5, uma vez que o valor máximo do MNT é 0,415072, conforme exposto na Figura 15).

No mapeamento final, é usada a classificação por *Natural Breaks*, em cinco classes de suscetibilidades distintas – baixa, média-baixa, média, média-alta e alta. Esse método de classificação foi escolhido por formar agrupamentos por características inerentes aos dados – as quebras de classes são feitas de modo a agrupar valores semelhantes entre si e maximizar as diferenças entre as classes (ESRI, acesso em: 12 abr. 2015). A Figura 16 apresenta a classificação usada no mapeamento final de suscetibilidade.

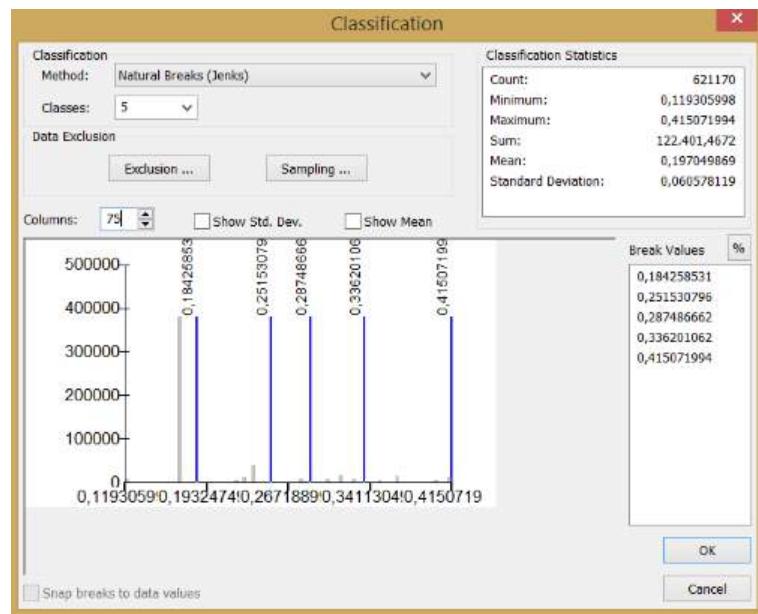


Figura 16: Classificação dos dados no software ArcMap

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A Região Administrativa 1 de Vila Velha, também é chamada de Sede ou Centro (na Figura 17, aparece como Vila Velha), e tem 15,69km² de área (o que representa, aproximadamente, 7,50% da área total do município) (IJSN, acesso em: 07 abr. 2015; INCAPER, acesso em: 08 nov. 2014; VILA VELHA, 2008).

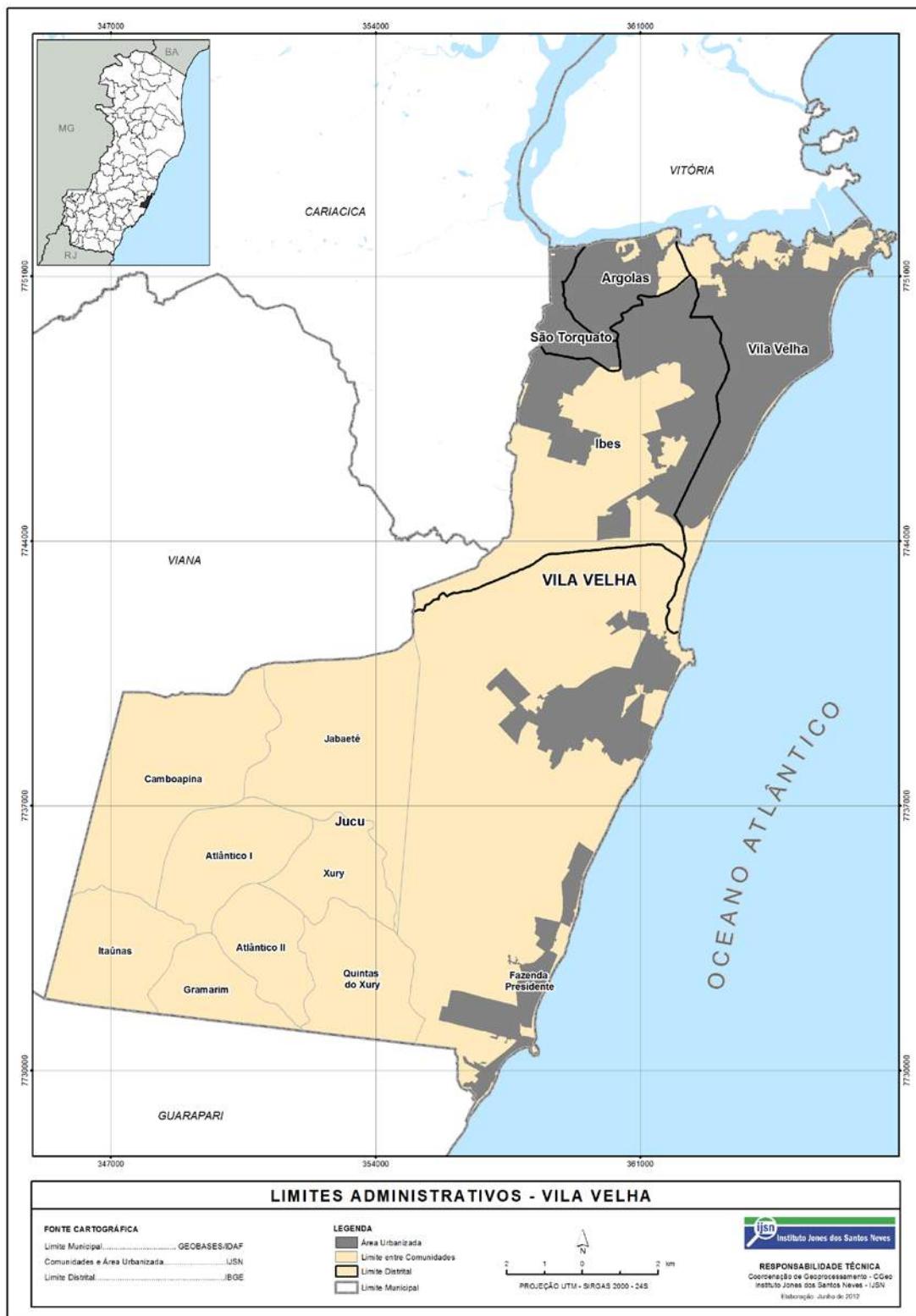


Figura 17: Mapa de Limites Administrativos do município de Vila Velha-ES
 Fonte: IJSN, acesso em: 07 abr. 2015

O relevo é de predominância plana, com altitude média do município em 4m acima do nível do mar, sendo que na área de interesse é de 11m, aproximadamente. A

média é elevada por conta da presença dos Maciços Costeiros ao norte da área de estudada. O mapa hipsométrico da Região Administrativa 1 está apresentado na Figura 18 (IJSN, acesso em: 07 abr. 2015; INCAPER, acesso em: 08 nov. 2014; VILA VELHA, 2008).

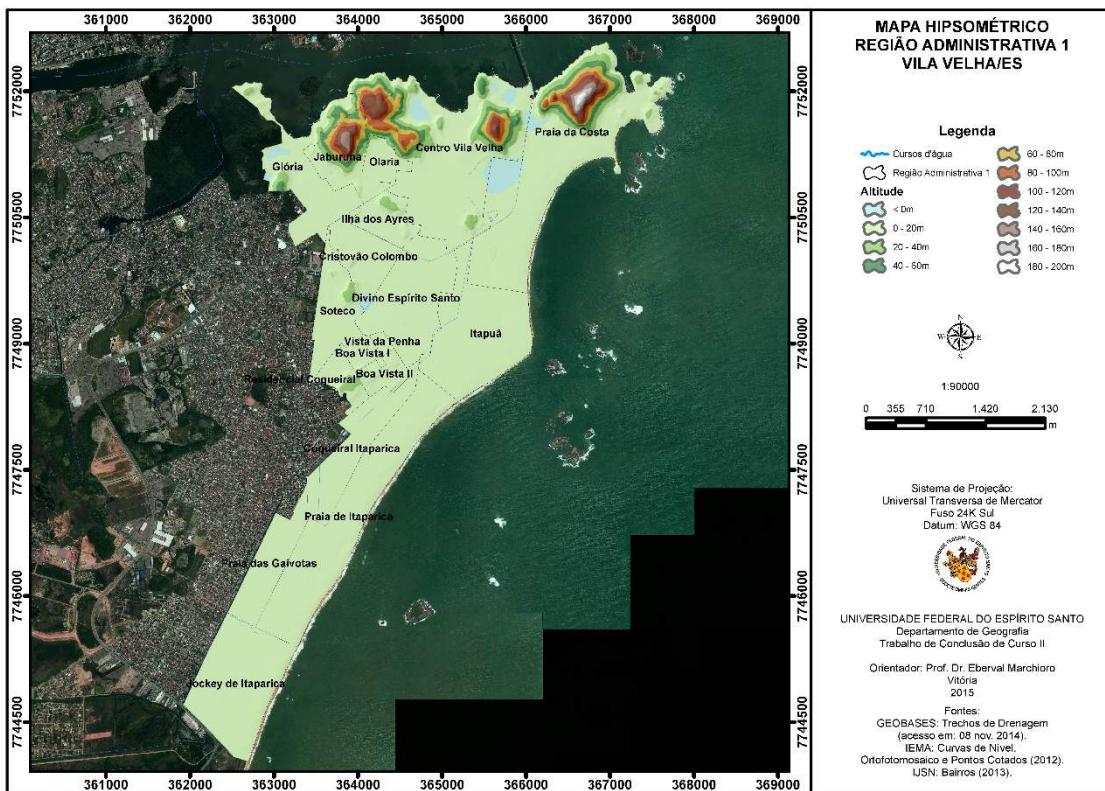


Figura 18: Mapa Hipsométrico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

O litoral de Vila Velha tem 32 quilômetros de extensão (a Região Administrativa 1 responde por 8,5 quilômetros dessa extensão), banhados pelo Oceano Atlântico. O município de Vila Velha contém duas bacias hidrográficas, dos rios Jucu e Guarapari, com 179 e 32 quilômetros quadrados de área, respectivamente, e mais de 45 quilômetros de canais abertos em sua área urbana (VILA VELHA, 2013).

A Figura 19 mostra a divisão da região em seus dezoito bairros componentes, conforme dispostos na Lei nº 4.707/2008 (IJSN, acesso em: 07 abr. 2015; INCAPER, acesso em: 08 nov. 2014; VILA VELHA, 2008).

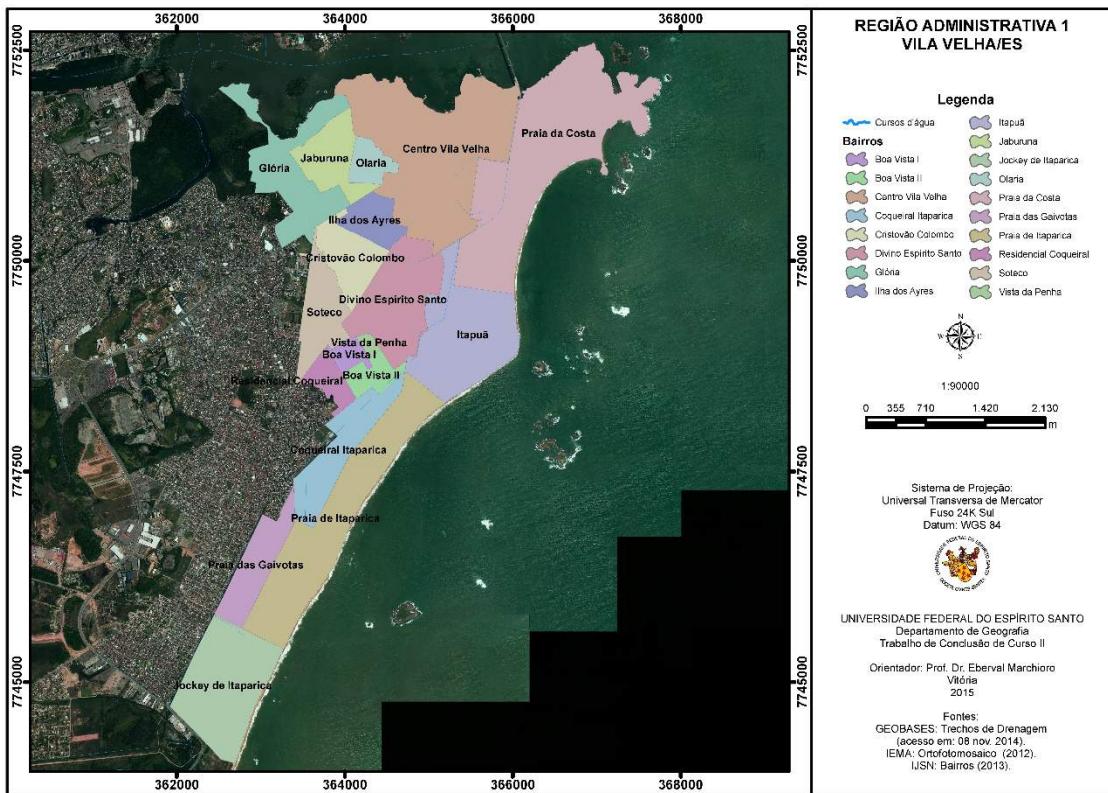


Figura 19: Mapa da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

O quadro geológico da área de interesse é dividido entre: Suíte Intrusiva do Espírito Santo, datada em 500 milhões de anos atrás (Proterozóico Superior), com presença de “*granitos pós-tectônicos em geral cinza e de granulação média a fina*”; e Sedimentos Marinhos, datados entre as épocas do Holoceno e Pleistoceno (cerca de 1 milhão de anos atrás), com presença de “*dunas, restingas e cordões litorâneos*” (MACHADO *et al.*, 1983; BRASÍLIA, acesso em: 21 maio 2015).

De acordo com a Carta Geológica elaborada pelo CPRM em 2014 (folha SF-24-V-B-I Vitória), a área de estudo se divide em: Depósitos Aluvionares (com presença de “*sedimentos fluviais recentes, depósitos de areia, argila e cascalho*”); Depósitos Marinhos Litorâneos Recentes (que são “*depósitos de praia, marinho e/ou lagunar, sedimentos arenosos*”) e Maciço Vitória (parte da Suíte Intrusiva Espírito Santo, com presença de “*granito [...] de granulação fina à média [...]*”, conforme apresentado na Figura 20 (BRASIL, acesso em: 18 maio 2015).

