



# ESTUDO 2 VULNERABILIDADE E RISCOS AMBIENTAIS

Vitória

### **Equipe Responsável**

#### **Coordenação ICES-BID**

Ellis Juan (Coordenador Geral)

Márcia Casseb

Horacio Terraza

#### **Supervisão e revisão de estudos por parte de ICES-BID**

Avelina Ruiz

David Maleki

Ginés Suarez

Sebastián Lew

Maricarmen Esquivel

Martin Kerres

Gisela Campillo

Marcelo Facchina

Renata Seabra

Mônica de Oliveira Santos da Conceição

Andreza Leodido de Siqueira

Thiago de Araujo Mendes

#### **Redação de estudos base (IDOM – COBRAPE)**

Phd. Daniel Rubio Blanco- IDOM (Direção Geral)

### **1- Câmbio Climático**

Phd. Ing. Éder Zanetti (Direção Estudo 1) - COBRAPE

Eng. Camila de Carvalho Almeida - COBRAPE

Msc. Ing. Iñigo Aizpuru- IDOM

Eng. Igor Ruiz Galnares - IDOM

Msc. Rafael Fernando Tozzi - COBRAPE

Eng. Robson Klisiowicz – COBRAPE

### **2- Riscos Naturais**

Geólogo José Joaquín Arribas (Direção Estudo 2) - IDOM

Eng. Pablo Caffarena – IDOM

Geólogo Ignacio Olague – IDOM

Eng. Fernando Trujillo – IDOM

Geólogo Eduardo Pérez – IDOM

Ana Cristina Rueda Zamora – IHC

Antonio Espejo Hermosa – IHC

Alexandra Toimil Silva – IHC

Paula Camus Braña – IHC

Fernando Méndez Incera – IHC

Iñigo J. Losada Rodríguez – IHC

Melisa Meñendez García – IHC

### **3- Crescimento urbano**

Arq. María Álvarez (Direção Estudo 3) - IDOM

Arq. Heloisa Helena Barbeiro – IDOM

Geólogo Urko Elozegi - IDOM

Arq. Patcha Cademartori Pietrobelli – IDOM

Arq. Carolina Valenzuela – IDOM

Msc. Mariana Jundurian Corá

### **4- SIG**

BSc. Belén Rodríguez Pérez- IDOM (Direção SIG e Cartografia)

Carlos Tarragona – IDOM

Antonio Rodríguez García - IDOM

José Manuel Algaba Tena- IDOM



**RELATÓRIO FINAL**  
**ESTUDO 2 VULNERABILIDADE**  
**E RISCOS AMBIENTAIS**

Vitória

## 1 RESUMO EXECUTIVO

O Estudo de Vulnerabilidade e Risco Naturais visa analisar os principais perigos naturais da área de estudo que engloba sete municípios da RMGV, com destaque para a capital Vitória.

Este estudo tem como objetivo secundário a realização de uma estimativa para o risco de desastre associado, isto é, a medição da probabilidade de ocorrer um evento e de quais seriam suas consequências – em termos de impactos econômicos e humanos.

Os principais riscos a serem analisados na área de estudo, diante das limitações dos dados disponíveis, são os relativos a Inundação fluvial<sup>1</sup>; inundação costeira; e deslizamentos.

Os dados e mapas gerados facilitam a revisão dos instrumentos de desenvolvimento relacionados ao ordenamento territorial, guiando assim o crescimento da cidade e evitando a criação de assentamentos em zonas de risco. Estes resultados permitem, portanto, o poder público priorizar seus investimentos para a melhoria de seus mecanismos de gestão de risco.

Os estudos de base analisam três componentes do risco:

1. Ameaça: a intensidade em um local específico e para uma frequência ou suscetibilidade dada do evento;
2. Exposição: a quantidade de infraestrutura, população ou bens geograficamente afetados pela ameaça;
3. Vulnerabilidade: as características e as circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bem que os fazem suscetíveis aos efeitos danosos de uma ameaça.

### 1.1 Inundação fluvial

O estudo de inundações fluviais está centrado, fundamentalmente, no estudo hidrológico e hidráulico, e nas análises das áreas de inundação das diferentes redes de drenagem que ficam contidas na RMGV e, mais especificamente, na cidade de Vitória.

O objetivo de tais análises é identificar as principais áreas de inundação fluvial, para diversos períodos de retorno e incluindo, também, as possíveis variações nas chuvas e temperatura no caso de um cenário de mudanças climáticas.

Para isso será necessário conhecer as características hidrológicas do terreno constituinte das bacias de captação, de cada um dos rios, vazões e afluentes principais. Sabendo que limite do estudo é definido pela precisão do Modelo Digital do Terreno (MDT) necessária para a realização dos modelos hidráulicos. Partiu-se de um MDT com resolução de 1 m para Vitória, e 5 e 10 m para as regiões urbanas e rurais da RMGV, respectivamente.

A baixa resolução dos dados impossibilitou análise de toda a região, restringindo-se apenas à Vitória. Em Vitória foi mapeada as interações provenientes dos Rios Santa Maria e Jucu, que provém de demais municípios da RMGV.

A análise de inundações fluviais foi realizada a partir do MDT disponível, ASTER de 30 metros por célula, foram analisadas as direções que adquirem o fluxo de chuvas, relacionando, assim, cada célula com sua área tributária ou área de aportação de vazão (sub-bacia), de forma que foi possível definir os rios da RMGV por meio das células com maior área, transportando, portanto, maior vazão. Isto permitiu definir os canais dos rios, não a nível de ameaça, já que não determinam sua profundidade e velocidade, mas a nível ambiental e como limitante ao desenvolvimento urbano, já que os canais e áreas ribeirinhas são zonas ricas, férteis e sensíveis que devem ser protegidas por razões ecossistêmicas que vão além das medidas de mitigação de risco para infraestruturas e pessoas assentadas em suas margens e em zonas inundáveis.

A futuro as vazões máximas de avenida são necessárias para elaborar, posteriormente, um estudo hidráulico dos canais em estudo, do qual poder-se-á obter a relação de profundidades, velocidades e áreas inundadas adequadas à realidade.

Por fim, considera-se necessária a elaboração de um MDT a escala 1:1000 ou 1:500 para a região de Grande Vitória a fim de se poder realizar um estudo de risco de inundação fluvial dos principais rios que atravessam a região já que o limite do estudo vem definido pela precisão do MDT necessária para a realização dos modelos hidráulicos. No caso que nos ocupa, se dispõe de linhas de nível cada metro no município de Vitória e a cada 5 metros no resto, sem ter a linha que define a cota zero, pelo que todo o terreno que se encontra entre a linha de 5 metros e a costa se mostra como uma planície a cota 5, não mostrando,

estudo desse município, pois os rios Jucu e Santa Maria influenciam diretamente nessa ameaça. Entretanto, graças a qualidade de informação disponível para o município de Vitória, foi possível realizar a modelização de inundação costeira e sua influência nos rios Jucu e Santa Maria, identificando as áreas inundáveis com suficiente precisão.

<sup>1</sup> A não existir informação disponível e adequada para construir um Modelo Digital do Terreno para os demais municípios da RMGV (exceto Vitória), é impossível representar os canais dos rios com a precisão adequada para estudar a ameaça fluvial. Apesar de Vitória possuir tal informação, a falta de informação para a RMGV afeta o

portanto, os rios e desembocando a 5 metros sobre o nível do mar. Em definitiva, não se tem a geometria dos canais definida, que a fim de contas é o que se pretende estudar. Por essa razão não foi possível realizar um estudo hidráulico para a região, nem, portanto um estudo de riscos.

## 1.2 Inundação costeira

A inundação na costa é um fenômeno que envolve os eventos extremos da dinâmica marinha, as características geométricas e mecânicas das defesas costeiras e a da topografia afetada pelos eventos de inundação. Além disso, é importante ter em conta que as mudanças climáticas têm impacto direto na alteração dessa dinâmica em um futuro próximo, alterando não apenas a dinâmica marinha, mas também o espaço urbano, o que acarretaria em uma maior vulnerabilidade para as cidades costeiras. Assim, nesta parte do estudo o objetivo principal é caracterizar o regime extremo de inundação costeira em Vitória para o clima atual e para os diversos cenários de mudança climática.

Para a análise foram mapeadas as áreas que sofrem ou que sofrerão a futuro com as inundações provenientes da maré. Podendo ser agravadas pela soma das ondulações, da maré astronômica (força gravitacional da lua, principalmente) e pela maré meteorológica (pressão atmosférica e vento), associado aos níveis do mar e a frequência ou probabilidade de ocorrência. Para o cenário de mudanças climáticas, com horizonte de 2050, estes três fenômenos foram reavaliados considerando também a variável do incremento do nível médio do mar.

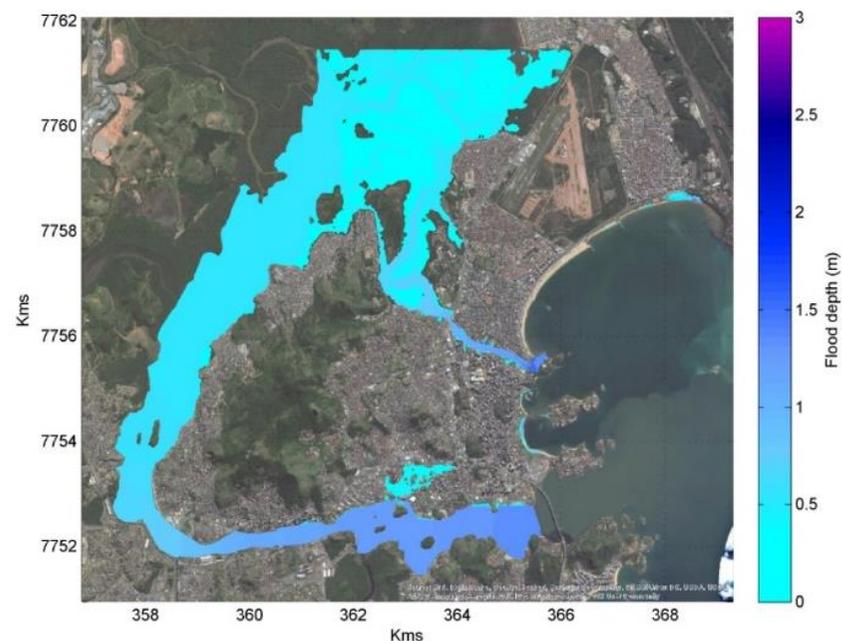
Uma boa caracterização da inundação costeira requer maior detalhamento do estudo das dinâmicas marinhas e costeiras. Com a finalidade de estudar a inundação costeira em Vitória para o clima presente e futuro foi realizado uma análise do regime extremo mediante a aplicação de um modelo estatístico que permitiu selecionar a ocorrência de 90 eventos de inundação, nos três cenários de aumento do nível do mar (SLR= 0.2, 0.5 e 1.0 metros).

O modelo selecionado para poder propagar as dinâmicas até a costa é o DELFT3D, neste estudo foi empregado sua versão 2DH desenvolvido por Delft Hydraulics (WL/Delft Hydraulics, 2006). Para caracterização da inundação costeira em Vitória foi usado o modelo RFSM-EDA (Rapid Flood Spreading Method - Explicit Diffusion wave with Acceleration term), um modelo de inundação 2D desenvolvido em HR Wallingford (Gouldby *et al.*, 2008; HR Wallingford, 2006) que conta com a topografia como sub-elemento na malha computacional.

As imagens a seguir representam as combinações estudadas, a de menor impacto, correspondente ao período de retorno (frequência) de 10 anos, com o clima atual e a de maior impacto, sendo esta correspondente a um período de retorno de 200 anos e com cenário de subida do nível médio do mar de 1 metro (o máximo projetado para todo o século XXI). O restante de combinações fica contidas entre estas duas manchas de inundação.

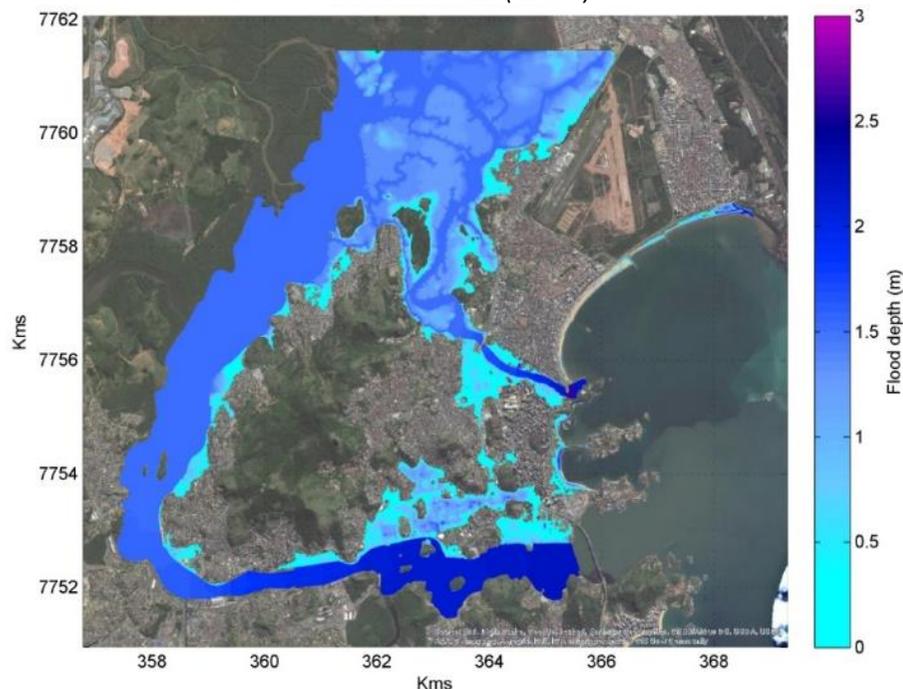
Considerando o aumento do nível médio do mar no cenário mais pessimista para as mudanças do clima, a realidade territorial do município de Vitória se veria radicalmente alterada. É um cenário hipotético para um período de retorno bastante alto (200 anos), o que significa uma baixa possibilidade de ocorrência, porém não nula e que deve fazer parte de planos de risco e emergências municipais.

Figura 01. Mancha de inundação (profundidade) obtida para os cenários de PR de 10 anos com clima atual.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 02. Pegada de inundação (profundidade) obtida para os cenários de PR de 200 anos com 1 m de SLR (direita)



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Estas imagens mostram como o principal impacto se produz nas entradas de água por meio dos rios e canais que conectam o rio Santa Maria com o mar, fazendo com que este entorno seja alvo de atenção e cuidado para instalações futuras de infraestrutura de contenção, mas, tão importante quanto, um desenvolvimento urbano adequado que viabilize a instalação de infraestruturas e impeça a construção de edificações em áreas mais vulneráveis.

Tratando-se das possibilidades de riscos de inundações costeiras em um cenário climático atual, com a modelização realizadas, a perda máxima esperada (PML) calculada por inundação marinha varia entre 14 e 27 milhões de reais de acordo com os períodos de retorno respectivos de 10 e 200 anos com o cenário de clima atual, sendo possível

incrementar teoricamente até cerca de 93 milhões de reais com um período de retorno de 200 anos em um cenário incremento do nível do mar de 0,5 m, por efeito das alterações climáticas.

As áreas de maior perda anual esperadas se encontram nos bairros de Ilha Santa Maria, Monte Belo e zonas circundantes, onde os eventos de inundação costeira são mais persistentes. Da mesma maneira as margens do Rio Santa Maria devem ser consideradas como zonas sensíveis. De forma que as ações mitigatórias devem estar centradas nestas áreas de maior impacto tendo como principal medida a separação e contenção do canal de Vitória (que une o Rio Santa Maria com o mar). Nesta zona há diversas edificações particulares que estão localizadas muito próximas ao canal, o que dificulta a mitigação do risco de inundação. Portanto, é necessário tomar uma medida conjunta com restrições e renovações urbanísticas para possibilitar a execução de obras civis preventivas.

O Estudo 3: Crescimento Urbano, alinhado a este critério, propõe um plano parcial e/ou a instalação de instrumentos urbanísticos (como podem ser as Operações Urbanas Consorciadas ou as Áreas de Intervenção Urbanística) que possibilite a reestruturação urbana do canal, liberando uma franja não edificável entre as construções e o canal e, em contrapartida, os proprietários poderiam receber um potencial construtivo superior ao zoneamento vigente, incrementado sua metragem construtiva.

Esta franja não edificável teria uma função dupla: valorizaria à frente do canal, tornando-o transitável e estando integrado com a proposta de passeios e eixos cívicos nas margens da ilha de Vitória (como proposto no projeto Orla Noroeste), mas também deixaria uma área de servidão longitudinal, permitindo executar obras de proteção à inundação - que devem ser objetos de estudos ainda mais detalhados, mediante a modelos hidráulicos que evitem impactos na dinâmica costeira.

Por fim, foi calculado que o número de pessoas potencialmente afetadas pela ameaça de inundação costeira em Vitória, em condições de clima atual, varia entre 5.000 e 11.500 habitantes. Assim, como forma de evitar e mitigar esses riscos a vida humana, algumas ações e recomendações podem ser ressaltadas, como realizar um planejamento urbano adequado e continuado. São algumas das medidas previstas neste planejamento: gestão integrada do território; mapeamentos e modelagem de riscos de inundação (para, no mínimo, um período de retorno de 50 anos); conservação de ecossistemas ligados à vida marinha/estuarina e que não podem receber usos urbanos, como os manguezais; entre outros.

### 1.3 Deslizamentos

Os deslizamentos são uma importante ameaça para o município de Vitória e RMGV e a análise dos eventos históricos indica que esta ameaça é recorrente, produzindo diversos danos em muitos elementos vulneráveis. No município de Vitória, especialmente, os processos de deslizamento coincidem com a estação de chuvas. As dimensões dos processos são muito variáveis, sendo difícil realizar uma extrapolação do mapa de suscetibilidade ao de periculosidade.

Assim, foram realizadas duas análises, uma para Vitória e outra para a RMGV, já que as informações disponibilizadas possuíam qualidades e precisões distintas, principalmente no que se refere às escalas dos mapas geológicos, litológicos e do modelo digital do terreno (como já comentado anteriormente). Deste modo, a precisão dos resultados alcançados se relaciona com a precisão dos dados obtidos: para a RMGV os mapas produzidos estão baseados em informações a 1:50.000, que, mesmo que com menor precisão que para o município de Vitória, os resultados encontrados são importantes para identificar as zonas mais problemáticas e servir de limite ao desenvolvimento urbano, principalmente em cenário ótimo e intermediário.

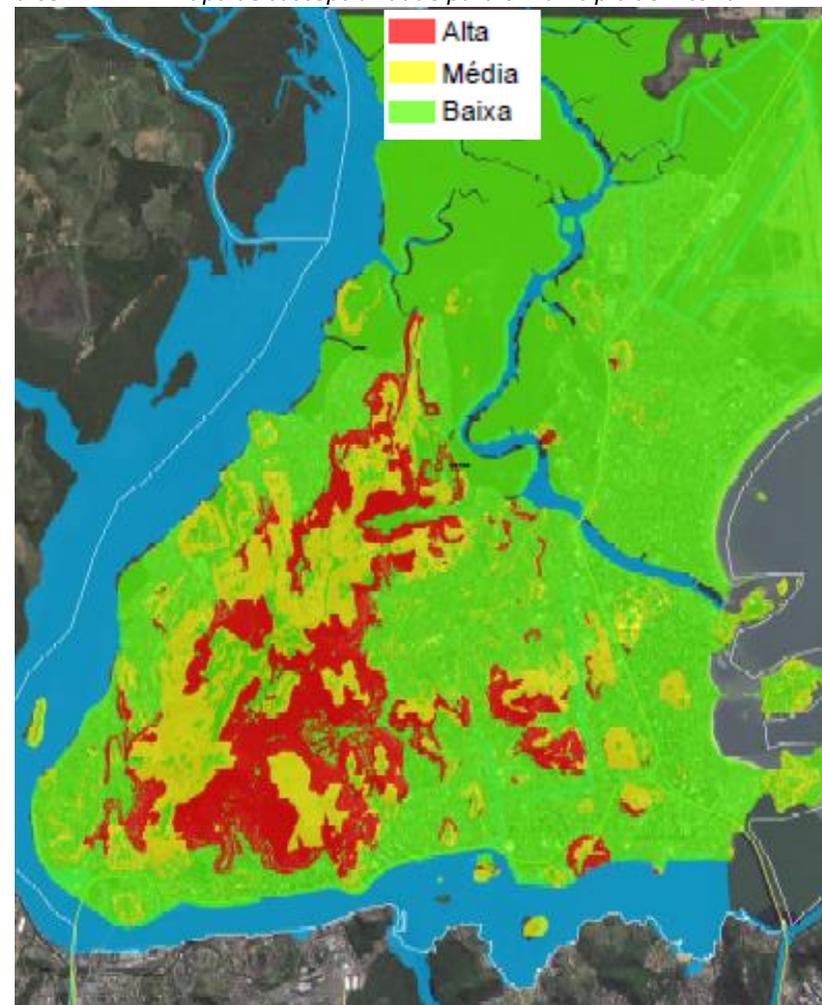
Após as visitas de campo a Vitória e RMGV, foi observado que há tanto fatores naturais como antrópicos que disparam os processos de ladeira e deslizamentos. É habitual encontrar no território lançamentos de águas residuais em áreas com acentuada inclinação, a ausência de calhas de guarda na zona superior dos taludes e sobrecargas em zonas próximas da borda de taludes com a presença de moradias e edifícios (muitos relacionados com invasões). Como consequência, diversos taludes e áreas com acentuada inclinação se veem mais vulneráveis, pois acabam por não possuir nenhum tipo de sustentação ou fator corretor que evitem a erosão do mesmo e sua estabilidade.

Para fazer o estudo de deslizamentos foram realizadas análises estatísticas dos tipos bivariante, em Vitória, e multivariante, na RMGV, executadas dentro de um ambiente SIG. Como *input* utilizou-se os dados do inventário de processos gravitacionais do CPRM (Serviço Geológico do Brasil (Geobank)); os dados do Plano Municipal de Redução de Riscos de Vitória. FEST (Fundação Espírito-santense de Tecnologia); e a grade de eventos publicada no Plano de Redução de Riscos de Serra (por Aquaconsult). Também foram utilizadas ortofotos e realizadas visitas de campo.

Adicionalmente conta-se com uma revisão de eventos realizada em campo de vinte processos adicionais a qual vê-se apoiada pela realização de uma cartografia de processos com base as ortofotos disponíveis, que foi alcançado o número de 145 processos cartografados. Devido ao escasso número de eventos cartografados relacionados com as

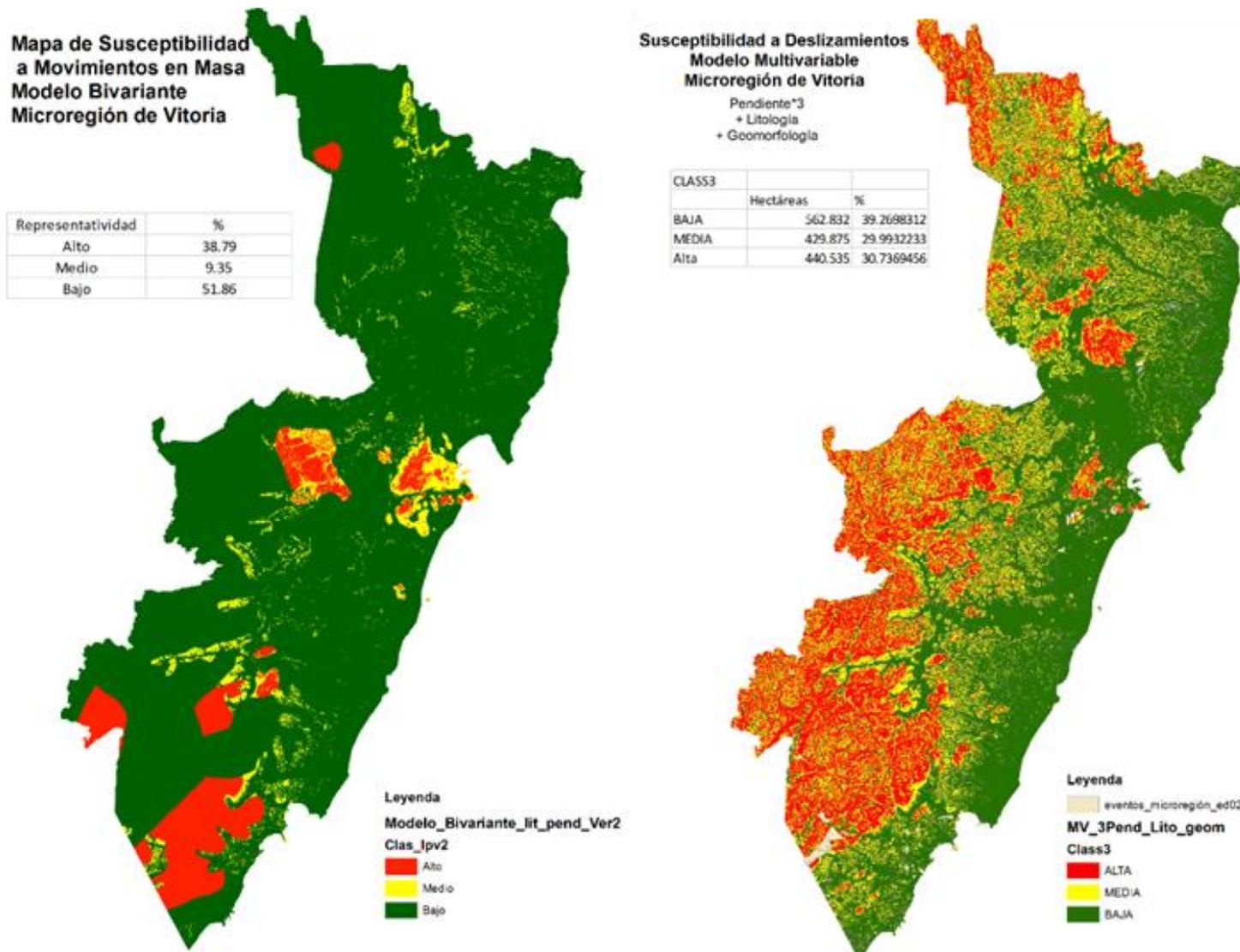
quedas, e a má qualidade das cartografias disponíveis não foi realizada uma análise dos processos dos tipos quedas.

Figura 03. Mapa de susceptibilidade para o município de Vitória



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 04. Mapas de suscetibilidade da RMGV



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Diagnosticou-se que os principais problemas identificados coincidem com os locais onde estão alguns assentamentos informais, ligados a áreas de morro e em inclinações mais acentuadas. Está clara esta ligação, já que, normalmente, são áreas com restrições à construção formal, mas que se veem propícias a segmentos sociais de mais baixa renda que possuem menores possibilidades de aquisição de lotes não vulneráveis.

Tais zonas são mais suscetíveis a deslizamentos por sua condição topográfica e física, mas, também, pela falta de infraestrutura urbana adequada, como falta de canalização de águas, que é um elemento desencadeante a deslizamento, principalmente em momentos de chuvas. Todos esses fatores somados a um tipo de construção informal, de mais baixa qualidade construtiva, faz com que tais áreas (e vermelho no mapa ao lado) sejam mais vulneráveis e que os danos sofridos no caso de deslizamentos sejam maiores.

De maneira geral, a análise e modelagem das áreas mais suscetíveis a deslizamentos em Vitória e RMGV aponta que a vulnerabilidade às infraestruturas rodoviárias principais é pouco significativa, porém não foi realizado o mesmo estudo para as vias locais que provavelmente sofreriam maior impacto em caso de eventos.

Como resultado também foi mapeado o valor estrutural de habitações e edifícios terciários e industriais associados, expostos à ameaça de deslizamentos, variando entre R\$ 1,2 milhões, quando localizados em alta susceptibilidade, e R\$ 1,1 milhões, quando em média susceptibilidade. Ademais foram registrados 140 mil habitantes em condições de susceptibilidade média e alta.

Como medidas para minimizar a suscetibilidade aos deslizamentos deve ser feita um planejamento urbano adequado e continuado, com o mapeamento das malhas de drenagem pluviais, definição de distâncias mínimas nas bordas e pé de taludes e exigências de execução de muros de suporte ou atuações sobre taludes nas zonas de suscetibilidades médias e altas reduziram de maneira notável a probabilidade de ocorrência destes processos. Além disso, a fiscalização e controle do tipo e forma de construção civil em áreas com maior vulnerabilidade são ferramentas essenciais que diminuiriam a necessidade de reassentamento de famílias e outras áreas, sabendo que este processo tem um alto custo econômico e um incalculável custo social.



# RELATÓRIO FINAL

## ESTUDO 2 VULNERABILIDADE E RISCOS AMBIENTAIS

Vitória

## SUMÁRIO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INTRODUÇÃO .....                        | 10 |
| 1.1   | Definição da área de estudo.....        | 10 |
| 2     | QUADRO GERAL .....                      | 11 |
| 2.1   | Seleção das ameaças .....               | 11 |
| 2.2   | Análise histórica da problemática ..... | 11 |
| 2.3   | Marco físico .....                      | 17 |
| 2.3.1 | Geologia .....                          | 17 |
| 2.3.2 | Litologia .....                         | 18 |
| 2.3.3 | Tectônica .....                         | 19 |
| 2.3.4 | Geomorfologia .....                     | 20 |
| 2.3.5 | Clima.....                              | 21 |
| 2.3.6 | Hidrologia, Hidrogeologia .....         | 21 |
| 2.3.7 | Oceanografia .....                      | 22 |
| 2.4   | Inventário de processos .....           | 22 |
| 3     | INUNDAÇÕES FLUVIAIS .....               | 24 |
| 3.1   | Introdução .....                        | 24 |
| 3.2   | Estudo Hidrológico .....                | 26 |
| 3.2.1 | Dados de partida .....                  | 26 |
| 3.2.2 | Ajustes Estatísticos .....              | 27 |
| 3.2.3 | Distribuição temporal da chuva .....    | 37 |
| 3.2.4 | Método de Abstração.....                | 40 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.2.5 | Hidrograma Unitário S.C.S., Transformação chuva-Escoamento.....               | 44 |
| 3.2.6 | Modelo HMS, Propagação do Hidrograma .....                                    | 44 |
| 3.3   | Mudança climática .....   | 51 |
| 4     | INUNDAÇÕES COSTEIRAS .....  | 53 |
| 4.1   | Bases de dados utilizadas .....   | 53 |
| 4.1.1 | Ondas .....   | 53 |
| 4.1.2 | Nível do mar .....  | 54 |
| 4.1.3 | Vento e pressão.....  | 56 |
| 4.2   | Reconstrução da série temporal horária do nível do mar (Z) .....              | 56 |
| 4.3   | Modelos de Inundações Costeiras.....  | 58 |
| 4.4   | Modelo estatístico .....  | 59 |
| 4.5   | Modelo numérico .....   | 59 |
| 4.6   | Mudança climática .....   | 60 |
| 4.7   | Modelo de inundação.....  | 61 |
| 4.8   | Resultados .....  | 63 |
| 4.8.1 | Cenário 1. Hs=2.82 m, MM=0.13 m, W=12.49 m/s.....                             | 63 |
| 4.8.2 | Cenário 20. Hs=2.76 m, MM=0.16 m, W0=9.6 m/s.....                             | 65 |
| 4.8.3 | Cenário 60. Hs=3.6 m, MM=-0.03 m, W0=8.77 m/s .....                           | 67 |
| 4.8.4 | Cenário 90. Hs=2.55 m, MM=0.14 m, W0=9.9 m/s.....                             | 69 |
| 5     | ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS .....                              | 72 |
| 5.1   | Análises dos processos, fatores condicionantes e fatores desencadeantes ..... | 72 |
| 5.2   | Metodologia .....   | 73 |
| 5.2.1 | Vitória.....  | 73 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.2.2 | Microrregião – RMGV.....   | 76  |
| 5.3   | Análise de periculosidade e recomendações de mitigação .....     | 77  |
| 6     | DESENVOLVIMENTO DA VALORAÇÃO DE RISCOS.....                      | 79  |
| 6.1   | Introdução .....   | 79  |
| 6.2   | Resumo das ameaças .....   | 79  |
| 6.2.1 | Inundação marinha .....  | 79  |
| 6.2.2 | Deslizamentos .....  | 81  |
| 6.3   | Elementos expostos.....  | 81  |
| 6.3.1 | Análise dos elementos materiais .....                            | 81  |
| 6.4   | Estimativa do valor exposto .....                                | 86  |
| 6.5   | Exposição de infraestruturas e edifícios públicos e sociais..... | 87  |
| 6.6   | Vulnerabilidade .....  | 95  |
| 6.6.1 | Introdução.....  | 95  |
| 6.6.2 | Vulnerabilidade material frente a inundações.....                | 95  |
| 6.6.3 | Vulnerabilidade humana frente a inundações.....                  | 97  |
| 6.7   | Cálculo do risco.....  | 97  |
| 6.7.1 | Risco e PML por inundação .....                                  | 97  |
| 6.7.2 | Representação gráfica do risco por inundação.....                | 98  |
| 6.7.3 | Cálculo da Perda Anual Esperada por inundação .....              | 102 |
| 6.7.4 | Afetação humana por inundação.....                               | 104 |
| 6.7.5 | Impacto associado a deslizamentos.....                           | 104 |
| 6.8   | Conclusões da valoração de riscos .....                          | 105 |
| 7     | ESTIMATIVA DE CUSTO/BENEFÍCIO.....                               | 106 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| 8          | BIBLIOGRAFIA .....   | 108 |
| Anexo nº 1 | Listado de eventos da municipalidade de Vitória .....                        | 111 |
| Anexo nº 2 | Listado de eventos da Microrregião de Grande Vitória .....                   | 122 |
| Anexo nº 3 | Pesos da análise bivariante da Municipalidade de Vitória.....                | 140 |
| Anexo nº 4 | Pesos da análise bivariante da região de Grande Vitória (Microrregião) ..... | 144 |
| Anexo nº 5 | Folhas de cálculo da análise de custo/benefício .....                        | 147 |

**FIGURAS**

Figura 01. Âmbito Estudo 2 ..... 10  
 Figura 02. Mapa de todos os registros de desastres naturais no Espírito Santo (1991-2010) 12  
 Figura 03. Mapa de registros de inundação gradual no Espírito Santo (1991-2010) 13  
 Figura 04. Frequência mensal de inundações bruscas no estado (1991-2010) 14  
 Figura 05. Mapa de registros de inundação brusca no Espírito Santo (1991-2010) 15  
 Figura 06. Frequência mensal de movimentos de massa no Espírito Santo (1991-2010) 15  
 Figura 07. Índices pluviométricos mensais no Estado do Espírito Santo em 2009 16  
 Figura 08. Mapa de deslizamentos de encostas - 2006..... 16  
 Figura 09. Número de registros de deslizamentos nos bairros de Vitória ..... 17  
 Figura 10. Orógeno de Araçuitória ..... 18  
 Figura 11. Os morros de Vitória, distribuídos no interior da cidade (esquerda), e a planície costeira que se desenvolve Vila Velha (direita) ..... 20  
 Figura 12. Localização dos distintos eventos empregados no inventário ..... 23  
 Figura 13. Mapa Hidrológico âmbito de estudo ..... 24  
 Figura 14. Mapa do modelo em HMS..... 25  
 Figura 15. Mapa estações pluviométricas âmbito de estudo ..... 26  
 Figura 16. Recortes do mapa de Estações ..... 26  
 Figura 17. Mapa resultante da aplicação do Método dos Polígonos de Thiessen 33  
 Figura 18. Identificação das sub-bacias analisadas do Rio Jucu..... 33  
 Figura 19. Recorte do mapa da sub-bacia do rio Jucu ..... 34  
 Figura 20. Curva logarítmica de intensidade-duração Brasil ..... 37  
 Figura 21. Distribuição gráfica do método de blocos alternos ..... 39  
 Figura 22. Mapa de cultivos considerados ..... 42  
 Figura 23. Mapa de solos considerados..... 43  
 Figura 24. Mapa do CN para cada sub-bacia..... 43