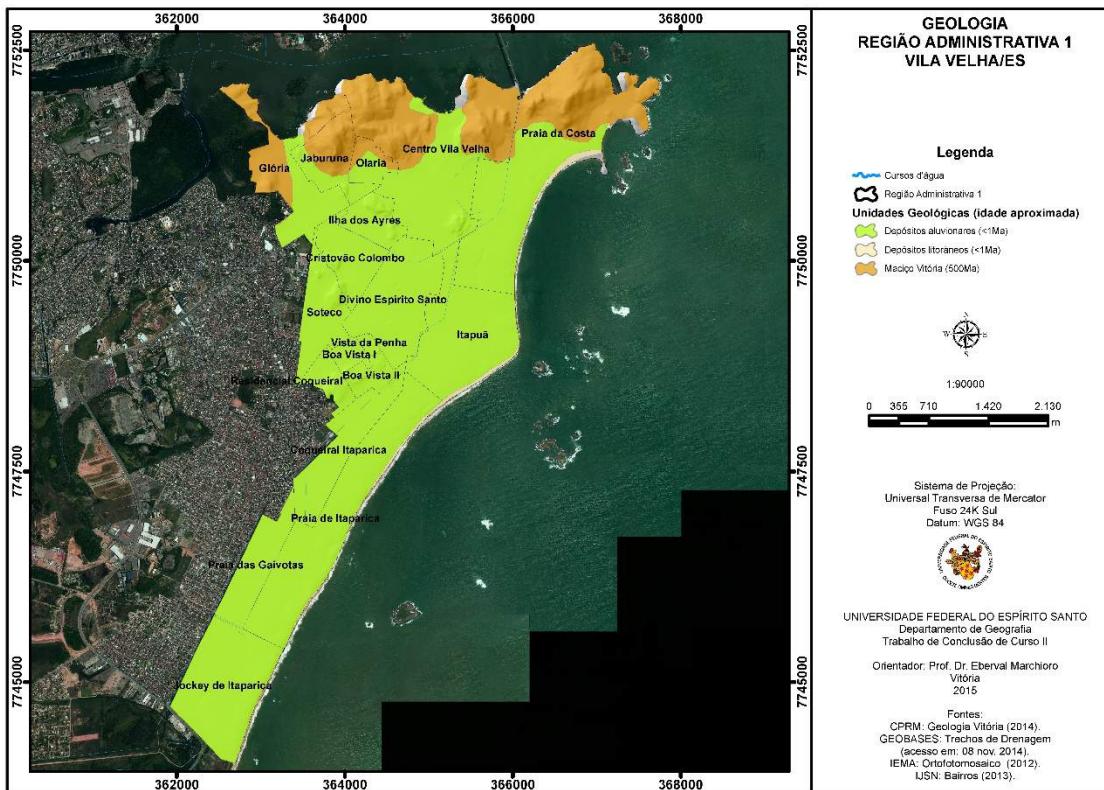


Figura 20: Mapa Geológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

Segundo a Figura 21, a região de interesse tem sua precipitação média entre 1.301 e 1.400 milímetros. O clima é tropical úmido, com médias anuais de 23°C e pluviosidade concentrada no verão. Vila Velha se enquadra na unidade natural de terras quentes, acidentadas, de transição entre chuvosa/seca e fracas (ESPIRITO SANTO, 2010; IJSN, acesso em: 07 abr. 2015; SEMA, 2008).

De acordo com Silva (2013), as direções dos ventos predominantes em Vila Velha são: Nordeste (NE), durante todo o ano, e Sudeste (SE) e Sul (S), entre abril e setembro. Além disso, durante o inverno, são comuns as passagens de frentes frias, enquanto no verão, tem-se a presença e atuação das Zonas de Convergências do Atlântico Sul e de Umidade (ZCAS e ZCOU). Das massas de ar mais frequentes, temos a Tropical Atlântica (mTa), Equatorial Continental (mEc) e Polar Atlântica (mPa).

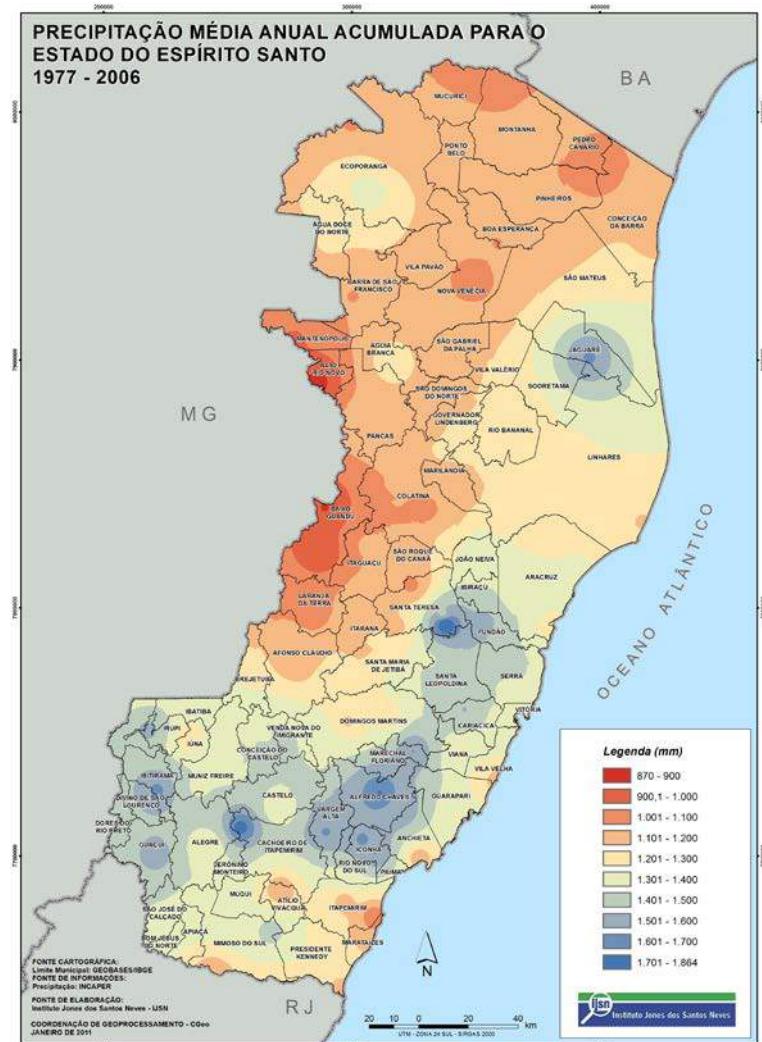


Figura 21: Mapa de Precipitação Média Anual Acumulada para o ES, entre 1977 e 2006
Fonte: IJSN, acesso em: 07 abr. 2015

Em dezembro de 2013, ocorreu um evento extremo de precipitação no Sudeste Brasileiro, em especial sobre os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, decorrente da formação de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Em Vitória, o acumulado mensal foi de 714mm, sendo que entre os dias 19 e 24 precipitaram 507,6mm (71,09% do total) (ENCHENTES..., 2015).

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL, a área de interesse está inserida nos domínios morfoestruturais de Depósitos Sedimentares e Faixa de Dobramentos Remobilizados. O domínio dos Depósitos Sedimentares inclui “*aluvões integrados por areias, cascalhos [...], e sedimentos marinhos*” que formam “*dunas, restingas, cordões litorâneos, planícies e terraços marinhos, fluviomarinhos e fluviais*” e tabuleiros de arenitos e sedimentos arenoso-argilosos. A Faixa de Dobramentos

Remobilizados apresenta alto controle estrutural, com “extensas linhas de falhas, blocos deslocados, escarpas e relevos alinhados”, coincidentes com os dobramentos originais e falhamentos recentes (GATTO *et al.*, 1983).

As unidades geomorfológicas, ainda na classificação do Projeto RADAMBRASIL, da área de interesse são de Acumulação Marinha (áreas planas, podendo assumir formas de praias, canais de maré, cordões litorâneos, terraços arenosos ou cascalhentos) e Colinas e Maciços Costeiros, este último com modelado de dissecação fluvial fina (GATTO *et al.*, 1983).

Segundo Silva (2013), as colinas são elevações pequenas e de declividade suave, com altitude inferior a 50 metros, isoladas umas das outras e com processo erosivo já adiantado, enquanto os maciços, por sua vez, alcançam entre 100 e 200m e apresentam menos erosão que as colinas.

De acordo com o plano de informação de Geomorfologia e a nota técnica sobre o Mapeamento Geomorfológico do Espírito Santo, disponíveis no site do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), a área de interesse está inserida nos domínios morfoestruturais de acumulação fluvial e de depósitos sedimentares, como indica a Figura 22, que se caracterizam “pela ocorrência de sedimentos arenosos e argilo-arenosos com níveis de cascalho”, depositados durante o período Cenozóico (IJSN, 2012; acesso em: 20 abr. 2015).

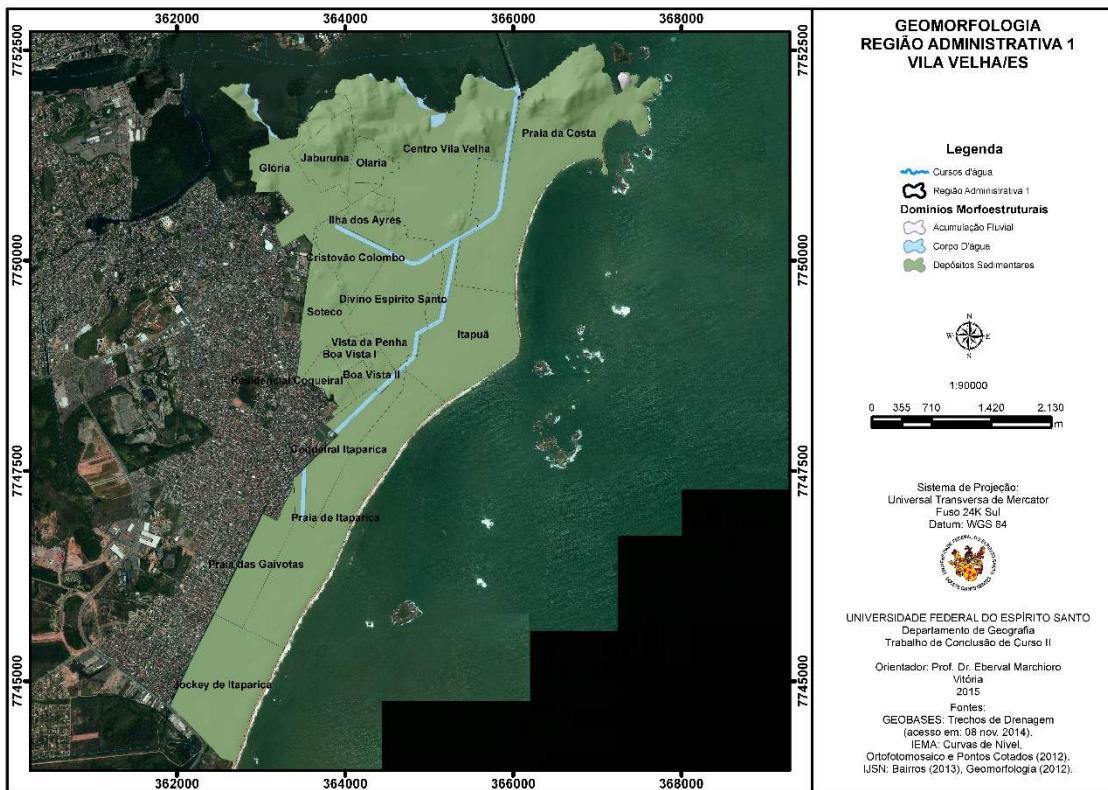


Figura 22: Mapa Geomorfológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES: Domínios Morfoestruturais
Fonte: IJSN, 2012

As regiões geomorfológicas da Sede do município de Vila Velha são: Acumulação Fluvial, Piemontes Inumados e Planícies Costeiras (mapa na Figura 23). Os Piemontes Inumados são constituídos de “sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras depositados sobre o embasamento muito alterado”, o que dificulta a identificação precisa dos dois. As Planícies Costeiras são formações descontínuas no litoral capixaba, intercaladas por maciços, colinas e tabuleiros (IJSN, 2012; acesso em: 20 abr. 2015).

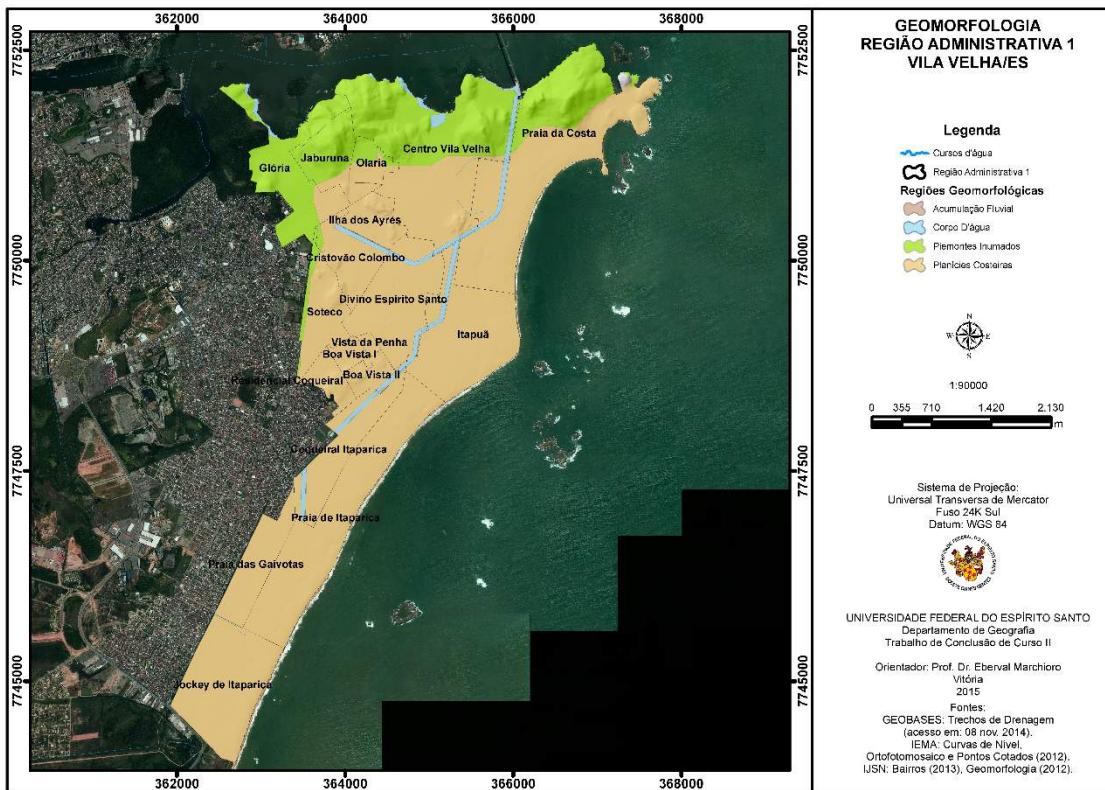


Figura 23: Mapa Geomorfológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES: Regiões Morfoestruturais
Fonte: IJSN, 2012

As Unidades Geomorfológicas presentes na região 1 de Vila Velha são: Acumulação Fluvial; Planícies Costeiras, Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praias; e Tabuleiros Costeiros (IJSN, 2012; acesso em: 20 abr. 2015).