Figura 25. Tc bacia Rio Jucu ..... 44  
 Figura 26. Mapa do modelo em HMS ..... 45  
 Figura 27. Aproximação ao mapa do modelo em HMS..... 45  
 Figura 28. Variação das precipitações médias de outubro a março para o cenário RCP4.5 ..... 51  
 Figura 29. Variações de precipitação projetadas (%) para América do Sul para os anos 2011-2100 (cenário A1B) em relação com o Período base 1961-1990 gerado pelo modelo Eta-CPTEC de 40 km baseado em HadCM3..... 52  
 Figura 30. Malhas de detalhe de reanálise de onda em ALyC e resolução espacial das mesmas. .... 54  
 Figura 31. Mapa do componente de maré M2 calculada com o modelo TPXO 55  
 Figura 32. Resultados da reanálise GOS de elevação da superfície livre devido a maré meteorológica para a data 17/12/1992. Zona América do Sul..... 56  
 Figura 33. Ponto localizado a 30 km da costa no que foi reconstruída a série temporal horária de nível do mar (Z), e representação da malha empregada para realizar o cálculo computacional das diferentes dinâmicas existentes. .... 57  
 Figura 34. Série temporal de dinâmicas marinhas: altura de onda (Hs), período de pico (Tp), Maré Meteorológica (MM)..... 57  
 Figura 35. Série temporal da maré astronômica (MA)..... 57  
 Figura 36. Diagrama de fluxo do procedimento a seguir para a caracterização da inundação costeira ..... 58  
 Figura 37. Reconstrução da série temporal horária das diferentes variáveis e do TWLI (parte superior) ..... 59  
 Figura 38. Padrões regionais de Câmbio do Nível do Mar e incertezas sobre o período de 1986-2005 a 2081-2100. O cenário A sum (RCP4.5) com nível médio do mar global de 0.54 m, b cenário B sum (RCP8.5) com nível médio do mar global de 0.71 m, c cenário A uncertainty 90% CL (RCP4.5) com nível médio do mar global de 0.32 m, d cenário B uncertainty 90% CL (RCP8.5) com nível médio do mar global de 0.48m..... 61  
 Figura 39. Representação conceitual dos Pontos de Acumulação e Comunicação em uma IZ ..... 62  
 Figura 40. Representação conceitual de duas IZs adjacentes..... 62  
 Figura 41. Representação conceitual da transferência da série de nível do mar obtida pela simulação numérica ao domínio de inundação ..... 63

|            |   |    |            |  |    |
|------------|---|----|------------|--|----|
| Figura 42. | Cenário 1- CLIMA ATUAL .....  | 63 | Figura 67. | Exemplo de moradias residenciais típicas do bairro de Jabour. ....   | 82 |
| Figura 43. | Cenário 1: +0.2 m SLR.....  | 64 | Figura 68. | Sistema de drenagem de escoamentos e linha de crescimento grande no bairro Jabour. ....                                      | 83 |
| Figura 44. | Cenário 1- CENÁRIO 2: +0.5 m SLR .....  | 64 | Figura 69. | Vista dos bairros de Ilha Santa Maria e Monte Belo (Esquerda.) e ponta sul do rio Santa Maria (Direita.).....                | 83 |
| Figura 45. | Cenário 1- CENÁRIO 3: +1.0 m SLR .....  | 65 | Figura 70. | Exemplos de dois centros sociais junto a ponta do rio Santa Maria. 83  |    |
| Figura 46. | Cenário 20 - CLIMA ATUAL .....  | 65 | Figura 71. | Exemplos de uma urbanização de luxo (Esquerda) e bairro de alto padrão como a Praia da Costa.....                            | 84 |
| Figura 47. | Cenário 20 – CENÁRIO 1: +0.2 m SLR .....  | 66 | Figura 72. | Exemplos de duas das estações de bombeamento de água junto aos canais de Vitória. ....                                       | 84 |
| Figura 48. | Cenário 20 - CENÁRIO 2: +0.5 m SLR .....  | 66 | Figura 73. | Exemplos de bairros construídos sobre os morros de Vitória; São Benedito (esquerda) e Morro dos Alagoanos (direita). ....    | 85 |
| Figura 49. | Cenário 20- CENÁRIO 3: +1.0 m SLR .....   | 67 | Figura 74. | Outros dois exemplos de edificações nas ladeiras com suscetibilidade de deslizamento.....                                    | 85 |
| Figura 50. | Cenário 60 - CLIMA ATUAL .....  | 67 | Figura 75. | Moradias em torno ao Mirante Romão (zona Centro).....  | 85 |
| Figura 51. | Cenário 60 - CENÁRIO 1: +0.2 m SLR .....  | 68 | Figura 76. | Exemplos de moradias muito precárias de madeira junto ao Mirante Conduze (Esquerda) e o Mirante Romão (Direita).....         | 86 |
| Figura 52. | Cenário 60 - CENÁRIO 2: +0.5 m SLR .....  | 68 | Figura 77. | Análise de coincidência de inundações com Clima +0,5 SLR setor de saúde 88   |    |
| Figura 53. | Cenário 60- CENÁRIO 3: +1.0 m SLR.....  | 69 | Figura 78. | Espacialização dos centros de saúde localizados em áreas suscetíveis a deslizamentos.....                                    | 89 |
| Figura 54. | Cenário 90 - CLIMA ATUAL .....  | 69 | Figura 79. | Espacialização dos edifícios públicos suscetíveis a mancha de inundação no cenário de mudanças climáticas com +0,5 SLR ..... | 90 |
| Figura 55. | Cenário 90 - CENÁRIO 1: +0.2 m SLR .....  | 70 | Figura 80. | Espacialização dos Edifícios públicos situados em área suscetível a deslizamentos.....                                       | 91 |
| Figura 56. | Cenário 90 - CENÁRIO 2: +0.5 m SLR .....  | 70 | Figura 81. | Espacialização da rede de rodovias e aeroporto sobre manchas de inundação 92   |    |
| Figura 57. | Cenário 90- CENÁRIO 3: +1.0 m SLR.....  | 71 | Figura 82. | Espacialização da rede de rodovias sobre as áreas de suscetibilidade alta e média de deslizamentos .....                     | 92 |
| Figura 58. | Processos gravitacionais na zona de estudo. Esquerda Cariacica, Direita Vila Velha. No primeiro caso trata de materiais da Fm Barreiras, no segundo caso o material mobilizado são saprólitos graníticos..... | 72 | Figura 83. | Espacialização da rede de água localizadas nas áreas de suscetibilidade alta e média de deslizamentos .....                  | 93 |
| Figura 59. | Caídas de blocos nas vertentes dos morros graníticos Esquerda Vila Velha, Direita Zona de Quebraviola em Serra.....   | 72 | Figura 84. | Espacialização da rede de esgoto e de drenagem localizadas nas áreas de suscetibilidade alta e média de deslizamentos .....  | 94 |
| Figura 60. | Desenvolvimento metodológico para a cartografia de suscetibilidade.....   | 74 |            |  |    |
| Figura 61. | Mapas de suscetibilidade do município de Vitória .....  | 76 |            |  |    |
| Figura 62. | Mapas de susceptibilidade do município de Vitória .....   | 77 |            |  |    |
| Figura 63. | Pegada de inundação (profundidade) obtida para os cenários de PR de 10 anos com clima atual. ....   | 80 |            |  |    |
| Figura 64. | Pegada de inundação (profundidade) obtida para os cenários de PR de 200 anos com 1 m de SLR (direita) .....   | 80 |            |  |    |
| Figura 65. | Superposição do resultado de análises bivariante de deslizamentos sobre a ortofoto de Vitória.....  | 81 |            |  |    |
| Figura 66. | Distribuição de tipo de edifício e nível econômico para a cidade de Vitória 82  |    |            |  |    |

Figura 85. Espacialização das linhas elétricas localizadas nas áreas de suscetibilidade alta e média de deslizamentos ..... 94

Figura 86. Exemplos de funções de vulnerabilidade a inundações para estruturas de um nível, inclui dano à estrutura e aos conteúdos; ..... 96

Figura 87. Exemplos de funções de vulnerabilidade a inundações para edifícios de um ou vários níveis; ..... 96

Figura 88. Quadro de estimação de danos em edifícios por inundações ..... 96

Figura 89. Representação gráfica das curvas de vulnerabilidade aplicadas como base orientativa de cálculo ..... 96

Figura 90. Função de vulnerabilidade humana para estruturas de alvenaria; fonte CAPRA97

Figura 91. Representação gráfica da PML por inundações marinhas com cenário de clima atual ..... 99

Figura 92. Representação gráfica curva de excesso de perdas por inundações marinhas com cenário de clima atual ..... 99

Figura 93. Representação gráfica da PML por inundações marinhas com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,2 m de elevação do nível do mar (+0,2 SLR) 100

Figura 94. Representação gráfica curva de excesso de perdas por inundações marinhas com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,2 m de elevação do nível do mar (+0,2 SLR) ..... 100

Figura 95. Representação gráfica da PML por inundações marinhas com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,5 m de elevação do nível do mar (+0,5 SLR) 101

Figura 96. Representação gráfica curva de excesso de perdas por inundações marinhas com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,5 m de elevação do nível do mar (+0,5 SLR) ..... 101

Figura 97. Representação da PAE desmembrada ..... 103

Figura 98. Exemplos de muros de proteção junto ao rio Santa Maria ..... 107

## TABELAS

|            |  |    |            |   |     |
|------------|--|----|------------|---|-----|
| Tabela 01. | Fases do Orógeno de Araçuí .....   | 18 | Tabela 25. | Resultado do cálculo do valor exposto para deslizamentos setor público geral  | 91  |
| Tabela 02. | Inventário de Processos .....  | 23 | Tabela 26. | Resultado do cálculo do valor exposto das redes de água a suscetibilidade a deslizamentos.....  | 93  |
| Tabela 03. | Denominação e características das estações pluviométricas .....                                  | 27 | Tabela 27. | Resultado do cálculo do valor exposto para deslizamentos das redes de esgoto e drenagem .....   | 94  |
| Tabela 04. | Resultados precipitações máximas diárias 24 horas por estação ...                                | 28 | Tabela 28. | Resultado do cálculo do valor exposto para deslizamentos das linhas elétricas   | 94  |
| Tabela 05. | Seleção das precipitações de desenho de Vitória .....  | 35 | Tabela 29. | Cálculo de PML para a inundação marinha .....   | 98  |
| Tabela 06. | Relação intensidade-duração Brasil.....  | 37 | Tabela 30. | Dados de cálculo da curva de PML por inundação marinha com cenário de clima atual .....   | 99  |
| Tabela 07. | Cálculo do hietograma de Projeto .....   | 38 | Tabela 31. | Dados de cálculo da curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima atual .....   | 99  |
| Tabela 08. | Classificação das condições hidrológicas dos solos segundo seu tipo. Fonte: Chow, 1994 .....     | 41 | Tabela 32. | Dados de cálculo da curva de PML por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,2 m de elevação do nível do mar (+0,2 SLR).....                | 100 |
| Tabela 09. | CN em função do solo e do grupo hidrológico do solo (SCS) .....                                  | 41 | Tabela 33. | Dados de cálculo da curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,2 m de elevação do nível do mar (+0,2 SLR) ..... | 100 |
| Tabela 10. | Características das sub-bacias Rio Jucu, propagação de vazões e parâmetros para abstrações ..... | 47 | Tabela 34. | Dados de cálculo da curva de PML por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,5 m de elevação do nível do mar (+05 SLR).....                 | 101 |
| Tabela 11. | Aguaceiro de cálculo adotado 36 hrs .....  | 50 | Tabela 35. | Dados de cálculo da curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,5 m de elevação do nível do mar (+0,5 SLR) ..... | 102 |
| Tabela 12. | Aguaceiro de cálculo adotado 36 hrs .....  | 51 | Tabela 36. | Cálculo de Perda Anual Esperada para a inundação marinha .....  | 102 |
| Tabela 13. | Aumento do nível do mar global para cada cenário RCP (IPCC, 2014)                                | 61 | Tabela 37. | Resultado do cálculo da perda anual esperada (PAE) desmembrada por tipo de bairro/edificação para a inundação marinha o cenário de clima atual                                    | 102 |
| Tabela 14. | Capas de informação e resolução.....   | 73 | Tabela 38. | População assentada e potencialmente afetada em zona de perigo por inundação marinha.....   | 104 |
| Tabela 15. | Densidades de deslizamentos na zona de estudo.....   | 75 | Tabela 39. | Quantificação de valor exposto em zonas com suscetibilidade de deslizamentos (R\$) .....  | 105 |
| Tabela 16. | Representatividade da classe de geologia .....   | 75 | Tabela 40. | Desmembramento da população potencialmente exposta em zonas de suscetibilidade de deslizamentos.....  | 105 |
| Tabela 17. | Representatividade da classe de inclinações .....  | 75 |            |   |     |
| Tabela 18. | Representatividade da classe de inclinações .....  | 76 |            |   |     |
| Tabela 19. | Preços médios de construção estimados para o cálculo do valor total exposto                      | 86 |            |   |     |
| Tabela 20. | Resultado do cálculo do valor exposto para as inundações marinhas                                | 87 |            |   |     |
| Tabela 21. | Resultado do cálculo do valor exposto para deslizamentos .....                                   | 87 |            |   |     |
| Tabela 22. | Resultado do cálculo do valor exposto para inundações setor de saúde                             | 88 |            |   |     |
| Tabela 23. | Cálculo do valor exposto a deslizamentos que afetem o setor de saúde                             | 89 |            |   |     |
| Tabela 24. | Resultado do cálculo do valor exposto para inundações setor público geral                        | 90 |            |   |     |

Tabela 41. Resumo de dados de partida e resultados da análise básico Custo-Benefício 106

Tabela 42. Resumo de dados de partida e resultados da análise básico Custo-Benefício 107

**No se encontraron entradas de tabla de contenido.**

## 1 INTRODUÇÃO

Desenvolve-se no presente documento uma avaliação do risco de desastres naturais em Vitória (Espírito Santo - Brasil), considerando diversos cenários relacionados ao efeito do clima atual e das alterações climáticas a futuro.

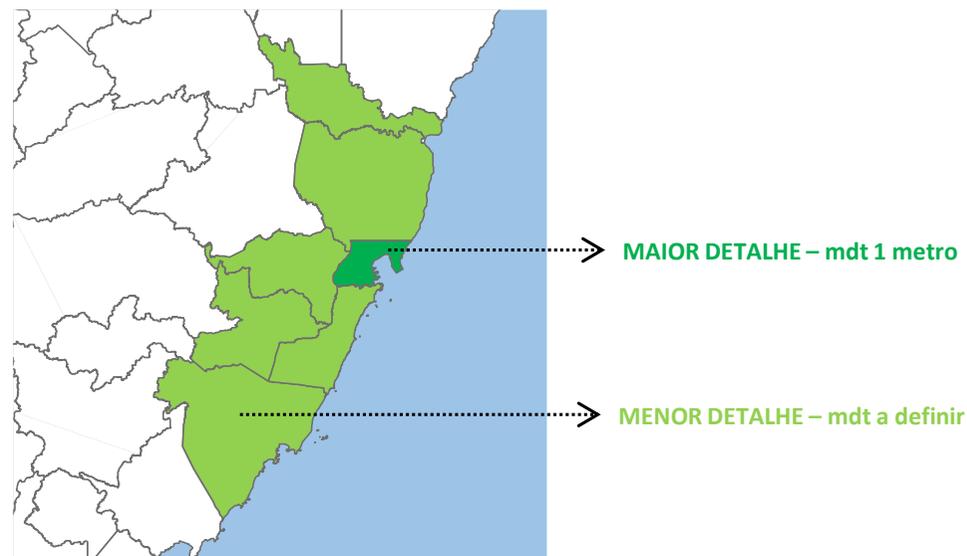
### 1.1 Definição da área de estudo

A área de estudo compreende os sete municípios da Região Metropolitana de Vitória (RMGV), devido ao forte processo de conurbação entre eles, tornando-se impossível compreender as dinâmicas de Vitória, capital e cidades ICES, sem envolver a análise do seu entorno. Além disso, conforme será tratado no Estudo 3, são nas áreas rurais e grandes glebas não urbanas existentes na RMGV que a população futura prevista a 2030 e 2050 seriam absorvidas, inclusive a população prevista para Vitória e que o município não poderia absorver devido sua atual falta de áreas propícias à expansão urbana.

O detalhamento apresentado a seguir segue uma metodologia específica, de acordo com o estabelecido nos termos de referência deste projeto, utilizando a base de dados e informações encontradas e disponibilizadas sobre cada município.

Considerando Vitória como foco da análise, sendo um município ICES, a análise de riscos e vulnerabilidade ambiental utilizou um MDT com uma qualidade de curvas de nível a cada um metro, possibilitando uma análise mais detalhada. Para os demais municípios fez-se uma análise menos detalhada, com curvas a cada 5 metros em zonas urbanas e a cada 10 metros em zonas não urbanas. Apesar de menos detalhada, esta abordagem possibilitou alinhar as diretrizes de zoneamento de riscos criando subsídios para o estabelecimento das propostas para os cenários de crescimento urbano do Estudo 3. Nas zonas onde não existem riscos, por não haver exposição de elementos vulneráveis, será analisada a vulnerabilidade por meio de um zoneamento adequado que elimine o risco futuro e que também será insumo para o Estudo 3.

Figura 01. Âmbito Estudo 2



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE com base em IBGE, 2010.

## 2 QUADRO GERAL

São analisados os seguintes aspectos gerais para o desenvolvimento do estudo, tanto em relação às principais ameaças potenciais na zona como a sua relação com o marco físico no qual se enquadram.

### 2.1 Seleção das ameaças

Conforme colocado anteriormente, a análise para o município de Vitória terá um maior grau de detalhamento, visto que é um município ICES e por possuir mais informações disponíveis, enquanto que o restante dos municípios esta abordagem será mais generalizada.

Inicialmente foram mapeados os seguintes tipos de ameaças com possibilidade de afetar a área de estudo:

- Movimentos de massa (deslizamentos);
- Erosão (continental ou marinha);
- Seca – estiagem;
- Inundação;
- Granizo;
- Chuvas intensas;
- Ventos fortes.

Entretanto, durante as visitas técnicas e as reuniões realizadas com diversos órgãos locais, tais como as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil de Vitória e Vila Velha, as principais ameaças mapeadas foram:

- Deslizamento;
- Inundação fluvial;
- Inundação costeira.

De tal forma que ficou definido analisar as ameaças naturais que representassem maior risco na área de estudo. A seleção final se estabelece, portanto, com base em critérios acordados com governos nacionais, locais e consultas a pessoal do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). De tal forma que, ficam definidas como foco da análise:

- Inundações, encharcamento = Riscos de Inundação;
- Erosão/acumulação costeira, inundações costeiras, subida do nível do mar = Riscos Costeiros;
- Deslizamentos, desmoronamentos, desprendimentos = Risco por movimentos de massa (gravitacionais).

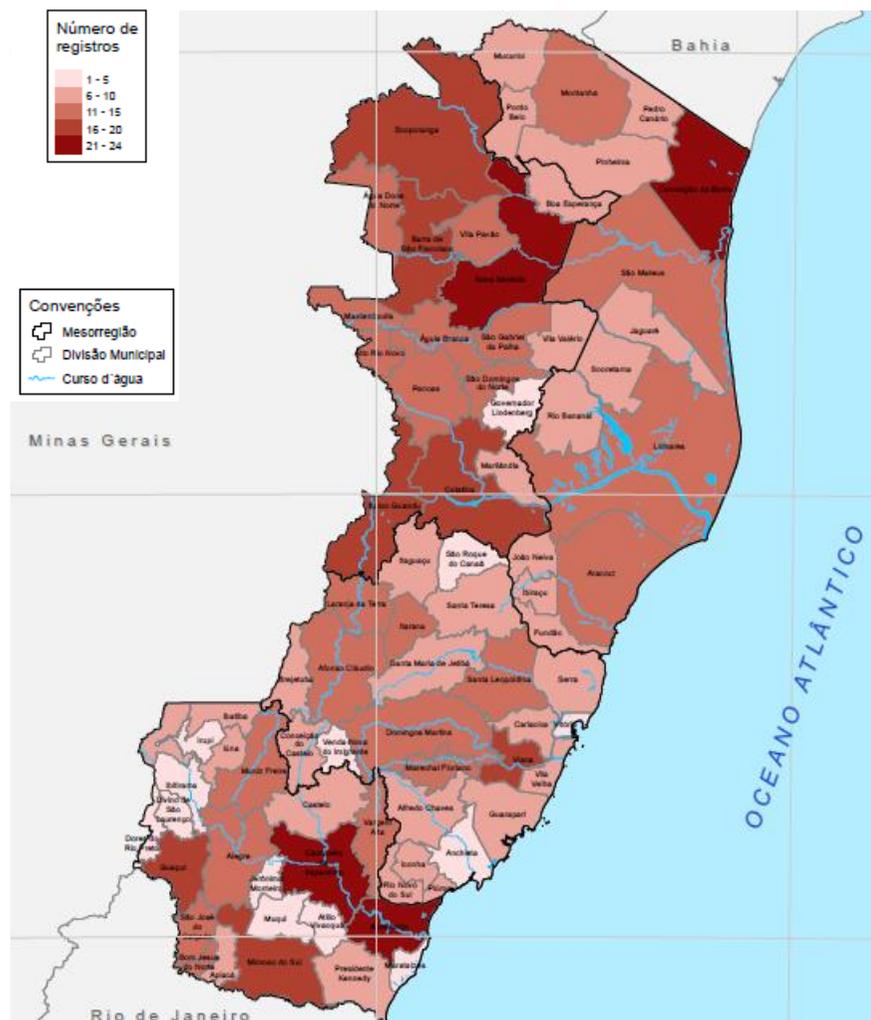
### 2.2 Análise histórica da problemática

Dentro do cenário histórico do Estado do Espírito Santo, a ocorrência periódica de desastres tem causado grandes perturbações na dinâmica social e ambiental da região, incluindo inúmeros danos materiais e humanos. Esta problemática é o ponto de partida para este estudo e análise necessários para diagnosticar os principais fatores que originam esses eventos, onde a partir dos resultados obtidos têm-se a possibilidade de criar mecanismos de redução de riscos e construir uma cultura e consciência de prevenção de desastres por meio de ações da população, dos órgãos públicos e privados.

Como base de dados e informações esta análise utilizará os registros da Defesa Civil do Estado do Espírito Santo, o documento elaborado em conjunto com Secretaria Nacional de Defesa Civil e do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina, o Atlas de Desastres Naturais 1991 a 2010 (CEPED-UFSC, 2011) e também o Atlas das Áreas com Potencial de Riscos no Estado do Espírito Santo (ARES), elaborado no ano de 2006 em conjunto com o Corpo de Bombeiros do Estado, a Defesa Civil e o Instituto Jones dos Santos Neves (IPES).

De acordo com este levantamento, os registros estaduais entre os anos 1991 e 2010, apontam que 3.989.730 pessoas foram afetadas por algum tipo de evento adverso. Também foram registradas 56 mortes, 10.857 enfermos, 63 gravemente feridos, 1.062 levemente feridos, 7 desaparecidos, 15.536 deslocados, 29.553 desabrigados e 159.535 desalojados. A seguir, a Figura 02, traz o mapeamento dos registros foi realizado pela Defesa Civil, apontando as regiões mais atingidas pelos eventos adversos.

Figura 02. Mapa de todos os registros de desastres naturais no Espírito Santo (1991-2010)



Fonte: CEPED-UFSC, 2011.

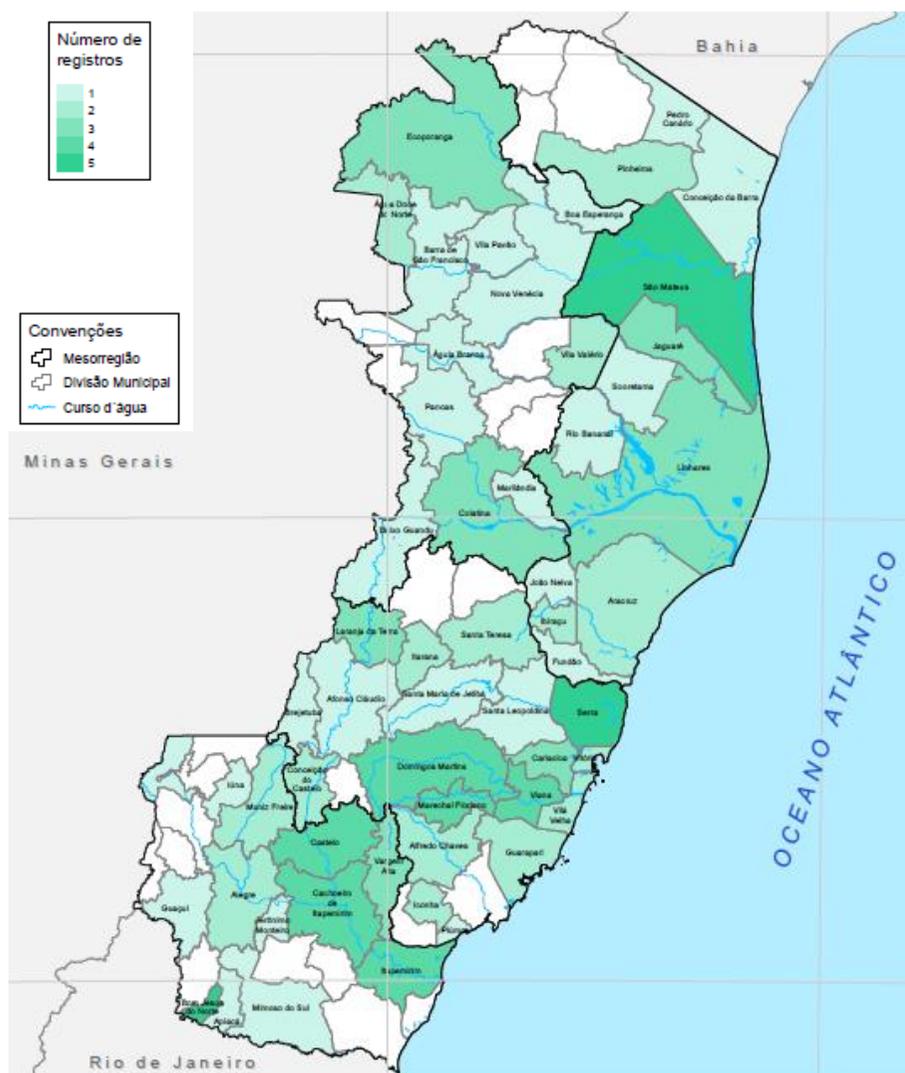
No histórico de desastres, as categorias que atingem o estado são: estiagem e seca, inundações e alagamentos, incêndios florestais, vendaval e/ou ciclone, granizo, movimento de massas (rolamento de rochas, desabamento de imóveis, deslizamento de terra) e erosão marinha. Vale ressaltar que dentro dos vinte anos analisados as inundações e alagamentos são os eventos mais recorrentes, atingindo 72 municípios, e somando 377 registros oficiais, localizados principalmente na região sudeste do estado, onde ocorreram 128 destes casos (CEPED-UFSC, 2011).

Os impactos e danos humanos dos desastres que ocorreram dentro do estado, estão presentes principalmente no território do município de Vitória, atualmente o de maior importância dentro do estado e o que contém a maior parcela da população estadual. Por esta razão é importante que a análise dê ênfase a este município, fazendo-se necessária a implantação de estratégias para redução dos efeitos negativos dos desastres naturais.

Segundo dados da Defesa Civil, os eventos mais frequentes em Vitória são os de inundações graduais, inundações bruscas e deslizamentos de massas. Tais fenômenos são justificados pelo fato de que Vitória está localizada entre montanhas íngremes e áreas de manguezais, onde sua mancha urbana teve um crescimento espontâneo e pouco planejado estendendo-se por esta geografia, tornando a área urbana mais vulnerável. As tipologias de desastre ocorrentes em Vitória e que indicam danos humanos estão descritas a seguir:

**Inundações graduais:** Caracterizam-se por atingirem áreas próximas as margens de várzea através do transbordamento das águas de um curso d’água de forma previsível e paulatina. O fenômeno é mais relacionado com períodos demorados de chuva do que com chuvas intensas e concentradas. Como, de modo geral, o estado possui elevados índices pluviométricos, aumenta-se a probabilidade de ocorrência de inundações graduais. É possível observar pela Figura 03 que nos anos analisados quase todos os municípios do Espírito Santo foram atingidos por estes eventos, muitos, inclusive, decretaram situação de emergência. Nesse intervalo entre 1991 a 2010 foram 114 registros oficiais, sendo 2007 o ano de maior número de ocorrências, com um total de 48 registros.

Figura 03. Mapa de registros de inundação gradual no Espírito Santo (1991-2010)



Fonte: CEPED-UFSC, 2011.

Conforme documentos oficiais estaduais, os danos humanos causados por esta classe de desastre chegaram a:

- 339.329 pessoas afetadas direta ou indiretamente;
- 17.109 ficaram desalojados;
- 4.041 desabrigados;
- 1.465 deslocados;
- 14 levemente feridos;
- 20 enfermos;
- 3 mortos;
- Total de atingidos cerca de 400 mil habitantes (CEPED-UFSC, 2011).

O grande número de atingidos é reflexo da grande densidade demográfica que ocupam áreas próximas às margens de rios. Como exemplo as extensas ocupações da bacia Hidrográfica do Rio Doce onde está localizada parte dos municípios da RMGV (Vila Velha, Cariacica, Viana e Vitória), apresentando alta densidade populacional, superior à média de ocupação do litoral capixaba (TESSLER, 2009).

**Inundações bruscas e alagamentos:** Estes eventos são ocasionados por uma soma de variáveis, tais como chuvas fortes, relevo acidentado, drenagem insuficiente, rede fluvial existente, elevação dos níveis de água desta rede fluvial e também dos níveis de urbanização na região, este último responsável por impermeabilizar e dificultar a filtragem natural do solo. Estas variáveis são características presentes no estado, em maior ou menor grau, e por essa razão as inundações bruscas e alagamentos atingem anualmente quase a totalidade de seu território, conforme pode ser observado na Figura 05.

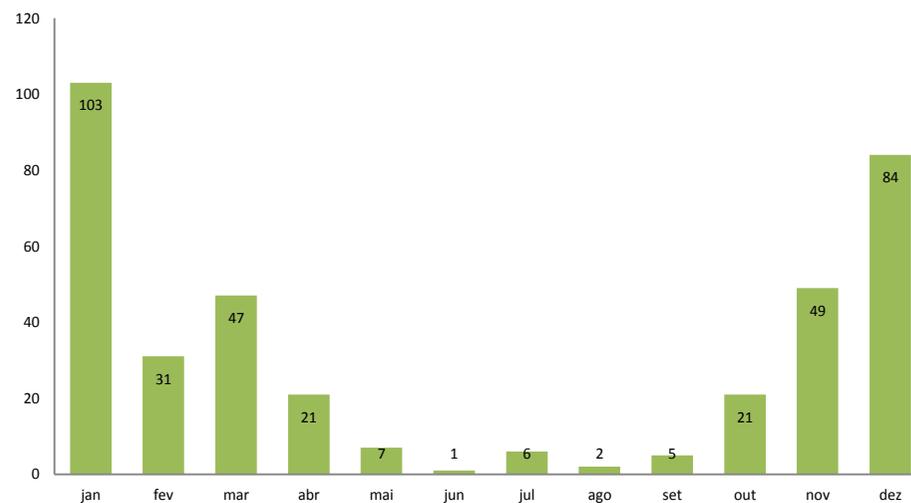
O período de chuvas dentro do estado do Espírito Santo ocorre entre os meses de outubro a abril, e fica evidente que este fenômeno está bastante relacionado com o período de inundações, como se pode observar na Figura 04, onde os meses mais atingidos são os mesmos meses da estação chuvosa. Dentre estes meses, janeiro é o que tem maior quantidade de registros, totalizando 103 ocorrências.

Durante o período de 1991 e 2010, de acordo com a Defesa Civil estadual, os danos humanos ocasionados por esse tipo de evento somaram:

- 2.249.361 pessoas afetadas (total);
- 119.029 desalojadas;
- 21.031 desabrigadas;
- 12.367 deslocadas;
- 7 desaparecidas;
- 452 levemente feridas;
- 40 gravemente feridas;
- 1622 enfermas; e,
- 38 mortes (CEPED-UFSC, 2011).

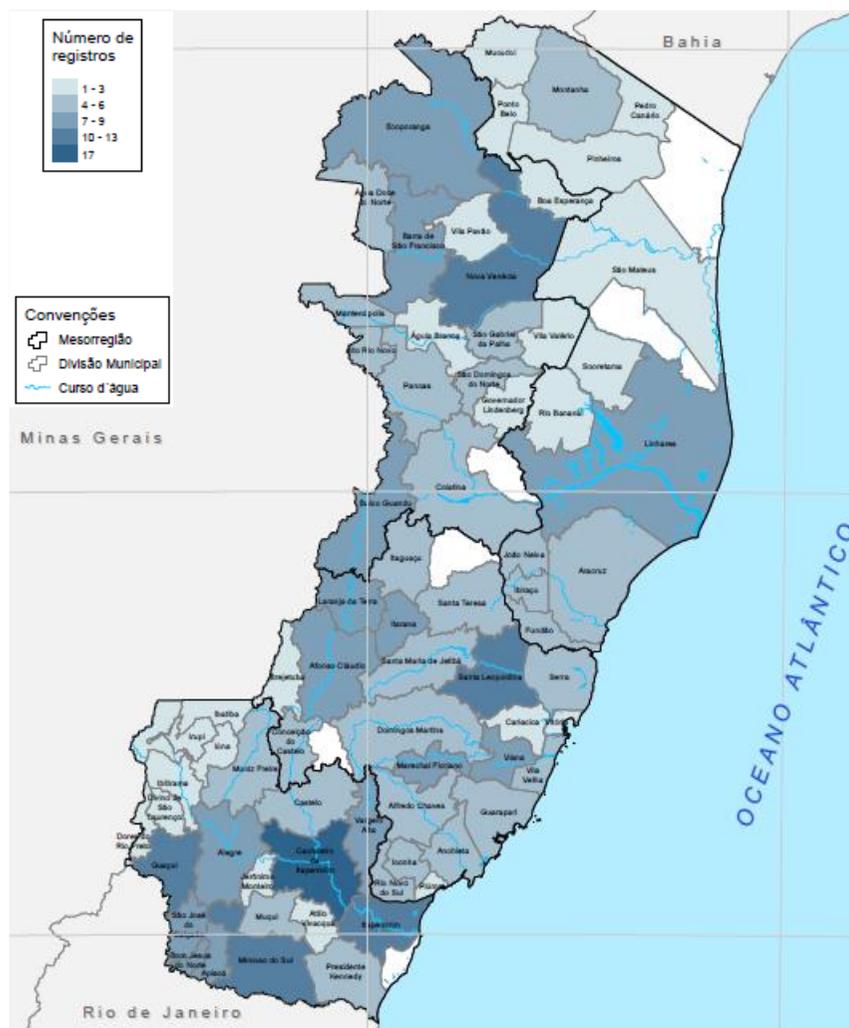
É importante ressaltar ainda que esta é a categoria, dentre as que ocorrem no estado, que mais causa impactos a sociedade. Os dados indicam maior número de afetados, direta ou indiretamente; maior número de desalojados; e também o maior número de mortos, 38 registrados, enquanto que as inundações graduais somam três mortes e o movimento de massas somam nove mortos. Como resposta rápida e eficiente a estas ocorrências, as ações de prevenção e de atuação direta devem ser implantadas com urgência.

Figura 04. Frequência mensal de inundações bruscas no estado (1991-2010)



Fonte: CEPED-UFSC, 2011 e elaboração do Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 05. Mapa de registros de inundação brusca no Espírito Santo (1991-2010)



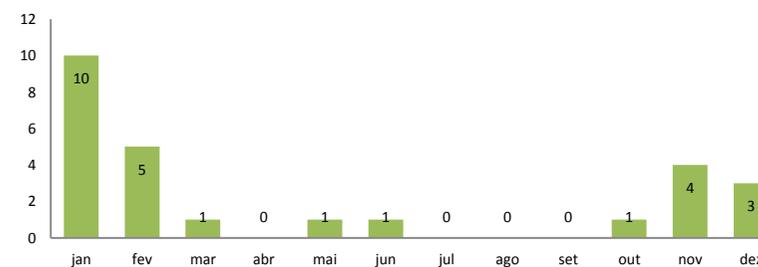
Fonte: CEPED-UFSC, 2011.

**Movimento de massas:** A categoria de movimentos de massas é composta por todos os tipos de deslizamentos, escorregamentos, tombamentos ou rastejos, relacionados diretamente com o processo natural dos solos e da dinâmica da crosta terrestre. Estes movimentos são classificados de acordo com a velocidade e perfil do processo de transporte de massas. Os rastejos são movimentos lentos, contínuos ou pulsantes e podem ser identificados pela mudança na verticalidade tanto de construções civis, árvores ou postes. Os tombamentos são processos extremamente rápidos de blocos ou fragmentos, tais fenômenos ocorrem quando a força gravitacional vence o atrito interno das partículas, por esta razão são mais comuns em terrenos inclinados, como encostas, saturados pela infiltração de água.

Como principais fatores que contribuem para o movimento de massas estão os aspectos geológicos, climáticos, hidrológicos, tipos de vegetação e também transformações antrópicas no solo relativas às ocupações (TOMINAGA, 2007).

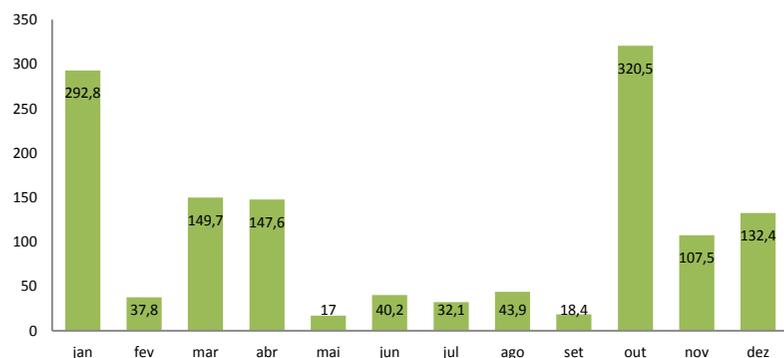
A frequência de casos desta categoria se intensifica nos meses de maiores índices pluviométricos. As precipitações intensas, conforme dito anteriormente, estão entre os meses de outubro a abril, o que favorece o acontecimento de movimentos de massa. Isso fica evidente quando analisadas as Figura 06 e Figura 07. No ano de 2009, as altas taxas pluviométricas foram responsáveis pelo registro de 12 eventos no estado (CEPED-UFSC, 2011).

Figura 06. Frequência mensal de movimentos de massa no Espírito Santo (1991-2010)



Fonte: CEPED-UFSC, 2011 e elaboração do Consórcio IDOM-COBRAPÉ.

Figura 07. Índices pluviométricos mensais no Estado do Espírito Santo em 2009



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA/SGH, 2010) e elaboração do Consórcio IDOM-COBRAPE.

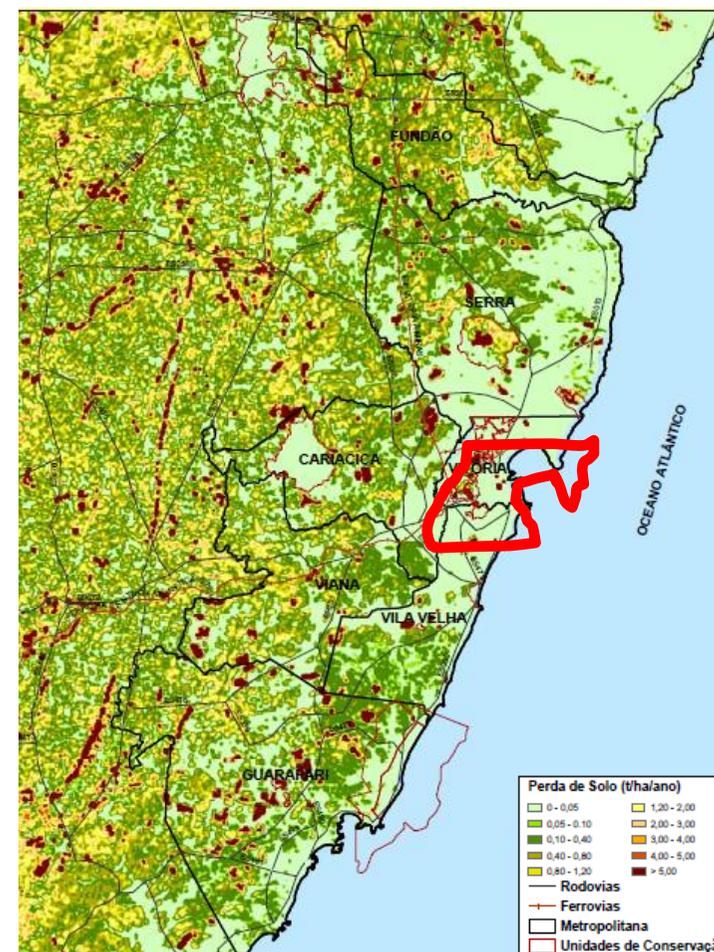
Segundo a Defesa Civil estadual, os danos humanos registrados para estes eventos no decorrer dos vinte anos analisados, 1991 a 2010, chegam a:

- 6.602 habitantes desalojados;
- 734 desabrigados;
- 226 foram deslocados;
- 30 levemente feridos;
- 5 gravemente feridos;
- 48 enfermos;
- 9 mortos;
- Total de atingidos: 184.781 habitantes.

A Figura 08 mostra o mapeamento de deslizamentos de encostas realizado em 2006 em cooperação do Instituto de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento Jones dos Santos Neves, a Coordenação Estadual de Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, em que foram levantados dados quanto ao número de ocorrências de

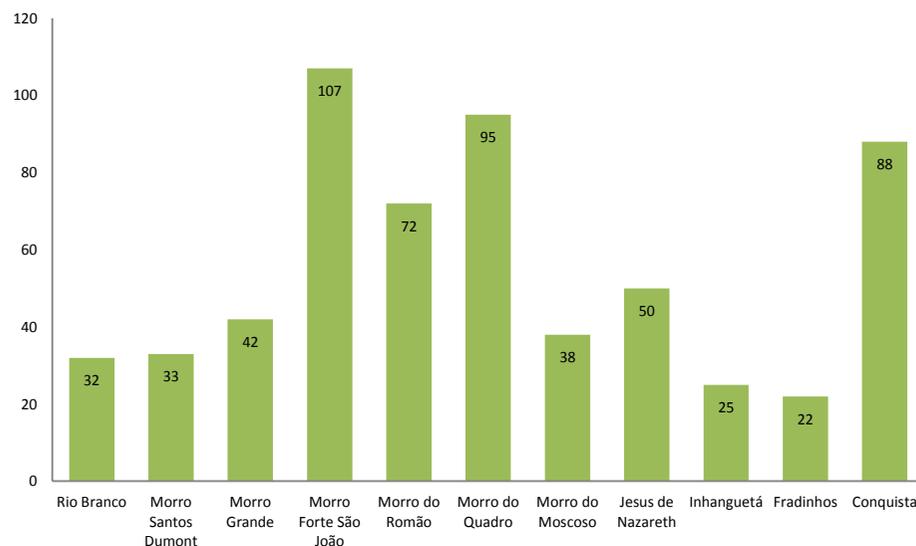
deslizamentos registrados no estado. Para a capital os dados registrados pela Defesa Civil foram divididos por bairros, como mostra a Figura 09.

Figura 08. Mapa de deslizamentos de encostas - 2006



Fonte: ARES, 2006.

Figura 09. Número de registros de deslizamentos nos bairros de Vitória



Fonte: ARES, 2006.

Como resposta a este cenário de ocorrências recorrentes de movimentações de massas, a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Vitória iniciou um Plano de Contingência no qual busca sistematizar as ações de técnicos e voluntários da Defesa Civil, agindo em conjunto com outras Secretarias Municipais, órgãos públicos em nível municipal e estadual. O objetivo é criar medidas de prevenção, fiscalização e alerta em períodos de normalidade, para mitigar os efeitos dos desastres, e para que em dias de anormalidade e perturbações gerados pelos desastres, o atendimento às vítimas seja mais eficiente, e igualmente para a reconstrução e reestruturação dos danos causados (VITÓRIA, 2013).

Com um perfil geomorfológico, climático e urbano propício para ocorrências de desastres inundações e deslizamentos, a cidade de Vitória é frequentemente afetada e prejudicada por estes eventos. As perdas e danos à população passaram a ser rotineiras assim como perturbações sociais, econômicas e ambientais. Tais fatos podem ser amenizados com a concentração de esforços em diversos segmentos da sociedade, onde medidas devem

estar focadas, principalmente, na instituição de um planejamento responsável das ocupações urbanas, no monitoramento de índices fluviiais, na implantação de ações educativas a população, na recuperação de áreas degradadas e na fiscalização para diagnosticar a qualidade das construções da cidade. Com isto os riscos são reduzidos garantindo a segurança para a cidade e o estado.

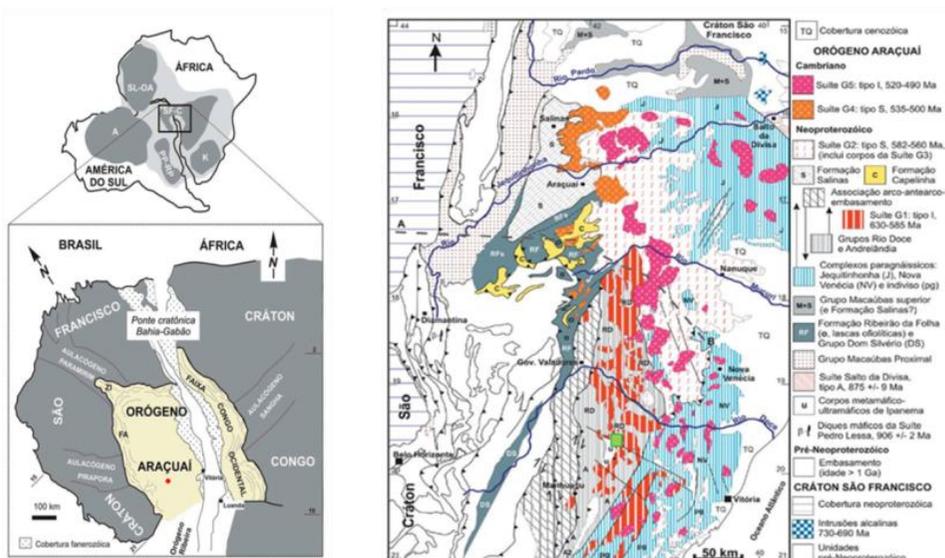
## 2.3 Marco físico

### 2.3.1 Geologia

Brasil está localizado sobre a plataforma sul-americana, cuja base é de uma evolução geológica bastante complexa, iniciada no período arcaico. A consolidação do território brasileiro foi completada entre o período proterozóico superior e o início do período paleozóico.

A área de estudo está localizada no Orógeno Araçuí, cujo principal modelador é o substrato cristalino. O orógeno de Araçuí se divide em quatro fases descritas na Figura 10.

Figura 10. Orógeno de Araçuaí



Fonte: ALKMIM et al, 2007 e PEDROSA-SOARES et al., 2007.

Tabela 01. Fases do Orógeno de Araçuaí

| FASE          | IDADE (MA) | SUÍTE          | DESCRIÇÃO GERAL   |
|---------------|------------|----------------|---|
| Precolisional | 630-585    | G1             | Batolitos tonalíticos-granodioríticos em faces Anfibolita e Granulita |
|               |            | São Galileia   |   |
|               |            | Vitor          |   |
| Sincolisional | 585-560    | G2             | Granitos de tipo S (com Gt e Bi) gneissificados ou milonitizados      |
|               |            | Ataleia        |   |
|               |            | Carlos Changas |   |
|               |            | Montanha       |   |

| FASE            | IDADE (MA) | SUÍTE           | DESCRIÇÃO GERAL  |
|-----------------|------------|-----------------|--|
| Tardicolisional | 560-530    | G3              | Leucogranitos com Gt e Cd                                    |
| Postcolisional  | 530-490    | G4              | Granitos tipo S em intrusões esféricas e plútons. Pegmatitas |
|                 |            | Itaporé         |  |
|                 |            | Mangabeira      |  |
|                 |            | Santa Rosa      | Granitos tipo I de natureza calco alcalina. Pegmatitas.      |
|                 |            | G5              |  |
|                 |            | Aimorés Caladão |  |
|                 |            | Guaratinga      |  |
|                 |            | Pedras Pretas   |  |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

A partir do Paleozóico se instalaram nestas plataformas coberturas sedimentarias e vulcânicas que espacialmente enchem três extensas bacias: Amazonas, Paraíba e Paraná.

Posteriormente, com a abertura do rift atlântico se formaram uma série de bacias sedimentarias de idade cretáceo-terciária ao longo da plataforma continental, que são arrasadas pela erosão, ficando com vestígios na forma de altiplanos costeiros ou continentais. As ditas faces sedimentares são acompanhadas de depósitos ígneos.

A área de estudo é composta principalmente por sedimentos fluvio-marinhos na parte costeira, limitando-se na parte interior pelas projeções dos sedimentos terciários da Formação Barreiras, que se situam sobre a base cristalina arcaica. Este último foi descrito como o Complexo Nova Veneza (Paraíba do Sul) e a Suíte Intrusiva de Espírito Santo.

### 2.3.2 Litologia

Procede-se a descrever as distintas litologias existentes na zona de estudo, desde as mais antigas até as mais modernas.

### 2.3.2.1 Complexo Nova Veneza (Pré-Sincolisional)

Os materiais do Complexo Nova Veneza se localizam no estado preorogênico do orógeno de Araçuí, em torno de 608 M.a. Se trata de paragneises com intercalações de rochas calcissilicásticas, constituídos por granulitas de cordierita, e genises bandeados de silimanita, cordierita.

A composição química dos minerais que compõe os paragneisses (cordierita, biotita, silimanita, hercinita) fazem com que os principais processos de alteração sejam a saussuritização das plagioclasas, a seritização do feldispato potássico, a cloritização da biotita e a pinitização da cordierita.

As rochas calcissilicásticas foram definidas como um granulito formado por intercalações centimétricas de granulito fino, cor cinza e folhadas. Em ocasiões a textura é granoblástica. A composição química destas rochas calcissilicásticas são plagioclasas cálcicas, minerais opacos, clinos e orto piroxenos, podendo estar associado ao quartzo, hercinita, grosularia, biotita, apatito e zircão. Os processos de alteração destes minerais se descrevem como a saussuritização das plagioclasas, obtendo-se sericita, epidota e carbonato, assim como a uralitização dos piroxenos obtendo-se anfíbolos.

### 2.3.2.2 Suíte Carlos Chagas (Sincolisional)

Leucogranitos com granito e biotita.

### 2.3.2.3 Suíte Intrusiva Espírito Santo (Postcolisional)

Trata-se de um complexo paragneísico que se diferencia do encontrado no Complexo Nova Veneza por possuir potentes capas de mármore, quartzito, rochas manganíferas e corpos ultra e meta básicos. Trata-se de granitos, granodioritas e tonalitas sem post tectônicos, com domínios migmatíticos, de granulação variada e idade entre 600 a 450 M.a. Em princípio se consideram materiais metamorfizados das litologias que compõem o orógeno de Araçuí, e por sua localização principalmente se referem como produtos da metamorfização do complexo Nova Veneza.

Dentro desta unidade se encontram:

- Granito de Vitória, granito tipo I, alcalino de granulação fina a média, em ocasiões porfídico;

- Granito Mestre Álvaro, granito tipo I de tipo alcalino granulação média fina e em ocasiões porfídico;
- Granitos e Charnokritos do Maciço Viana. Granito alcalino tipo 1 alcalino de granulação fina a média, em ocasiões porfídico. O charnochito é porfídico, metaluminoso calcoalcalino;
- Granitos Charnokritos do maciço Fundão, granito tipo I de tipo alcalino granulação media fina e em ocasiões porfídico Charnokrito.

### 2.3.2.4 Coberturas cenozóicas

Considera-se como tais os depósitos da Formação Barreiras existentes nas proximidades da zona litoral. Trata-se de argilas, argilas arenosas, areias e alguns conglomerados, produto dos depósitos continentais ocorreu depois do rift atlântico. Suas idades são miocénicas em torno dos 23 M.a. É característica a existência de horizontes lateríticos.

### 2.3.2.5 Coberturas quaternárias

Trata-se de depósitos aluvial, aluvio coluviais e depósitos litorais de idades recentes. Caracterizam-se por sua baixa compacidade e naturezas argilo-arenosas, em ocasiões cascalho e lacunas.

### 2.3.3 Tectônica

A região se caracteriza pela alienação estrutural Vitória-Ecoparanga de direção NW-SE, interpretado por Silva et al (1987) como resultante das reativações pré-cambrianas e mesozóicas. A zona de serras se encontra totalmente dissecadas por uma densa rede de falhas que condicionam a rede de drenagem. Estas estruturas refletem inclusive nos materiais da Formação Barreiras, mesmo que de forma mais sutil, já que reflete na geração da rede de drenagem.

### 2.3.4 Geomorfologia

O estado de Espírito Santo pode se dividir em vários setores. Abaixo estão descritas as principais regiões geomorfológicas propostas pelo IJSN em 2012, descritas desde a zona continental até a zona costeira.

#### 2.3.4.1 Serras

Estabelecidas a favor da localização dos núcleos plutônicos, que devido a sua baixa erosionabilidade, a elevada tectonização da zona e o abrupto de sua dissecação por parte da rede fluvial, junto com a característica fratura concoidea deste tipo de materiais dá lugar a uma zona muito abrupta de relevos subarredondados.

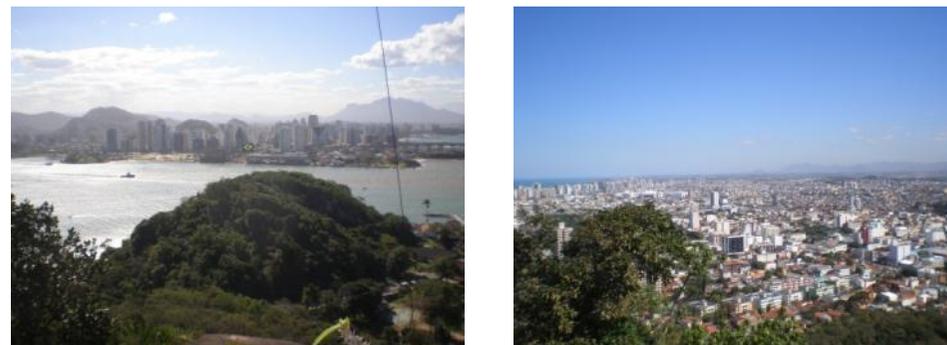
#### 2.3.4.2 Planaltos escalonados do Sul Capixaba

Planaltos escalonados fruto da tectônica da zona, apresenta um mergulho generalizado para o sudeste, em forma de blocos basculados no transcurso de impulsos epirogenéticos.

#### 2.3.4.3 Colinas, maciços costeiros e cadeias pré-litorais

A Zona de topografia baixa representa as zonas amplamente corroídas e dissecadas pela rede fluvial onde permanecem alguns montes da ilha denominados morros e relevos residuais.

Figura 11. Os morros de Vitória, distribuídos no interior da cidade (esquerda), e a planície costeira que se desenvolve Vila Velha (direita)



Fonte: Consórcio IDOM-COBRAPÉ.

#### 2.3.4.4 Tabuleiros costeiros

Localizados ao pé das projeções plutônicas, formados por materiais cenozóicos da Formação Barreiras, são altiplanos de baixa cota que separam os materiais cristalinos dos quaternários.

#### 2.3.4.5 Planícies costeiras, estuários e praias

São ambientes dominados por correntes marinhas, entradas de rios e sob constante ação eólica. São alguns exemplos deste tipo de formação: praias, manguezais, plataformas de abrasão, falésias, recifes, tómbolos e ilhas.

Não se pode esquecer a importante ação antrópica realizada principalmente nas zonas de Vila Velha e Vitória que através de aterramentos de área alagadiças agregaram espaço marino-estuarino ao continental.

Na zona de estudo exceto a unidade referente às planícies escalonadas o resto das unidades estão amplamente representadas, salvo a unidade de serras nas zonas mais interiores de Fundão, Cariacica, Viana e Guarapari.

Fisiograficamente Martin et al (1996-1997) dividiu a costa de Espírito Santo em cinco setores, dos quais o setor três e quatro pertencem à área de estudo, sendo caracterizados pelas seguintes peculiaridades:

- Setor 3 se estende desde Barra de Riacho, ao norte de Serra, até Tubarão, em Vitória. Caracterizado por escasso desenvolvimento dos depósitos quaternários, ao pé das falésias da Formação Barreiras. Em alguns momentos estas falésias são ativas, encontrando-se a continuação das praias. É caracterizado por constituir-se como um bom depósito fluviomarinho nas desembocaduras dos rios Piraquê-Açu, Reis magos e Sta. Maria de Vitória.
- Setor 4, se estende desde a Ponta de Tubarão ao rio Itapemirim, é caracterizado pelo afloramento do embasamento cristalino em contato direto com os depósitos quaternários, em ocasiões aparece intercalada à Formação Barreiras. Seu litoral adjacente é mais abrupto e recortado com desenvolvimento de plataformas de abrasão e zonas de acumulação de areias, devido à presença de promontórios e ilhas próximas.

### 2.3.5 Clima

O clima regional se caracteriza pela existência de chuvas tropicais no verão, com uma estação seca entre outono e inverno, estas épocas menos úmidas, podem apresentar eventos de precipitações importantes causados devido à entrada de frentes polares. A temperatura média anual é de 22°C, sendo a média das máximas entre 28°C e 30°C enquanto que as mínimas giram em torno dos 15°C.

Os ventos têm um componente principal NE-ENE e SE, os primeiros associados aos ventos alísios (predominantes durante todo o ano), enquanto que a segunda configuração corresponde a entrada de frentes frias.

### 2.3.6 Hidrologia, Hidrogeologia

#### 2.3.6.1 Bacia do rio Jucu

A bacia do rio Jucu abarca cinco municípios: Domingos Martins, Guarapari, Cariacica, Viana e Vila Velha. O rio Jucu nasce no município de Domingos Martins com dois afluentes principais: Rio Jucu braço norte e Rio Jucu braço sul. Ao se aproximar de Vila Velha estes dois ramos se unem formando um só rio, o rio Jucu.

O rio Jucu é responsável pelo abastecimento de água de 60% da população da RMGV, abastecendo os municípios de Vila Velha, Viana, grande parte de Cariacica e a parte insular de Vitória (a parte continental da capital é alimentada pelo rio Santa Maria). Como consequência o rio sofre com desperdícios e com um elevado grau de aterramento. Esta perda da qualidade natural do rio Jucu foi causada principalmente pela deterioração da vegetação de várzea, sem ela, sobretudo, quando chove, o solo fica sujeito aos processos erosivos, assoreando o canal que tem ficado cada vez mais superficial.

#### 2.3.6.2 Bacia do rio Santa Maria

O Rio Santa Maria da Vitória nasce no município de Santa Maria de Jetibá (ES). Suas águas percorrem 122 km até desaguar na baía de Vitória. A área de sua bacia hidrográfica é de 1.844 km<sup>2</sup>, se estendendo por cinco municípios do estado: Santa Maria de Jetibá, Santa Leopoldina, Cariacica, Serra e Vitória.

O Rio Santa Maria é uma das fontes de água principais do estado. Junto com o Rio Jucu é responsável pelo abastecimento de água da grande Vitória.

Como a maioria dos rios no Espírito Santo, o Rio Santa Maria enfrenta vários problemas. Entre eles, a contaminação por pesticidas oriundos da incorreta gestão de cultivos; assoreamento; e contaminação por águas residuais e lixo.

#### 2.3.6.3 Bacia do rio dos Reis

Esta bacia é formada pela bacia do Rio dos Reis e a bacia do Rio Jacaraípe. Sua área de drenagem é aproximadamente 916 km<sup>2</sup>. O rio Reis Magos tem como afluentes os seguintes rios: Fundão, Goiapaba, Piabas, Açu Itapira. No curso inferior, quando o rio Reis Magos alcança a planície costeira, tem uma dispersão dos cursos de água e estas não têm caminho fixo. Por sua vez o rio Jacaraípe está formado pelas lagoas Juara e Jaconé.

Os problemas ambientais identificados na bacia são derivados do uso indevido do solo intensificando a erosão e a descarga de efluentes. O uso do solo é essencialmente agrícola, sendo o cultivo de café o mais desenvolvido em toda a bacia.

#### 2.3.6.4 Bacia do rio de Guarapari

Esta bacia é composta de um grupo de bacias adjacentes. A principal via fluvial desta região são os rios Jabuti e Perocão. Também destes, a antiga aldeia e o riacho Lameirão, vão diretamente para a baía de Guarapari. A área de drenagem total da demarcação hidrográfica é 321 km<sup>2</sup>, banhando os municípios de Vila Velha (em partes) e Guarapari (em partes).

#### 2.3.6.5 Hidrogeologia

Os materiais do maciço cristalino apresentam oras aquíferos confinados a favor da fraturamento, e oras características termais.

O principal nível aquífero explorável é o conformado pelos materiais da Formação Barreiras. Sua exploração é limitada, dada a escassa extensão desta formação na área de estudo. No bairro de CIVIT I e II, em Serra é possível perceber a presença de poços de exploração destas águas freáticas que alcançam os 70-80 m de profundidade.

Os materiais aluviais e litorais têm também características de aquíferos quando sua granulometria permitir. Trata-se de aquíferos livres conectados à rede de drenagem ou ao mar.

#### 2.3.7 Oceanografia

As ondas vêm claramente influenciadas pelo regime de vento sendo as direções principais coincidentes com as de vento NE-E e SE-E.

Parece existir uma influência do fenômeno do El Niño nessa parte do Brasil. Quando ocorre o El Niño as camadas altas e médias atmosféricas são bloqueadas pela Corrente de Chorro subtropical, gerando intensas chuvas na zona S e SE da costa do Brasil, enquanto que o Norte sofre importantes secas. Isto também tem sua influência nas correntes marinhas já que durante o El Niño as ondas predominantes são na direção NE-E, anulando àquelas procedentes de SE-E.

No Porto de Tubarão a amplitude média das ondas é de 1,50 m, sendo as alturas mais frequentes de 0,90 e 0,60m com um período entre 5-5,6 s sendo o máximo encontrado de 11,5 s.

Em relação à largura da plataforma continental a área de estudo se caracteriza por uma plataforma continental estreita com larguras médias de 50 km sendo a largura mínima variando entre 40 e 45 km, ao norte de Vitória. Os depósitos de plataforma se caracterizam por serem de natureza carbonatada, com elevados conteúdos de CaCO<sub>3</sub> (>75%), compostos por algas coralinas, briozoo, moluscos e foraminíferos, amplamente desenvolvidos pela presença de terraços de abrasão.

## 2.4 Inventário de processos

Para a elaboração deste inventário foram utilizadas informações de três fontes principais:

- CPRM (Serviço Geológico do Brasil (Geobank). Inventário de processos gravitacionais (Formato shape);
- Plano Municipal de Redução de Riscos de Vitória – FEST (Fundação Espírito-santense de Tecnologia) (Formato Shape);
- Plano de Redução de Riscos de Serra (por Aquaconsult) Listado de pontos.

A informação procedente do CPRM inclui todo o estado de Espírito Santo, onde na da microrregião da área de estudo se encontram 263 eventos catalogados.

O inventário do FEST, que pertence ao Plano municipal de Redução de Risco de Vitória, trata exclusivamente do município de Vitória, tendo identificado 128 eventos.

Enquanto o Plano de Redução de Riscos de Serra trata exclusivamente a informação referente a processos de erosão e deslizamentos deste município.

Nestes três casos se trata de cartografias de riscos que precisam de um filtro de informação inicial, separando as distintas tipologias de eventos e consultando as fichas dos distintos elementos mapeados. Adicionalmente, foram realizadas revisões de eventos realizadas em pesquisa campo. De forma que estes processos foram adicionados à cartografia com base as ortofotos disponíveis. No total foram identificados 145 processos cartografados. A seguinte tabela recolhe um resumo destes inventários.

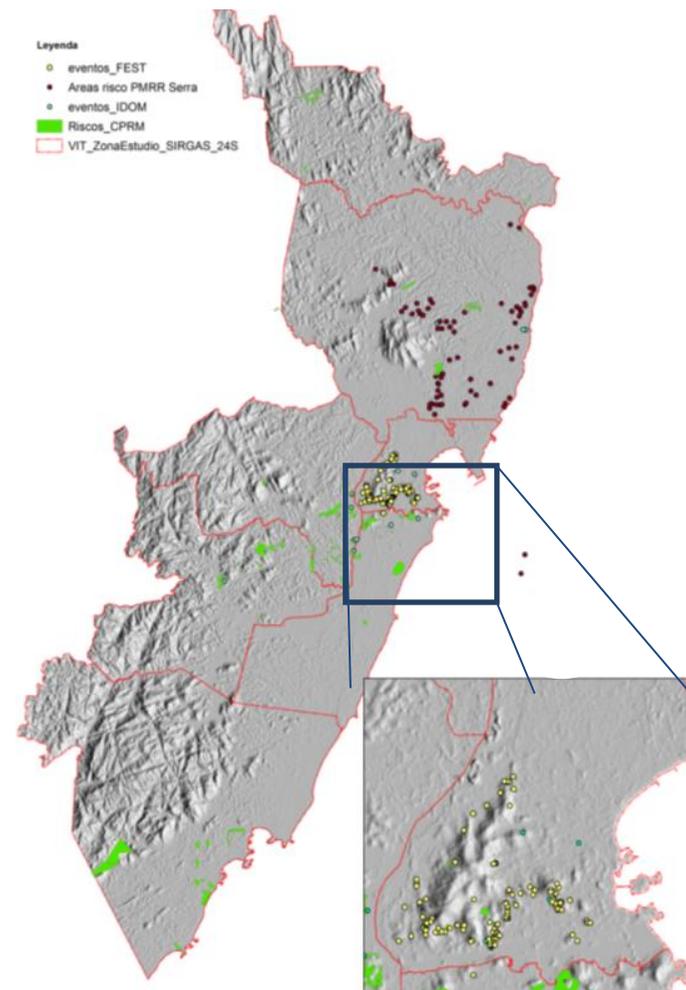
Existe um mapa com todos os eventos registrados em que incluem os eventos selecionados para cartografias automáticas, localizado no anexo de planos do documento. Atualmente as distintas bases de dados estão sendo compatibilizadas e agrupadas.

Tabela 02. Inventário de Processos

| Inventário Microrregião    |      |      |       |
|----------------------------|------|------|-------|
| RMGV                       | CPRM | IDOM |       |
| Gravitacional              | 178  | 145  |       |
| Deslizamentos superficiais | 291  |      |       |
| Quedas de Bloqueios        | 32   |      |       |
| Municipalidade de Vitória  |      |      |       |
| FASE                       | PMRR | IDOM | Total |
| Deslizamentos              | 122  | 6    | 128   |
| Quedas                     | 8    | 3    | 11    |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 12. Localização dos distintos eventos empregados no inventário



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 3 INUNDAÇÕES FLUVIAIS

#### 3.1 Introdução

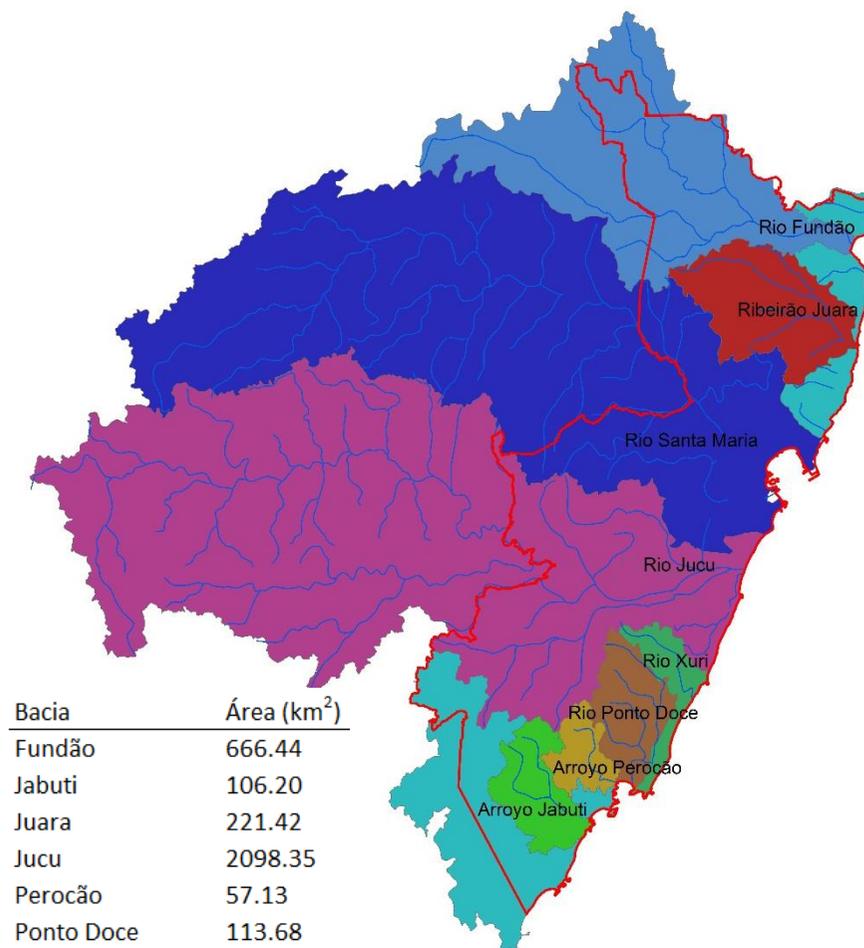
O estudo de inundações fluviais está centrado fundamentalmente no estudo hidrológico e hidráulico e nas análises das áreas de inundação das diferentes redes de drenagem que ficam contidas no âmbito de estudo de vulnerabilidade e riscos naturais.

Para isso será necessário conhecer as características hidrológicas do terreno constituente das bacias de captação, de cada um dos rios, riachos e afluentes principais que foram analisados simultaneamente. A partir destes pontos, adotam-se os dados de registro de chuvas que, posteriormente, através de análises de um modelo de perdas de transformação da chuva-escoamento e de propagação das vazões obtidas, foram obtidos os dados das vazões máximas de cada ponto crítico de análise para os períodos de retorno adotados.

Estas vazões máximas são fundamentais para a elaboração do estudo hidráulico das vazões da área de estudo, do qual se pode obter a relação adequada à realidade entre as profundidades, velocidades e áreas inundáveis.

Os principais rios e riachos da área de estudos foram analisados, sendo eles: rio Fundão; Ribeirão Juara; rio Santa Maria; rio Jucu; rio Xuri; rio Ponto Doce; riacho Perocão; riacho Jabuti. Na Figura 13 estes corpos d'água estão espacializados, considerando que a linha vermelha representa a limitação da área de estudo e a linha cinza representa o limite da bacia ou sub-bacia vertente para cada um dos canais.

Figura 13. Mapa Hidrológico âmbito de estudo



| Bacia       | Área (km <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------------------|
| Fundão      | 666.44                  |
| Jabuti      | 106.20                  |
| Juara       | 221.42                  |
| Jucu        | 2098.35                 |
| Perocão     | 57.13                   |
| Ponto Doce  | 113.68                  |
| Santa Maria | 1844.07                 |
| Xuri        | 66.85                   |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

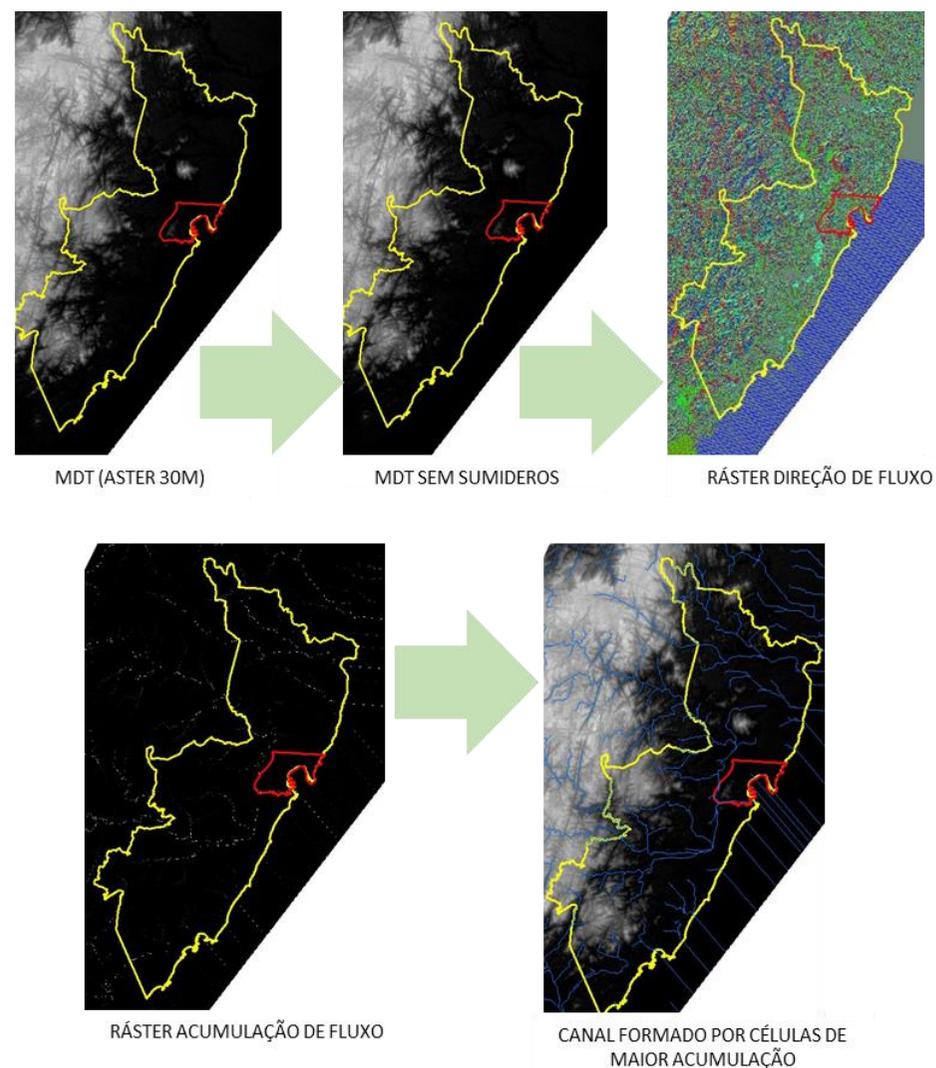
O limite do estudo vem definido pela precisão do MDT necessário para a realização dos modelos hidráulicos. Para este caso, dispõe-se de linhas de nível de um metro no município de Vitória e de cinco metros no resto da área urbana da RMGV. Não há uma linha de cota zero definida, então todo o terreno que se encontra entre a linha de 5 metros e a linha de costa é mostrado como uma planície de cota 5, não sendo detalhado os rios e desembocaduras desta área. Impossibilitando a definição da geometria dos canais, que é o objetivo deste mapeamento. Assim, não foi possível realizar um estudo hidráulico para a região Metropolitana tampouco um estudo de riscos.

Na seguinte seção (3.2 Estudo hidrológico) está apresentado o estudo hidrológico realizado para o rio Jucu, sendo este o de maior complexidade da região, por tamanho, heterogeneidade e número de afluentes, mas não foi possível realizar a correspondente análise hidráulica que determina o regime de profundidades e velocidades no rio, input imprescindível para uma Análise de risco.

O objetivo do estudo 2 não é somente a Análise de risco, mas inclui também analisar os limitantes ao desenvolvimento urbano, para isso é adequado relacionar a zona inundável com a frequência de ocorrência. Para suprir a falta de um estudo hidráulico que permita determinar esta relação, os canais principais foram definidos como zonas do terreno que tem maior área de entrada associada, isto é, como todo o terreno é suscetível de transportar vazão de escoamento de chuva os canais foram definidos a partir de um ASTER de 30 metros de célula, de forma que se considera que estas células recebem maior área aferente e, portanto, transportam maior vazão. Conforme a metodologia detalhada a seguir:

1. Configurar o MDT de 30 metros de célula (ASTER) para eliminar sumidouros ou pontos baixos com o objeto de dar continuidade ao fluxo de escoamento superficial;
2. Realizar um raster de direção de fluxo;
3. Realizar um raster de acumulação de fluxo, neste caso cada célula refletirá a área de aportação de águas acima desta;
4. Distinguem-se rios como o conjunto de células de maior acumulação de vazão;
5. Uma vez definido o eixo dos rios, mediante a análise de imagens aéreas, analisando a vegetação e as formas do terreno se definem as zonas de maior valor ecológico como limitante ao desenvolvimento, ou seja, definem-se os canais como zonas de proteção.