As Planícies Costeiras, Estuários e Praias são descritos como as faixas de praia e desembocaduras de rios voltados ao litoral (Oceano Atlântico), com suas formas dadas pela ação de correntes marinhas, deposição fluvial e ação eólica (IJSN, 2012; acesso em: 20 abr. 2015).

Os Tabuleiros Costeiros são distribuídos “desde o sopé das elevações cristalinas [...] até as Planícies Quaternárias” e possuem sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras (areias e argilas) de espessura variada, conforme mapa exposto na Figura 24 (IJSN, 2012; acesso em: 20 abr. 2015).

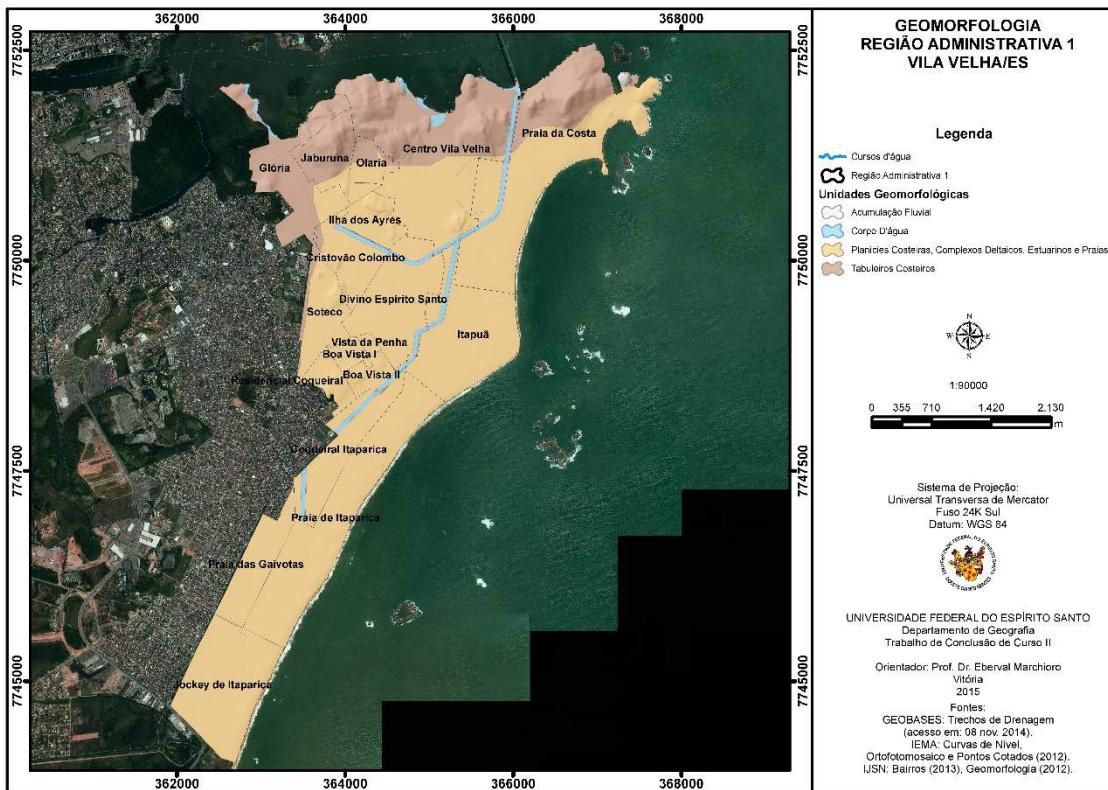


Figura 24: Mapa Geomorfológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES: Unidades Morfoestruturais
Fonte: IJSN, 2012

Os solos encontrados na região administrativa Centro, apresentados no mapa da Figura 25) são: Argissolo Vermelho-Amarelo, de origem cristalina, com relevo forte ondulado a montanhoso, com horizonte A de textura variando de média-argilosa a muito argilosa; e Espodossolo Hidromórfico, com presença de Areias Quartzosas Marinhas, presente nas áreas planas, de textura arenosa (OLIVEIRA *et al.*, 1983; SEMA, 2008).

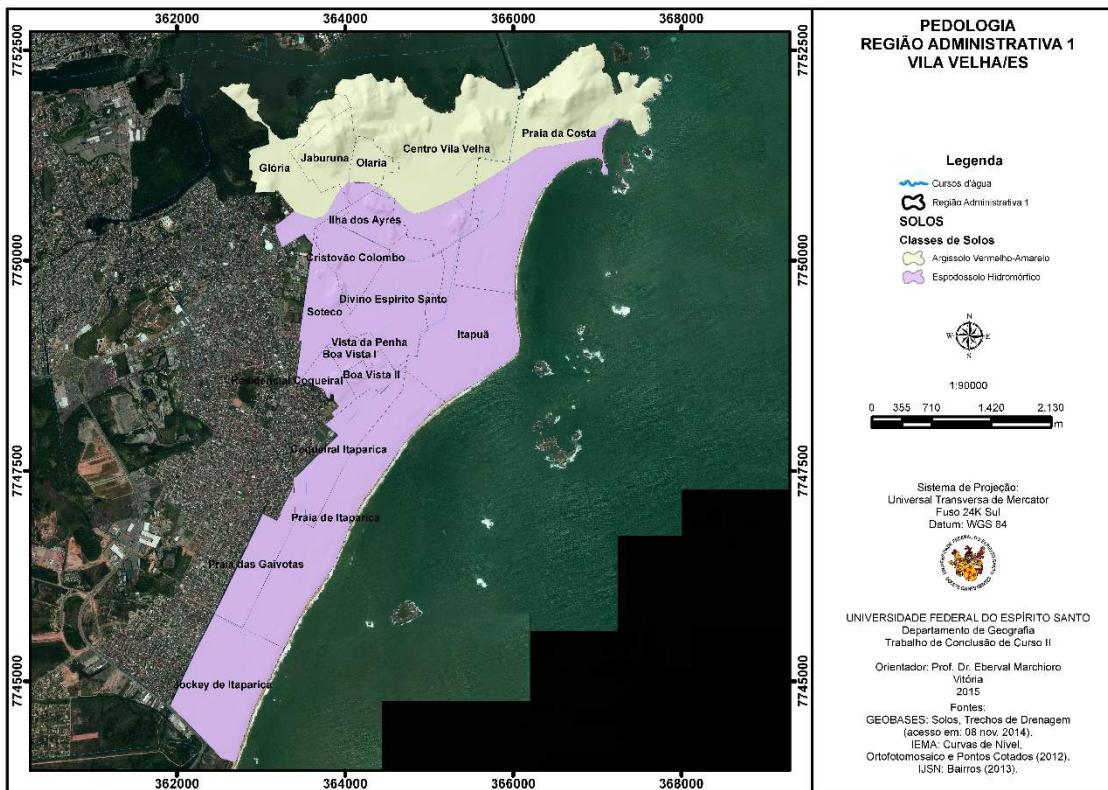


Figura 25: Mapa Pedológico da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

A vegetação é de florestas ombrófilas mistas, de ordem secundária, sem palmeiras – ou seja, florestas úmidas, em regiões de chuvas intensas e constantes, afetada pela ação antrópica. Nas praias, a vegetação predominante é restinga (URURAHY *et al.*, 1983; SEMA, 2008; VILA VELHA, 2013).

O Plano Municipal de Contingência, aponta que a população da cidade foi estimada em 460 mil habitantes, sendo que a maioria está na região administrativa Sede (VILA VELHA, 2013).

O índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), avaliado com base em dados de 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é de 0,800 – sendo que quanto mais próximo de 1, melhor (IBGE, 2013; VILA VELHA, 2013).

6 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Inicialmente são apresentadas as características gerais de parâmetros morfológicos e, posteriormente, análise da susceptibilidade a movimentos de massa da regional em estudos e, de algumas áreas específicas da regional Sede do município de Vila Velha-ES.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DE ALGUMAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS DA SEDE DE VILA VELHA-ES

A classe de declividade predominante na regional de estudo é de 0-11°, com 84,05%, associadas às planícies costeiras e fluviais. Existem nessas áreas Colinas isoladas, que, pontualmente, contribuem para o aumento da declividade, sendo um exemplo a colina costeira conhecida como Morro do Marista. As declividades estão apresentadas no mapa da Figura 26.

As duas outras classes de declividades com maior área na regional são as entre 17-27° e de 27-45° compreendendo o relevo de Maciço de Vitória (Maciços Costeiros) (Tabela 13).

Tabela 13: Declividades da Região Administrativa 1 de Vila Velha-ES

CLASSES	DECLIVIDADE (km²)	
	ÁREA	%
0-11°	13,19	84,05%
11-17°	0,58	3,67%
17-27°	1,17	7,45%
27-45°	0,72	4,62%
> 45°	0,03	0,21%
TOTAL	15,69	100%

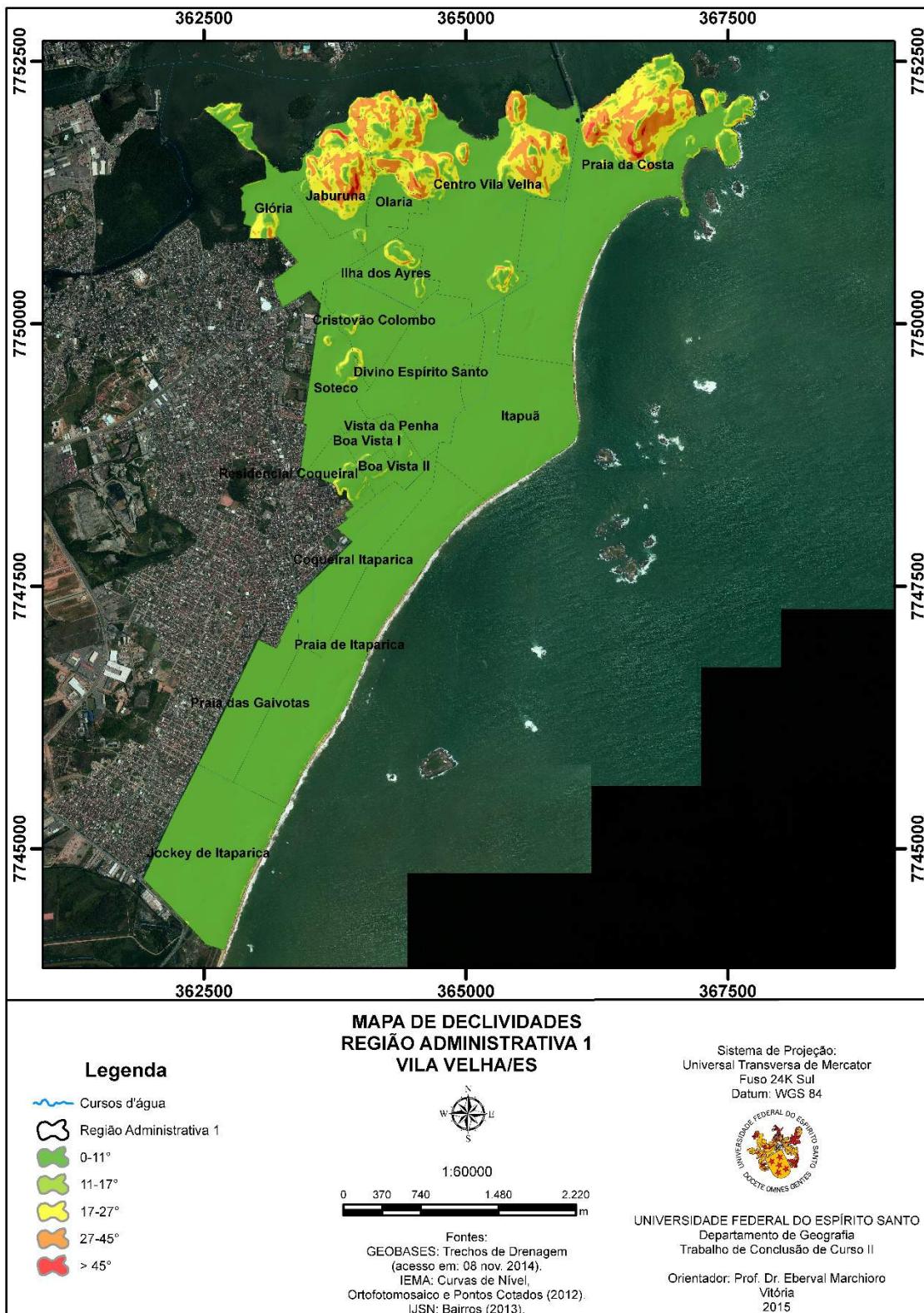


Figura 26: Mapa de Declividades da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

A curvatura horizontal predominante é a retilínea, com 85,57% da área, seguida pelas curvaturas divergente (9,03% da área total) e convergente (5,40%), conforme exposto na Tabela 14.

As formas retilíneas predominam porque Vila Velha é composta por grandes planícies, com presença esparsa de colinas costeiras. A combinação da curvatura horizontal com as declividades é determinante em situações extremas, como os períodos de chuvas fortes, para a ocorrência movimentos de massa.

Tabela 14: Curvatura Horizontal

CURVATURA HORIZONTAL (km²)		
CLASSES	ÁREA	%
CONVERGENTE	0,85	5,40%
RETELÍNEA	13,43	85,57%
DIVERGENTE	1,42	9,03%
TOTAL	15,69	100%

O mapa da Figura 27 apresenta as formas de relevo da Região Administrativa Sede de Vila Velha-ES.