Figura 14. Mapa do modelo em HMS



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 3.2 Estudo Hidrológico

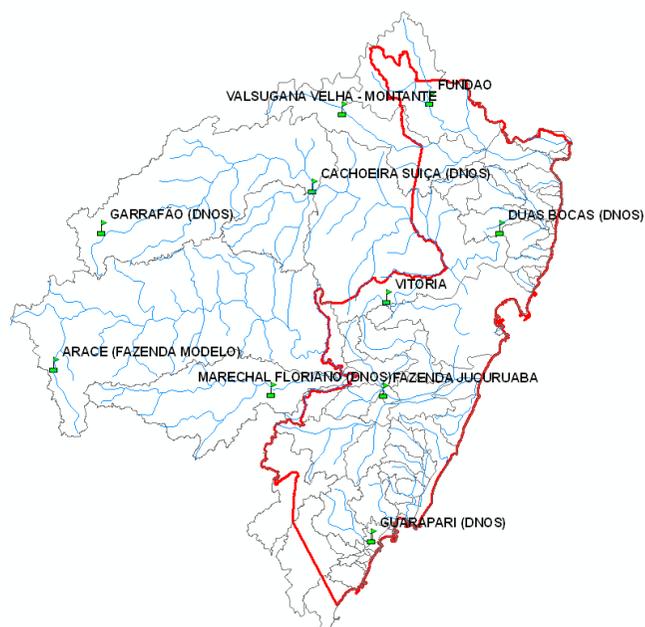
#### 3.2.1 Dados de partida

##### 3.2.1.1 Pluviometria

O estudo das séries de dados de Precipitações Máximas Mensais no ano permite conhecer, mediante a aplicação as correspondentes funções de distribuição para cada período de retorno, o valor da Precipitação Máxima diária nas 24 horas correspondente.

Para o estudo pluviométrico foi considerado inicialmente as seguintes estações pluviométricas da rede da ANA (Agência Nacional de Águas), destacadas em verde.

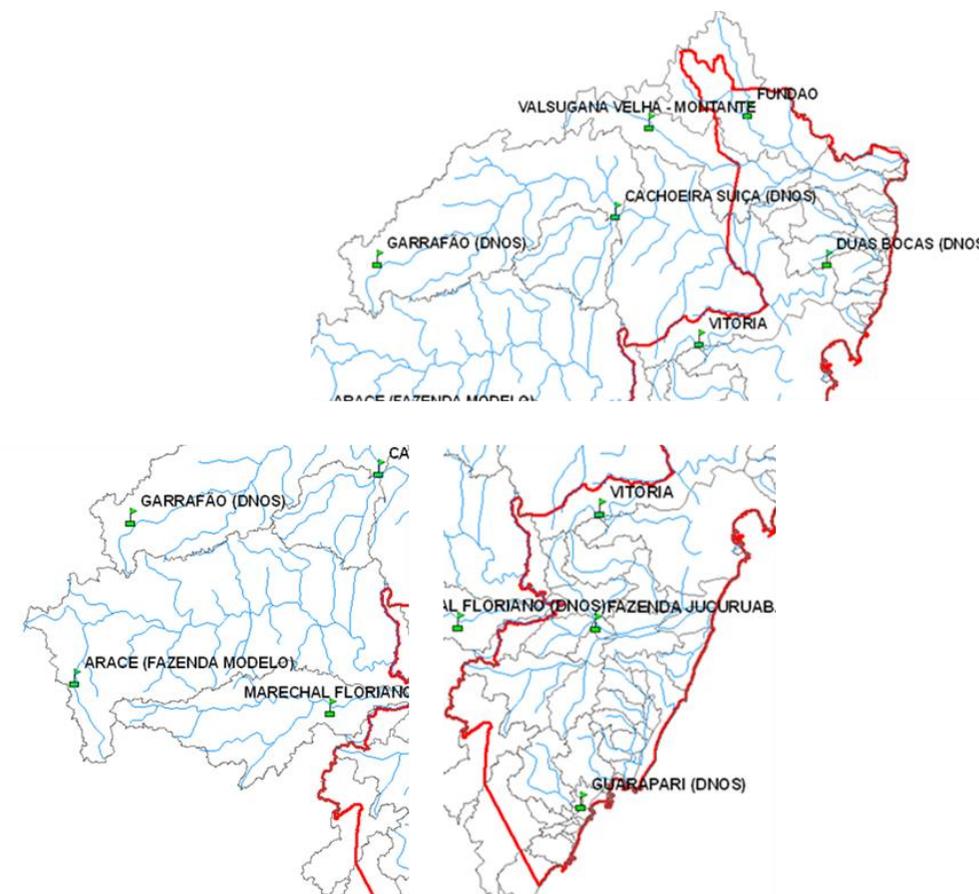
Figura 15. Mapa estações pluviométricas âmbito de estudo



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Estes recortes correspondem a ampliação por partes do mapa de estações anteriormente apresentado.

Figura 16. Recortes do mapa de Estações



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Destes mapas foram selecionadas as estações com maior número de anos com dados completos das séries mais longas registradas, que são as recolhidas na Tabela 03.

Tabela 03. Denominação e características das estações pluviométricas

| NOME                   | CÓDIGO  | ANOS_COMPL | DATA_INIC | DATA_FIN |
|------------------------|---------|------------|-----------|----------|
| VITÓRIA                | 2040014 | 51         | 1952      | 2014     |
| DUAS BOCAS             | 2040035 | 89         | 1925      | 2014     |
| GARRAFÃO               | 2040008 | 51         | 1947      | 2002     |
| CAHOEIRA SUÍÇA         | 2040018 | 53         | 1959      | 2014     |
| ARACE (FAZENDA MODELO) | 2041020 | 50         | 1963      | 2013     |
| MARECHAL FLORIANO      | 2040012 | 63         | 1949      | 2014     |
| FAZENDA JUCURUABA      | 2040001 | 60         | 1951      | 2014     |
| GUARAPARI              | 2040004 | 60         | 1947      | 2013     |

| SÉRIE 1_IR     | SÉRIE2_IR      | ELEVAÇÃO |
|----------------|----------------|----------|
| 1990-2012 (23) | 1953-1965 (13) | 200      |
| 1925-2013 (89) |                | 36.2     |
| 1990-2002 (13) | 1948-1966 (19) | 940      |
| 1960-1988 (29) | 1990-2013 (24) | 0        |
| 1963-1988 (26) | 1990-2013 (24) | 1075     |
| 1950-1988 (39) | 1990-2013 (24) | 0        |
| 1951-1988 (38) | 1991-2012 (22) | 576      |
| 1990-2012 (23) | 1948-1963 (16) | 29       |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

### 3.2.2 Ajustes Estatísticos

Dos dados registrados das estações pluviométricas selecionadas da ANA, foram escolhidas as precipitações máximas mensais para cada ano da série histórica registrada. Esta série contínua de valores de precipitações será utilizada para o posterior ajuste estatístico e cálculo das precipitações máximas diárias em 24 horas para os distintos períodos de retorno.

Sabendo que período de retorno é o tempo esperado ou tempo médio entre duas avenidas com vazões iguais ou superiores a um determinado valor que varia conforme a área de estudo, cidade, país e legislação obrigatória na matéria. Os períodos de retorno selecionados para este estudo de inundações foram de 2, 10, 50, 100 e 500 anos.

De maneira que os períodos de retorno alto são usados para limitar a área ou zona inundável nas planícies de inundação dos mesmos e sabendo que os períodos de retorno baixo são utilizados para determinar limitações das máximas crescidas ordinárias e costumam limitar os usos do solo nas margens dos canais. Assim, neste estudo o período de retorno de 100 anos foi atribuído para limitar as consequências e possíveis medidas de atuação das zonas inundáveis da RMGV.

Os métodos estatísticos com maior aceitação e mais utilizados são o ajuste de Gumbel e ajuste pela função SQRT, que empregam a seguinte formulação. Para comparar e ajustar melhor os resultados, adiciona também a função Pearson tipo III. O ajuste Gumbel é usado para modelar a distribuição do máximo (ou o mínimo), para calcular valores extremos. Por outro lado, a distribuição SQRT originalmente é uma proposta no contexto de precipitações máximas no Japão, para a função que está mais abaixo, em valores positivos de (x) recomendada para avaliar cálculos por sua simplicidade. A distribuição log-Pearson Tipo III, supõe modelizar os dados registrados de chuva em escala logarítmica  $Y = \log X$ , mesmo que existam distintas definições desta distribuição, foi incluído a continuação das mais habituais:

Ajuste de Gumel:  $P(x \leq x_o) = e^{-e^{-\alpha(x-\nu)}}$   $F(x) = \frac{1}{\beta \Gamma(\gamma)} \int_{e^{\alpha}}^x \frac{1}{x} e^{-\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)} \left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} dx$

- onde os parâmetros ajustados são  $\alpha$  e  $\nu$ .
- Ajuste pela função SQRT:  $P(x \leq x_o) = e^{-k(1+\sqrt{\alpha x})e^{-\sqrt{\alpha x}}}$
- onde os parâmetros ajustados são  $\alpha$  e  $K$ .
- Ajuste pela função Pearson tipo III:

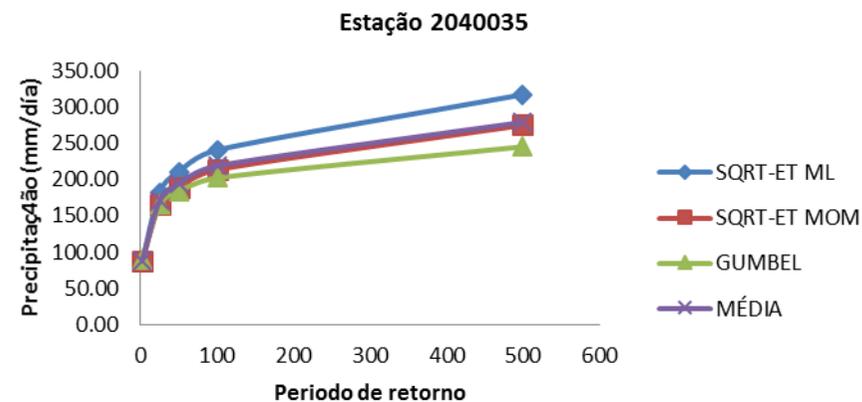
- onde os parâmetros ajustados são  $\beta$  e  $\gamma$ .

A seguir, na Tabela 04 apresenta um resumo dos resultados obtidos dos ajustes, as precipitações máximas diárias em 24 horas em (mm), dos que foram selecionados na coluna média (média ponderada dos resultados obtidos), e que são os seguintes.

Tabela 04. Resultados precipitações máximas diárias 24 horas por estação

| Estação: 2040035   |                             |            |             |        |        |
|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Período de retorno | Probabilidade não excedente | SQRT-ET ML | SQRT-ET MOM | GUMBEL | MÉDIA  |
| 2                  | 0,5                         | 87,09      | 87,37       | 89,27  | 87,91  |
| 25                 | 0,96                        | 182,19     | 166,20      | 164,80 | 171,07 |
| 50                 | 0,98                        | 210,59     | 189,29      | 183,57 | 194,48 |
| 100                | 0,99                        | 240,63     | 213,57      | 202,19 | 218,80 |
| 500                | 0,998                       | 317,06     | 274,84      | 245,22 | 279,04 |

|      |    |             |        |        |        |
|------|----|-------------|--------|--------|--------|
| TEST | DE | CHI2        | 0,022  | 0,1567 | 0,0577 |
| TEST | DE | KOLMOGOROFF | 0,2062 | 0,3916 | 0,249  |



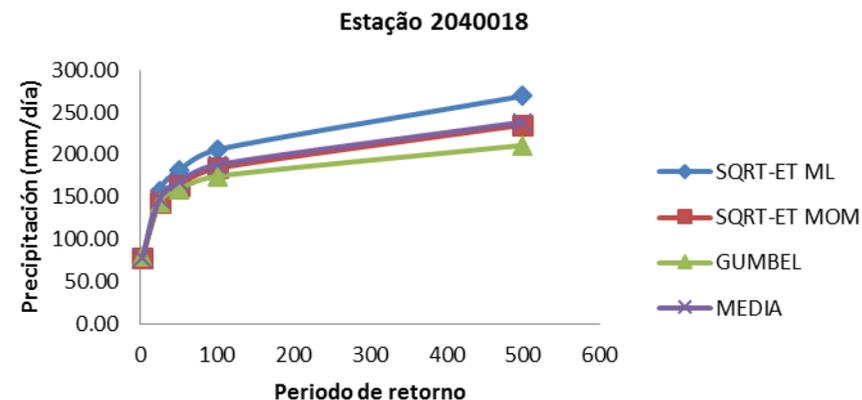
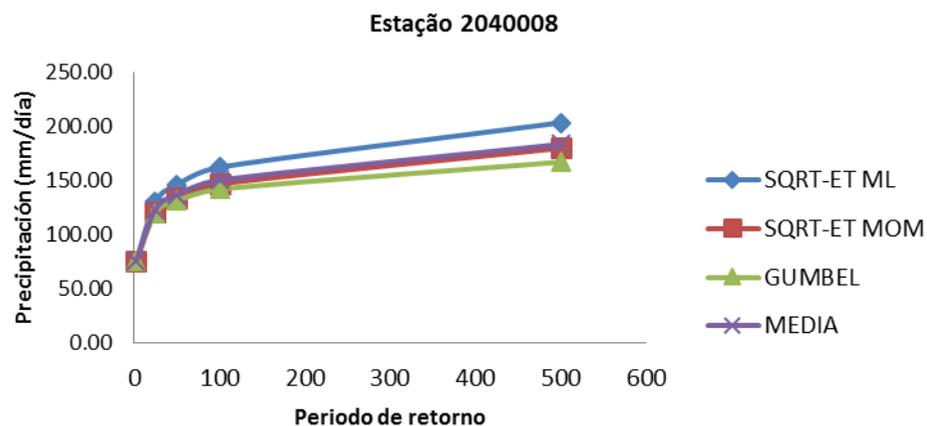
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

| Est: 2040008       |                             |            |             |        |        |
|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Período de retorno | Probabilidade não excedente | SQRT-ET ML | SQRT-ET MOM | GUMBEL | MÉDIA  |
| 2                  | 0,5                         | 75,24      | 75,04       | 76,00  | 75,43  |
| 25                 | 0,96                        | 129,97     | 120,46      | 120,02 | 123,48 |
| 50                 | 0,98                        | 145,67     | 133,28      | 130,95 | 136,63 |
| 100                | 0,99                        | 162,07     | 146,60      | 141,80 | 150,16 |
| 500                | 0,998                       | 203,09     | 179,65      | 166,87 | 183,21 |

| Est: 2040018       |                             |            |             |        |        |
|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Período de retorno | Probabilidade não excedente | SQRT-ET ML | SQRT-ET MOM | GUMBEL | MÉDIA  |
| 2                  | 0,5                         | 77,46      | 77,67       | 79,22  | 78,11  |
| 25                 | 0,96                        | 157,20     | 144,18      | 143,03 | 148,13 |
| 50                 | 0,98                        | 180,86     | 163,55      | 158,88 | 167,76 |
| 100                | 0,99                        | 205,85     | 183,90      | 174,61 | 188,12 |
| 500                | 0,998                       | 269,27     | 235,14      | 210,96 | 238,46 |

TEST DE CHI2 0,0981 0,107 0,0853  
 TEST DE KOLMOGOROFF 0,3327 0,3327 0,3327

TEST DE CHI2 0,1692 0,291 0,0967  
 TEST DE KOLMOGOROFF 0,4545 0,3535 0,2424



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

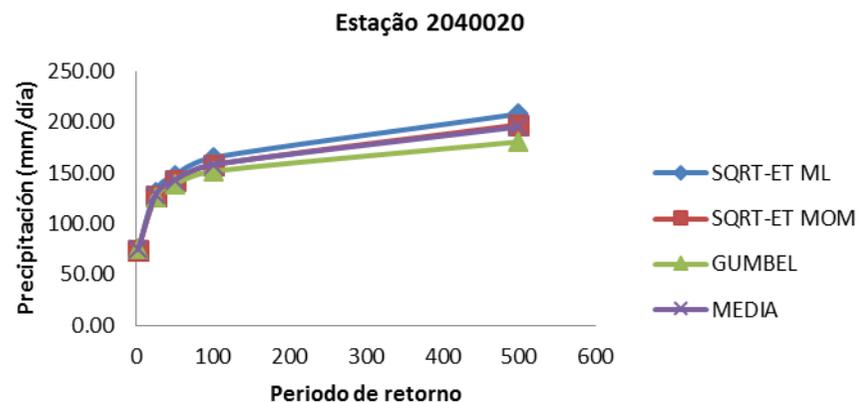
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

| Est: 2041020       |                             |            |             |        |        |
|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Período de retorno | Probabilidade não excedente | SQRT-ET ML | SQRT-ET MOM | GUMBEL | MÉDIA  |
| 2                  | 0,5                         | 74,62      | 74,08       | 75,22  | 74,64  |
| 25                 | 0,96                        | 131,45     | 126,91      | 126,19 | 128,18 |
| 50                 | 0,98                        | 147,83     | 142,03      | 138,85 | 142,90 |
| 100                | 0,99                        | 164,96     | 157,82      | 151,41 | 158,06 |
| 500                | 0,998                       | 207,88     | 197,29      | 180,45 | 195,21 |

| Est: 2040012       |                             |            |             |        |        |
|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Período de retorno | Probabilidade não excedente | SQRT-ET ML | SQRT-ET MOM | GUMBEL | MÉDIA  |
| 2                  | 0,5                         | 79,97      | 79,83       | 81,05  | 80,29  |
| 25                 | 0,96                        | 135,61     | 132,07      | 131,66 | 133,11 |
| 50                 | 0,98                        | 151,51     | 146,91      | 144,22 | 147,55 |
| 100                | 0,99                        | 168,10     | 162,37      | 156,70 | 162,39 |
| 500                | 0,998                       | 209,50     | 200,85      | 185,53 | 198,63 |

|      |    |             |        |        |        |
|------|----|-------------|--------|--------|--------|
| TEST | DE | CHI2        | 0,3101 | 0,3048 | 0,2096 |
| TEST | DE | KOLMOGOROFF | 0,6301 | 0,6301 | 0,5262 |

|      |    |             |        |        |        |
|------|----|-------------|--------|--------|--------|
| TEST | DE | CHI2        | 0,0679 | 0,0418 | 0,1152 |
| TEST | DE | KOLMOGOROFF | 0,2524 | 0,2524 | 0,345  |



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

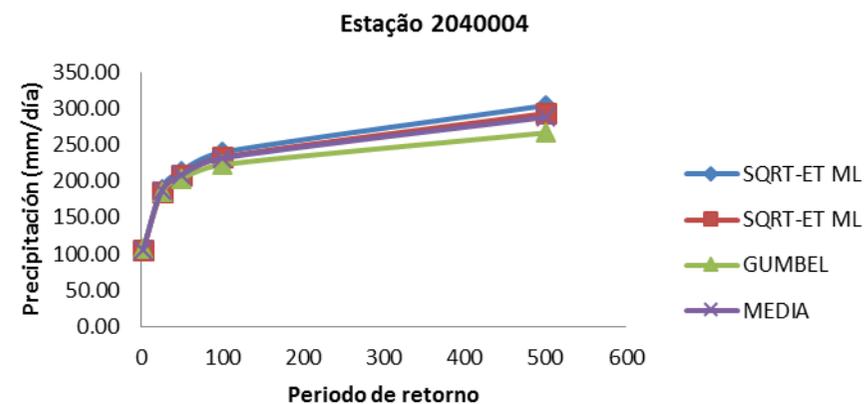
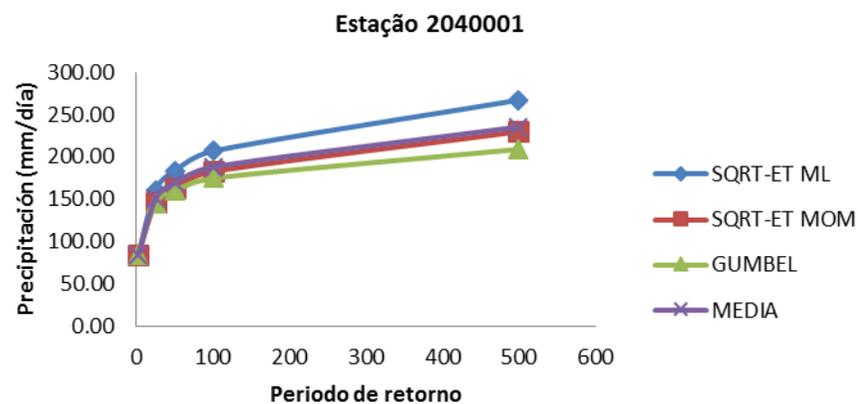
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

| Est: 2040001       |                             |            |             |        |        |
|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Período de retorno | Probabilidade não excedente | SQRT-ET ML | SQRT-ET MOM | GUMBEL | MÉDIA  |
| 2                  | 0,5                         | 83,24      | 83,53       | 84,85  | 83,88  |
| 25                 | 0,96                        | 160,37     | 145,99      | 145,00 | 150,45 |
| 50                 | 0,98                        | 183,02     | 163,95      | 159,94 | 168,97 |
| 100                | 0,99                        | 206,87     | 182,73      | 174,77 | 188,12 |
| 500                | 0,998                       | 267,10     | 229,76      | 209,04 | 235,30 |

| Est: 2040004       |                             |            |             |        |        |
|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Período de retorno | Probabilidade não excedente | SQRT-ET ML | SQRT-ET MOM | GUMBEL | MEDIA  |
| 2                  | 0,5                         | 105,11     | 105,73      | 107,43 | 106,09 |
| 25                 | 0,96                        | 189,55     | 185,70      | 184,41 | 186,55 |
| 50                 | 0,98                        | 214,00     | 208,72      | 203,53 | 208,75 |
| 100                | 0,99                        | 239,63     | 232,80      | 222,50 | 231,64 |
| 500                | 0,998                       | 303,98     | 293,13      | 266,36 | 287,82 |

TEST DE CHI2 0,167 0,5056 0,2654  
 TEST DE KOLMOGOROFF 0,4746 0,5696 0,3366

TEST DE CHI2 0,1714 0,2622 0,158  
 TEST DE KOLMOGOROFF 0,368 0,5213 0,368

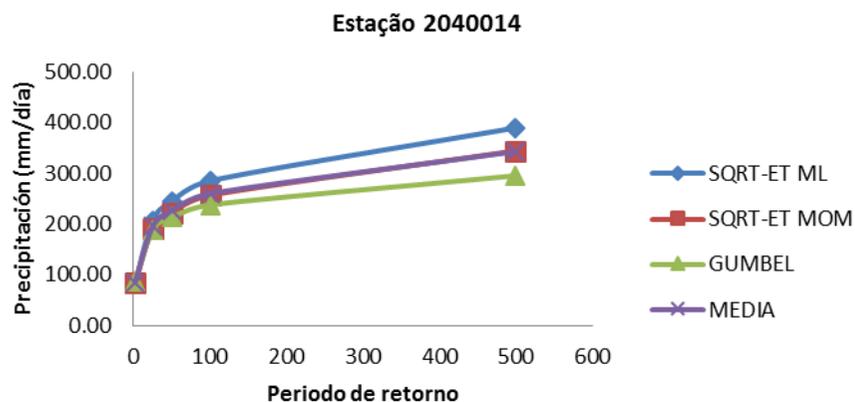


Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

| Est: 2040014       |                             |            |             |        |        |
|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------|--------|
| Período de retorno | Probabilidade não excedente | SQRT-ET ML | SQRT-ET MOM | GUMBEL | MEDIA  |
| 2                  | 0,5                         | 83,41      | 84,15       | 87,15  | 84,90  |
| 25                 | 0,96                        | 206,62     | 190,32      | 187,91 | 194,95 |
| 50                 | 0,98                        | 244,60     | 222,50      | 212,94 | 226,68 |
| 100                | 0,99                        | 285,14     | 256,69      | 237,79 | 259,87 |
| 500                | 0,998                       | 389,58     | 344,20      | 295,20 | 342,99 |

|      |    |             |        |        |        |
|------|----|-------------|--------|--------|--------|
| TEST | DE | CHI2        | 0,0979 | 0,1263 | 0,1103 |
| TEST | DE | KOLMOGOROFF | 0,3833 | 0,3833 | 0,23   |



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPÉ.

Para uma distribuição mais adequada das precipitações, aplica-se o **Método dos Polígonos de Thiessen**. Este método considera que a chuva em qualquer ponto de uma bacia é igual à do pluviômetro ou da estação meteorológica mais próxima. Assim, a medição é mais exata do que a da média aritmética visto que considera os pesos relativos. A precipitação média da bacia é estimada aplicando a seguinte formulação:

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^J A_j P_j$$

Onde:

- J= nº de pluviômetros ou estações meteorológicas.
- A<sub>j</sub> = área da bacia atribuída a cada pluviômetro.
- P<sub>j</sub> = Chuva registrada no pluviômetro j-ésimo.

- A = área da bacia  $\sum_{j=1}^J A_j$

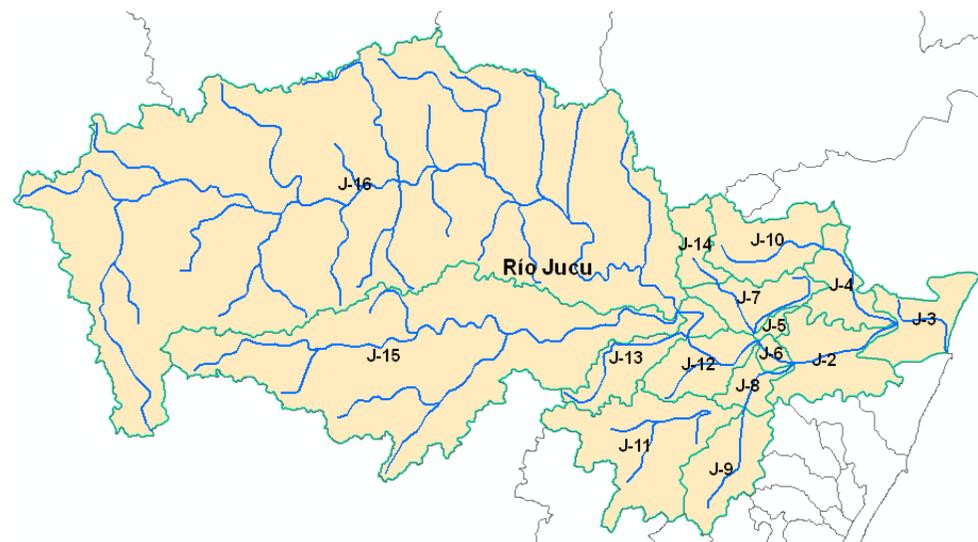
Foi englobado e limitado o contorno máximo da aplicação do método, em um quadrado de influência que engloba a zona de estudo. A triangulação dos polígonos em cor verde e suas áreas de influências respectivas às estações podem ser observados na Figura 17.

Figura 17. Mapa resultante da aplicação do Método dos Polígonos de Thiessen



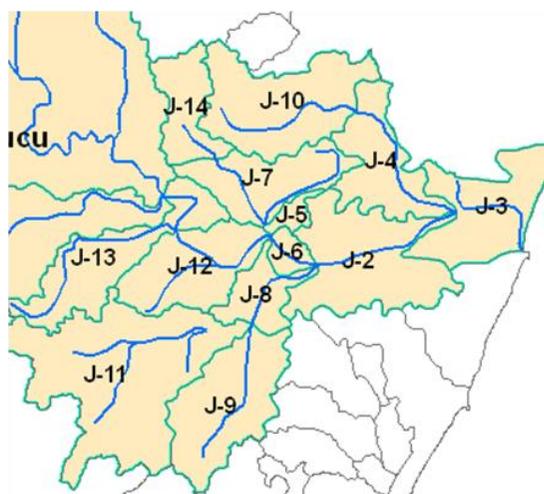
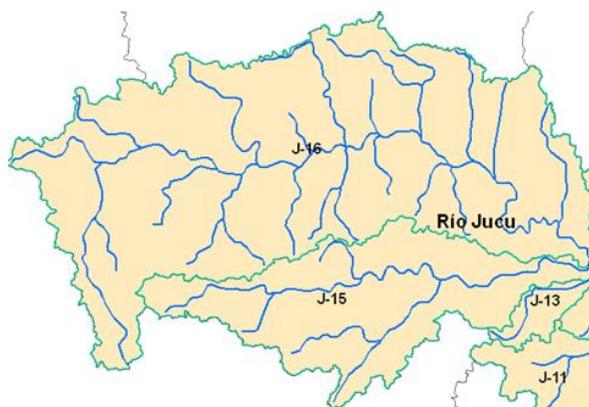
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 18. Identificação das sub-bacias analisadas do Rio Jucu



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 19. Recorte do mapa da sub-bacia do rio Jucu



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Uma vez determinadas as áreas de influência de precipitação, são apresentadas as tabelas com os resultados quantitativos de precipitação máxima diária em 24 horas (mm) para cada sub-bacia no âmbito de estudo, neste caso para todos os rios e canais da Ilha de Vitória.

Na primeira tabela estão as precipitações máximas em 24 horas para as 2 estações pluviométricas com influência direta sobre as sub-bacias estudadas, ajustadas segundo a metodologia anteriormente citada. Na segunda tabela estão os pesos aplicados, por superfície afetada, por cada sub-bacia em cada uma das estações.

Finalmente, na última tabela os resultados mostram os dados das precipitações associadas a cada bacia ou canal, para cada um dos períodos de retorno do estudo, levando em conta que a chuva foi ponderada em função da área de influência afetada por cada uma das bacias.

Tabela 05. Seleção das precipitações de desenho de Vitória

| Período de retorno | ARACE (FAZENDA MODELO) - 2041020 | GARRAFÃO (DNOS) - 2040008 | CACHOEIRA SUÍÇA (DNOS) - 2040018 | MARECHAL FLORIANO (DNOS) - 2040012 | VITÓRIA - 2040014 | FAZENDA JUCURUABA - 2040001 | GUARAPARI (DNOS) - 2040004 |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
| T 2                | 74,64                            | 75,43                     | 78,11                            | 80,29                              | 84,90             | 83,88                       | 106,09                     |
| T 25               | 128,18                           | 123,48                    | 148,13                           | 133,11                             | 194,95            | 150,45                      | 186,55                     |
| T 50               | 142,90                           | 136,63                    | 167,76                           | 147,55                             | 226,68            | 168,97                      | 208,75                     |
| T 100              | 158,06                           | 150,16                    | 188,12                           | 162,39                             | 259,87            | 188,12                      | 231,64                     |
| T 500              | 195,21                           | 183,21                    | 238,46                           | 198,63                             | 342,99            | 235,30                      | 287,82                     |

| PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS (Pd) mm EM 24 HORAS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO (anos) |       |        |        |        |        |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|
| BACIA  | T 2   | T 25   | T 50   | T 100  | T 500  |
| 2  | 83,88 | 150,45 | 168,97 | 188,12 | 235,30 |
| 3  | 83,88 | 150,45 | 168,97 | 188,12 | 235,30 |
| 4  | 84,04 | 157,49 | 178,10 | 199,47 | 252,33 |
| 5  | 83,88 | 150,45 | 168,97 | 188,12 | 235,30 |
| 6  | 83,88 | 150,45 | 168,97 | 188,12 | 235,30 |
| 7  | 83,88 | 150,45 | 168,97 | 188,12 | 235,30 |
| 8  | 83,88 | 150,45 | 168,97 | 188,12 | 235,30 |
| 9  | 89,79 | 160,07 | 179,57 | 199,72 | 249,29 |
| 10   | 84,56 | 180,05 | 207,35 | 235,84 | 306,93 |
| 11   | 85,56 | 147,77 | 164,93 | 182,62 | 226,02 |
| 12   | 83,81 | 150,12 | 168,56 | 187,63 | 234,60 |
| 13   | 81,58 | 139,39 | 155,30 | 171,70 | 211,90 |

| PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS (Pd) mm EM 24 HORAS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO (anos) |       |        |        |        |        |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|
| BACIA  | T 2   | T 25   | T 50   | T 100  | T 500  |
| 14   | 84,45 | 175,18 | 201,04 | 228,00 | 295,15 |

| PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS (Pd) mm EM 24 HORAS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO (anos) |              |               |               |               |               |
|--|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| BACIA  | T 2          | T 25          | T 50          | T 100         | T 500         |
| 15   | 79,37        | 132,53        | 147,07        | 162,03        | 198,59        |
| 16   | 77,45        | 133,35        | 148,76        | 164,67        | 203,68        |
| <b>TOTAL</b>   | <b>79,74</b> | <b>138,89</b> | <b>155,24</b> | <b>172,13</b> | <b>213,60</b> |

| PESOS DE CADA ESTAÇÃO KM2 |                 |                                  |                           |                                  |                                    |                   |                             |                            |
|---------------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
| BACIA                     | SUPERFÍCIE KM2  | ARACE (FAZENDA MODELO) - 2041020 | GARRAFÃO (DNOS) - 2040008 | CACHOEIRA SUÍÇA (DNOS) - 2040018 | MARECHAL FLORIANO (DNOS) - 2040012 | VITÓRIA - 2040014 | FAZENDA JUCURUABA - 2040001 | GUARAPARI (DNOS) - 2040004 |
| 2                         | 63,92           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 0,00              | 63,92                       | 0,00                       |
| 3                         | 47,50           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 0,00              | 47,50                       | 0,00                       |
| 4                         | 38,46           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 6,08              | 32,37                       | 0,00                       |
| 5                         | 5,31            | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 0,00              | 5,31                        | 0,00                       |
| 6                         | 7,21            | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 0,00              | 7,21                        | 0,00                       |
| 7                         | 37,27           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 0,00              | 37,27                       | 0,00                       |
| 8                         | 19,28           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 0,00              | 19,28                       | 0,00                       |
| 9                         | 53,78           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 0,00              | 39,45                       | 14,33                      |
| 10                        | 60,41           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 40,18             | 20,23                       | 0,00                       |
| 11                        | 110,82          | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 52,10                              | 0,00              | 41,91                       | 16,80                      |
| 12                        | 43,15           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,82                               | 0,00              | 42,32                       | 0,00                       |
| 13                        | 47,22           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 30,13                              | 0,00              | 17,09                       | 0,00                       |
| 14                        | 25,39           | 0,00                             | 0,00                      | 0,00                             | 0,00                               | 14,11             | 11,28                       | 0,00                       |
| 15                        | 389,17          | 66,44                            | 0,00                      | 0,00                             | 316,97                             | 0,00              | 5,76                        | 0,00                       |
| 16                        | 1.149,47        | 384,98                           | 253,26                    | 72,64                            | 369,74                             | 52,16             | 16,68                       | 0,00                       |
| <b>TOTAL</b>              | <b>2.098,35</b> | <b>451,42</b>                    | <b>253,26</b>             | <b>72,64</b>                     | <b>769,77</b>                      | <b>112,53</b>     | <b>407,59</b>               | <b>31,13</b>               |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPÉ

### 3.2.3 Distribuição temporal da chuva

Para uma distribuição adequada da chuva necessitamos da relação intensidade-duração do evento. Em um âmbito tão amplo considerado para este estudo, não é fácil ajustar esta relação, tendo sido tomado como base partida a Tabela 06 que contém as relações obtidas da chuva com durações inferiores a 24 horas para todo o Brasil, aferida pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), companhia de referência no setor que promove e supervisiona a aplicação de políticas ambientais e desenvolvimento sustentável garantindo a melhora contínua de qualidade do meio ambiente.

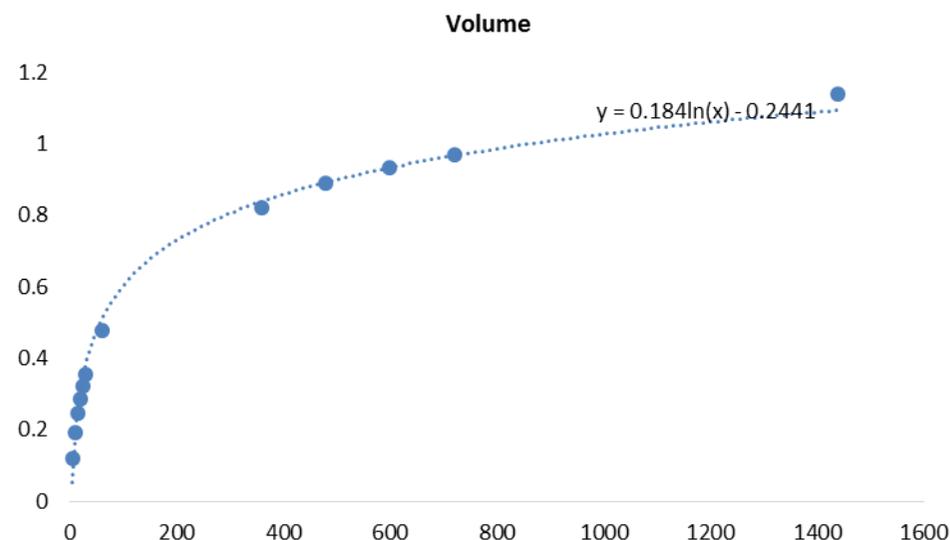
Tabela 06. Relação intensidade-duração Brasil

| RELAÇÃO                        | BRASIL | ESTADOS UNIDOS | ESTADOS UNIDOS |
|--------------------------------|--------|----------------|----------------|
|                                |        | U.S.W. Bureau  | Denver         |
| 5min/30min                     | 0,34   | 0,37           | 0,42           |
| 10min/30min                    | 0,54   | 0,57           | 0,63           |
| 15min/30min                    | 0,7    | 0,72           | 0,75           |
| 20min/30min                    | 0,81   |                | 0,84           |
| 25min/30min                    | 0,91   |                | 0,92           |
| 30min/1h                       | 0,74   | 0,79           |                |
| 1h/24h                         | 0,42   |                |                |
| 6h/24h                         | 0,72   |                |                |
| 8h/24h                         | 0,78   |                |                |
| 10h/24h                        | 0,82   |                |                |
| 12h/24h                        | 0,85   |                |                |
| 24h/1 dia                      | 1,14*  | 1,13           |                |
| 24h/1 dia                      | 1,10** |                |                |
| * valor da cidade de São Paulo |        |                |                |
| ** Taborga (1974)              |        |                |                |

Fonte: CETESB, 1979.

Com estas relações intensidade-duração elaborou-se uma equação logarítmica capaz de relacionar qualquer duração de chuva em um período de 24 horas, como mostra a Figura 20. O eixo horizontal representa a duração da chuva em minutos e o eixo vertical representa a relação entre o volume de chuva para esta duração e o volume acumulado durante um dia de chuva.

Figura 20. Curva logarítmica de intensidade-duração Brasil



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Posteriormente, tendo em consideração a curva logarítmica obtida foram calculados os modelos implementados no HMS para o Rio Jucu, bem como os hietogramas de desenho para todos os períodos de retorno de estudo. Abaixo está um exemplo gráfico da distribuição de uma chuva não uniforme pelo método dos blocos alternados, para o período de retorno de 500 anos, para uma hipótese duração de aguaceiro de 36 horas (ver parte Modelo HMS, Propagação do Hidrograma).

Tabela 07. Cálculo do hietograma de Projeto

| Dados de partida |        |      |
|------------------|--------|------|
| Tr               | 500    | anos |
| Pd               | 213,60 | mm/h |

| Tempo (min) | Curva de possibilidade pluviométrica |        | Chuva total |                 |
|-------------|--------------------------------------|--------|-------------|-----------------|
|             | I (mm/h)                             | P (mm) | I (mm)      | Hietograma (mm) |
| 30          | 163,07                               | 81,53  | 81,53       | 0,5497          |
| 60          | 108,78                               | 108,78 | 27,24       | 0,5655          |
| 90          | 83,14                                | 124,71 | 15,94       | 0,5823          |
| 120         | 68,01                                | 136,02 | 11,31       | 0,6000          |
| 150         | 57,92                                | 144,79 | 8,77        | 0,6189          |
| 180         | 50,65                                | 151,95 | 7,17        | 0,6391          |
| 210         | 45,15                                | 158,01 | 6,06        | 0,6606          |
| 240         | 40,82                                | 163,26 | 5,25        | 0,6835          |
| 270         | 37,31                                | 167,89 | 4,63        | 0,7082          |
| 300         | 34,41                                | 172,03 | 4,14        | 0,7346          |
| 330         | 31,96                                | 175,78 | 3,75        | 0,7632          |
| 360         | 29,87                                | 179,20 | 3,42        | 0,7940          |
| 390         | 28,05                                | 182,34 | 3,15        | 0,8274          |
| 420         | 26,47                                | 185,26 | 2,91        | 0,8638          |
| 450         | 25,06                                | 187,97 | 2,71        | 0,9035          |
| 480         | 23,81                                | 190,50 | 2,54        | 0,9471          |
| 510         | 22,69                                | 192,89 | 2,38        | 0,9950          |
| 540         | 21,68                                | 195,13 | 2,25        | 1,0481          |
| 570         | 20,76                                | 197,26 | 2,12        | 1,1072          |

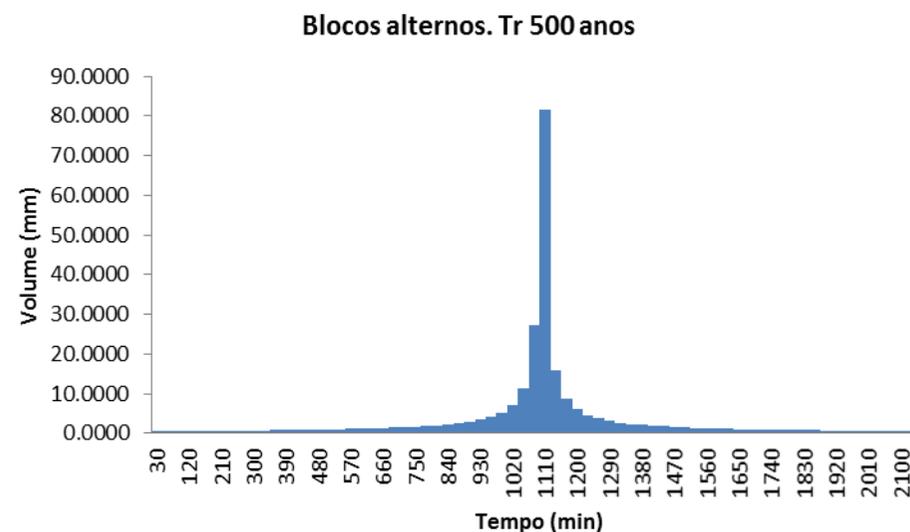
| Tempo (min) | Curva de possibilidade pluviométrica |        | Chuva total |                 |
|-------------|--------------------------------------|--------|-------------|-----------------|
|             | I (mm/h)                             | P (mm) | I (mm)      | Hietograma (mm) |
| 600         | 19,93                                | 199,27 | 2,02        | 1,1733          |
| 630         | 19,16                                | 201,19 | 1,92        | 1,2478          |
| 660         | 18,46                                | 203,02 | 1,83        | 1,3324          |
| 690         | 17,81                                | 204,77 | 1,75        | 1,4293          |
| 720         | 17,20                                | 206,44 | 1,67        | 1,5415          |
| 750         | 16,64                                | 208,04 | 1,60        | 1,6727          |
| 780         | 16,12                                | 209,59 | 1,54        | 1,8283          |
| 810         | 15,63                                | 211,07 | 1,48        | 2,0159          |
| 840         | 15,18                                | 212,50 | 1,43        | 2,2464          |
| 870         | 14,75                                | 213,88 | 1,38        | 2,5365          |
| 900         | 14,35                                | 215,21 | 1,33        | 2,9126          |
| 930         | 13,97                                | 216,50 | 1,29        | 3,4197          |
| 960         | 13,61                                | 217,75 | 1,25        | 4,1409          |
| 990         | 13,27                                | 218,96 | 1,21        | 5,2481          |
| 1020        | 12,95                                | 220,13 | 1,17        | 7,1656          |
| 1050        | 12,64                                | 221,27 | 1,14        | 11,3065         |
| 1080        | 12,35                                | 222,37 | 1,11        | 27,2422         |
| 1110        | 12,08                                | 223,45 | 1,08        | 81,5350         |
| 1140        | 11,82                                | 224,50 | 1,05        | 15,9357         |
| 1170        | 11,57                                | 225,52 | 1,02        | 8,7700          |
| 1200        | 11,33                                | 226,52 | 1,00        | 6,0585          |
| 1230        | 11,10                                | 227,49 | 0,97        | 4,6291          |

| Tempo (min) | Curva de possibilidade pluviométrica |        | Chuva total |                 |
|-------------|--------------------------------------|--------|-------------|-----------------|
|             | I (mm/h)                             | P (mm) | I (mm)      | Hietograma (mm) |
| 1260        | 10,88                                | 228,43 | 0,95        | 3,7459          |
| 1290        | 10,67                                | 229,36 | 0,92        | 3,1459          |
| 1320        | 10,47                                | 230,26 | 0,90        | 2,7116          |
| 1350        | 10,27                                | 231,14 | 0,88        | 2,3827          |
| 1380        | 10,09                                | 232,01 | 0,86        | 2,1250          |
| 1410        | 9,91                                 | 232,85 | 0,85        | 1,9176          |
| 1440        | 9,74                                 | 233,68 | 0,83        | 1,7471          |
| 1470        | 9,57                                 | 234,49 | 0,81        | 1,6044          |
| 1500        | 9,41                                 | 235,29 | 0,79        | 1,4833          |
| 1530        | 9,26                                 | 236,06 | 0,78        | 1,3792          |
| 1560        | 9,11                                 | 236,83 | 0,76        | 1,2887          |
| 1590        | 8,97                                 | 237,58 | 0,75        | 1,2094          |
| 1620        | 8,83                                 | 238,31 | 0,73        | 1,1393          |
| 1650        | 8,69                                 | 239,03 | 0,72        | 1,0768          |
| 1680        | 8,56                                 | 239,74 | 0,71        | 1,0209          |
| 1710        | 8,44                                 | 240,44 | 0,70        | 0,9705          |
| 1740        | 8,31                                 | 241,12 | 0,68        | 0,9248          |
| 1770        | 8,20                                 | 241,79 | 0,67        | 0,8832          |
| 1800        | 8,08                                 | 242,45 | 0,66        | 0,8452          |
| 1830        | 7,97                                 | 243,10 | 0,65        | 0,8104          |
| 1860        | 7,86                                 | 243,74 | 0,64        | 0,7783          |
| 1890        | 7,76                                 | 244,37 | 0,63        | 0,7486          |
| 1920        | 7,66                                 | 244,99 | 0,62        | 0,7212          |
| 1950        | 7,56                                 | 245,60 | 0,61        | 0,6956          |

| Tempo (min) | Curva de possibilidade pluviométrica |        | Chuva total |                 |
|-------------|--------------------------------------|--------|-------------|-----------------|
|             | I (mm/h)                             | P (mm) | I (mm)      | Hietograma (mm) |
| 1980        | 7,46                                 | 246,20 | 0,60        | 0,6718          |
| 2010        | 7,37                                 | 246,79 | 0,59        | 0,6496          |
| 2040        | 7,28                                 | 247,37 | 0,58        | 0,6288          |
| 2070        | 7,19                                 | 247,94 | 0,57        | 0,6093          |
| 2100        | 7,10                                 | 248,51 | 0,57        | 0,5910          |
| 2130        | 7,02                                 | 249,07 | 0,56        | 0,5738          |
| 2160        | 6,93                                 | 249,62 | 0,55        | 0,5575          |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 21. Distribuição gráfica do método de blocos alternos



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 3.2.4 Método de Abstração

Esta metodologia pretende obter a chuva eficaz, ou seja, estimar a parte da precipitação total que realmente contribui para a geração de vazões, a partir dos seguintes fenômenos:

- **Interceptação:** parte da precipitação que é “retida” pela vegetação antes que alcance o solo, retornando para a atmosfera como evaporação.
- **Retenção:** parte da precipitação que se deposita em pequenas fissuras do terreno em forma de poças que não contribuem para o escoamento superficial até que não encham por completo e transbordam.
- **Infiltração:** parte da chuva passa para camadas de solo superficiais nas que ficam armazenadas até que supera a capacidade de retenção de água das partículas, momento, que produz uma drenagem vertical em aquíferos profundos, e horizontal, que devolve a água aos canais através do terreno, constituindo o “interfluxo”, que tem um considerável atraso sobre as vazões principais.

Os fenômenos de interceptação e retenção têm uma incidência fundamental no começo da tormenta, constituindo a denominada “abstração ou perda inicial”, enquanto que o da infiltração tem uma importância decrescente com o tempo, mas influencia durante todo o desenvolvimento temporal da chuva.

Para ter em conta este conjunto de fenômenos foi empregada a metodologia proposta pelo Soil Conservation Service dos Estados Unidos (S.C.S), cuja vantagem fundamental está na grande quantidade de experiência existente em sua aplicação.

Esta metodologia determina a possibilidade de estabelecer os parâmetros considerados no método a partir de tabelas publicadas que incorporam uma grande quantidade de resultados diretos de ensaios reais. Portanto, as perdas por interceptação e infiltração são calculadas mediante o método do número de curva do S.C.S que baseado na experimentação e experiência desenvolveu uma classificação dos solos em função de sua cobertura vegetal, do uso a que se destinam e das condições de umidade prévias (% Impermeável), além disto se relacionou o tipo de solo com um número de curva. As perdas de precipitação, neste método, permitem calcular alguns valores de CN (número de curva) e IA (capacidade inicial de umidade armazenada pelo solo em mm). As fórmulas desta metodologia são:

$$Q = \frac{(P - IA)^2}{P - IA + S}$$

Sendo:

Q = Excesso de precipitações ou escoamento direto acumulado (mm)

P = Precipitação total acumulada (mm)

S = Déficit de armazenamento de umidade (mm)

Em função do número de curva tem que:

$$S = \frac{(25400 - 254CN)}{CN}$$

Como valor de IA considera IA = 0,2 \* S

A seguir é apresentado o mapa de cultivos das sub-bacias, em função dos diferentes grupos de solos considerados e dos números de curva adotados para os mesmos, determinando o número de curva do meio para cada uma das sub-bacias analisadas, além de também apresentar os quadros correspondentes, apontando inclusive o estado antecedente de umidade II.

As tabelas foram elaboradas a fim de se obter o CN segundo os seguintes aspectos:

- a) Condições de umidade antecedente, com chuva anterior de 5 a 30 dias.
  - Condição AMC(I): Solo seco. Não aplicável ao escopo deste projeto. Vazões baixas.
  - Condição AMC(II): Solo médio. Associado a crescidas anuais ou médias.
  - Condição AMC(III): Solo úmido. Crescidas máximas. Vazões altas.
- b) Tipo de terreno: refere ao uso do solo, a cobertura vegetal e as práticas de cultivo.
  - Pouca densidade de vegetação: Condição que conduz a maiores valores de CN e maiores valores de escoamento.
  - Alta densidade de vegetação: Condição que conduz a menores valores de CN e menores valores de escoamento.

c) Condições hidrológicas dos solos. Existe uma classificação segundo as condições hidrológicas dos solos que resume na seguinte tabela.

- Grupo A: Areia profunda, solos profundos depositados pelo vento, lodos e agregados.
- Grupo B: Solos pouco profundos depositados pelo vento, barro arenoso.
- Grupo C: Barro argiloso, barro arenoso pouco profundo, solos com alto teor de argila.
- Grupo D: Solos expansivos, argilas altamente plásticas.

Tabela 08. Classificação das condições hidrológicas dos solos segundo seu tipo. Fonte: Chow, 1994

| Grupo | Infiltração | CN          | Q           | Tipo de solo |
|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| A     | Alta        | Muito baixo | Muito baixo | Areia        |
| B     | Moderada    | Baixo       | Baixo       | +Areia       |
|       |             |             |             | - Argila     |
| C     | Lenta       | Alto        | Alto        | -Areia       |
|       |             |             |             | + Argila     |
| D     | Muito lenta | Muito alto  | Muito alto  | Argila       |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Tabela 09. CN em função do solo e do grupo hidrológico do solo (SCS)

| Descrição do uso da terra      | Grupo hidrológico do solo |    |    |    |
|--------------------------------|---------------------------|----|----|----|
|                                | A                         | B  | C  | D  |
| <b>Gramados</b>                |                           |    |    |    |
| Terra cultivada                |                           |    |    |    |
| Sem tratamentos de conservação | 72                        | 81 | 88 | 91 |

| Descrição do uso da terra                                   | Grupo hidrológico do solo |    |    |    |
|---|---------------------------|----|----|----|
|   | A                         | B  | C  | D  |
| <b>Gramados</b>   |                           |    |    |    |
| Com tratamentos de conservação                              | 62                        | 71 | 78 | 81 |
| Cobertura pobre, sem ervas                                  | 45                        | 66 | 77 | 83 |
| Cobertura boa   | 25                        | 55 | 70 | 77 |
| Áreas abertas, gramado, parques, campos de golf, cemitérios |                           |    |    |    |
| Condições ótimas: 75% de pasto o mais                       |                           |    |    |    |
| Condições aceitáveis: 50-75% de pasto                       | 39                        | 61 | 74 | 80 |
| Áreas comerciais (85% impermeáveis)                         | 89                        | 92 | 94 | 95 |
| Distritos industriais (72% impermeáveis)                    | 81                        | 88 | 91 | 93 |
| <b>Residencial</b>  |                           |    |    |    |
| Tamanho   | % impermeável             |    |    |    |
| 1/8 acre  | 65                        | 77 | 85 | 90 |
| 1/4 acre  | 38                        | 61 | 75 | 83 |
| 1/3 acre  | 30                        | 57 | 72 | 81 |
| 1/2 acre  | 25                        | 54 | 70 | 80 |
| 1 acre  | 20                        | 51 | 68 | 79 |
| Estacionamentos pavimentados, telhados                      | 98                        | 98 | 98 | 98 |
| <b>Ruas e Rodovias</b>                                      |                           |    |    |    |
| Pavimentos com sarjeta e saneamento básico                  | 98                        | 98 | 98 | 98 |

| Descrição do uso da terra | Grupo hidrológico do solo |    |    |    |
|---------------------------|---------------------------|----|----|----|
|                           | A                         | B  | C  | D  |
| <b>Gramados</b>           |                           |    |    |    |
| Cascalho                  | 76                        | 85 | 89 | 91 |
| Terra                     | 72                        | 82 | 87 | 89 |

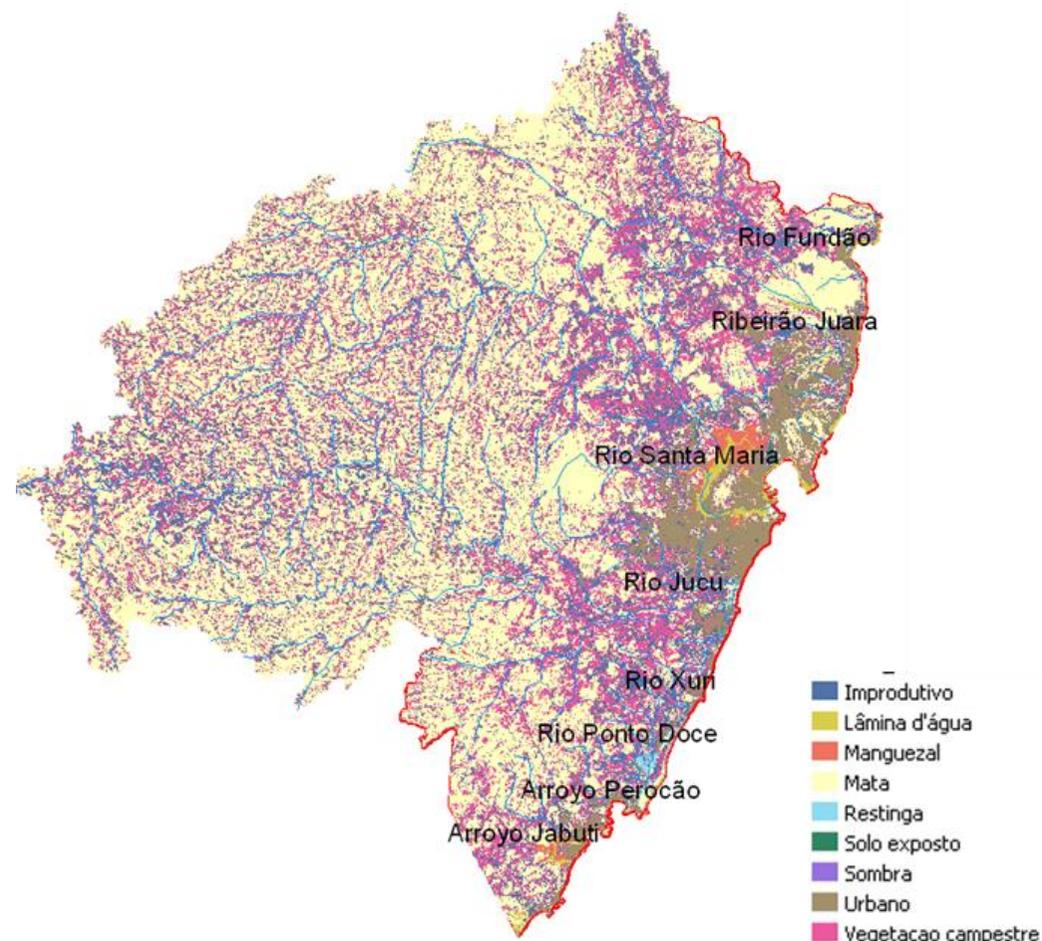
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Posteriormente estas condições de umidade II ou normais, passaram para condições de umidade péssimas e conservadoras, condições de umidade III ou úmidas.

Esta mudança a respeito das condições de umidade será realizada mediante a seguinte formulação deduzida pelo SCS:

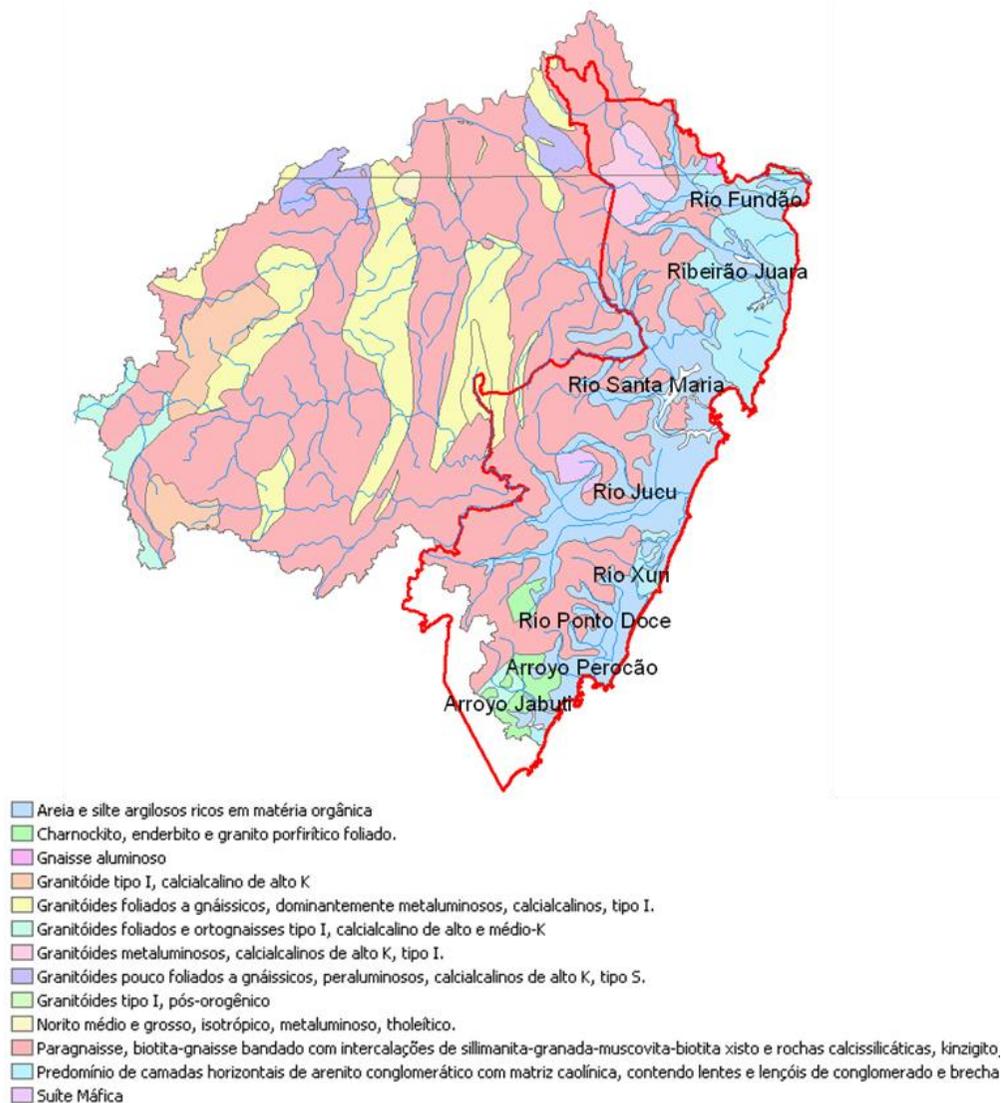
$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Figura 22. Mapa de cultivos considerados



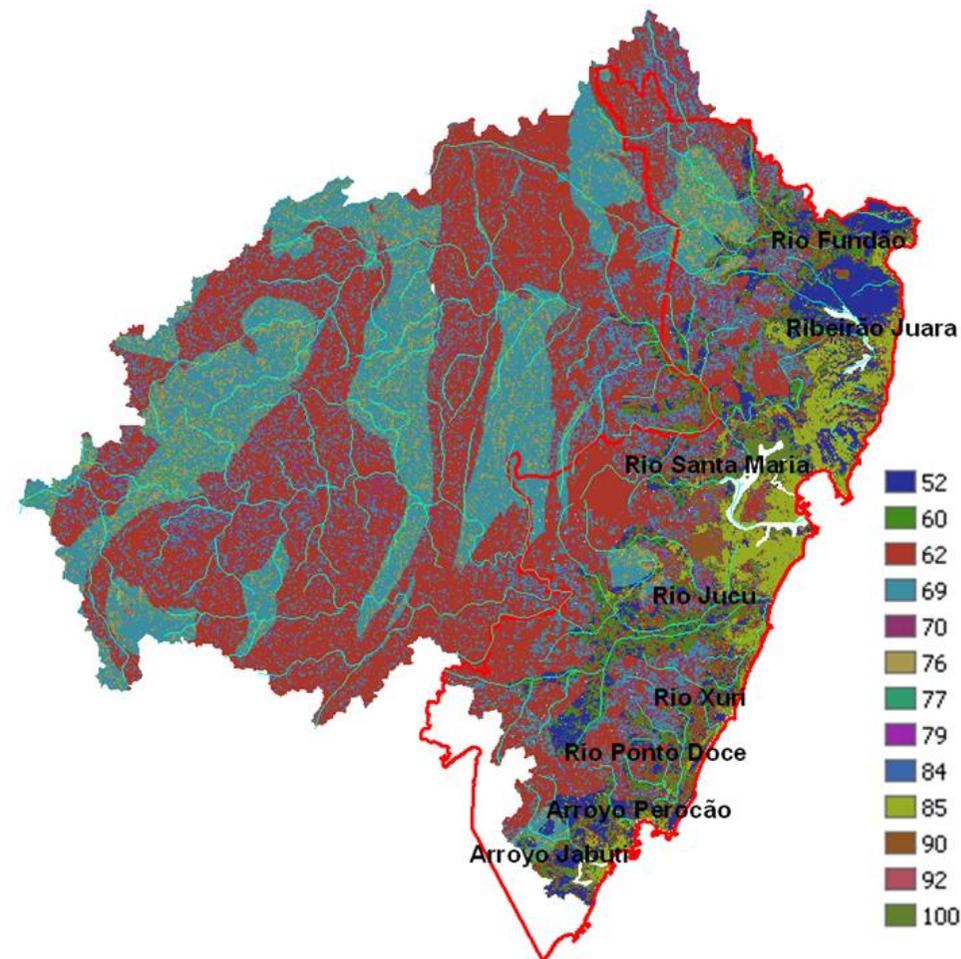
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 23. Mapa de solos considerados



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

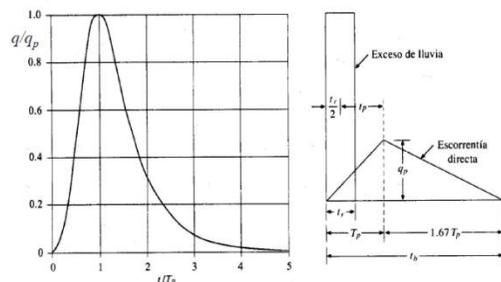
Figura 24. Mapa do CN para cada sub-bacia



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 3.2.5 Hidrograma Unitário S.C.S., Transformação chuva-Escoamento

O diagrama adimensional do SCS, é um hidrograma unitário sintético no qual expressam as vazões em função da vazão pico,  $q_p$  e os tempos em função do tempo pico,  $T_p$ .



Do que podemos deduzir mediante fórmulas empíricas que:

$$T_p = \frac{tr}{2} + 0.6 \cdot T_c$$

Onde ( $tr$ ) é a duração da chuva efetiva e ( $T_c$ ) é o tempo de concentração da bacia.

O tempo de concentração (hrs) determinado para chegar ao ponto final de desagüe da sub-bacia foi calculado tendo em conta diferentes metodologias e adotando como resultado a média ponderada dos resultados calculados. A seguir é apresentado como exemplo, o resultado estimado do ( $T_c$ ) com diferentes métodos de cálculo para a bacia do Rio Jucu:

Com esta teoria acompanhada do método de abstração será obtido um hidrograma de saída para cada sub-bacia, mediante a aplicação do software HMS, nos pontos de estudos necessários que foram considerados para tal caso.

Figura 25.  $T_c$  bacia Rio Jucu

|                     |  |            |            |        |
|---------------------|--|------------|------------|--------|
| Kirpich             | $t_c(\min) = 3.989 \times L^{0.77} \times S^{-0.385} =$                        | 1022,74928 | Em horas = | 17,05  |
| Caifornia Culverts: | $t_c(\min) = 57 \times L^{1.155} \times H^{-0.385} =$                          | 1022,77476 | Em horas = | 17,05  |
| Dooge               | $t_c(\min) = 21.88 \times A^{0.41} \times S^{-0.17} =$                         | 1122,09495 | Em horas = | 18,70  |
| SCS "Lag Formula":  | $t_c(\min) = 3.42 \times L^{0.8} \times [(1000/CN) - 9]^{0.7} \times S^{-0.5}$ | 6135,9759  | Em horas = | 102,27 |
| Metodo racional:    | $t_c(\min) = 0.3 \times [(L/J^{0.25})^{0.76}] \times 60$                       | 1767,58908 | Em horas = | 29,46  |

Onde :  
 L= Longitude em Km  
 H = diferença de cotas (Cota max- Cota min)  
 A= Área Km<sup>2</sup>  
 S= Inclinação (m/m)

**Média Ponderada**      **21,74**

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 3.2.6 Modelo HMS, Propagação do Hidrograma

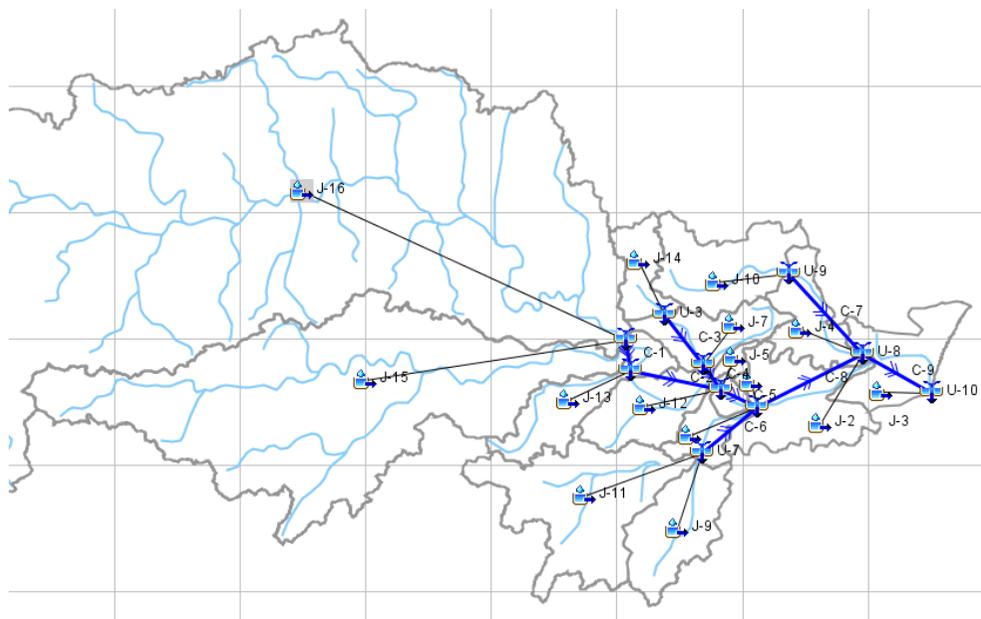
O software HMS, (Flood Hydrograph Package) desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center dos U.S. Army Corps of Engineers, é uma ferramenta de ajuda para o cálculo, em que determina hidrogramas de saída nos pontos de estudo ou os pontos de união determinados sobre o canal. Este software é baseado na aplicação do modelo matemático de transformação chuva-escoamento-propagação.

O modelo está desenhado, em geral, para simular a resposta de uma bacia complexa a precipitação, representando como um sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos; um componente pode ser uma sub-bacia, um trecho de rio, um reservatório, etc. O resultado do processo de simulação é o cálculo do hidrograma de avenida nos pontos desejados.

No caso do rio Jucu, foram identificadas 16 sub-bacias (J-1 a J-16) e nove interconexões (C-1 a C-9) para a propagação de vazões entre sub-bacias. Também foram identificados dez pontos de união, de controle ou de estudo (U-1 ao U10). A partir daí foi possível desenhar o hidrograma de saída.

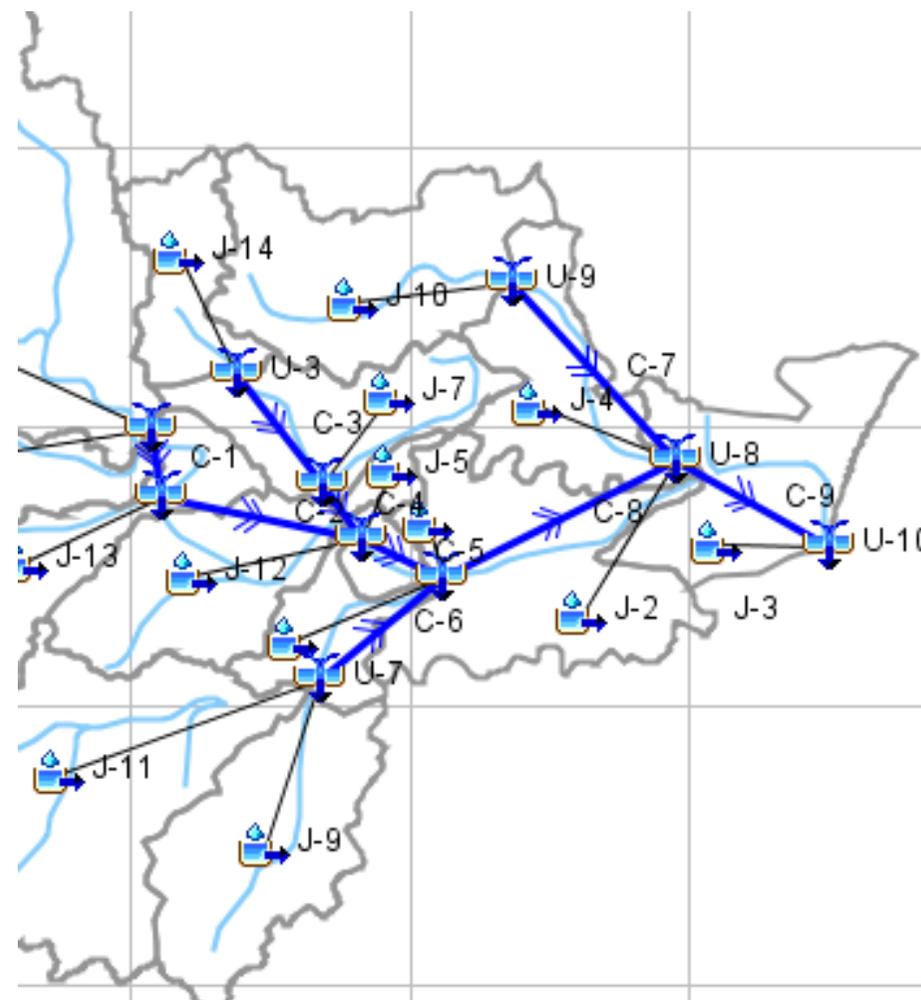
As características de todos estes elementos necessários como dados de partida para o modelo, inclui a continuação na Tabela 10 e sua distribuição espacial na Figura 26 e posterior ampliação.

Figura 26. Mapa do modelo em HMS



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 27. Aproximação ao mapa do modelo em HMS



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

A transformação do excesso de precipitação em escoamento e, portanto, de vazões a saída da bacia, foi realizado mediante ao Método do hidrograma unitário do SCS, que considera o transporte do hidrograma mediante ao método de Muskingum.

O hidrograma unitário é característico da sub-bacia considerada e não depende da tormenta, podendo ser linearmente superpostos os escoamentos devidos a diferentes períodos de precipitação. O método do hidrograma unitário do SCS requer um parâmetro para o cálculo:

- O tempo de retardo da sub-bacia (t-lag), ver tabela 08.
  - $t\text{-lag} = 0,6 * T_c$
- Retenção Máxima (S), ver ponto 3.3.
- Abstração inicial (Ia), ver ponto 3.3.