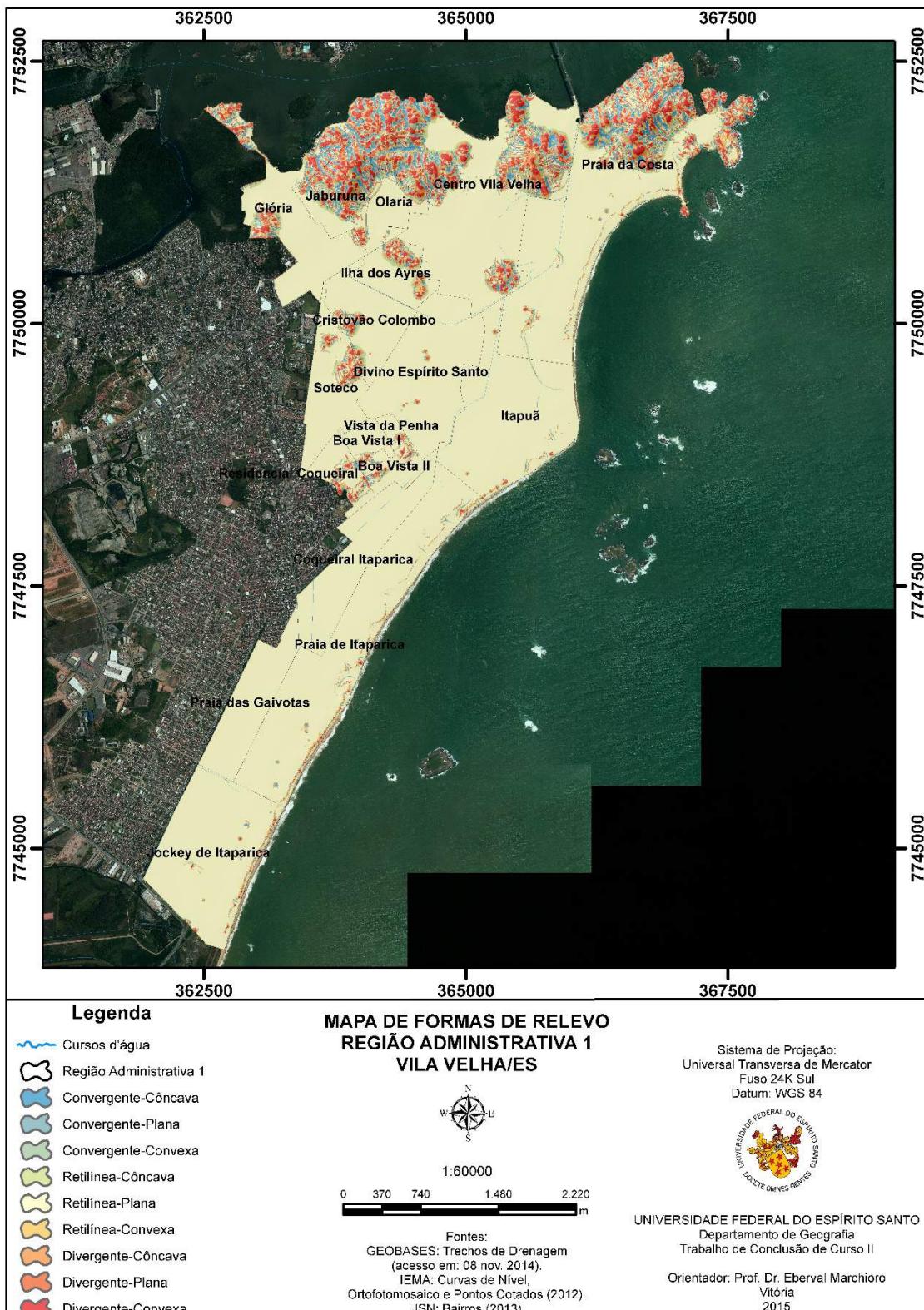


Figura 27: Mapa de Formas de Relevo da Região Administrativa 1 de Vila Velha-ES

Os depósitos litorâneos estão associados à faixa costeira da região Sede de Vila Velha, ocupando apenas 0,93% da sua área total, conforme mostrado na Tabela 15.

Os depósitos aluvionares, que são formados por sedimentos clásticos (areia, cascalho e/ou lama) depositados por rios e/ou canais em leitos e margens de drenagens (como planícies de inundação ou áreas deltaicas) (BRASÍLIA, acesso em: 21 maio 2015), correspondem à 77,67% da área estudada.

Tabela 15: Caracterização Geológica da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

GEOLOGIA (km²)		
CLASSES	ÁREA	%
DEPÓSITOS LITORÂNEOS	0,14	0,93%
MACIÇO VITÓRIA	3,33	21,40%
DEPÓSITOS ALUVIONARES	12,05	77,67%
TOTAL	15,52	100%

A formação Maciço Vitória ocupa 21,40% da Sede de Vila Velha, correspondendo aos maciços conhecidos como (de leste para oeste): Morro de Santa Luzia (onde fica o farol de mesmo nome), Morro do Moreno, Morro da Penha (onde fica o Convento de Nossa Senhora da Penha), Morro Inhoá, Morro do Soares, Morro do Jaburuna, Morro da Mantegueira e Morro da Penitenciária (BRASIL, 2013).

Através do mapa de orientação de vertentes apresentado na Figura 28 e da Tabela 16, pode-se verificar que a orientação predominante é voltada para noroeste, com 20,01% da área total da Região Administrativa 1 de Vila Velha, seguida pela direção oeste, com 14,19%.

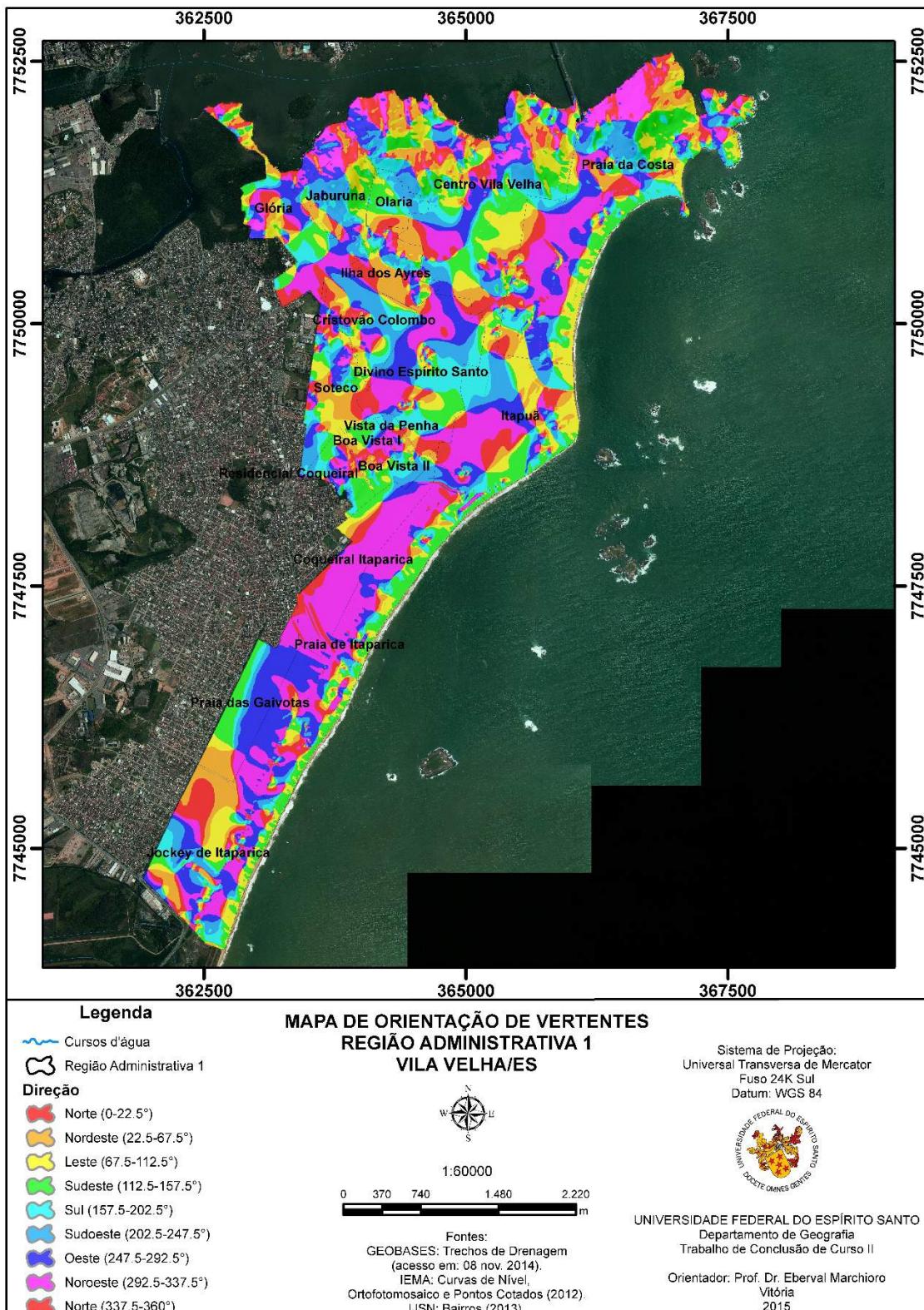


Figura 28: Mapa de Orientação de Vertentes da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

Tabela 16: Orientação de Vertentes da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

ORIENTAÇÃO DE VERTENTES (km²)		
CLASSES	ÁREA	%
NORTE	1,73	11,04%
NORDESTE	1,55	9,89%
LESTE	1,84	11,76%
SUDESTE	2,11	13,44%
SUL	1,48	9,44%
SUDOESTE	1,60	10,22%
OESTE	2,23	14,19%
NOROESTE	3,14	20,01%
TOTAL	15,69	100,00%

Considerando as direções predominantes de ventos, massas de ar e zonas de convergências atuantes em Vila Velha, pode-se avaliar que as faces Nordeste (que representam 9,89% do total e estão apresentadas em cor alaranjada) são as que vão receber com maior incidência dos ventos e eventos de precipitação dessa direção, que é a predominante na linha de costa capixaba, enquanto as faces Sul e Sudeste (que juntas representam 22,88% do total, e aparecem em ciano e verde, respectivamente), irão receber com maior incidência os eventos climáticos dessas direções, associadas às massas de ar polar, comuns durante o inverno e outono (MARCHIORO, 2012; SILVA, 2013).

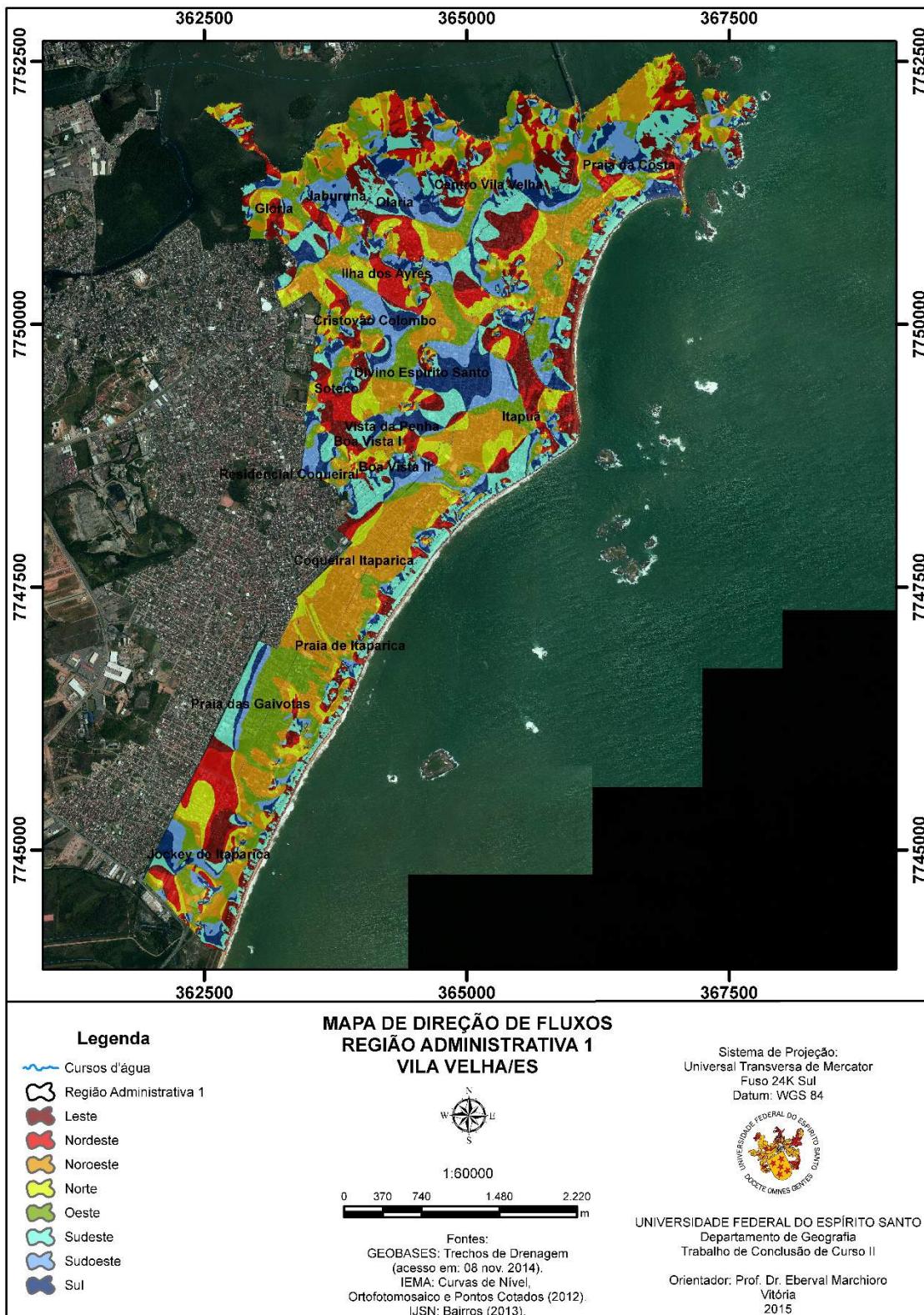


Figura 29: Mapa de Direção de Fluxos da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

No mapa apresentado na Figura 29 são apresentadas as direções preferenciais dos fluxos de matéria na área de interesse. É notável que, nos maciços costeiros do

norte da Região Administrativa 1 (especialmente nos Morros do Jaburuna, do Soares, da Penha e do Moreno), os fluxos direcionados para Sudeste, Sudoeste e Sul (SE, SO e S), estão voltados para áreas densamente ocupadas. Isso significa que, em caso de eventos de movimentos de massa (e enxurradas) na área estudada, o sentido de movimentação e deposição de matérias movimentadas é em direção às áreas densamente ocupadas a jusante.

Nos casos do Morro do Moreno e Morro da Penha, as faces sul, sudeste e sudoeste (tons de azul na Figura 30), apresentam seus fluxos voltados para o interior dos bairros Praia da Costa e Centro, ambos de grande concentração populacional, por conta da quantidade de prédios e condomínios residenciais. Nos Morros do Jaburuna e do Soares, a ocupação ao sul, sudeste e sudoeste, é em grande parte, formada por residências individuais.

MAPA DE DIREÇÃO DE FLUXOS

REGIÃO ADMINISTRATIVA 1 VILA VELHA/ES

Legenda

- Cursos d'água
- Região Administrativa 1
- Leste
- Nordeste
- Noroeste
- Norte
- Oeste
- Sudeste
- Sudoeste
- Sul

Figura 30: Direção de Fluxos da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (com detalhe para os Maciços Costeiros)



1:20000

0 325 650 1.300 1.950 m

Fontes:

GEOBASES: Trechos de Drenagem
(acesso em: 08 nov. 2014).