Para o transporte do hidrograma mediante o método de Muskingum foram calculados os parâmetros correspondentes ao mesmo (k, x), sendo (k) o tempo de viagem da onda em horas e (x) o coeficiente de ponderação que depende dos fluxos de entrada e saída e cujos resultados para o rio Jucu foram apresentados na tabela a diante:

Tabela 10. Características das sub-bacias Rio Jucu, propagação de vazões e parâmetros para abstrações

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS SUBBACIAS |          |          |                  |               |          |        |         |                     |       |                   |                 |             |
|-----------------------------------|----------|----------|------------------|---------------|----------|--------|---------|---------------------|-------|-------------------|-----------------|-------------|
| Identificação                     | Cota máx | Cota mín | Inclinação (S,J) | Longitude (L) | Área (A) | CN     | Tc (hs) |                     |       |                   |                 |             |
|                                   | (m)      | (m)      | m/m              | (Km)          | (km2)    | Médio  | Kirpich | Califórnia Culverts | Dooge | SCS "Lag Formula" | Método racional | Tc Promédio |
| J-2                               | 240,00   | 5,00     | 0,016            | 14,57         | 63,92    | 61,943 | 2,56    | 2,56                | 4,04  | 15,16             | 5,03            | 3,88        |
| J-3                               | 60,00    | 0,00     | 0,005            | 11,00         | 47,50    | 68,872 | 187,97  | 3,13                | 4,31  | 17,38             | 5,00            | 8,89        |
| J-4                               | 160,00   | 5,00     | 0,013            | 12,10         | 38,46    | 69,446 | 145,61  | 2,43                | 3,42  | 12,05             | 4,57            | 6,68        |
| J-5                               | 225,00   | 10,00    | 0,039            | 5,47          | 5,31     | 60,762 | 51,32   | 0,86                | 1,25  | 4,57              | 2,02            | 2,61        |
| J-6                               | 150,00   | 7,00     | 0,037            | 3,88          | 7,21     | 58,514 | 40,38   | 0,67                | 1,44  | 3,80              | 1,57            | 2,27        |
| J-7                               | 365,00   | 13,00    | 0,039            | 9,11          | 37,27    | 66,078 | 76,50   | 1,28                | 2,79  | 6,04              | 2,98            | 3,94        |
| J-8                               | 240,00   | 7,00     | 0,025            | 9,24          | 19,28    | 60,300 | 91,16   | 1,52                | 2,29  | 8,78              | 3,27            | 4,78        |
| J-9                               | 520,00   | 10,00    | 0,039            | 13,20         | 53,78    | 59,988 | 101,79  | 1,70                | 3,25  | 9,51              | 3,96            | 5,57        |
| J-10                              | 680,00   | 20,00    | 0,038            | 17,58         | 60,41    | 64,958 | 128,33  | 2,14                | 3,42  | 10,68             | 4,95            | 6,35        |
| J-11                              | 754,00   | 10,00    | 0,037            | 20,16         | 110,82   | 63,573 | 143,55  | 2,39                | 4,40  | 12,46             | 5,51            | 7,46        |
| J-12                              | 590,00   | 10,00    | 0,034            | 16,96         | 43,15    | 63,499 | 129,40  | 2,16                | 3,03  | 11,29             | 4,90            | 6,41        |
| J-13                              | 848,00   | 40,00    | 0,051            | 15,78         | 47,22    | 64,224 | 104,79  | 1,75                | 2,94  | 8,55              | 4,29            | 5,26        |
| J-14                              | 705,00   | 20,00    | 0,060            | 11,36         | 25,39    | 64,562 | 76,40   | 1,27                | 2,21  | 6,01              | 3,24            | 3,82        |
| J-15                              | 1826,00  | 50,00    | 0,034            | 52,63         | 389,17   | 65,527 | 311,07  | 5,18                | 7,48  | 26,69             | 11,61           | 15,26       |
| J-16                              | 1221,00  | 50,00    | 0,012            | 96,32         | 1149,47  | 67,750 | 733,94  | 12,23               | 13,88 | 68,03             | 22,32           | 34,74       |

| PROPAGAÇÃO DE VAZÕES |          |          |                  |               |       |         |                     |                   |                 |             |       |      |
|----------------------|----------|----------|------------------|---------------|-------|---------|---------------------|-------------------|-----------------|-------------|-------|------|
| Conexões             | Cota máx | Cota mín | Inclinação (S,J) | Longitude (L) | CN    | Tc (hs) |                     |                   |                 |             | K     | X    |
| (C)                  | (m)      | (m)      | m/m              | (km)          | Médio | Kirpich | Califórnia Culverts | SCS "Lag Formula" | Método racional | Tc Promédio | (hs)  |      |
| C1                   | 50,00    | 40,00    | 0,002            | 6,07          | 95,00 | 3,14    | 3,14                | 7,99              | 3,99            | 3,57        | 0,642 | 0,20 |
| C2                   | 40,00    | 10,00    | 0,002            | 13,22         | 95,00 | 5,06    | 5,06                | 12,69             | 6,79            | 5,92        | 1,066 | 0,20 |

| PROPAGAÇÃO DE VAZÕES |          |          |                  |               |       |         |                     |                   |                 |             |       |      |
|----------------------|----------|----------|------------------|---------------|-------|---------|---------------------|-------------------|-----------------|-------------|-------|------|
| Conexões             | Cota máx | Cota mín | Inclinação (S,J) | Longitude (L) | CN    | Tc (hs) |                     |                   |                 |             | K     | X    |
| (C)                  | (m)      | (m)      | m/m              | (km)          | Médio | Kirpich | Califórnia Culverts | SCS "Lag Formula" | Método racional | Tc Promédio | (hs)  |      |
| C3                   | 20,00    | 13,00    | 0,001            | 6,08          | 95,00 | 3,61    | 3,61                | 9,57              | 4,28            | 3,95        | 0,710 | 0,20 |
| C4                   | 13,00    | 10,00    | 0,003            | 0,97          | 95,00 | 0,60    | 0,60                | 1,34              | 0,88            | 0,74        | 0,133 | 0,20 |
| C5                   | 10,00    | 7,00     | 0,001            | 3,92          | 95,00 | 3,01    | 3,01                | 8,26              | 3,31            | 3,16        | 0,569 | 0,20 |
| C6                   | 10,00    | 7,00     | 0,000            | 7,22          | 95,00 | 6,10    | 6,10                | 18,28             | 5,92            | 6,10        | 1,099 | 0,20 |
| C7                   | 20,00    | 5,00     | 0,001            | 12,48         | 95,00 | 6,18    | 6,18                | 16,65             | 7,33            | 6,76        | 1,216 | 0,20 |
| C8                   | 7,00     | 5,00     | 0,000            | 12,36         | 95,00 | 13,28   | 13,28               | 45,03             | 10,65           | 13,28       | 2,390 | 0,20 |
| C9                   | 5,00     | 0,00     | 0,001            | 7,64          | 95,00 | 5,35    | 5,35                | 15,24             | 5,67            | 5,51        | 0,992 | 0,20 |

| PARÂMETRO PARA ABASTRAÇÕES |        |          |              |             |         |         |
|----------------------------|--------|----------|--------------|-------------|---------|---------|
| Identificação              | Total  | CN médio | Retenção Máx | Perda Inic. | Retardo | Retardo |
|                            | Km2    |          | S            | la          | t-lag   | t-lag   |
|                            |        |          | (mm)         | (mm)        | (hrs)   | (mín)   |
| J-2                        | 63,92  | 61,94    | 156,06       | 31,21       | 2,328   | 140     |
| J-3                        | 47,5   | 68,87    | 114,8        | 22,96       | 5,336   | 320     |
| J-4                        | 38,46  | 69,45    | 111,75       | 22,35       | 4,006   | 240     |
| J-5                        | 5,31   | 60,76    | 164,03       | 32,81       | 1,568   | 94      |
| J-6                        | 7,21   | 58,51    | 180,09       | 36,02       | 1,361   | 82      |
| J-7                        | 37,27  | 66,08    | 130,39       | 26,08       | 2,365   | 142     |
| J-8                        | 19,28  | 60,3     | 167,23       | 33,45       | 2,869   | 172     |
| J-9                        | 53,78  | 59,99    | 169,42       | 33,88       | 3,343   | 201     |
| J-10                       | 60,41  | 64,96    | 137,02       | 27,4        | 3,81    | 229     |
| J-11                       | 110,82 | 63,57    | 145,54       | 29,11       | 4,474   | 268     |

| PARÂMETRO PARA ABASTRAÇÕES |         |          |              |             |         |         |
|----------------------------|---------|----------|--------------|-------------|---------|---------|
| Identificação              | Total   | CN médio | Retenção Máx | Perda Inic. | Retardo | Retardo |
|                            | Km2     |          | S            | Ia          | t-lag   | t-lag   |
|                            |         |          | (mm)         | (mm)        | (hrs)   | (mín)   |
| J-12                       | 43,15   | 63,5     | 146,01       | 29,2        | 3,844   | 231     |
| J-13                       | 47,22   | 64,22    | 141,49       | 28,3        | 3,156   | 189     |
| J-14                       | 25,39   | 64,56    | 139,42       | 27,88       | 2,292   | 138     |
| J-15                       | 389,17  | 65,53    | 133,62       | 26,72       | 9,157   | 549     |
| J-16                       | 1149,47 | 67,75    | 120,91       | 24,18       | 20,846  | 1251    |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Uma vez definido o modelo hidrológico da bacia foram analisados os distintos aguaceiros com objetivo de determinar a tormenta péssima, ou seja, aquela que gerou os maiores canais de avenida.

Foram estudadas sete hipóteses de duração do aguaceiro, de 12, 21, 24, 36, 48, 60 e 72 horas, para um período de retorno de 2, 25, 50, 100 e 500 anos, considerando ainda as distribuições uniformes para estes períodos de retorno, do qual obteremos a vazão pico de avenida péssimo no ponto final de desagüe. Para isto atribuiu-se:

- **Precipitação uniforme**, com igual quantidade de precipitação ao longo de todo o período de duração do aguaceiro, de maneira que nas diferentes horas de duração do aguaceiro a intensidade será a mesma proporção da precipitação total.

Posteriormente, e partindo da hipótese anterior a obtenção dos valores de avenida com distribuição no uniforme mediante o método dos blocos alternos (ver Figura 21), resulta, em geral, em valores superiores aos obtidos por distribuições uniformes. Gerando, finalmente, os hidrogramas de desenho ou tormentas de desenho resultante para todos os pontos de controle ou união. Levou-se em consideração a:

- **Precipitação não uniforme**, é aquela que distribui a quantidade total de precipitação de maneira não uniforme ao longo da duração do aguaceiro, de maneira que as intensidades máximas acontecem na parte central do intervalo de duração do mesmo. Este é o procedimento adotado para a obtenção dos hietogramas unitários das figuras anteriores.

A compilação e análise dos dados base resultaram nos seguintes resultados:

Tabela 11. Aguaceiro de cálculo adotado 36 hrs

| UNIFORME                   |             |             |             |                     |             |                    |             | NÃO UNIFORME   |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|--------------------|-------------|----------------|
| Duração do Aguaceiro (Hrs) | 12:00       | 21:00       | 0:00        | 12:00               | 0:00        | 12:00              | 0:00        | 36:00          |
| vazão (m3/s)               |             |             |             |                     |             |                    |             |                |
| T=2 anos                   | 261,0<br>0  | 319,2<br>0  | 334,2<br>0  | 375,9<br>0          | 345,4<br>0  | <b>387,2<br/>0</b> | 372,4<br>0  | <b>354,90</b>  |
| vazão (m3/s)               |             |             |             |                     |             |                    |             |                |
| T=25 anos                  | 895,0<br>0  | 1017,<br>70 | 1046,<br>10 | <b>1105,<br/>60</b> | 1015,<br>90 | 1029,<br>30        | 955,5<br>0  | <b>1171,00</b> |
| vazão (m3/s)               |             |             |             |                     |             |                    |             |                |
| T=50 anos                  | 1101,<br>70 | 1240,<br>40 | 1271,<br>50 | <b>1331,<br/>50</b> | 1222,<br>00 | 1220,<br>30        | 1126,<br>50 | <b>1442,50</b> |
| vazão (m3/s)               |             |             |             |                     |             |                    |             |                |
| T=100 anos                 | 1325,<br>00 | 1478,<br>90 | 1512,<br>50 | <b>1571,<br/>20</b> | 1439,<br>90 | 1420,<br>50        | 1387,<br>10 | <b>1734,10</b> |
| vazão (m3/s)               |             |             |             |                     |             |                    |             |                |
| T=500 anos                 | 1903,<br>20 | 2091,<br>90 | 2130,<br>40 | <b>2182,<br/>00</b> | 1991,<br>20 | 1921,<br>80        | 1748,<br>90 | <b>2085,80</b> |

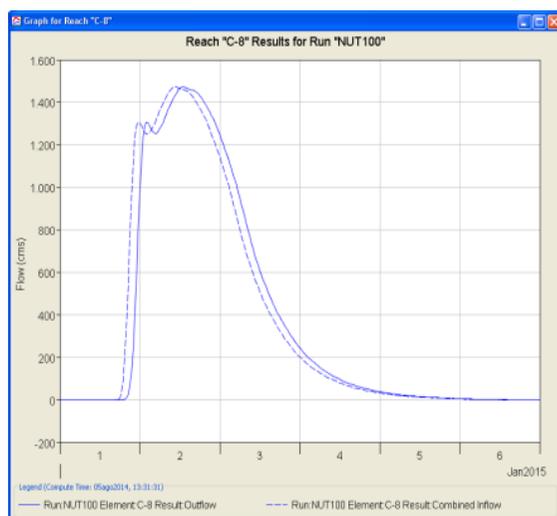
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

De acordo ao exposto, fica definido como aguaceiro péssimo aquele cujo tenha 36 horas de duração para toda a bacia do Rio Jucu, com uma distribuição não uniforme ao longo da mesma (hipótemais desfavorável), que é uma hipótese considerada adequada com base nas características da bacia. Os canais de avenidas obtidos para os diferentes períodos de retorno estão medidos em m3/s no ponto de controle U-10, neste caso no ponto mais baixo da bacia do Rio Jucu, anterior a sua desembocadura. O resto dos pontos de estudo desde o U-1 ao U-9 é resultante das vazões parciais que serão necessários para tramificar adequadamente o canal e afluentes no Estudo Hidráulico, para obter resultados pertinentes à realidade.

A seguir é apresentada a tabela resumo com as vazões ponta obtidas para o aguaceiro anteriormente comentado, tendo sido considerado o ponto de controle U-10. Na imagem seguinte está o exemplo da propagação do diagrama para um período de retorno de 100 anos na trama C-8.

Tabela 12. Aguaceiro de cálculo adotado 36 hrs

| Período de retorno (anos) | 2     | 25     | 50     | 100    | 500    |
|---------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Vazão ponta (m3/s)        | 354,9 | 1171,0 | 1442,5 | 1734,1 | 2085,8 |



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

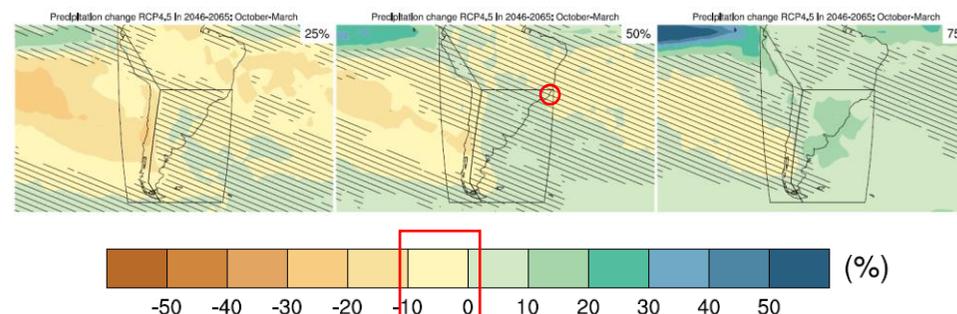
### 3.3 Mudança climática

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) criaram o Grupo Intergovernamental de especialistas sobre a alteração climática (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC) em 1988. Trata-se de um grupo aberto a todos os Membros das Nações Unidas e da OMM.

O Quinto Informe de Avaliação (AR5 - 5th Assessment report: Climate Change 2014) mudou a definição dos cenários considerados. Os novos cenários produzem uma gama de respostas desde o aquecimento continuado até a estabilização da força, além disto, considera um cenário de mitigação que finda inicialmente à estabilização das condições para posteriormente reduzir as forçantes radiativas (RF), a partir da segunda metade do século 21 (RCP2.6).

Para realizar o mapa correspondente a cada cenário foram utilizados entre 25 e 42 modelos de projeção, representando os resultados classificados em porcentagens, 25, 50 (médio) e 75. A figura a seguir mostra como para Vitória, no cenário intermediário RCP4.5, 75% dos modelos projetaram uma diminuição da precipitação média inferior a 10% nos meses mais chuvosos, e 75% dos modelos projetaram um incremento inferior a 10% para o ano 2050. No cenário mais pessimista RCO8.5 os resultados também foram similares.

Figura 28. Variação das precipitações médias de outubro a março para o cenário RCP4.5



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

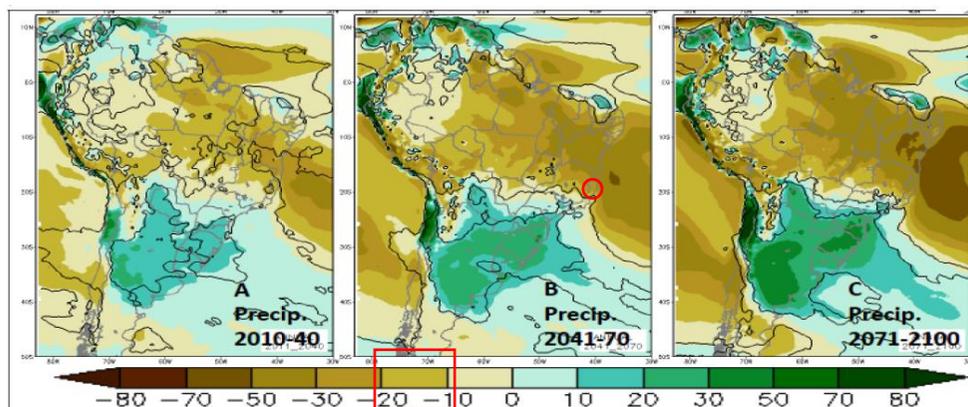
O Instituto Nacional para a Investigação Espacial (INPE) foi o responsável de coordenar modelos climáticos regionais e cenários de alterações climáticas. O INPE também

coordena a relação entre estes resultados e a vulnerabilidade, e a adaptação em relação aos setores estratégicos vulneráveis aos impactos das alterações climáticas.

Para isto foram avaliados diferentes cenários de alteração climática propostos no AR4 do IPCC, sendo desenvolvidos métodos de downscaling para o contexto nacional. Estes modelos se aplicam às projeções de alteração climática partindo de modelos regionais para obter projeções climáticas mais detalhadas. Como resultado o INPE desenvolveu o modelo regional para América do Sul, Eta-CPTEC.

O estudo, relacionado com os métodos de downscaling para Brasil foi aplicado aos cenários de alteração climática partindo do modelo global HadCM3 para obter projeções climáticas mais detalhadas (2010-2040, 2040-2070, 2070-2100) com uma melhora na resolução espacial para o cenário A1B. Na figura a seguir está indicada a projeção da variação das precipitações na zona de estudo de entre 10 e 20% para os anos 2040-2070 em relação com o Período base 1961-1990.

Figura 29. Variações de precipitação projetadas (%) para América do Sul para os anos 2011-2100 (cenário A1B) em relação com o Período base 1961-1990 gerado pelo modelo Eta-CPTEC de 40 km baseado em HadCM3



Fonte: Instituto Nacional para a Investigação Espacial (INPE).

Os modelos mais precisos projetam uma diminuição das precipitações médias em Vitória para o período mais chuvoso, da mesma forma as precipitações máximas também

diminuiriam, entretanto vale salientar que a variável das precipitações máximas apresenta uma altíssima incerteza. É de se esperar que o terreno se apresente menos saturado em consequência das precipitações podendo diminuir o escoamento do fluxo que são responsáveis pelas inundações e deslizamentos de terra consequentes da saturação de água no terreno, aumentando seu peso e sua instabilidade. No entanto, estes resultados devem ser considerados devido a presença de outras incertezas.

## 4 INUNDAÇÕES COSTEIRAS

Este estudo caracteriza o regime extremo de inunda o costeira em Vit3ria para o clima atual e para diversos cen3rios de mudanas clim3ticas.

A determinao do clima de inundao na costa   um problema que envolve os eventos extremos da din3mica marinha, as caracter3sticas geom3tricas e mec3nicas das defesas costeiras e a topografia afetada pelos eventos de inundao. Por outro lado,   importante levar em conta que o clima de inundao costeira pode ser alterado nas pr3ximas d3cadas pelo efeito da mudana clim3tica (mudanas na din3mica marinha por elevao do n3vel m3dio do mar e mudanas na frequ3ncia e severidade dos temporais). O modelo de todos os processos   realizado a partir da combinao de:

- Bases de dados de caracterizao das ondas e do n3vel do mar.
- Modelos estat3sticos de extremos.
- Modelos de transformao das ondas e do n3vel do mar na costa.
- Modelos de inundao.
- Caracterizao geom3trica e mec3nica das defesas costeiras.
- Modelo Digital de Terreno (MDT) de alta resoluo.
- Cen3rios de mudanas clim3ticas de elevao do n3vel do mar e de alterao das din3micas costeiro-marinhas.

Neste trabalho, e tendo em conta a informao e recursos dispon3veis, foi desenvolvida uma metodologia que pretende ser equilibrada em todas e em cada um dos componentes que definem o clima de inundao costeira. Esta metodologia considera todos os elementos com exceo de:

- Caracterizao geom3trica e mec3nica das defesas costeiras: requer uma campanha de campo espec3fica para uma definio correta deste fator.
- Cen3rios de mudana clim3tica de alterao das din3micas marinhas: s3 considerou a elevao do n3vel m3dio do mar.

### 4.1 Bases de dados utilizadas

#### 4.1.1 Ondas

##### 4.1.1.1 Rean3lise das ondas GOW (Global Ocean Waves)

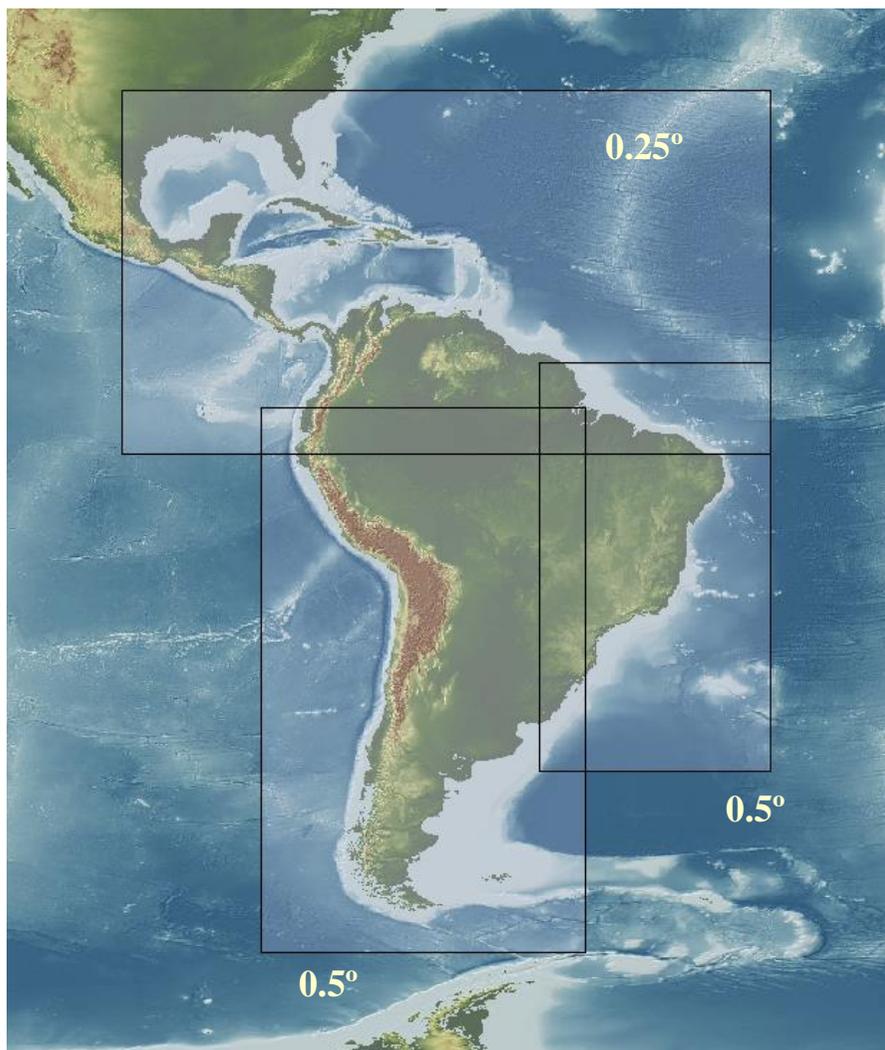
O Instituto de Hidr3ulica Ambiental IH Cantabria gerou uma base dados de rean3lises de ondas chamada Global Ocean Waves (GOW, Reguero *et al.*, 2012). Esta base de dados tem cobertura global, e seus dados est3o calibrados e validados por medidas instrumentais. O modelo num3rico utilizado para gerar as s3ries de ondas foi o modelo WaveWatch III (Tolman 1997, 1999).

A rean3lise GOW (Global Ocean Waves, Reguero *et al.*, 2012) do IH Cantabria   organizada em distintas escalas espaciais. Em primeiro lugar foi obtido as ondas em uma malha global, que proporciona a onda a escala mundial com n3s de resoluo espacial igual a 1.5  em longitude e 1  em latitude. Nesta malha global, foram inclu3das novas malhas para o estudo de zonas de detalhe com maior grau de definio. Foram levantadas tr3s malhas de detalhe, uma para a costa pac3fica de Am3rica do Sul e outra para a costa Atl3ntica, ambas de resoluo de 0.5  x 0.5 , e uma malha de 0.25  x 0.25  para o Caribe, de mais resoluo espacial pelas caracter3sticas das ilhas e do Mar do Caribe, seguindo as recomendaes de experi3ncias pr3vias na zona da NOAA com seu modelo operacional (ver Figura 30).

O alcance temporal da rean3lise GOW abrange desde 1948 a 2014, com resoluo temporal hor3ria. Mesmo que no estudo s3 tenham sido utilizadas as s3ries temporais at3 o ano 2008, a rean3lise est3 sendo atualizada periodicamente   medida que os ventos de NCEP s3o publicados.

Os resultados da rean3lise GOW foram validados com dados instrumentais de boias e de sat3lites. Quanto às boias foi utilizada a rede exterior do Organismo P3blico de Portos do Estado no litoral espanhol e as boias da NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) no resto do mundo, cobrindo regi3es com condies de onda muito diversas. Posteriormente, foi realizada uma calibrao espacial dos resultados num3ricos para diminuir a dispers3o e melhorar a concord3ncia dos resultados num3ricos com os registros instrumentais em todo o dom3nio de estudo (Minguez *et al.* 2011).

Figura 30. Malhas de detalhe de reanálise de onda em ALyC e resolução espacial das mesmas.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

#### 4.1.1.2 Reconstrução de ondas DOW (Downscaled Ocean Waves)

A transformação de ondas está condicionada pelas forças que são submetidas e pelas irregularidades do fundo marinho e a costa. Em profundidades indefinidas é importante considerar as irregularidades relativas à grande escala, como grandes cabos geográficos. No entanto, quando a onda chega a profundidades intermediárias e reduzidas, seu comportamento é um reflexo da batimetria.

O procedimento desenvolvido para construir os dados DOW, descrito detalhadamente em Camus *et al.* (2011a, 2013), podendo ser resumidos como um conjunto de dados GOW calibrados utilizados para selecionar um subconjunto representativo de estados de mar em águas profundas. Este subconjunto garante que todos os possíveis estados de mar estejam representados inclusive capturando eventos extremos (Camus *et al.*, 2011b).

A propagação dos estados do mar selecionados desde águas profundas até águas rasas foi realizada mediante ao modelo numérico de propagação SWAN (Simulating Waves Nearshore) desenvolvido por Delft University of Technology (Booij *et al.*, 1999). Este modelo possui uma resolução espacial de um quilometro. Onde cada uma das situações de ondas a propagar está definida por umas condições de contorno, que são dadas pelos dados de onda da base dados GOW e forçadas por alguns campos de vento procedentes da base dados de reanálise atmosférica.

Foi elaborado uma malha de cálculo para a transferência das ondas desde a posição dos dados espectrais até a costa e a inclusão de uma malha de menor tamanho, mas com maior resolução espacial para poder dispor de um maior detalhe (melhora de resolução, regionalização ou *downscaling*).

#### 4.1.2 Nível do mar

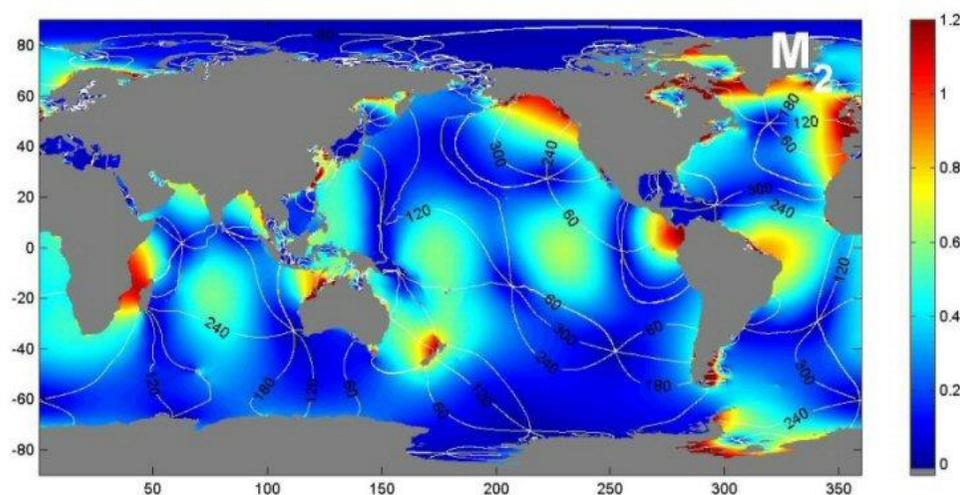
##### 4.1.2.1 Reanálise GOT (Global Ocean Tides)

Foi utilizada a base dados de maré astronômica GOT (Global Ocean Tides) gerada ao longo da costa de América do Sul utilizando as constantes harmônicas procedentes do modelo global de marés TPXO, desenvolvido pela Universidad de Oregon (Egbert *et al.*, 1994; Egbert y Erofeeva, 2002). O TPXO é um modelo inverso de marés que assimila a informação do nível do mar derivada das observações do sensor TOPEX/Poseidon. Tal modelo representa um ajuste ótimo (em termos de mínimos quadrados) da equação de maré de Laplace aos dados de satélite resultantes da missão TOPEX/Poseidon. Atualmente, o modelo TPXO é um dos modelos globais de marés mais precisos.

A base de dados TPXO, resultante do modelo, proporciona quatro componentes harmônicas semidiurnas (M2, S2, N2, K2), quatro componentes diurnas (K1, O1, P1, Q1) e duas de largo período (Mf e Mm). Os dados dispostos em uma malha com cobertura global de 1440 x 721 pontos com 0.25° de resolução espacial, tanto em latitude como em longitude.

Na Figura 31 é indicado um mapa do componente M2 calculado com tal modelo.

Figura 31. Mapa do componente de maré M2 calculada com o modelo TPXO



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE

#### 4.1.2.2 Reanálise GOS (Global Ocean Surge)

É denominado maré meteorológica (storm surge) a sobre-elevação do nível do mar devido a tensão tangencial que exerce o vento sobre uma massa de água e aos gradientes de pressão atmosférica. Esta sobre-elevação é um dos componentes para determinar o nível do mar total e sua importância relativa, considerando a maré astronômica e outros fatores e dependente da zona geográfica analisada.

IH Cantabria gerou uma base dados de séries horárias de 61 anos de duração (1948-2008) de maré meteorológica para a costa atlântica e pacífica da América do Sul e do Caribe mediante um modelo número de circulação forçado com ventos e pressões históricas (Abascal *et al.*, 2011).

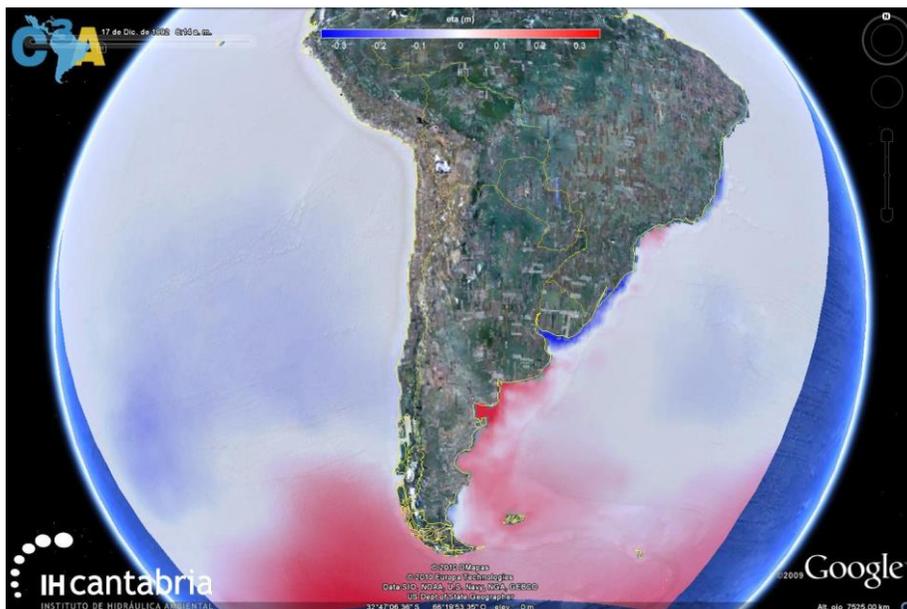
O modelo utilizado para o cálculo da maré meteorológica foi o modelo tridimensional de circulação ROMS (*Regional Ocean Modeling System*) desenvolvido pelo Ocean Modeling Group de Rutgers, que atualmente vem sendo amplamente utilizado pela comunidade científica (Warner *et al.*, 2005).

O modelo ROMS resolve de forma numérica as equações conhecidas como equações primitivas, mas assume que a pressão segue uma lei hidrostática. As equações primitivas englobam a equação de conservação de quantidade de movimento, a de conservação de massas, a de transporte de distintas substâncias conforme temperatura e salinidade, e a equação de estado da densidade da água. Neste estudo, dado o carácter barotrópico do fenômeno a resolver, foi utilizada a versão 2D do modelo.

As batimetrias utilizadas provêm da base dados de dois minutos de resolução, ETOPO2, que contém a batimetria dos oceanos na escala global, proveniente de dados de altimetria (satélite). A malha de computação foi definida com uma resolução de 1/4°.

As forças que são utilizadas no modelo de circulação são ventos a 10 metros de altura e a pressão do nível do mar (SLP), com resolução temporal de seis horas e espacial de 1.9041° em latitude e 1.875° em longitude, provenientes do Centro NCEP/NCAR de Estados Unidos. Estes dados cobrem, completa e homoganeamente, o período 1948-2008 mês a mês. Na Figura 32 está indicado um exemplo de resultados de superfície livre para uma data determinada.

Figura 32. Resultados da reanálise GOS de elevação da superfície livre devido a maré meteorológica para a data 17/12/1992. Zona América do Sul



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE

### 4.1.3 Vento e pressão

#### 4.1.3.1 Reanálise Vento e Pressão (CFSR)

As forças referentes ao regime de vento e pressão são introduzidas como forças superficiais variáveis no espaço e no tempo nas proximidades da zona de estudo. Estas forças foram obtidas do sistema de reanálise CFSR (Climate Forecast System Reanalysis, The National Centers for Environmental Prediction NCEP), atualizadas em Janeiro de 2010, contém a informação de um período de 31 anos, desde 1979 a 2009.

O sistema CFSR foi desenhado como um sistema global de alta resolução que acopla todos os processos da atmosfera, do oceano, do gelo, e da terra, com o objetivo de proporcionar a melhor estimativa da situação destes domínios durante o período de estudo. Os dados atmosféricos que nos proporcionam este sistema têm uma resolução

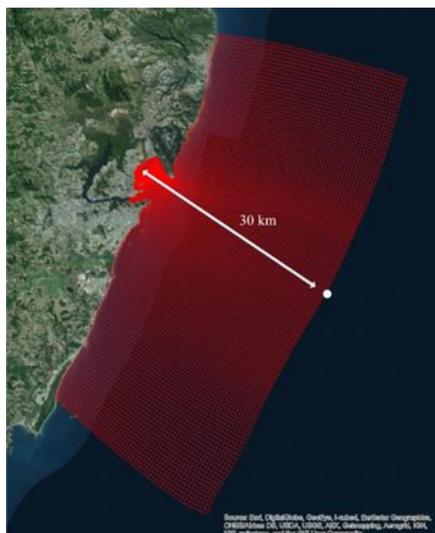
temporal horária e uma resolução espacial de 0.5°, para os campos de pressões, e de 0.3125° para os campos de ventos.

A vantagem de usar os dados CFSR é que são dados de mar aberto, que representam melhor o vento para toda a zona de estudo. Além disto, o CFSR é um sistema calibrado que proporciona dados contínuos no tempo e que cobrem toda a zona de estudo, enquanto que os dados do aeroporto são coletados em um ponto, como foi visto, bastante condicionado pela orografia e com medidas que apresentam falhas ao longo do tempo. Por todas essas razões, neste estudo, as forças atmosféricas são obtidas de CFSR.

### 4.2 Reconstrução da série temporal horária do nível do mar (Z)

A reconstrução da série temporal horária do nível do mar foi realizada em um ponto localizado a 30 km da área de estudo, como mostra a Figura 33. No ponto selecionado foram reconstruídas as séries das diferentes dinâmicas: altura de onda significativa ( $H_s$ ), período de pico ( $T_p$ ), maré meteorológica (MM) e maré astronômica (MA).

Figura 33. Ponto localizado a 30 km da costa no que foi reconstruída a série temporal horária de nível do mar (Z), e representação da malha empregada para realizar o cálculo computacional das diferentes dinâmicas existentes.

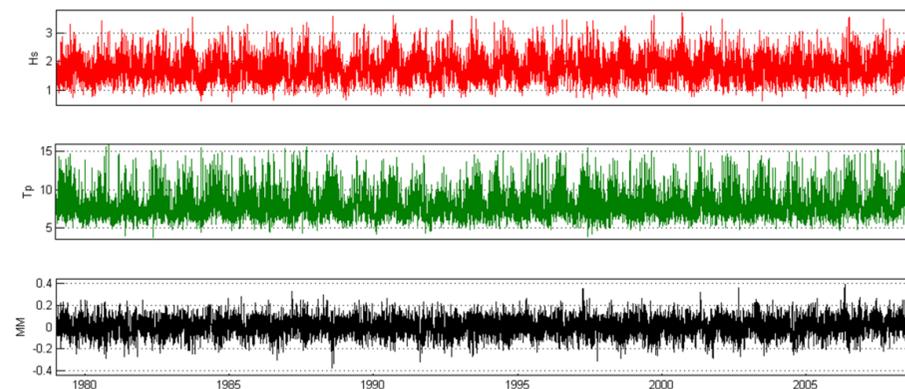


Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE

Na Figura 34 mostra a série temporal reconstruída de altura de onda significativa no ponto próximo a zona de estudo de Vitória. Nota-se a forte variabilidade interanual e interanual da série com máximos de altura de onda da ordem de 3-3.5 metros.

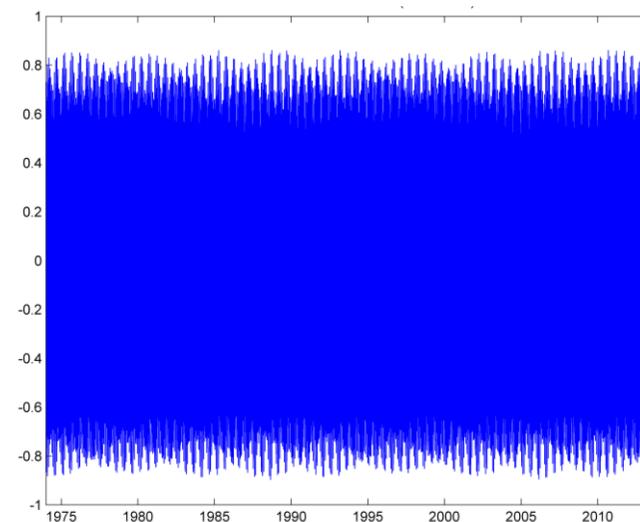
A série horária obtida para a maré astronômica (MA) no ponto selecionado para o estudo de Vitória é representado na Figura 35 (MA) onde é possível perceber a máxima amplitude de maré atingindo 1.72 metros.

Figura 34. Série temporal de dinâmicas marinhas: altura de onda (Hs), período de pico (Tp), Maré Meteorológica (MM).



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE

Figura 35. Série temporal da maré astronômica (MA)



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

A complexidade da geometria e da batimetria da zona de estudo força o acoplamento das dinâmicas atuantes na zona que, portanto, não podem ser estudadas de forma independente tendo que ser modeladas em conjunto para capturar as interações que umas exercem sobre outras. Para realizar este estudo conjunto das dinâmicas é necessário fazer uso de um modelo numérico que resolva a hidrodinâmica completa. É por isso que para realizar a reconstrução da série temporal horária de nível do mar foi aplicado o modelo hidrodinâmico Delft3D (WL/Delft Hydraulics, 2006).

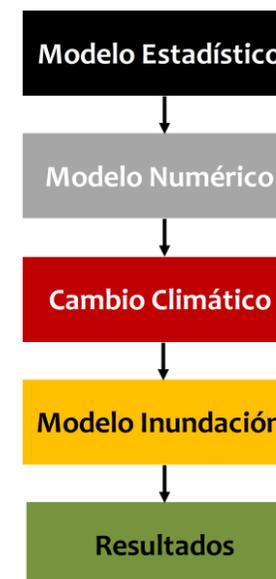
O DELFT3D é um modelo numérico em diferenças finitas, composto por diferentes módulos. Neste estudo empregaram os módulos de hidrodinâmica e de onda. O módulo hidrodinâmico resolve as equações de continuidade e do momento, enquanto que o módulo de onda baseia no modelo SWAN.

Tal modelo proporciona os níveis e as correntes com uma adequada resolução espacial e leva em conta todas as interações não lineares das diferentes dinâmicas existentes próximas à costa. Destaca-se que neste estudo o Set-up de ondas foi definido como 20% de  $H_s$  nas imediações da zona de quebra (Dean et al., 2008), também tendo sido considerados os Set-up estático e Set-up dinâmico (agrupação de ondas).

### 4.3 Modelos de Inundações Costeiras

Uma boa caracterização da inundação costeira requer também o estudo das dinâmicas marinhas e de sua transferência para a costa, a escolha das ferramentas deve ser adequada à finalidade de se estudar com a maior precisão possível os eventos representativos.

Figura 36. Diagrama de fluxo do procedimento a seguir para a caracterização da inundação costeira



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE

Com a finalidade de estudar a inundação costeira em Vitória para o clima presente e futuro foi realizado uma análise do regime extremo mediante a aplicação de um modelo estatístico.

Posteriormente foram selecionados um total de 90 eventos de inundação e considerados três cenários de subida do nível do mar (SLR= 0.2, 0.5 e 1.0 metros). Estes cenários de inundação serão propagados até a linha de costa tendo em conta as interações não lineares de todas as dinâmicas.

O modelo selecionado para poder propagar as dinâmicas até a costa é o DELFT3D, que neste estudo foi empregado sua versão 2DH desenvolvida por Delft Hydraulics (WL/Delft Hydraulics,2006).

Após a obtenção dos resultados das dinâmicas propagadas, aplicou-se o modelo de inundação. Esta análise permite obter quais são as mudanças esperadas e quais os impactos de inundação causados pelas mudanças climáticas.

O modelo selecionado para caracterizar a inundação costeira em Vitória foi RFSM-EDA (Rapid Flood Spreading Method - Explicit Diffusion wave with Acceleration term), um modelo de inundação 2D desenvolvido em HR Wallingford (Gouldby et al., 2008; HR Wallingford, 2006) que considera a topografia como sub-elemento da malha computacional.

#### 4.4 Modelo estatístico

Para estimar a distribuição estatística da cota máxima anual foi desenvolvido um modelo estatístico de extremos.

Depois da reconstrução da série temporal horária de Maré Meteorológica (MM), de altura de onda (Hs) e de Vento (W0) localizado a 30 km da zona de estudo de Vitória.

Foi reconstruída a série temporal horária de Total Water Level Index (TWLI), tendo definido TWLI como a soma de 3 componentes.

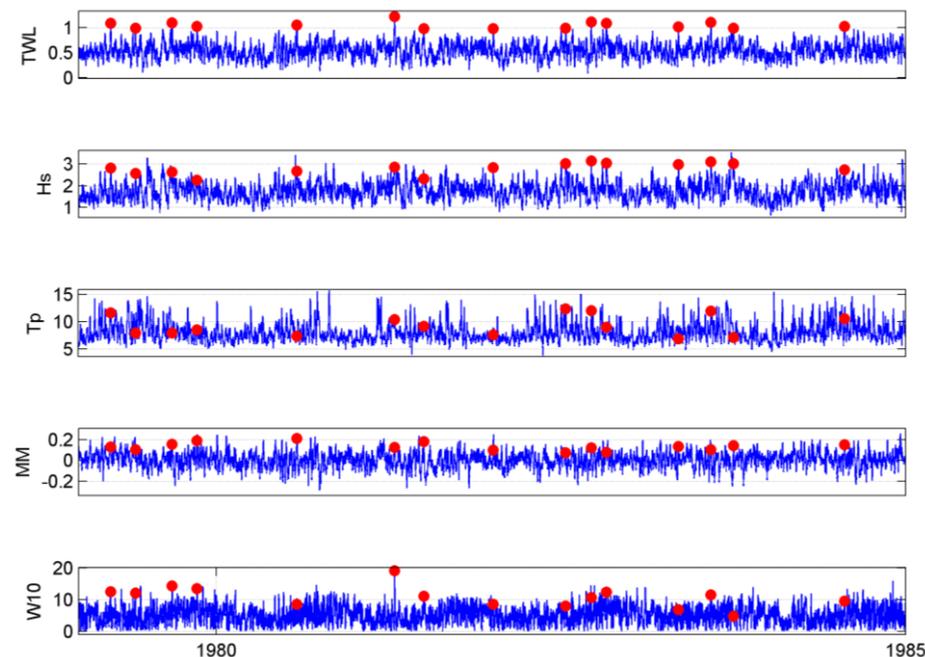
$$TWLI(t) = 0.2 Hs(t) + MM(t) + 0.02W0(t)$$

Onde:

- A primeira componente corresponde ao set-up de onda, definido como 20% de Hs nas imediações da zona de quebra (Dean et al., 2008), além de se considerar também o Set-up estático e o Set-up dinâmico (agrupação de ondas).
- O segundo componente MM compreende ao efeito da pressão atmosférica e do vento de escala regional.
- A terceira componente corresponde ao set-up do vento a escala local, definido como o 2% da magnitude do vento.

Posteriormente a esta série de Total Water Level Index foi aplicado o método POT (Peaks Over Threshold) aos eventos de modo que o umbral de corte garanta três eventos anuais (ver Figura 37). Obtendo assim a combinação de todas as dinâmicas que originem condições extremas de inundação.

Figura 37. Reconstrução da série temporal horária das diferentes variáveis e do TWLI (parte superior)



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

#### 4.5 Modelo numérico

Delft3D é um sistema de modelado integrado de fluxo e transporte orientado ao meio ambiente aquático que resolve as equações de Navier-Stokes para águas rasas com a hipótese de pressões hidrostáticas para a aproximação de Boussinesq. As formulações matemáticas incluídas no modelo permitem ter em conta os seguintes fenômenos físicos:

- Efeitos da rotação da Terra (força de Coriolis).
- Efeitos baroclínicos.
- Forças de maré em contornos abertos.

- Variações espaciais e temporais da tensão tangencial do vento na superfície da massa de água.
- Variações espaciais e temporais da pressão atmosférica na superfície.
- Variação temporal de fontes e saídas de esgoto (i.e. descargas em rios).
- Inundação e seca de baixas marés.
- Efeito de onda.

As equações são as seguintes:

Equação de continuidade

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial [(d+\zeta)u\sqrt{G_{\eta\eta}}]}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial [(d+\zeta)v\sqrt{G_{\xi\xi}}]}{\partial \eta} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} = H(q_{in} - q_{out}) + P + E \tag{2.1}$$

onde u, v y w são os componentes da velocidade nas direções  $\xi$ ,  $\eta$  y  $\sigma$ , respectivamente,  $-q_{in}$ ,  $q_{out}$  são fonte e saída de água por unidade de volume [1/s],  $\sqrt{G_{\eta\eta}}$  y  $\sqrt{G_{\xi\xi}}$  são coeficientes de conversão entre coordenadas curvilíneas e ortogonais, d y  $\zeta$  são a profundidade e a elevação da superfície livre sobre o plano de referência, respectivamente, e P e E são termos fonte de precipitação e evaporação, respectivamente, que podem atuar em superfície.

Equações de conservação de quantidade de movimento

As equações de conservação da quantidade de movimento nas direções  $\xi$  e  $\eta$  são:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - fv = -\frac{1}{\rho_0\sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial \tau_{\xi\xi}}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \tau_{\xi\eta}}{\partial \eta} + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( v_v \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + M_{\xi} \tag{2.2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} - \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} + fu = -\frac{1}{\rho_0\sqrt{G_{\eta\eta}}} P_{\eta} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial \tau_{\eta\xi}}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \tau_{\eta\eta}}{\partial \eta} + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( v_v \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_{\eta} \tag{2.3}$$

Onde  $P_{\xi}$  e  $P_{\eta}$  representam os gradientes de pressão,  $\tau_{\xi\xi}$ ,  $\tau_{\xi\xi}$ ,  $\tau_{\xi\eta}$  y  $\tau_{\eta\xi}$  são as tensões de Reynolds,  $M_{\xi}$  e  $M_{\eta}$  representam a contribuição devida a fontes e sumidouros de quantidade de movimento externos (forças externas sobre estruturas hidráulicas, descargas retiradas de água, tensões no fundo, tensões na superfície livre, etc...),  $f$  é o parâmetro de Coriolis que depende da latitude geográfica ou da velocidade de rotação angular da Terra e  $V_v$  representa a viscosidade turbulenta vertical.

Para obter uma descrição mais detalhada deste modelo, aconselha ao leitor consultar o manual: “Delft3D-FLOW\_User\_Manual” (<http://oss.deltares.nl/web/delft3d/manuals>).

### 4.6 Mudança climática

Os impactos da mudança climática foram analisados baseados nas projeções climáticas para cenários futuros. O informe AR5 de Grupo de Trabalho II do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) recolhe uma estimativa central e as bandas de confiança da subida do nível do mar ao longo do século XXI para cada um dos cenários de concentração de gases de efeito estufa (RCP).

Tais cenários contemplam a variabilidade espacial do aumento do nível do mar e leva em conta, principalmente, a contribuição de dilatação térmica do oceano, o movimento da água no interior dos oceanos em resposta a pautas de variabilidade acoplada oceano-atmosfera, incluindo o fenômeno ENSO e a NAO, as variações de massa dos mantos de gelo de Groenlândia e da Antártida também dos glaciares e blocos de gelo (GIA) e o esgotamento de recursos de água subterrânea.

“Os cenários de mudança climática das dinâmicas marinhas contemplam o aumento do nível médio do mar. As projeções das mudanças do clima não indicam um incremento na

gravidade das tempestades, de tal forma que não afetaria a altura das ondas e o run-up. Entretanto, ainda assim se projeta um aumento significativo do nível médio do mar. Sendo este fator o grande responsável pelo impacto sobre as dinâmicas de inundação, ele foi o único efeito de mudanças climáticas considerado para a análise”.

A Figura 38 mostra as projeções da subida do nível do mar global para os períodos indicados (2046-2065 e 2100) com base no período de 20 anos compreendido entre os anos 1986 e 2005.

Tabela 13. Aumento do nível do mar global para cada cenário RCP (IPCC, 2014)

| CENÁRIOS | AUMENTO DO NÍVEL DO MAR |                  |
|----------|-------------------------|------------------|
|          | 2046-2065               | 2100             |
| RCP2.6   | 0,24 (0,17-0,31)        | 0,43 (0,28-0,60) |
| RCP4.5   | 0,26 (0,19-0,33)        | 0,52 (0,35-0,70) |
| RCP6.0   | 0,25 (0,18-0,32)        | 0,54 (0,37-0,72) |
| RCP8.8   | 0,29 (0,22-0,37)        | 0,73 (0,53-0,97) |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Em vista destes resultados foi escolhido a estima central do cenário RCP4.5 e o limite superior do intervalo de confiança do RCP8.5, ambos para o ano de horizonte 2100.

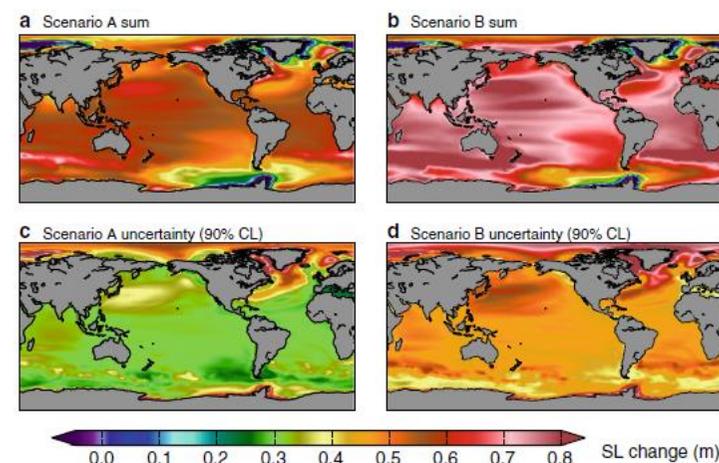
Com base nisto, adota-se os seguintes cenários:

- cenário 1 projetado no ano 2060: +0,2 m de SLR
- cenário 2 projetado no ano 2100: +0,5 m de SLR
- cenário 3 projetado no ano 2100: +1 m de SLR

Recentemente, Slangen *et al.* (2014) foi apresentado cenários regionais de SLR (Figura 38). Dada à incerteza que existe nas projeções regionalizadas de aumento do nível do mar, os valores obtidos neste trabalho de 0.5 m e 1m devem ser entendidos como uma categoria

de cenários médios e pessimistas, os quais permitem realizar uma Análise de da sensibilidade do perigo e, conseqüentemente, do risco às mudanças climáticas.

Figura 38. Padrões regionais de Câmbio do Nível do Mar e incertezas sobre o período de 1986-2005 a 2081-2100. O cenário A sum (RCP4.5) com nível médio do mar global de 0.54 m, b cenário B sum (RCP8.5) com nível médio do mar global de 0.71 m, c cenário A uncertainty 90% CL (RCP4.5) com nível médio do mar global de 0.32 m, d cenário B uncertainty 90% CL (RCP8.5) com nível médio do mar global de 0.48m



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

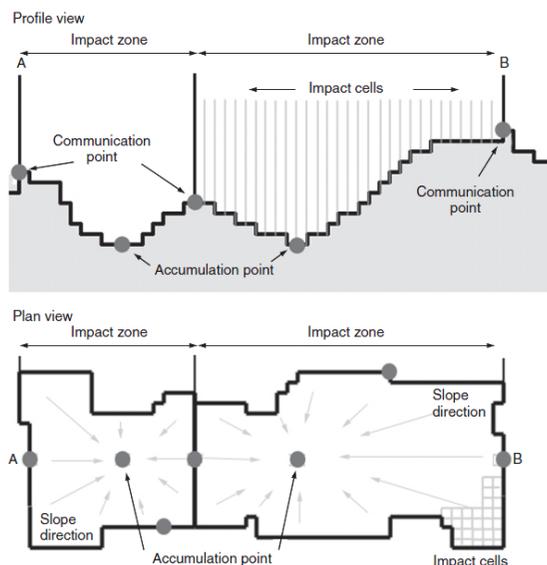
### 4.7 Modelo de inundação

RFSM-EDA é um modelo bidimensional baseado no método de armazenamento de células que responde a uma aproximação difusiva das Shallow Water Equations (SWE). Difere do resto dos modelos difusivos por incorporar um termo adicional: a aceleração local (a inércia local), que proporciona maior estabilidade e menores tempos de execução (Bates *et al.*, 2010).

A malha computacional que utiliza RFSM-EDA baseia na topografia subjacente e é formada por uma série de polígonos chamados Impact Zones (IZs). Cada uma das IZs está

composta pelas células (Impact Cells) que drenam ao mesmo ponto baixo, conhecido como Ponto de Acumulação (Accumulation Point). As interfaces entre IZs são cristas topográficas ou pontos altos. A cota mais baixa de cada interface entre IZs corresponde ao ponto através do qual a água flui entre células e conhece como Ponto de Comunicação (Communication Point), tal e como mostra na imagem.

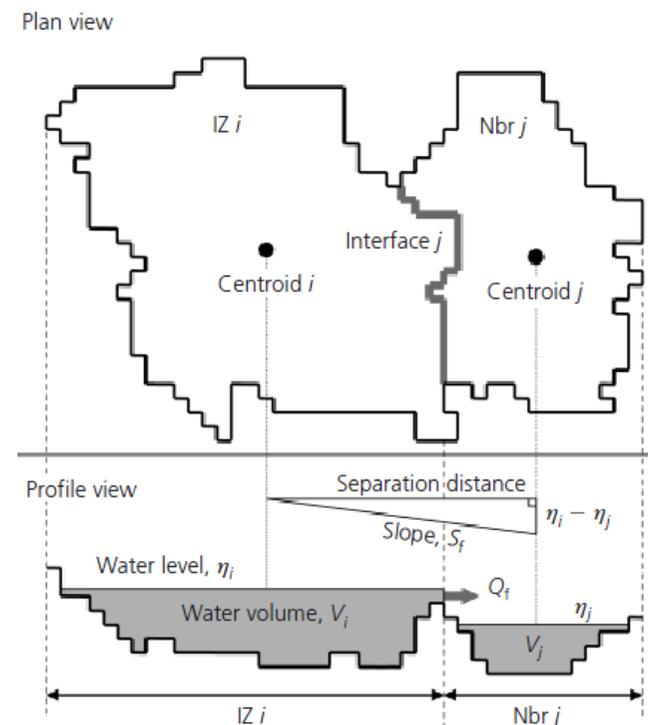
Figura 39. Representação conceitual dos Pontos de Acumulação e Comunicação em uma IZ



Fonte: Gouldby et al., 2008)

Durante a simulação hidráulica, o modelo recebe volumes de descarga na planície de inundação através de cada IZ costeira. Esses volumes de inundação computam como a diferença entre o nível de água do ponto mais próximo do conjunto de pontos no qual foram reconstruídos a série de nível e o correspondente contorno.

Figura 40. Representação conceitual de duas IZs adjacentes



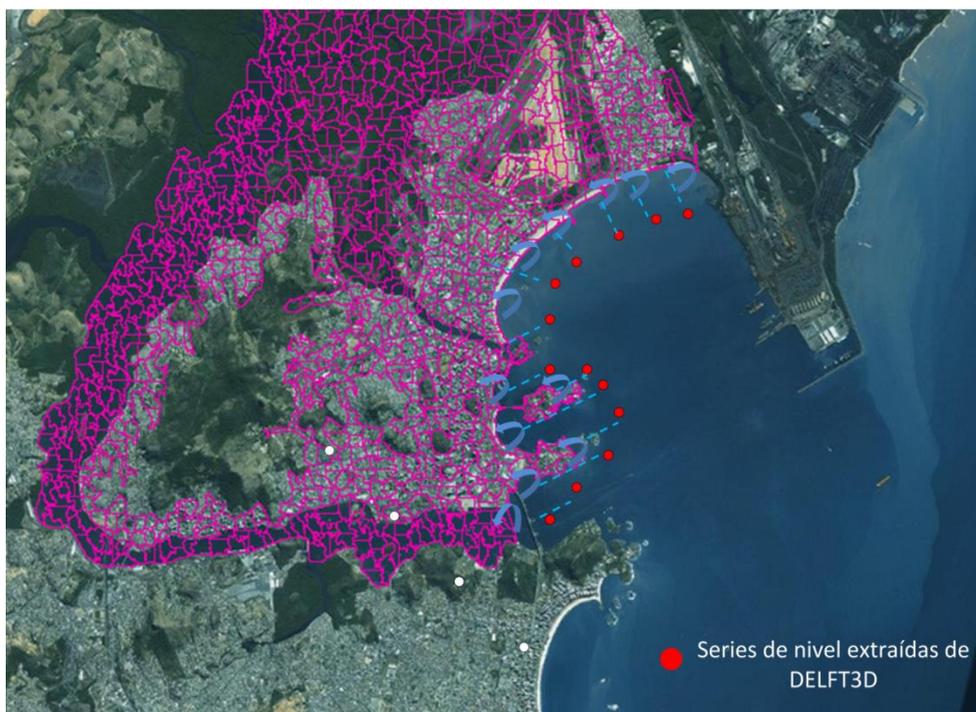
Fonte: Jamieson et al., 2012

RFSM-EDA tem a capacidade de ser eficiente a todas as escalas criando proporcionalidade entre as profundidades de água sobre o terreno e as velocidades com tempos de execução pequenos. Seu algoritmo permite considerar os rasgos característicos da topografia como cristas e pontos baixos derivados de um Modelo Digital de Terreno (MDT) de alta resolução utilizando elementos computacionais relativamente grandes. Deste modo, mediante este método é possível conseguir execuções rápidas e precisão ao mesmo tempo.

O modelo selecionado, portanto, tem o potencial de oferecer um passo além na elaboração de mapas de inundação a grande escala assim como no modelado de sistemas de risco de inundação (Jamieson *et al.*, 2012).

A Figura 41 mostra o processo de transferência da série de nível obtida depois da simulação numérica de todas as dinâmicas empregando o modelo DELFT3D ao domínio de inundação através dos contornos da malha.

Figura 41. Representação conceitual da transferência da série de nível do mar obtida pela simulação numérica ao domínio de inundação



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

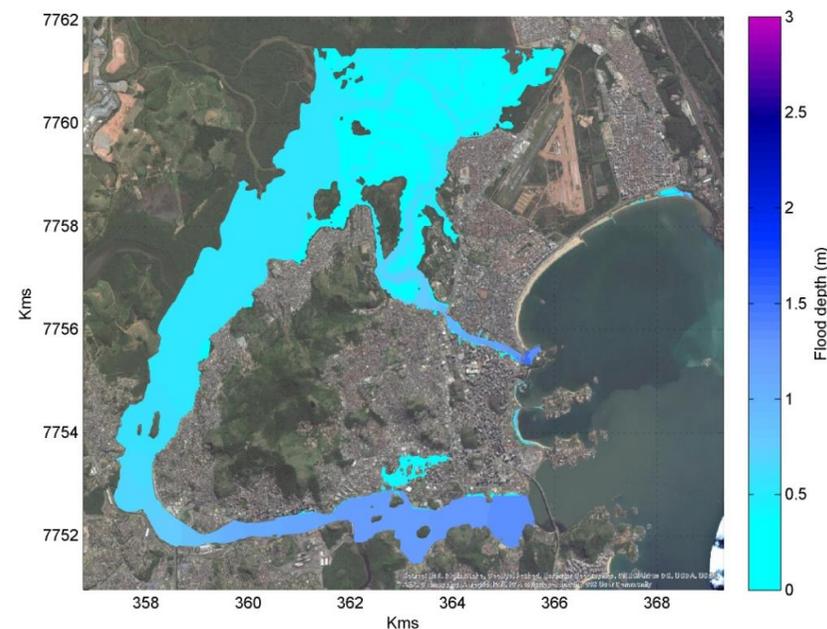
Foram realizados diversos testes para ajustar o tamanho das áreas da malha em uma delimitação compreendida entre os 2.000 e os 40.000 m<sup>2</sup>, de acordo a qualidade dos dados topográficos dos que dispõe. A malha final obtida é adequada para uma simulação estável e é capaz de proporcionar uma representação precisa e realista dos eventos de inundação.

## 4.8 Resultados

Nas seguintes figuras mostram os resultados obtidos para distintos cenários de evento de inundação e cenários de aumento do nível do mar (SLR). A escala de cores representa a profundidade de inundação alcançada.

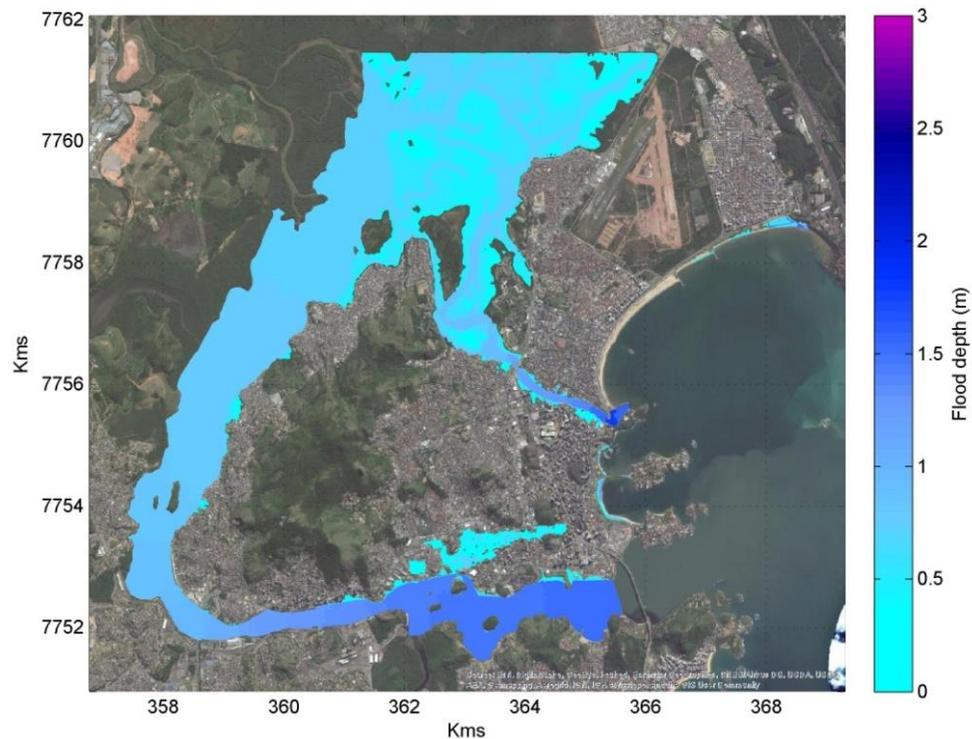
### 4.8.1 Cenário 1. Hs=2.82 m, MM=0.13 m, W=12.49 m/s

Figura 42. Cenário 1- CLIMA ATUAL



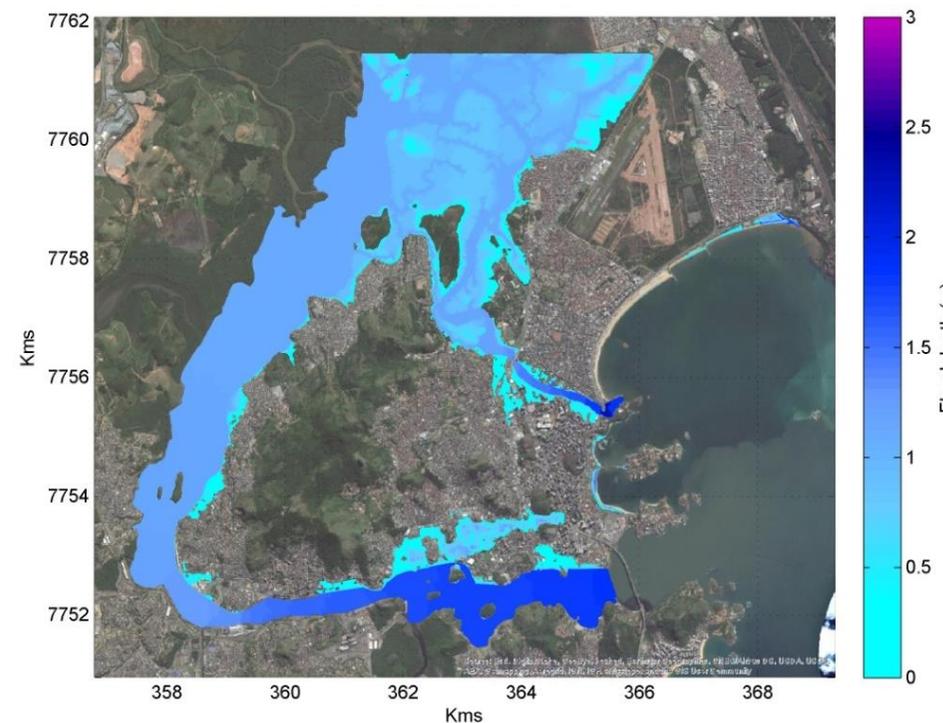
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 43. Cenário 1: +0.2 m SLR



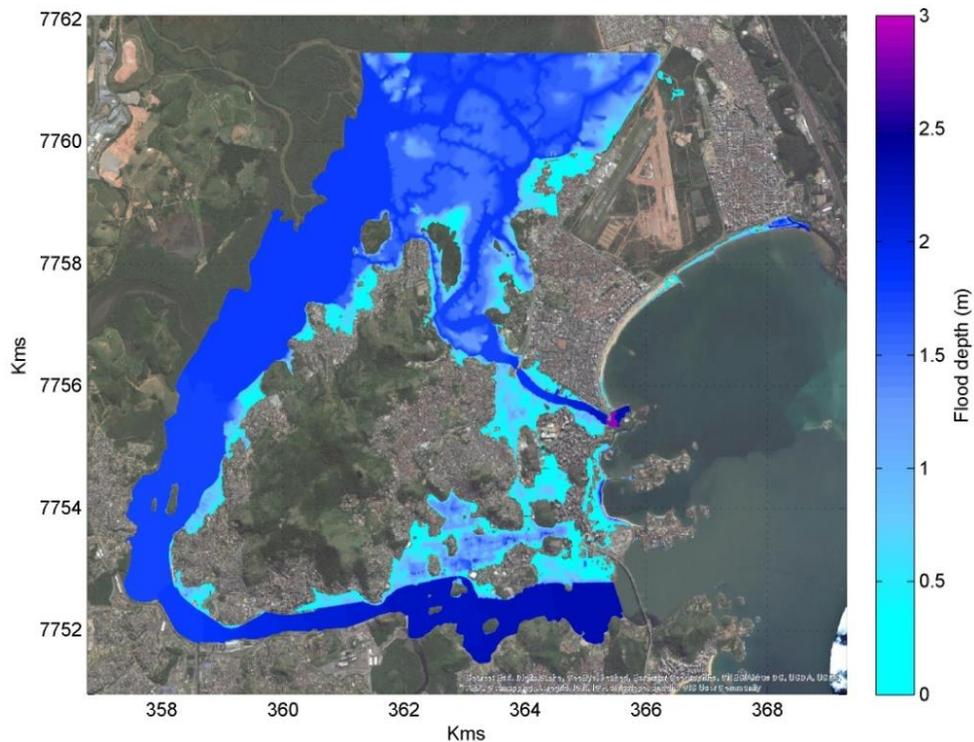
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 44. Cenário 1- CENÁRIO 2: +0.5 m SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

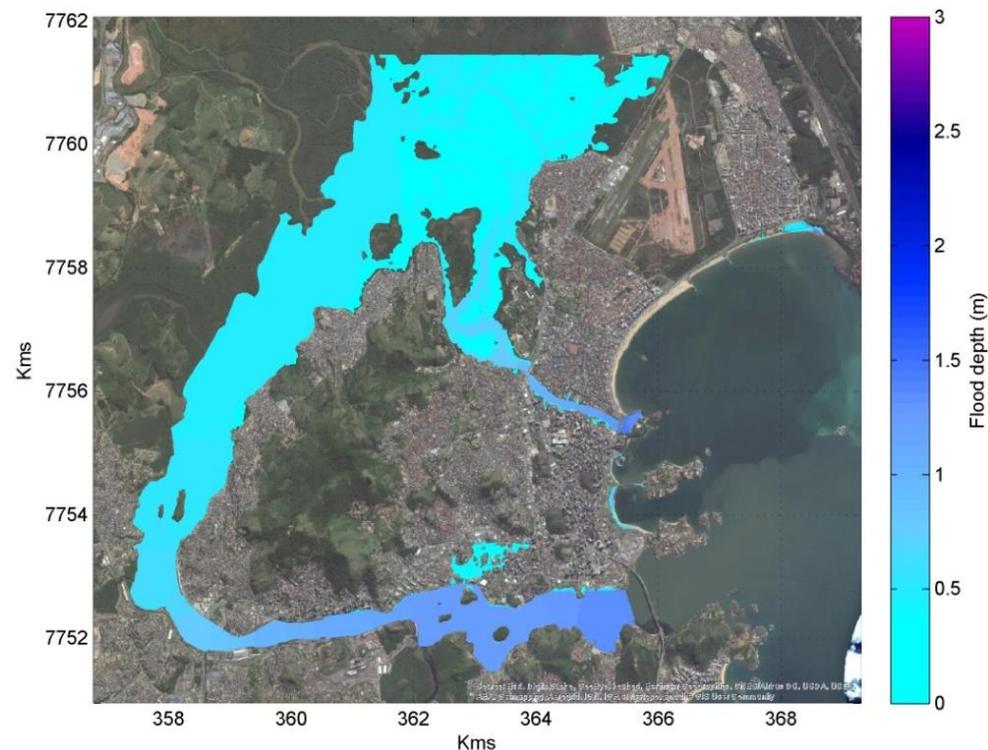
Figura 45. Cenário 1- CENÁRIO 3: +1.0 m SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

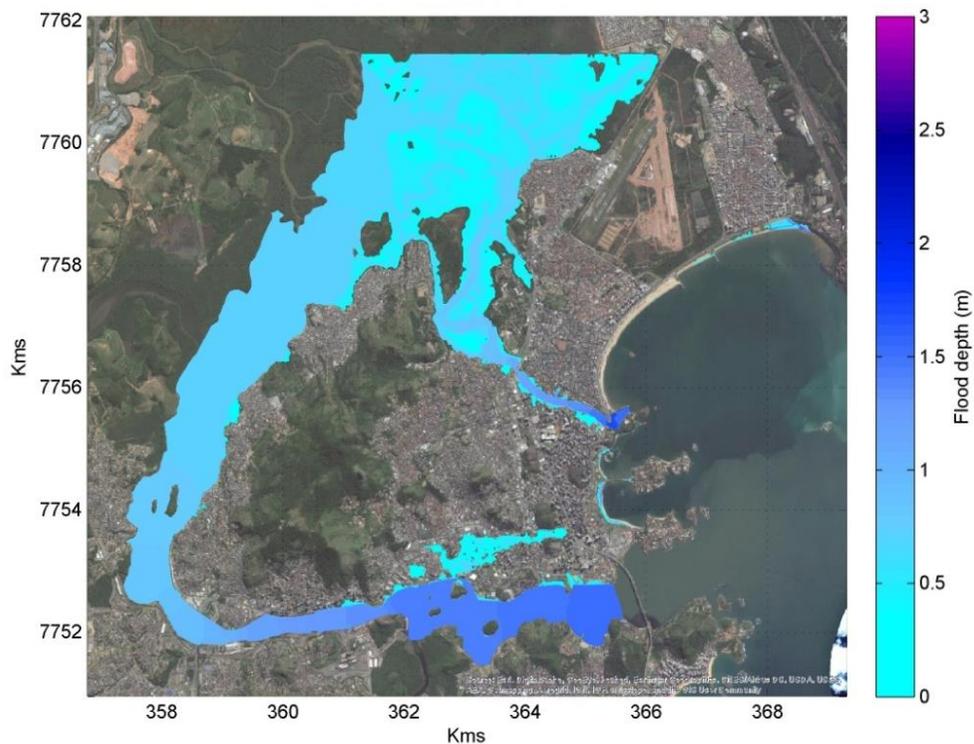
4.8.2 Cenário 20. Hs=2.76 m, MM=0.16 m, W0=9.6 m/s