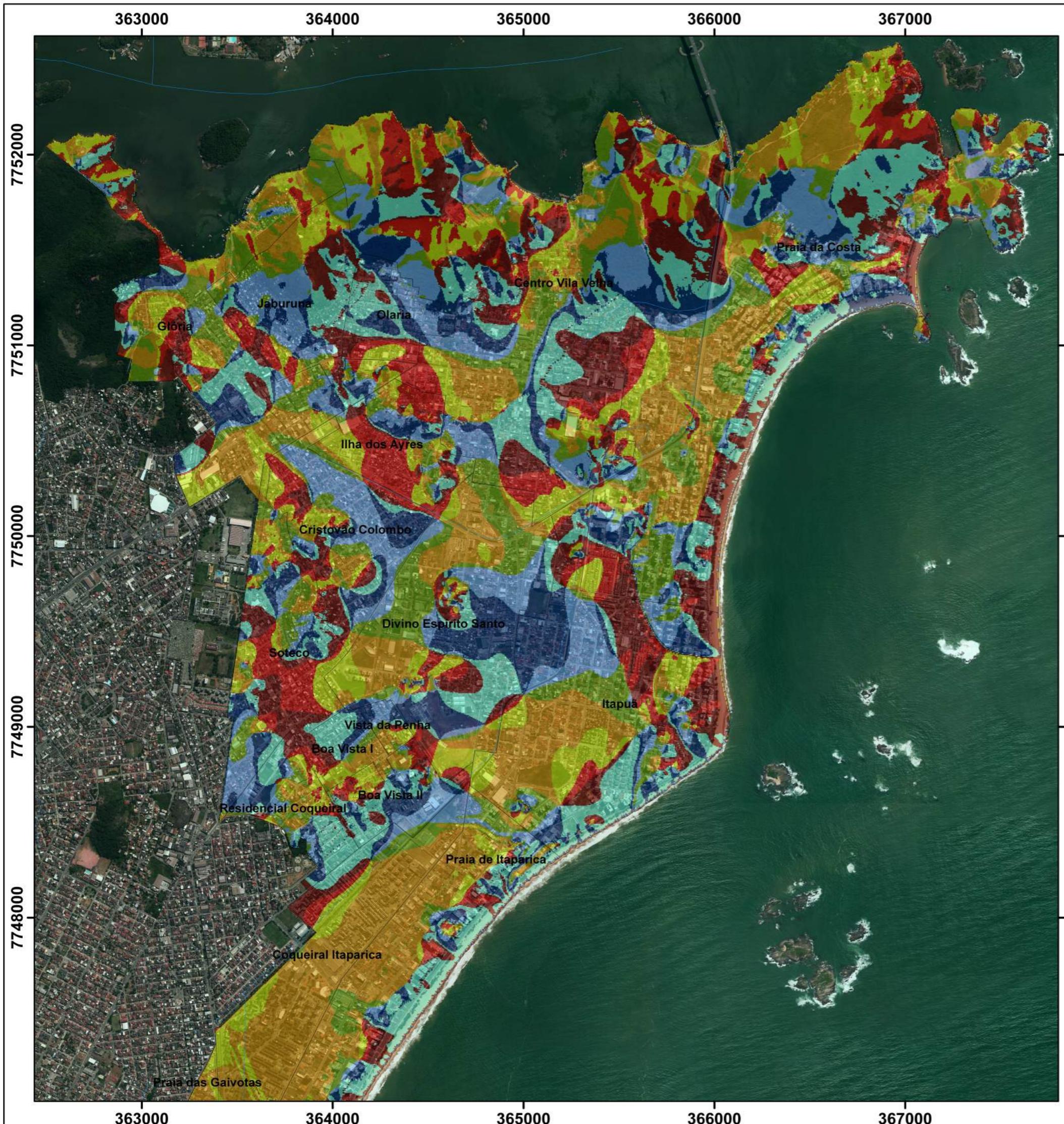
IEMA: Curvas de Nível,
Ortofotomosaico e Pontos Cotados (2012).
IJSN: Bairros (2013).

Sistema de Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Fuso 24K Sul
Datum: WGS 84



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Geografia
Trabalho de Conclusão de Curso II

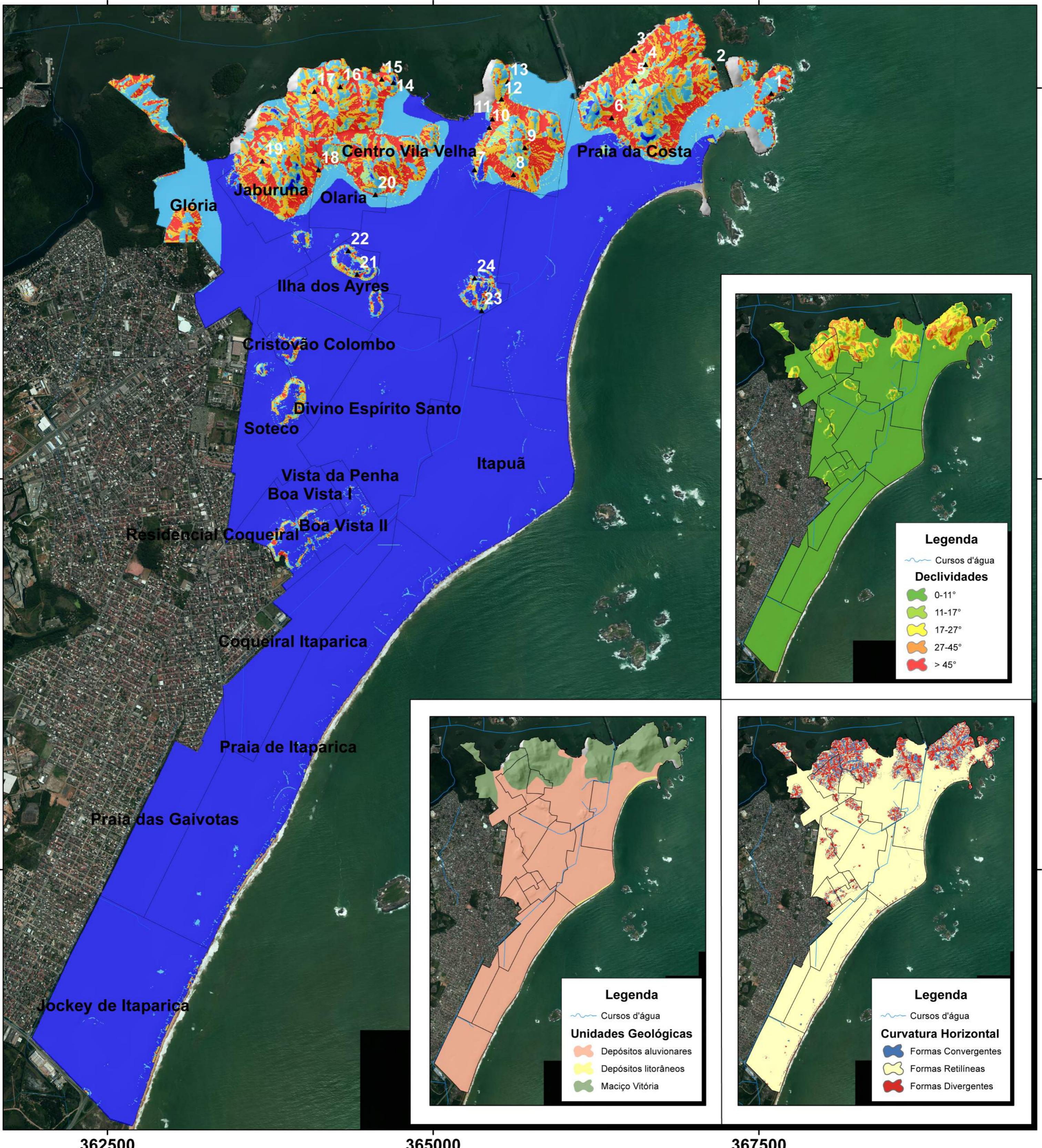
Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro
Vitória
2015



6.2 ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA DA REGIÃO ADMINISTRATIVA SEDE DO MUNICÍPIO DE VILA VELHA-ES

Conforme pode ser verificado na Figura 31, as áreas de maior suscetibilidade estão associadas aos maciços costeiros, presentes na parte norte da área de estudo, nos bairros Praia da Costa, Centro, Prainha, Olaria, Jaburuna e Glória, e às colinas costeiras presentes nos bairros de Ilha dos Ayres, Centro, Cristóvão Colombo, Soteco, Divino Espírito Santo e entre Boa Vista II e Residencial Coqueiral.

É notável que o aumento da declividade ocasiona o aumento da instabilidade da encosta, na maioria dos casos. Apesar disso, a maior probabilidade de ocorrência de movimentos de massa se concentra nas médias declividades, enquanto a menor instabilidade das vertentes mais íngremes está ligada à pouca disponibilidade de material para escorregar (SPÍNOLA; VICTÓRIA, 2012; VANACÔR, 2006).



SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA REGIÃO ADMINISTRATIVA 1 VILA VELHA/ES



Figura 31: Mapa de Suscetibilidade a Movimentos de Massa da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

1:20000

0 355 710 1.420 2.130 m

Fontes:

- CPRM: Geologia Vitória (2014).
EFFGEN, J. F. Fotografias (2015).
GEOBASES: Trechos de Drenagem (acesso em: 08 nov. 2014)
IEMA: Curvas de Nível, Ortofotomosaico e Pontos Cotados (2012).
IJSN: Bairros (2013).

Sistema de Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Fuso 24K Sul
Datum: WGS 84



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Geografia
Trabalho de Conclusão de Curso II

Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro
Vitória
2015

Legenda

▲ Fotografias

~~~~ Cursos d'água

~~~~ Região Administrativa 1

Suscetibilidade

Baixa

Média-Baixa

Média

Média-Alta

Alta

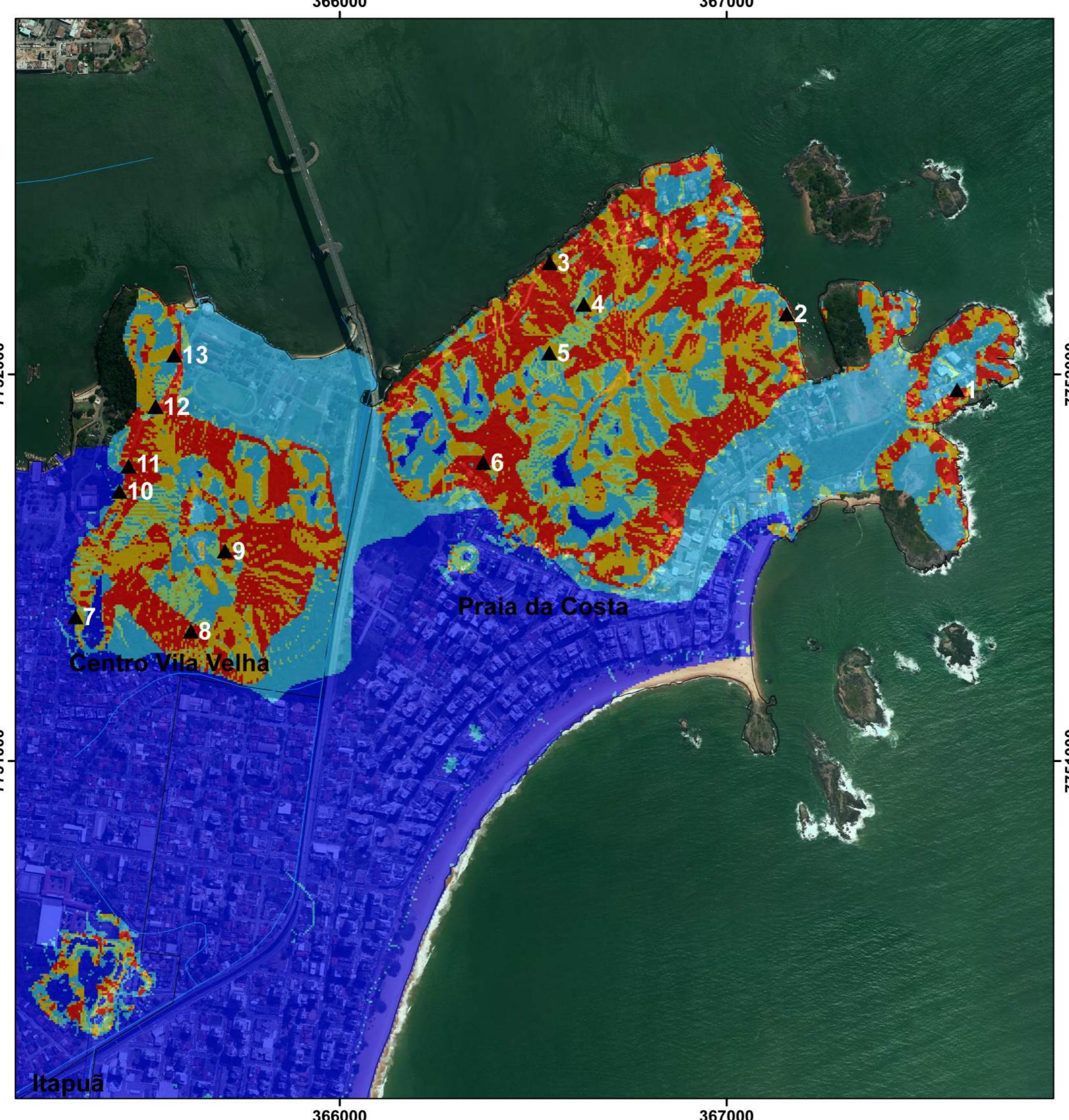
De acordo com a Tabela 17 e Figura 31, a classe de baixa suscetibilidade é predominante na Região Administrativa 1, seguida pelas classes de média-baixa e alta suscetibilidade. Nota-se que grande parte da área de baixa suscetibilidade está presente nas áreas de baixa declividade (de 0 a 11°), forma retilínea e de planícies fluviais e costeiras.

Tabela 17: Áreas de Suscetibilidade da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES

| CLASSE DE SUSCETIBILIDADE (km²) | | |
|---|-------------|----------|
| CLASSES | ÁREA | % |
| BAIXA | 12,00 | 77,30% |
| MÉDIA-BAIXA | 1,46 | 9,44% |
| MÉDIA | 0,37 | 2,40% |
| MÉDIA-ALTA | 0,80 | 5,16% |
| ALTA | 0,89 | 5,71% |
| TOTAL | 15,52 | 100% |

6.2.1 Maciços Costeiros a Nordeste da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (Morro do Moreno e Morro da Penha)

Na Figura 32, temos o mapa de suscetibilidade da região dos Maciços Costeiros (Morros do Moreno e da Penha) sobreposto ao ortofotomosaico (de 2012) de Vila Velha. Apesar da predominância de áreas de média a alta suscetibilidade, tem-se a presença pontual de áreas de baixa suscetibilidade a movimentos de massa (como nas faces oeste no Morro da Penha e nas faces sul e oeste do Morro do Moreno). Em grande parte, essas áreas de baixa suscetibilidade estão associadas a afloramentos rochosos e/ou encostas muito inclinadas (logo, sem material disponível para escorregar).



MAPA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA

REGIÃO ADMINISTRATIVA 1 VILA VELHA/ES

Legenda

- ▲ Fotografias
- ~~~~ Cursos d'água
- Região Administrativa 1

Suscetibilidade

- Baixa
- Média-Baixa
- Média
- Média-Alta
- Alta

Figura 32: Mapa de Suscetibilidade da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (com destaque para os Maciços Costeiros a Nordeste da mesma)



1:10000

0 165 330 660 990 m

Fontes:
 EFFGEN, J. F. Fotografias (2015).
 GEOBASES: Trechos de Drenagem
 (acesso em: 08 nov. 2014)
 IEMA: Curvas de Nível,
 Ortofotomosaico e Pontos Cotados (2012).
 IJSN: Bairros (2013).

Sistema de Projeção:
 Universal Transversa de Mercator
 Fuso 24K Sul
 Datum: WGS 84



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
 Departamento de Geografia
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro
 Vitória
 2015

No extremo leste do Morro do Moreno, onde fica o Farol de Santa Luzia, existem áreas de média a alta suscetibilidade, devido às declividades entre 11 e 27° (em alguns pontos chegando a 45°) e cobertura superficial do Maciço Vitória.

A Figura 33 é uma fotografia do terreno onde fica o estacionamento da Igreja Evangélica Missão, nas proximidades do Farol de Santa Luzia (assinalada no mapa da Figura 32 como Fotografia 1). Nesse local, especificamente, a suscetibilidade se alterna entre média-alta e alta, com curvatura predominantemente divergente e declividade entre 17-27°.



Figura 33: Encosta no estacionamento da Igreja Evangélica Missão
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 34 apresenta a fotografia de uma cicatriz de escorregamento raso em encosta rochosa na estrada do Morro do Moreno, em sua face leste (assinalada no mapa da Figura 32 como Fotografia 2). A suscetibilidade nessa área está classificada entre média e alta, com declividades entre 27-45° e curvaturas variando alternadamente entre divergente e retilínea, com presença pontual de formas convergentes.



Figura 34: Estrada do Morro do Moreno, face leste

Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 35 mostra a fotografia de um talude cortado, provavelmente por conta da estrada recém-feita, com presença de um matacão (assinalada no mapa da Figura 32 como Fotografia 3). Com a curvatura horizontal se alternando entre formas divergentes e convergentes e declividades entre 17-27°, a suscetibilidade local é classificada de média-alta a alta.



Figura 35: Estrada do Morro do Moreno, face norte

Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

Na Figura 36, fotografia também do Morro do Moreno, são discerníveis duas cicatrizes de escorregamentos (no mapa da Figura 32, as cicatrizes estão

identificadas como Fotografias 4 e 5). As declividades variam entre 17-45°, com curvatura predominantemente retilínea, com alternância de formas divergentes e convergentes. A suscetibilidade varia de média-baixa a alta, sendo que as classificações mais altas estão associadas às áreas de declividade entre 17-27°.

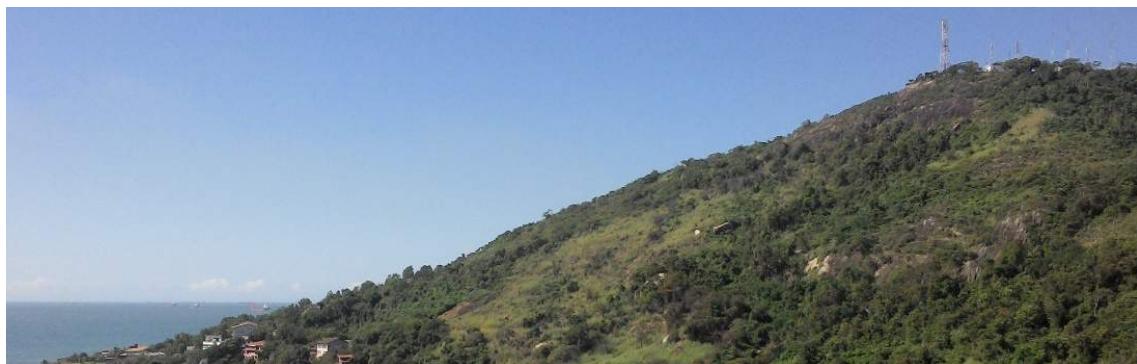


Figura 36: Morro do Moreno, face norte
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

O Morro do Moreno é ocupado em suas partes mais baixas e as casas são de alto padrão – apesar das cicatrizes de escorregamento observadas, não há registro de obras a serem realizadas no documento de indicação de demandas (VILA VELHA, 2014).

A Figura 37 apresenta o Morro do Moreno, com destaque para suas faces oeste e sudoeste. É importante notar que a parte ocupada por casas e pequenos prédios, no sopé do maciço, apresenta declividade predominante entre 17-27°, mas com pontos entre 27-45°, com curvatura predominantemente côncava e retilínea e suscetibilidade majoritariamente alta. Além disso, relacionando com os mapas de direção de fluxo e orientação de vertentes (Figura 30 e Figura 28, respectivamente), temos que o fluxo predominante nessa região é direcionado ao sul e com orientação sudoeste – ou seja, precipitação associada à frentes frias vindas do sul afetam mais essa encosta e possíveis fluxos seguem para o sul. Em casos de movimentos de massa, o material movimentado seria depositado nas áreas ocupadas a jusante.



Figura 37: Morro do Moreno
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 38 apresenta o local circulado em vermelho na Figura 37, onde fica a trilha de acesso ao topo do Morro do Moreno, cercada por uma grande quantidade de casas. No mapa da Figura 32, essa área está identificada pela Fotografia 6.



Figura 38: Matações em encosta nas proximidades de uma residência no Morro do Moreno
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

No Morro da Penha, durante o evento extremo de pluviosidade que ocorreu em dezembro de 2013, foram registrados diversos movimentos de massa associados a enxurradas, promovendo a interdição temporária do acesso ao Convento da Penha

“ [...] para primar pela segurança dos municípios e turistas” (ENCHENTES..., 2015; VILA VELHA, 2014).

A Figura 39 é uma fotografia da estrada de acesso de carros do Convento da Penha, na área onde as vans estacionam para embarque e desembarque de visitantes, onde é possível observar a instalação de solo grampeado para estabilizar a encosta. No mapa da Figura 32, o local fotografado parece assinalado pelo ponto de número 7. A suscetibilidade varia de média a média-alta, com declividade entre 17-27°, curvatura horizontal predominantemente retilínea e fluxo direcionado para oeste (de acordo com o mapa da Figura 30), ou seja, em caso de movimentos de massa, a deposição do material escorregado ocorreria sobre a área residencial ao redor da entrada do Convento da Penha.



Figura 39: Encosta estabilizada com solo grampeado
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 40 apresenta fotografia tirada da lateral da estrada de acesso, sinalizada pelo ponto 8 no mapa da Figura 32. A suscetibilidade varia de média-alta a alta, com declividades entre 17-27° e curvatura horizontal predominantemente retilínea. As técnicas de estabilização de encosta observáveis na fotografia são as de solo grampeado e sacos de areia.



Figura 40: Encosta estabilizada com solo grampeado e sacos de areia
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

Na fotografia da Figura 41, tem-se uma encosta estabilizada com solo grampeado e muro de arrimo, localizada no trecho final da estrada de acesso ao Convento da Penha (já nas proximidades do estacionamento do Campinho). A declividade está na faixa de 17-27°, com curvatura horizontal intercalada entre as formas divergente e convergente. No mapa da Figura 32 está assinalada pelo ponto 9 e apresenta suscetibilidade local variando de média a alta.



Figura 41: Encosta estabilizada com solo grampeado e muro de arrimo
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A área ocupada pelo 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro na Prainha de Vila Velha é citada na Indicação de Demandas para Lançamento no FIDE/SINDEC (Formulário de Informações do Desastre/Sistema Nacional de Defesa Civil), com observação de vistoria realizada pela equipe técnica da Defesa Civil e identificação de diversos “pontos de escorregamento de massa afetando principalmente as vias de acesso” (VILA VELHA, 2014).

No decorrer da estrada de acesso existem diversas cicatrizes de escorregamentos, com grande presença de vegetação, galhos e raízes de árvores; fragmentos de rochas de tamanho variado (desde cascalho até calhaus e matacões); com altura média entre 1 e 2m e extensão variada.

A fotografia apresentada na Figura 42, representada pelo ponto 10 no mapa da Figura 32, apresenta uma cicatriz de escorregamento nas proximidades da estrada de acesso ao Exército, com presença de vegetação (e árvores com raízes expostas, na parte superior direita da fotografia). A suscetibilidade está classificada entre média-alta e alta, com declividades entre 17-27° e curvatura horizontal alternada entre divergente, convergente e retilínea.



Figura 42: Cicatriz de escorregamento, com grande presença de vegetação, próxima à estrada de acesso do 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro, localizado na Prainha de Vila Velha-ES
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 43 apresenta a fotografia sinalizada pelo ponto 11, no mapa da Figura 32. Nesse local, a declividade varia entre 17-27°, com curvatura de formas divergente e convergente aparecendo alternadamente. A suscetibilidade está classificada entre média e alta.



Figura 43: Cicatriz de escorregamento, próxima à estrada de acesso do 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro, localizado na Prainha de Vila Velha-ES

Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 44 expõe a fotografia de uma cicatriz de escorregamento nas proximidades da guarita interna do 38º BI do Exército. No mapa da Figura 32, esse local é assinalado pelo ponto 12. A curvatura horizontal varia entre as formas divergente e convergente, com declividades entre 11-17°. A suscetibilidade varia de média a alta.



Figura 44: Cicatriz de escorregamento, nas proximidades da guarita do 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro, localizado na Prainha de Vila Velha-ES

Fonte: Julia Frederica Effgen (junho 2015)

A Figura 45 mostra a fotografia de cicatriz de escorregamento encontrada nas proximidades da área administrativa do 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro. No mapa da Figura 32, esse local aparece assinalado pelo ponto 13 e tem suscetibilidade de média a alta. A declividade está na faixa entre 27-45° e a curvatura horizontal é de formas predominantemente convergentes.

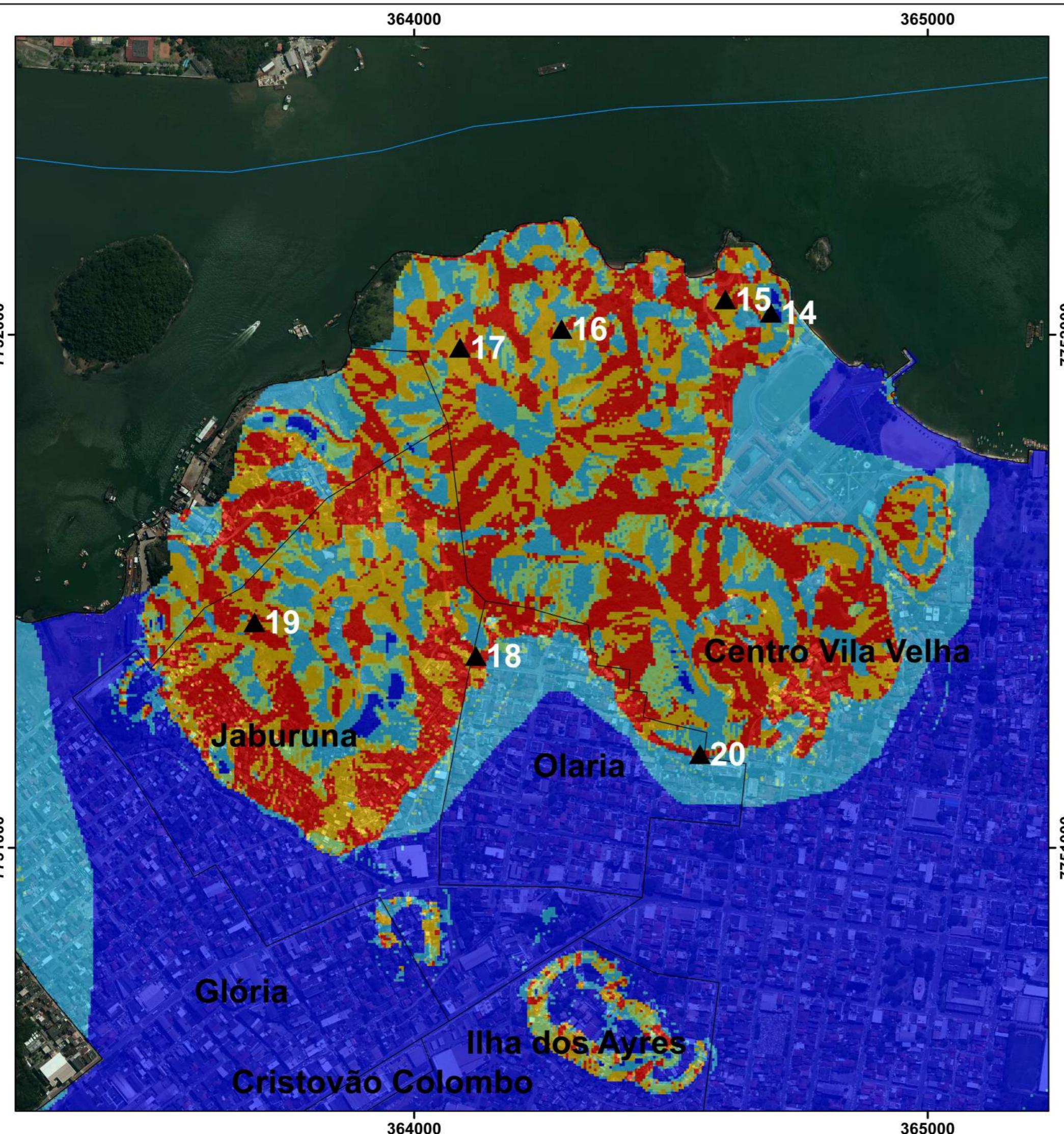


Figura 45: Cicatriz de escorregamento no 38º Batalhão de Infantaria do Exército Brasileiro, localizado na Prainha de Vila Velha-ES

Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

6.2.2 Maciços Costeiros a Noroeste da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (Morro do Soares, Morro do Inhoá, Morro do Jaburuna)

A Figura 46 apresenta o mapeamento de suscetibilidade sobreposto ao ortofotomosaico de 2012, com destaque para o maciço do Jaburuna (Morros do Inhoá, Soares e Jaburuna), Morros da Glória, Penitenciária e Ilha dos Ayres. Há predominância de média-alta e alta suscetibilidades nas áreas de encostas convergentes e com declividades entre 17 e 45° - a partir dos 45°, as encostas tendem a não apresentar material disponível para escorregar.



MAPA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA REGIÃO ADMINISTRATIVA 1 VILA VELHA/ES

Legenda

- ▲ Fotografias
- ~~~~ Cursos d'água
- REGIONE Administrativa 1
- Suscetibilidade**
- Baixa
- Média-Baixa
- Média
- Média-Alta
- Alta

Figura 46: Mapa de Suscetibilidade da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (com destaque para os Maciços Costeiros a Noroeste da mesma)



1:7500
0 120 240 480 720 m

Fontes:
EFFGEN, J. F. Fotografias (2015).
GEOBASES: Trechos de Drenagem
(acesso em: 08 nov. 2014)
IEMA: Curvas de Nível,
Ortofotomosaico e Pontos Cotados (2012).
IJSN: Bairros (2013).

Sistema de Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Fuso 24K Sul
Datum: WGS 84



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Geografia
Trabalho de Conclusão de Curso II

Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro
Vitória
2015

A Figura 47, traz, em detalhe, a face oeste do Morro Inhoá, que fica próxima à área da Marinha do Brasil. É possível observar uma cicatriz de escorregamento, com presença de rochas de tamanhos variados. Essa área tem declividades acima de 27° e curvatura de convexa a retilínea, suscetibilidade de média-baixa a alta e está apresentada no mapa da Figura 46 no ponto 14. De acordo com a Defesa Civil, foi realizada vistoria e limpeza da área (VILA VELHA, 2014).



Figura 47: Escorregamento no Morro do Inhoá
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 48 mostra uma fotografia dos Morros Inhoá e Soares (da esquerda para a direita), com as linhas vermelhas delimitando cicatrizes de escorregamento, em conformidade com o mapeado, sendo que a cicatriz do meio apresenta degraus de abatimento, caracterizando um possível rastejo. As áreas são de curvatura horizontal predominantemente côncava e retilínea, com declividades entre 17 e 45°. As suscetibilidades variam de média a alta, e as cicatrizes estão identificadas no mapa da Figura 46 pelos pontos 15, 16 e 17.



Figura 48: Morros Inhoá e Soares
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A fotografia da Figura 49 expõe uma encosta da face leste do Morro do Jaburuna, vista da Rua Guilhermina Geovanote, do Bairro Olaria (ponto 18 no mapa da Figura

46). Há presença de vegetação (com algumas bananeiras), rochas e lixo (nas proximidades das casas no topo da encosta). A suscetibilidade é classificada entre média-alta e alta, com alternância entre curvaturas horizontais divergente e convergente e declividades entre 17-45°.

No Bairro Olaria foram apontadas duas obras de contenção de encosta com instalação de solo grampeado e muro de arrimo (VILA VELHA 2014).



Figura 49: Encosta na face leste do Morro do Jaburuna – Rua Guilhermina Geovanote, Bairro Olaria
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

O maciço costeiro do Morro do Jaburuna, com seus afloramentos rochosos na face leste (como mostrado na fotografia da Figura 50), tem menos áreas suscetíveis a movimentos de massa próximas ao topo – a suscetibilidade é maior no terço inferior da encosta, onde há alternância entre as curvaturas côncava e convexa e de declividade entre 17 e 45°.



Figura 50: Face leste do Morro do Jaburuna
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 51 apresenta uma fotografia da face oeste do maciço costeiro Morro do Jaburuna, retirada da página da comunidade Jaburuna Bairro na rede social Facebook (<https://www.facebook.com/comunidadejaburuna>). Essa página é administrada por um morador e reúne fotos e textos sobre o estado do bairro.



Figura 51: Face oeste do maciço costeiro Morro do Jaburuna, com delimitação de cicatrizes de escorregamento
Fonte: JABURUNA BAIRRO, acesso em: 18 abr. 2015

A face oeste apresenta suscetibilidade a movimentos de massa variando entre média-baixa e alta, com predominância de declividades entre 17-27° (e entre 27-45° nas proximidades do topo) e curvaturas alternando entre formas convergentes e divergentes.

A fotografia da Figura 52, também retirada da página da comunidade Jaburuna Bairro no *Facebook*, mostra uma encosta com presença de lixo, esgoto e matações a montante de uma residência. No mapa da Figura 46, está representada pelo ponto 19, com suscetibilidade de média-alta a alta, curvaturas alternadas entre formas convergentes e divergentes e declividade entre 17-27°.

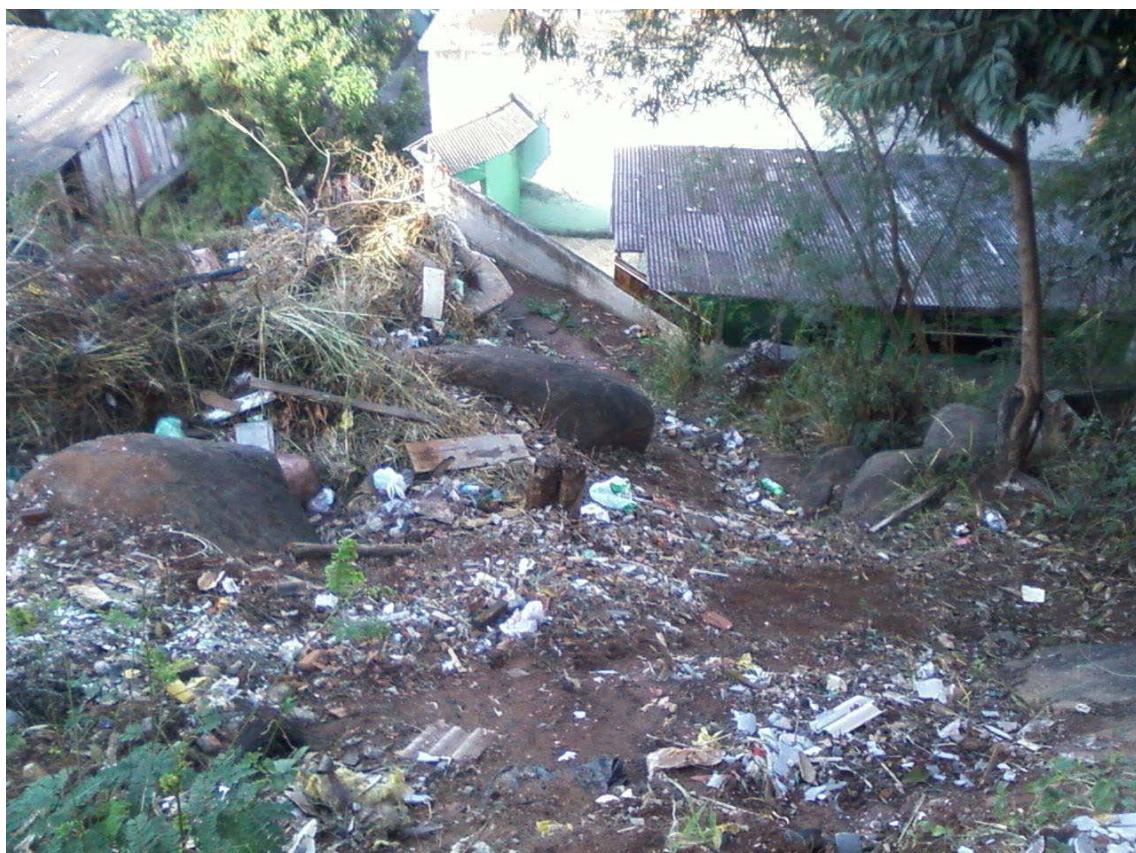


Figura 52: Encosta escorregada, com matações e lixo presentes a montante de residências
Fonte: JABURUNA BAIRRO, acesso em: 18 abr. 2015

A Defesa Civil de Vila Velha indicou diversas obras de contenção no Morro do Jaburuna, totalizando R\$ 5,5 milhões. Entre elas estão: instalação de cortina atirantada, solo grampeado, plantio de grama, contrafortes para estabilização de blocos rochosos e remoção de matações (VILA VELHA, 2014).

A Figura 53 mostra duas fotografias da encosta situada na Avenida Castelo Branco, em frente à sede da Secretaria Municipal de Saúde de Vila Velha e nas proximidades do Centro Municipal de Atenção Secundária e do Hospital Antônio Bezerra de Faria. A primeira, da esquerda, mostra uma vertente rochosa (com fraturas nos blocos), presença esparsa de saprolito e abundância de vegetação.

Na lateral do prédio azulado, mostrado na fotografia a direita, há uma grande marca de escorregamento, com provável formação de descontinuidade no interior do maciço por conta da rocha, e formato de cunha, ocorrido no período de chuvas de dezembro de 2013, e apontada nas Indicações de Demandas – as famílias moradoras do local foram retiradas de seus imóveis (VILA VELHA, 2014). No mapa da Figura 46, está representada pelo ponto 20.



Figura 53: Encosta da Avenida Castelo Branco
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

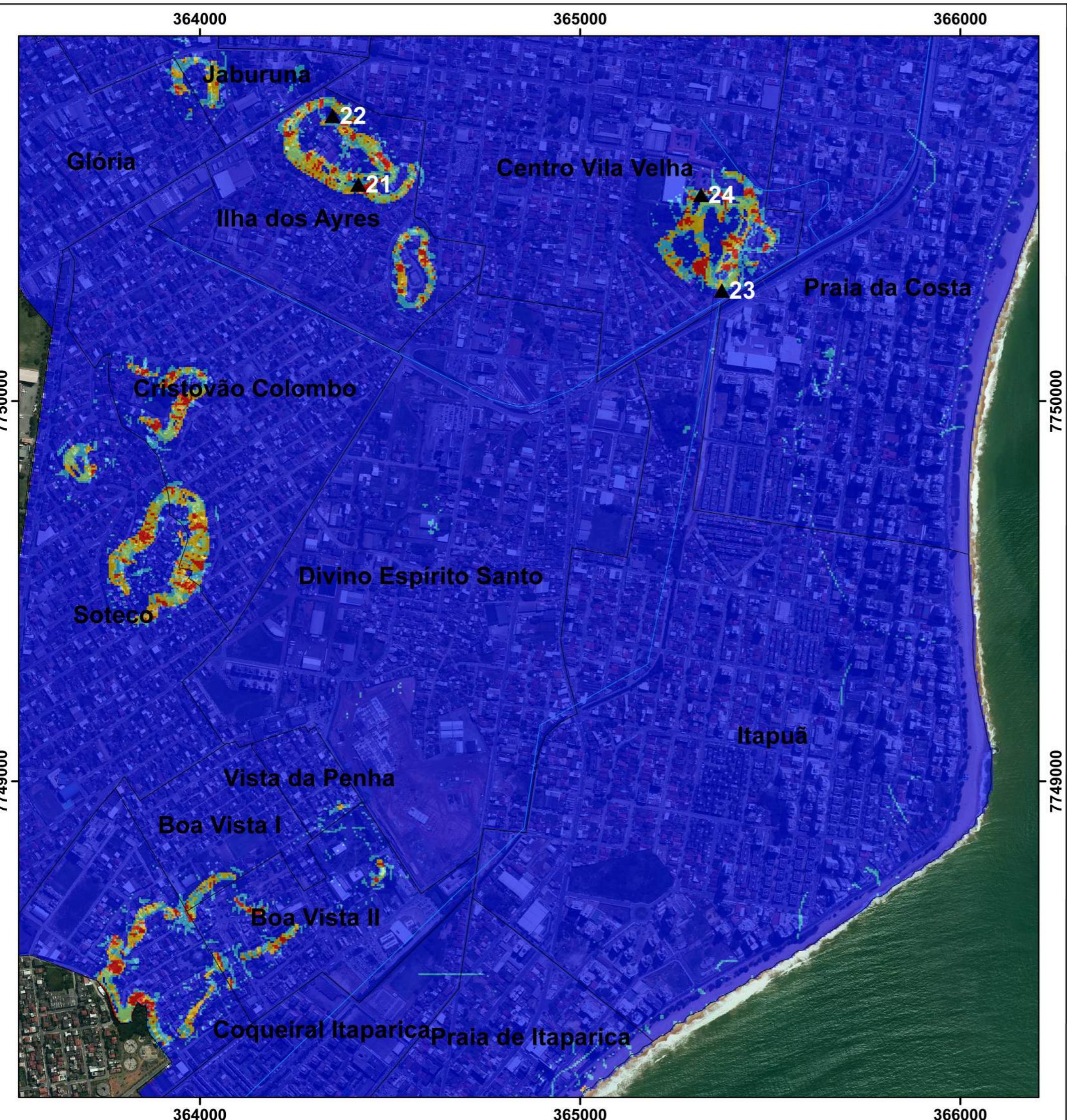
A Figura 54 apresenta a mesma área onde ocorreu o escorregamento em dezembro de 2013, em fotografia feita em agosto de 2013. É notável o dano causado pelo escorregamento (calçada, rampa e garagem foram destruídos).



Figura 54: Encosta da Avenida Castelo Branco, imagem de agosto de 2013
Fonte: GOOGLE, acesso em: 13 jun. 2015

6.2.3 Colinas Costeiras da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (Morro do Marista e Ilha dos Ayres)

O mapa de suscetibilidade apresentado na Figura 55 mostra, com detalhe, as colinas costeiras da Região Administrativa Sede de Vila Velha. A parte sul da Sede é predominantemente plana, com declividade entre 0 e 11°, curvatura retilínea e cobertura superficial sedimentar (depósitos litorâneos e aluvionares). Os locais que possuem suscetibilidade (de média a alta) à movimentos de massa estão associadas às áreas de declividade acima de 17°, sendo que os topo são de baixa suscetibilidade por terem declividades entre 0-11°.



MAPA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA

REGIÃO ADMINISTRATIVA 1 VILA VELHA/ES

Legenda

- ▲ Fotografias
- ~~~~ Cursos d'água
- REGIONE Administrativa 1

Suscetibilidade

- Baixa
- Média-Baixa
- Média
- Média-Alta
- Alta

Figura 55: Mapa de Suscetibilidade da Região Administrativa 1 do município de Vila Velha-ES (com destaque para as Colinas Costeiras)



1:10000

0 165 330 660 990 m

Fontes:
EFFGEN, J. F. Fotografias (2015).
GEOBASES: Trechos de Drenagem
(acesso em: 08 nov. 2014)
IEMA: Curvas de Nível,
Ortofotomosaico e Pontos Cotados (2012).
IJSN: Bairros (2013).

Sistema de Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Fuso 24K Sul
Datum: WGS 84



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Geografia
Trabalho de Conclusão de Curso II

Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro
Vitória
2015

Das Colinas Costeiras, apenas a do bairro Ilha dos Ayres foi indicada no documento da Defesa Civil. Foram demandadas obras em três localidades, orçadas em R\$ 1,5 milhão: contenção de encostas com solo grampeado, muro de arrimo e contrafortes para estabilizar matações (VILA VELHA, 2014).

A fotografia apresentada na Figura 56 é de uma encosta escorregada nas proximidades de uma escadaria da rua Parreiras, e está no mapa da Figura 55 sinalizada pelo ponto 21. A declividade local varia de 27-45°, com curvatura horizontal de convergente a retilínea e a suscetibilidade avaliada entre média-baixa (nas proximidades do topo da colina costeira) e alta (nas áreas mais declivosas). Associando ao mapa de direção de fluxos (Figura 30), verifica-se que a tendência de deposição de material escorregado dessa área é em direção sul, ou seja, em direção à parte plana do bairro de Ilha dos Ayres.



Figura 56: Encosta próxima a escadaria no Bairro Ilha dos Ayres
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 57 apresenta fotografia tirada em Ilha dos Ayres, de uma encosta suave localizada na rua homônima ao bairro, aparentemente cortada para a construção da via e com entulho em sua base. De acordo com o mapeamento elaborado, o local fotografado apresenta baixa suscetibilidade a movimentos de massa. A declividade alcança até 11° e a curvatura horizontal é divergente e a cobertura superficial é de depósitos aluvionares.



Figura 57: Encosta da rua Ilha dos Ayres, bairro Ilha dos Ayres
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

A Figura 58 mostra o Viaduto da Terceira Ponte (popularmente chamado de “alça”), construído sobre a colina costeira conhecida como Morro do Marista. No mapa de suscetibilidade, as áreas de maior classificação (média a alta) são coincidentes com as ruas construídas (tanto a alça quanto as vias de acesso a ela). No mapa da Figura 55, essa área está sinalizada pelo ponto 23. Na fotografia, a encosta rochosa abaixo do viaduto recebeu classificação de média e média-alta, enquanto a linha vermelha marca um corte no talude, que recebeu classificação predominantemente média-alta e alta no mapeamento de suscetibilidade. Relacionando ao mapa de direção de fluxos (Figura 30), os movimentos de massa possíveis dessa área iriam convergir para a área residencial no entorno da colina e sobre as vias de acesso.



Figura 58: Viaduto da Terceira Ponte
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

Na Figura 59, panorâmica da parte ao sul do maciço costeiro do Morro da Penha, nota-se o aspecto plano da maior parte da Região Administrativa 1 de Vila Velha. Além disso, há uma cicatriz de escorregamento na face norte da colina costeira do Morro do Marista – essa área está na propriedade do Colégio Marista Nossa Senhora da Penha, nas proximidades do Setor Infantil, estando presente com variações entre alta e média suscetibilidade neste trabalho. A declividade varia entre 27-45°, com curvatura divergente e direção de fluxo predominante para norte (ou seja, sobre a área do Colégio Marista). No mapa da Figura 55, essa cicatriz está sinalizada pelo ponto 24.



Figura 59: Panorâmica de parte da Região Administrativa 1 de Vila Velha-ES, vista do Convento da Penha
Fonte: Julia Frederica Effgen (junho de 2015)

Os bairros de Coqueiral de Itaparica, Praia de Itaparica, Praia das Gaivotas e Jockey de Itaparica são totalmente planos (declividades entre 0-11°), com coberturas superficiais de depósitos aluvionares e litorâneos e de curvatura horizontal retilínea, e, por isso, não apresentam suscetibilidade a movimentos de massa.

7 CONCLUSÃO

O resultado obtido através do mapeamento (e validado através de visitas de campo e pesquisa bibliográfica) é considerado satisfatório.

As áreas de maior suscetibilidade se concentram nos Maciços Costeiros ao norte da Região Administrativa 1 de Vila Velha. Nessas áreas, a cobertura superficial predominante é do conjunto Maciço Vitória, com curvaturas predominantemente divergentes e convergentes (intercaladas entre si, mas também com presença de vertentes retilíneas), e declividades entre 17 e 45°.

As áreas de curvatura retilínea, baixa declividade e de depósitos aluvionares e litorâneos são as que apresentam as suscetibilidades mais baixas a movimentos de massa. Apesar disso, as condições de curvatura, declividade e direções de fluxos de matéria das áreas próximas aos maciços costeiros do Norte e das colinas costeiras acabam tornando essas áreas planas potenciais depósitos de fluxos de movimentos de massa.

Dentre as potenciais áreas “receptoras” densamente ocupadas estão: o bairro de Olaria, que se situa entre os maciços costeiros do Morro do Jaburuna e Soares; a região próxima à face sul do maciço costeiro Morro do Moreno (no bairro Praia da Costa); e o entorno da colina costeira do Morro do Marista, onde existem residências, a “alça” da Terceira Ponte, e o Colégio Marista de Vila Velha; as proximidades da colina costeira de Ilha dos Ayres, com densa ocupação residencial e comercial.

Apesar do método heurístico ser pouco utilizado atualmente pelo IPT, ele se mostrou bastante efetivo para realização deste mapeamento, considerando a baixa disponibilidade de bancos de dados para a modelagem. Considera-se que para elaboração de um novo mapeamento, seja necessária a utilização da modelagem de base estatística proposta pelo IPT ou da abordagem de Paisagem.

Espera-se que este trabalho seja útil colaborando para o planejamento urbano, identificação de áreas suscetíveis a movimentos de massa e na aplicação de diversas metodologias de mapeamento.

8 REFERÊNCIAS

- 1 AB'SABER, A. N. Domínio Tropical Atlântico. In: AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. 6 ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2011. Cap. 4. p. 45-64.
- 2 ÅSVEEN, G. **Crowd Innovations**: A study of the introduction of innovations for a larger involvement of beneficiary communities in emergency aid and response. 2014. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Proteção Civil, University Of Stavanger, Noruega, 2014. Disponível em: <http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/325566/Guro_Aasveen.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2015.
- 3 BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais**. Vol.3. Florianópolis: Ed. UFSC, 2003.
- 4 BISPO, P. C. et al. Análise da suscetibilidade aos movimentos de massa em São Sebastião (SP) com o uso de métodos de inferência espacial. **Geociênc. (São Paulo)**, São Paulo, v. 30, n. 3, 2011. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-90822011000300012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 set. 2014.
- 5 BRASIL. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **CPRM - GEOBANK**. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 18 maio 2015.
- 6 ______. Marinha do Brasil. Diretoria de Hidrografia da Marinha do Brasil. **Cartas Raster**. 2013. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html>. Acesso em: 02 jun. 2015. Consulta a Carta Náutica 1401 (Portos de Vitória e Tubarão).
- 7 ______. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, 1983. 780p. (Levantamento dos Recursos Naturais, 32).
- 8 BRASÍLIA. Universidade de Brasília. Instituto de Geociências (Ed.). **Glossário Geológico Ilustrado**. 2001. Glossário Geológico. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html>>. Acesso em: 21 maio 2015.
- 9 ENCHENTES no Sudeste do Brasil em 2013. 2015. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Enchentes_no_Sudeste_do_Brasil_em_2013>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- 10 ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGis Resources**: Help. Disponível em: <<http://resources.arcgis.com/en/help/>>. Acesso em: 12 abr. 2015.
- 11 ______. **ArcMap 10.2.2**. Disponível em: <<http://www.esri.com>>. Acesso em: 30 out. 2014.

- 12 ESPIRITO SANTO. **Geografia**. 2010. Disponível em: <<http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/Paginas/geografia.aspx>>. Acesso em: 08 abr. 2015.
- 13 _____. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Ortofotomosaico da Região Administrativa Sede de Vila Velha-ES, 2012**. Colorida, resolução espacial de 0,25m.
- 14 _____. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Curvas de Nível e Pontos Cotados da Região Administrativa Sede de Vila Velha-ES, 2012**.
- 15 FARIA, D. G. M.; AUGUSTO FILHO, O. Aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 34, n. 1, p.23-44, 2013. GN1 Genesis Network. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/rig/v34n1/v34n1a02.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2015.
- 16 FERREIRA, C. J. **O Instituto Geológico na prevenção de desastres naturais**: método de mapeamento de risco em escala regional. 2012. Apresentação realizada no Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais - Rio Claro, SP - 14 a 17 mai. 2012. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/cjfcjf/o-instituto-geoligico-na-preveno-de-desastres-naturais-mtodo-de-mapeamento-de-risco-em-escala-regional>>. Acesso em: 12 nov. 2014.
- 17 FERREIRA, C J; ROSSINI-PENTEADO, D. **Mapeamento de Risco a Escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional**. 2011. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos_publicacoes/Ferreira&Rossini;-Penteado_com_tutorial.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2014.
- 18 FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: Uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. Cap. 3. p. 123-194.
- 19 FERREIRA, M. V. et al. Comparação entre diferentes critérios para elaboração de mapas de suscetibilidade aos escorregamentos: Exemplo do município de Cubatão, Serra do Mar Paulista. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 60, p.385-400, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/340>>. Acesso em: 28 maio 2015.
- 20 GATTO, L. C. S. et al. Geomorfologia, Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória ao Milionésimo. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: MME, 1983. v. 32, p. 305-384.
- 21 GOES, M. H. B. et al. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento e análise geomorfológica de áreas urbanas. In: SILVA, Jorge Xavier da; ZAIDAN, Ricardo

Tavares. **Geoprocessamento & Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. Cap. 5. p. 167-199.

- 22 GOOGLE. **Google Street View**. Encosta da Avenida Castelo Branco, imagem de agosto de 2013. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/secretaria+saúde+de+vila+velha/@-20.332615,-40.297634,132m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 13 jun. 2015.
- 23 GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. Cap. 4. p. 149-209.
- 24 _____. Encostas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. Cap. 1. p. 13-42.
- 25 GUIMARÃES, R. F. et al. Movimentos de Massa. In: FLORENZANO, Teresa G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap. 6. p. 159-184.
- 26 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Vila Velha**: Histórico. 2013. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/2333P>>. Acesso em: 08 nov. 2014.
- 27 _____. **Downloads**: Geociências. 2014. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 01 nov. 2014.
- 28 INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). Governo do Estado do Espírito Santo. **Portal Geobases**. Disponível em: <<http://www.geobases.es.gov.br/portal/index.php/navegadores.html>>. Acesso em: 08 nov. 2014.
- 29 INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). Governo do Estado do Espírito Santo. **ES em Mapas**. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=109>. Acesso em: 07 abr. 2015.
- 30 _____. **Arquivos Shapefile**. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=3780&Itemid=330>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- 31 _____. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Instituto Jones dos Santos Neves, 2012. 19 p. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=1310:nt-28-mapeamento-geomorfologico-do-estado-do-espirito-santo&catid=430:nt-geoprocessamento&Itemid=159#livros>. Acesso em: 04 jun. 2015.

- 32 INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Curso de Treinamento de Técnicos Municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com riscos de escorregamentos, enchentes e inundações.** 2004. Curso ministrado à Defesa Civil - ES, pelo IPT. Disponível em: <<http://www.defesacivil.es.gov.br/files/meta/9c79332b-f0d2-4891-8f9c-b26d981b2258/fa075701-12d2-400a-b6a7-0f086b468199/91.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.
- 33 _____ . **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios.** Brasília: Ministério das Cidades, 2007. 176p. Disponível em: <http://www.cidados.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/Prevencao Erradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- 34 _____ . **Cartas de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações:** 1:25.000: Nota Técnica Explicativa. São Paulo: IPT, 2014. 50p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/suscetibilidade/Nota_Tecnica_Explicativa_Carta_Susceptibilidade.pdf>. Acesso em: 11 maio 2015.
- 35 JABURUNA BAIRRO. **Jaburuna Bairro.** Página da Comunidade do Bairro Jaburuna no Facebook, organizada por um morador. Disponível em: <https://www.facebook.com/comunidadejaburuna/photos_stream>. Acesso em: 18 abr. 2015.
- 36 LISTO, F. L. R.; VIEIRA, B. C. Análise de Condicionantes Topográficos como subsídio para avaliação de áreas de risco a escorregamentos rasos. **Revista de Geografia**, Recife, vol. especial, n. 3, p.193-207, set. 2010. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/view/394/272>>. Acesso em: 07 jul. 2015.
- 37 MACHADO FILHO, L. et al. Geologia, Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória ao Milionésimo. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: MME, 1983. v. 32, p. 27-304.
- 38 MARCHIORO, E. A incidência de frentes frias no município de Vitória (ES). **Actageo**, Boa Vista, v. 1, n. 1, p.49-60, jul. 2012. Quadrimestral. Revista ACTA Geografica. Disponível em: <<http://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1093>>. Acesso em: 07 jul. 2015.
- 39 OLIVEIRA, V. et al. Pedologia, Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória ao Milionésimo. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: MME, 1983. v. 32, p. 385-552.
- 40 PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. Considerações a respeito dos condicionantes utilizados em pesquisas envolvendo movimentos de massa. **Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Maringá, v. 5, n. 1, p.102-124, 2013. Disponível em:

<<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/Geoinga/article/view/20426>>. Acesso em: 07 maio 2015.

- 41 RIO CLARO. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO. (Org.). **Módulo 3:** Interação Homem-Ambiente. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#2>>. Acesso em: 31 ago. 2015.
- 42 ROSS, J. L. S. **Geomorfologia:** Ambiente e Planejamento. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2014. 89 p.
- 43 SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEMA). Governo do Estado do Espírito Santo. **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo.** Viçosa: UFV, 2008. 504 p.
- 44 SILVA, E. L. et al. Emprego de modelo de susceptibilidade a escorregamentos rasos para gestão de riscos de desastres no município de Vitória-ES. **Soc. nat.**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 119-132, Abr. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132013000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 maio 2015.
- 45 SILVA, G. M. **A Zona de Convergência do Atlântico Sul e a precipitação pluvial do município de Vila Velha-ES:** repercussões sobre as inundações. 2013. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013. Disponível em:<<http://www.geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/Graziani.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014.
- 46 SPÍNOLA, H.; VICTÓRIA, S. Zoneamento das áreas suscetíveis aos movimentos de massa no Município de Tarrafal, Ilha de Santiago, Cabo Verde. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 33, n. 1, p.41-56, 2012. GN1 Genesis Network. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0100-929X2012000100003&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 maio 2015.
- 47 TOMINAGA, L. K. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos:** aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP. 2007. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18102007-155204>. Acesso em: 17 maio 2015.
- 48 TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres Naturais:** conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2015.
- 49 TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, Out. 2006.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000500019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 nov. 2014.

- 50 URURAHY, J. C. C. *et al.* Vegetação, Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória ao Milionésimo. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: MME, 1983. v. 32, p. 553-624.
- 51 VALERIANO, M. M. **Topodata:** guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos, INPE: 2008. 75 p. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2014.
- 52 VANACÔR, R. N. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.** 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/8344>>. Acesso em: 17 maio 2015.
- 53 VIEIRA, S. F. **Análise e Mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa no setor central da Serra da Esperança, na divisa entre os municípios de Guarapuava e Prudentópolis - PR.** 2008. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91447>>. Acesso em: 17 maio 2015.
- 54 VILA VELHA. **Lei 4.707, 10 de setembro de 2008.** Vila Velha, 2008. Disponível em: <<http://www.legislacaoonline.com.br/vilavelha/images/leis/html/L47072008.html>>. Acesso em: 08 nov. 2014.
- 55 _____ . **Plano Municipal de Contingência de Vila Velha-ES:** 2013 / 2015. 2013. Disponível em: <http://www.vilavelha.es.gov.br/midia/paginas/PLANO_CONTINGENCIA_2013-2015_21-10-13_assinado%281%29.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2015.
- 56 _____ . **Indicação de Demandas para lançamento no FIDE/SINDEC:** Região Urbana do município de Vila Velha. 2014. 26p. Material cedido pela COMDEC/Vila Velha.