Figura 46. Cenário 20 - CLIMA ATUAL



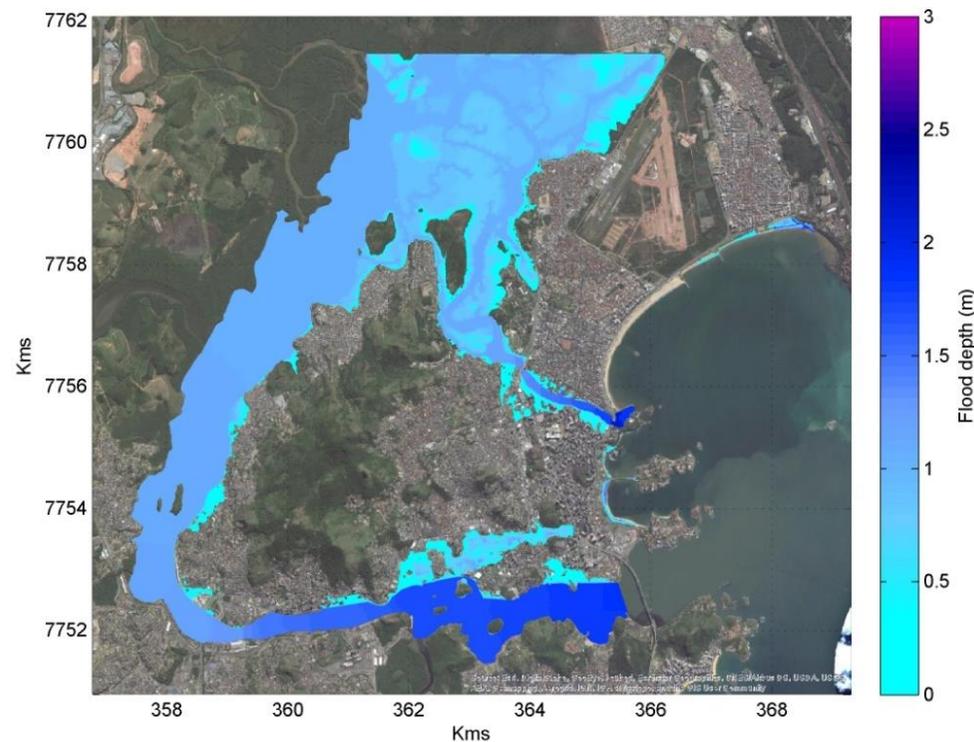
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 47. Cenário 20 – CENÁRIO 1: +0.2 m SLR



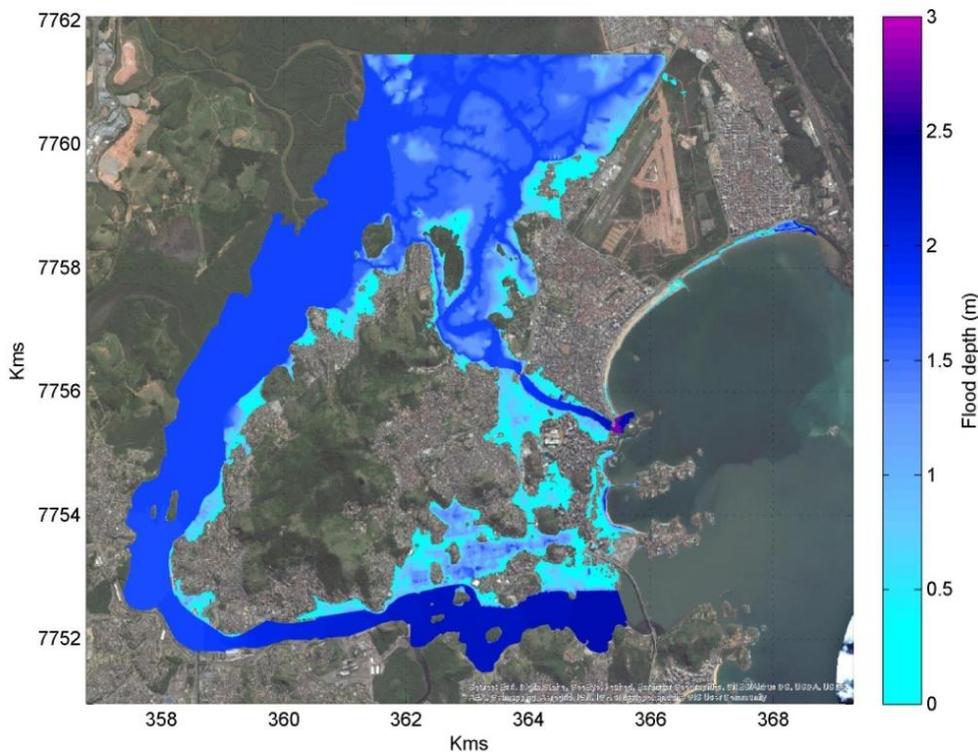
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 48. Cenário 20 - CENÁRIO 2: +0.5 m SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

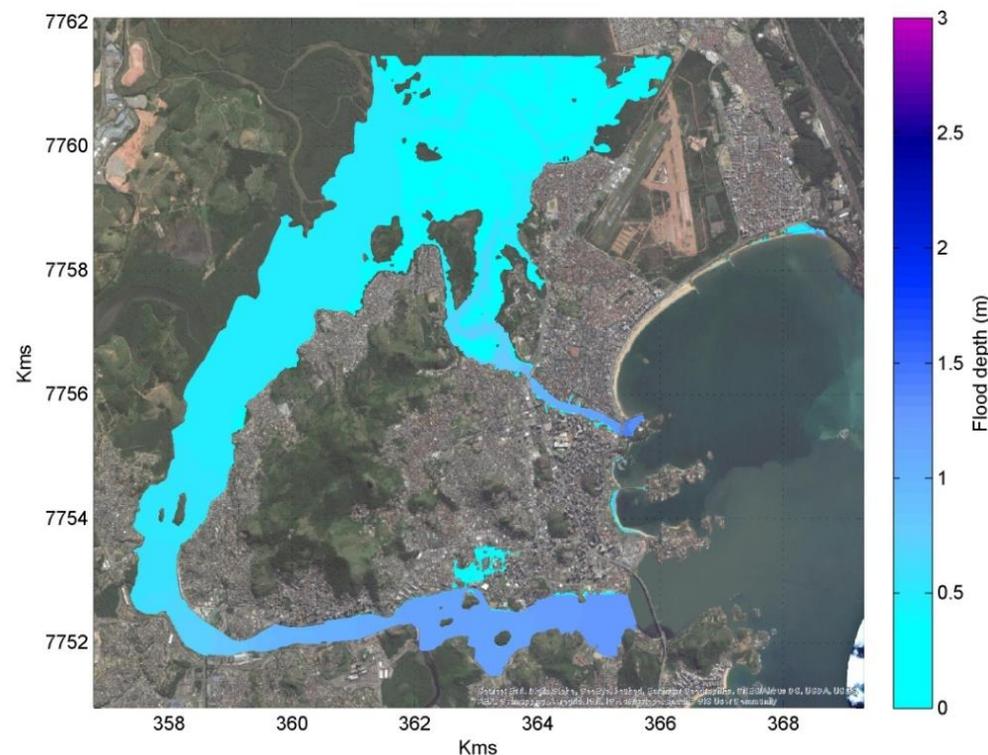
Figura 49. Cenário 20- CENÁRIO 3: +1.0 m SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

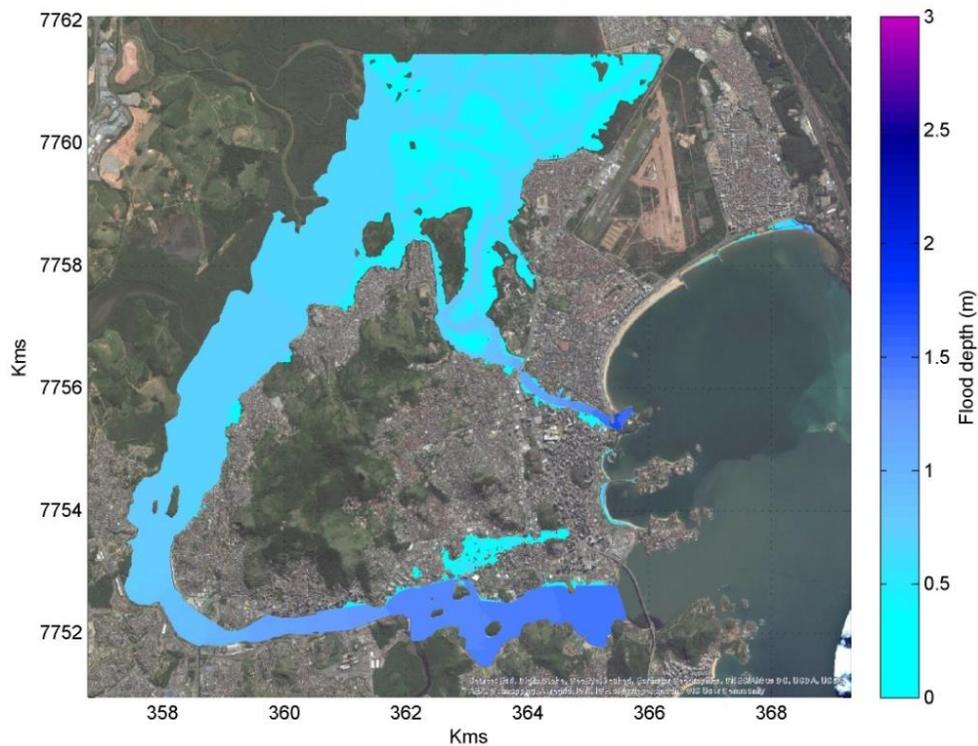
4.8.3 Cenário 60. Hs=3.6 m, MM=-0.03 m, W0=8.77 m/s

Figura 50. Cenário 60 - CLIMA ATUAL



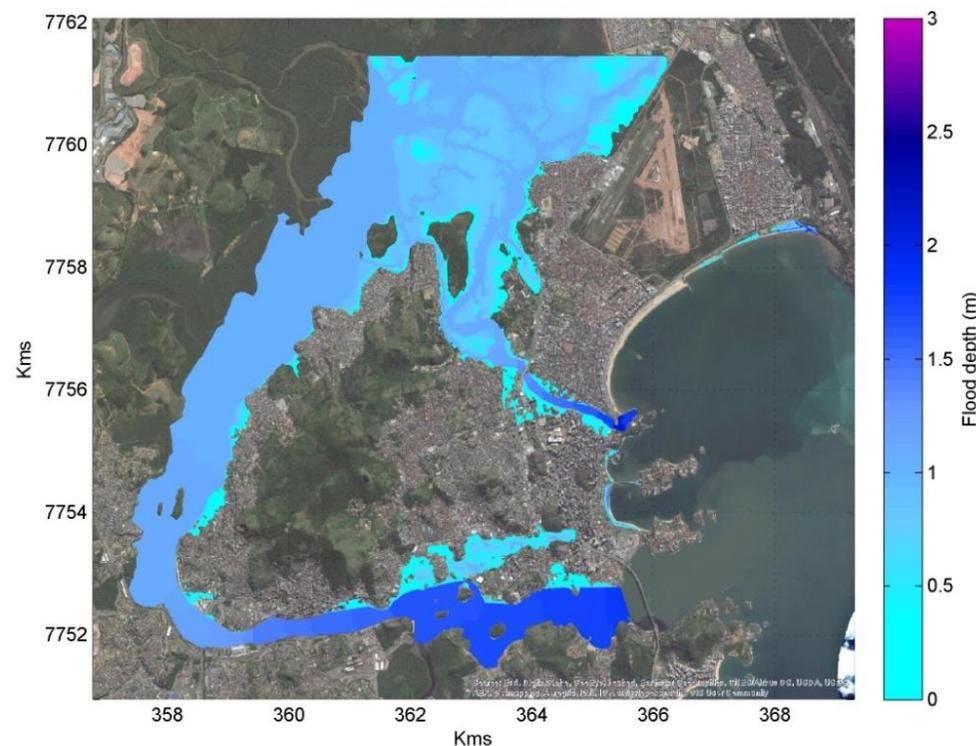
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 51. Cenário 60 - CENÁRIO 1: +0.2 m SLR



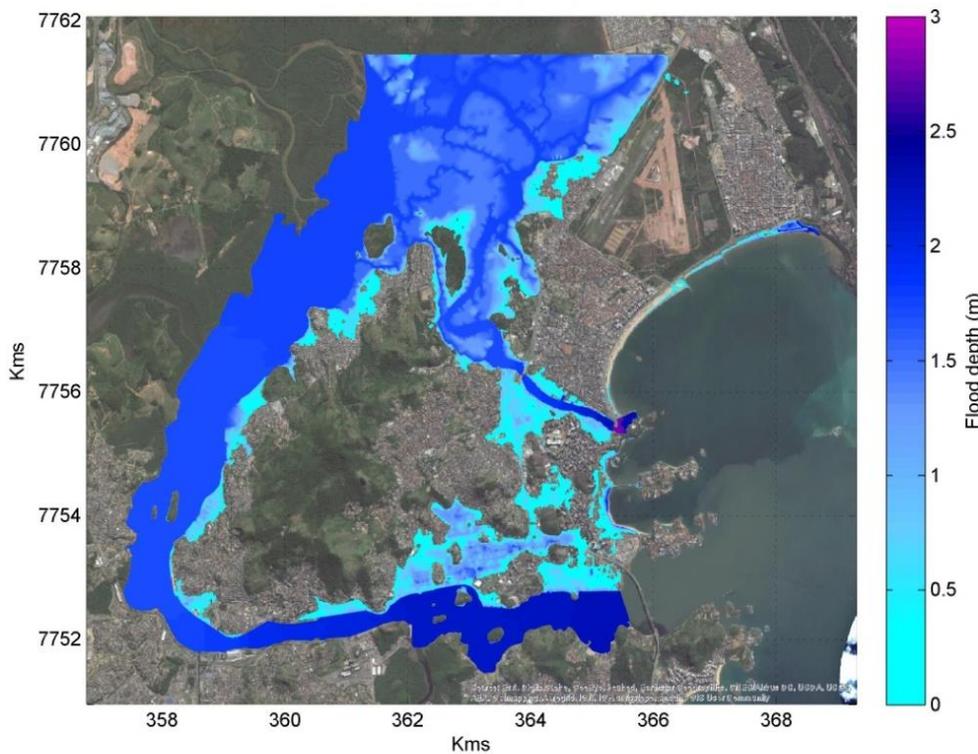
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 52. Cenário 60 - CENÁRIO 2: +0.5 m SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

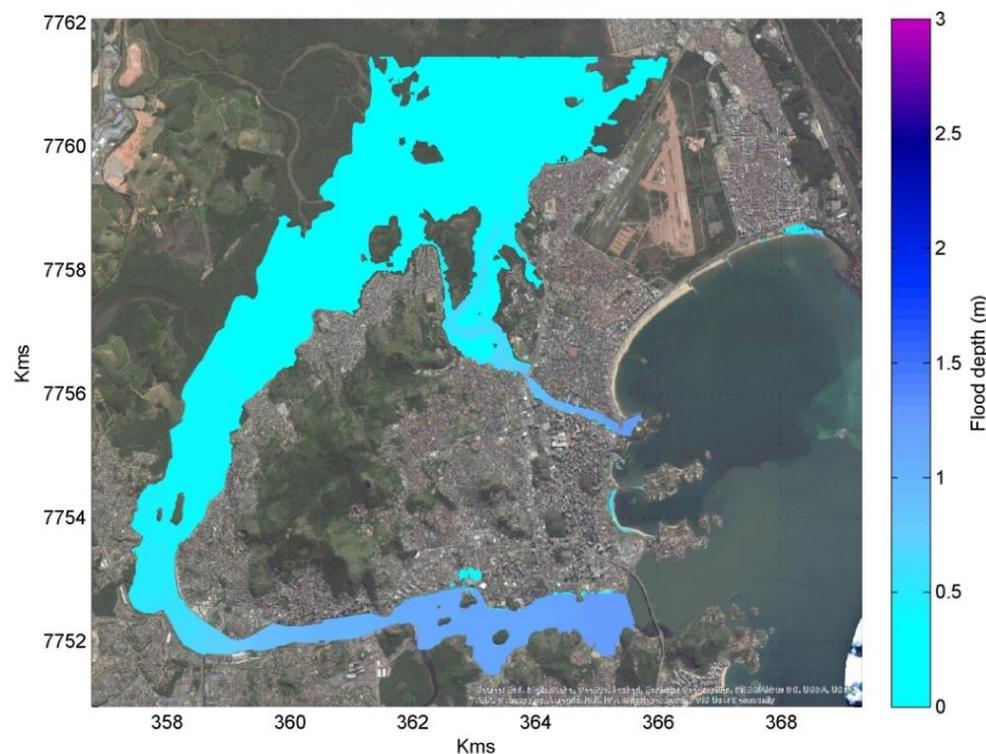
Figura 53. Cenário 60- CENÁRIO 3: +1.0 m SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

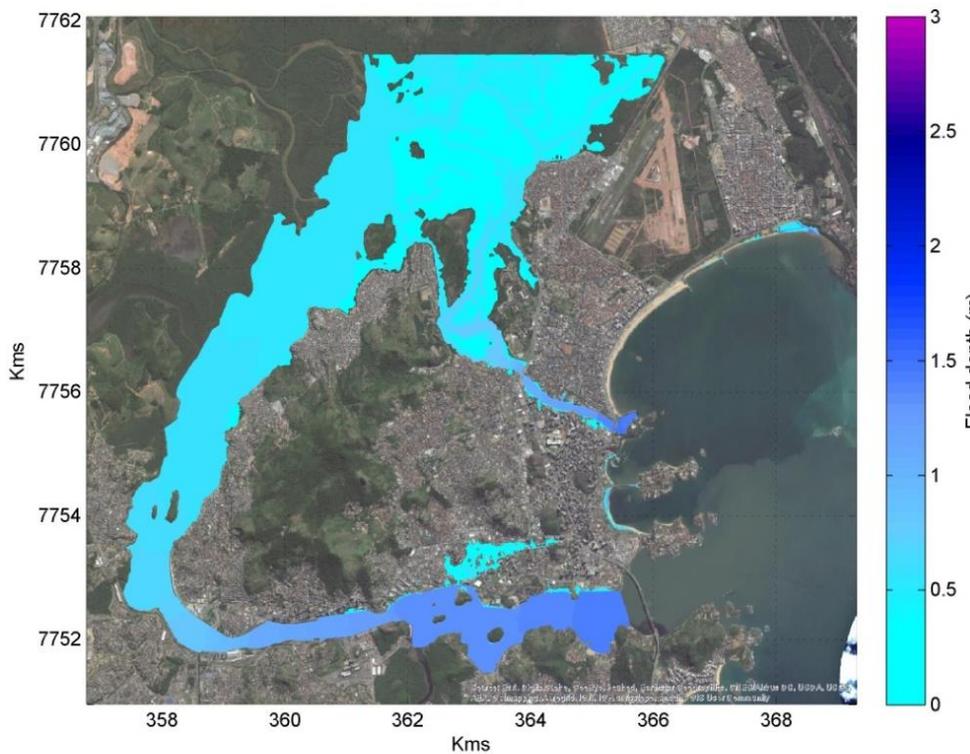
4.8.4 Cenário 90. Hs=2.55 m, MM=0.14 m, W0=9.9 m/s

Figura 54. Cenário 90 - CLIMA ATUAL



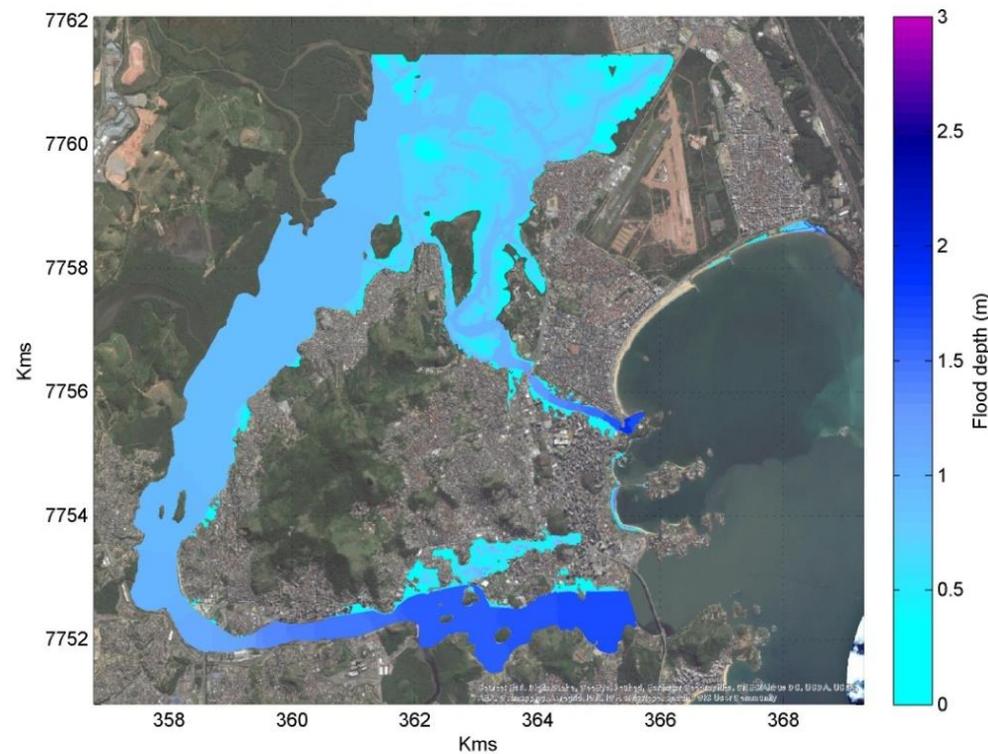
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 55. Cenário 90 - CENÁRIO 1: +0.2 m SLR



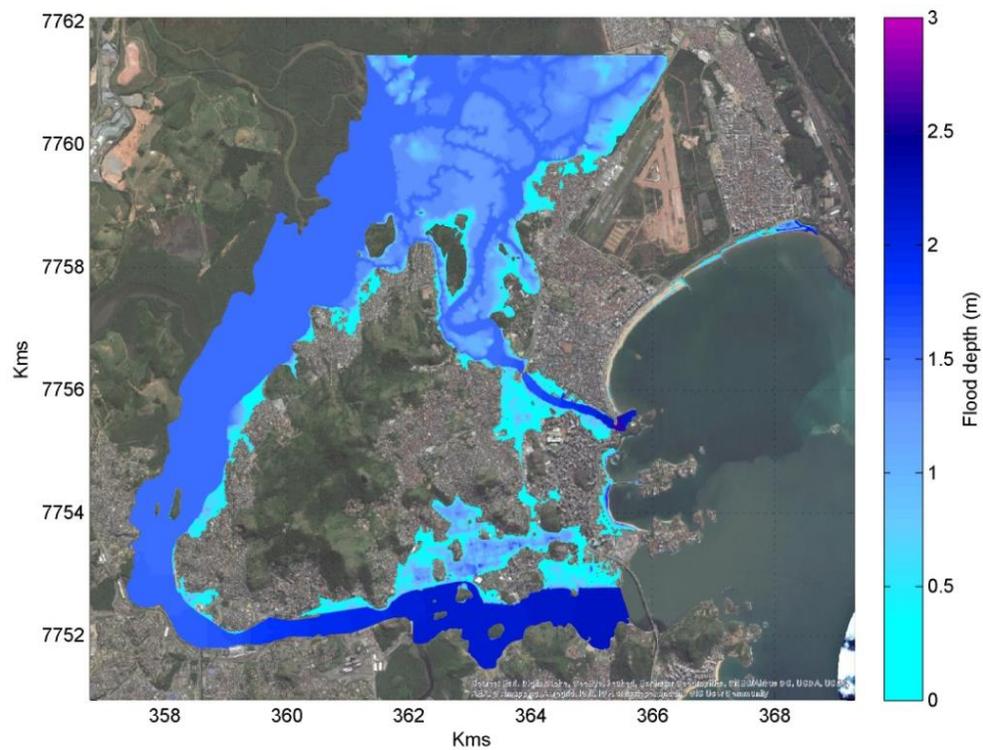
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 56. Cenário 90 - CENÁRIO 2: +0.5 m SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 57. Cenário 90- CENÁRIO 3: +1.0 m SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

## 5 ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS

Dos inventários de campo consultados e da experiência em campo é possível concluir que os principais processos gravitacionais existentes na área de estudo são do tipo deslizamentos planares ou slumps, afetando principalmente os materiais do tipo de solo, sejam da formação de Barreiras ou saprólitos procedentes da alteração dos granitos.

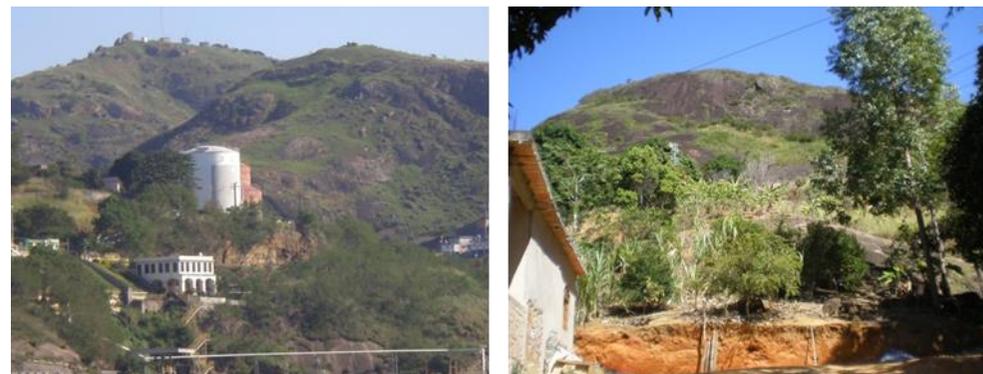
Figura 58. Processos gravitacionais na zona de estudo. Esquerda Cariacica, Direita Vila Velha. No primeiro caso trata de materiais da Fm Barreiras, no segundo caso o material mobilizado são saprólitos graníticos



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Embora com frequência reduzida também se deve considerar o desmonte de morros e deslizamento de blocos na vizinhança dos morros tanto no inventário do CPRM como nos inventários dos planos de redução de riscos das municipalidades consultadas. Ambos os processos serão analisados individualmente com a finalidade de obter mapas de suscetibilidades independentes.

Figura 59. Caídas de blocos nas vertentes dos morros graníticos Esquerda Vila Velha, Direita Zona de Quebraviola em Serra



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

### 5.1 Análises dos processos, fatores condicionantes e fatores desencadeantes

Os fatores que controlam os processos de remoção de massas são aqueles capazes de modificar as forças internas e externas que atuam sobre o terreno. Habitualmente na sua análise consideram fatores condicionantes e detonantes. Dentre os fatores condicionantes, identificam-se os seguintes:

**Litológicos:** presença de materiais de baixa resistência, alterados ou fraturados.

**Geomorfológicos:** são aqueles que controlam as geoformas e depósitos na zona de estudo. Trata principalmente dos processos relacionados à erosão fluvial ou marinha assim como com as formas acumulativas que produzem (terraças, barras arenosas, dunas, etc.).

**Usos do solo:** os usos do solo condicionam a estabilidade do mesmo. A agricultura intensiva ou a urbanização devem ser consideradas como atividades agressivas ao solo por impedir a correta estabilidade do mesmo mediante o desenvolvimento da vegetação. A preservação da cobertura vegetal deve ser considerada como um fator favorecedor para a estabilidade do solo, limitando as ações erosivas do mesmo e restando o substrato diante de possíveis eventos gravitacionais.

**Vegetação:** o tipo de vegetação do solo determina a resistência do mesmo aos processos de remoção em massa. A maior parte da vegetação tem grande capacidade estabilizadora para o substrato.

Outros exemplos de fatores estão presentes nos mapas **derivados do modelo digital** do terreno, sendo seus componentes principais o mapa de pendentes e o de orientações. O primeiro tem uma influência clara nos processos de ladeira, enquanto que o segundo aporta informação referente à insolação, dessecação ou entrada preferente das frentes de chuvas.

Entre os **fatores desencadeantes** o principal é a pluviosidade. Outro fator desencadeante importante é a sismicidade, porém na zona de estudo não há necessidade de considerá-lo visto a baixa sismicidade da região.

Finalmente encontram os fatores de origem **antrópico**. São geralmente considerados como fatores desencadeantes, destacando-se: ações de escavação nas ladeiras para obras civis (caminhos, habitações, canais), ou exploração de canteiras. Também são importantes as sobrecargas nas zonas próximas a taludes caracterizadas como a existência de preenchimentos, habitações e taludes construídos na coroa e no corpo do talude.

Analisando os processos cartografados se conclui que o principal fator desencadeante dos processos em seu ambiente natural são as chuvas. Por outro lado, foi verificado que nas zonas urbanas existem condições antrópicas e de infraestruturas, onde o corte de taludes para a execução de plataformas para edificações, realizado sem qualquer tipo de controle, afeta a estabilidade das edificações.

A inclusão destes fatores depende da qualidade de sua representação cartográfica, assim como de sua representatividade na geração dos processos. A seguir a Tabela 14 apresenta o resumo das informações disponíveis e a resolução das mesmas.

Tabela 14. Capas de informação e resolução

| Fase          | Municipalidade de Vitória | Microrregião           |
|---------------|---------------------------|------------------------|
| Geologia      | 1/16.000                  | 1/100.000              |
| Geomorfologia |                           | 1/250.000              |
| MDT           | Curvas 1 m 1/1.000        | 1/60.000 (30x30 ASTER) |

| Fase         | Municipalidade de Vitória | Microrregião |
|--------------|---------------------------|--------------|
| Usos do Solo | 1/10.000                  | 1/10.000     |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

## 5.2 Metodologia

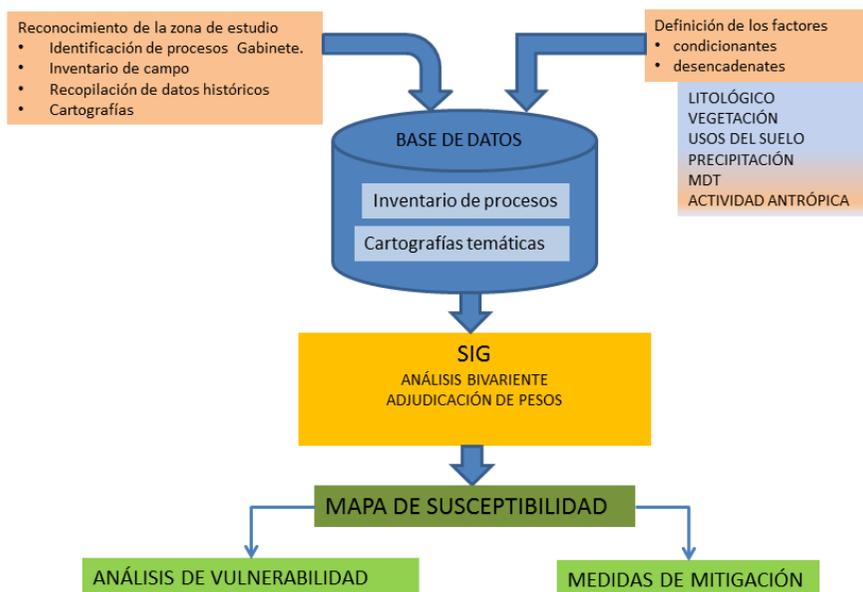
Propõem-se um estudo de suscetibilidade a deslizamentos em duas fases, uma na qual é analisado o município de Vitória, e outra onde é analisada a microrregião em estudo. A diferenciação de ambas as fases vem dada pela escassa informação tanto temática como cartográfica na totalidade da área de estudo, já que apenas encontrou informação de precisão para a capital. De toda foram, os processos identificados são de características similares, desenvolvendo-se nas litologias **argilo-arenosos** da Formação Barreiras e nos saprólitos existentes.

### 5.2.1 Vitória

A análise de suscetibilidade de Vitória parte de um modelo digital do terreno extraído a partir de umas curvas de nível de 1 metro. A partir de tal informação foi procedido para a elaboração dos mapas de pendentes (categorizado em classes agrupando rasgos de pendentes de 10 grau sexagesimais) e em um mapa de orientações (qualificadas em 8 classes). Também foi utilizado um mapa litológico de escala 1:16.000.

A metodologia utilizada no desenvolvimento da cartografia de suscetibilidade seguiu as premissas da base SIG, resumida na Figura 60:

Figura 60. Desenvolvimento metodológico para a cartografia de suscetibilidade



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Para o cálculo da suscetibilidade dos processos de ladeira foi procedido a utilizar no método bivalente proposto por Van Westen. O método consiste em ponderar cada uma das categorias das respectivas capas temáticas com base na superfície afetada por deslizamentos de cada uma delas. Para isso utilizou-se a totalidade do inventário de eventos existentes na área de estudo, tendo sofrido algumas aproximações diante da dificuldade de tal levantamento em zonas urbanas densamente povoadas.

O método baseia na seguinte fórmula:

$$\ln W_i = \ln \frac{Densclass}{Densmap} = \ln \left( \frac{Npix(Si)}{\sum Npix(Ni)} \right)$$

Sendo:

- $W_i$  o peso dado a uma classe ou categoria
- Densclass densidade de deslizamentos para uma determinada classe
- Densmap densidade de deslizamentos para toda a zona de estudo
- $Npix(Si)$  número de pixels pertencentes a deslizamentos contidos em uma classe
- $Npix(Ni)$  número total de pixels de uma determinada classe

A densidade de deslizamentos na zona de estudo é muito baixa, tanto por sua quantidade como por suas dimensões.

Considerou como dados de entrada para o modelo os eventos registrados no inventário existente para o PMRR da cidade de Vitória. Tal inventário foi selecionado em listas independentes dos deslizamentos e fluxos das caídas. No total foram registrados 122 eventos que foram atualizados com seis eventos diagnosticados durante as visitas de campo e que haviam sido contemplados no inventário. Assim, somaram-se 128 eventos para a análise de suscetibilidade a os deslizamentos. Para a análise das caídas foi possível contar com 11 eventos, extraídos tanto do PMRR de Vitória como das visitas de campo.

Na análise bivalente foram analisadas as variáveis de litologia, pendentes e orientações obtendo um mapa de suscetibilidade em que 58% das zonas cartografadas como deslizamentos se encontram em zonas de suscetibilidade alta, 28% na zona de suscetibilidade média e 12% em zonas de suscetibilidade baixa. Além disto, de acordo com a análise bivalente a densidade dos deslizamentos é baixa para em Vitória.

Tabela 15. Densidades de deslizamentos na zona de estudo

|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| <b>Sup deslizamentos</b> | 25.42         |
| <b>Sup total</b>         | 5624.42       |
| <b>Denmap</b>            | 0.00452031688 |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Para as variáveis geológicas é significativa a incidência deste tipo de processo nas classes referentes aos depósitos de talude e afloramento rochosos, entendendo neste último caso que é o recobrimento quaternário suprajacente ou o perfil de alteração do mesmo o que mobiliza e que por razões de escala não foram cartografados.

Tabela 16. Representatividade da classe de geologia

| Classe                                | Desliz. | Área          | Den_Clas   | Lmvi         |
|---------------------------------------|---------|---------------|------------|--------------|
| Unidade i sedimentos fluvio-marinhas  | NÃO     | 1.039.125.275 | 0.000001   | -841.633.738 |
| Unidade ii sedimentos arenosos praias | NÃO     | 9.849.065.528 | 0.000001   | -841.633.738 |
| Unidade iii aterros                   | NÃO     | 130.207.623   | 0.00027991 | -278.186.034 |
| Unidade iii aterros                   | SIM     | 0.364569453   |            |              |
| Unidade iv afloramento rochoso        | NÃO     | 6.888.114.546 | 0.00490729 | 0.08213899   |
| Unidade iv afloramento rochoso        | SIM     | 3.396.864.364 |            |              |
| Unidade v solo residual               | NÃO     | 9.377.570.282 | 0.00247554 | -0.60212439  |
| Unidade v solo residual               | SIM     | 2.327.214.185 |            |              |
| Unidade vi deposito de talus          | NÃO     | 6.463.147.975 | 0.02904752 | 186.035.112  |
| Unidade vi deposito de talus          | SIM     | 193.354.922   |            |              |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

No caso das inclinações é notável a existência de elementos inventariados na margem de 20 a 50°, o que reflete em um adequado MDE para a realização do estudo.

Tabela 17. Representatividade da classe de inclinações

| Inclinação         | Desliz. | Área          | Den_Clas    | Lmvi           |
|--------------------|---------|---------------|-------------|----------------|
| Inclinação 0 - 10  | NÃO     | 4.137.411.083 | 0.000728019 | -1.826.039.895 |
| Inclinação 0 - 10  | SIM     | 30.143.069    |             |                |
| Inclinação 10 - 20 | NÃO     | 5.789.841.492 | 0.009779628 | 0.771690207    |
| Inclinação 10 - 20 | SIM     | 5.718.171.425 |             |                |
| Inclinação 20 - 30 | NÃO     | 5.453.725.835 | 0.016451954 | 1.291.832.991  |
| Inclinação 20 - 30 | SIM     | 912.252.823   |             |                |
| Inclinação 30 - 40 | NÃO     | 2.394.021.472 | 0.022603731 | 1.609.503.717  |
| Inclinação 30 - 40 | SIM     | 5.536.528.019 |             |                |
| Inclinação 40 - 50 | NÃO     | 6.947.073.231 | 0.023626063 | 1.653.739.177  |
| Inclinação 40 - 50 | SIM     | 1.681.036.149 |             |                |
| Inclinação 50 - 60 | NÃO     | 2.117.505.106 | 0.015235598 | 1.215.023.377  |
| Inclinação 50 - 60 | SIM     | 0.327605835   |             |                |
| Inclinação 60 - 70 | NÃO     | 5.648.755.147 | 0.004152325 | -0.084942851   |
| Inclinação 60 - 70 | SIM     | 0.023553268   |             |                |
| Inclinação 70 - 80 | NÃO     | 1.172.900.364 | 0.000349199 | -2.560.724.497 |
| Inclinação 70 - 80 | SIM     | 0.000409719   |             |                |
| Inclinação 80 - 90 | NÃO     | 0.189867794   | 5.27E-06    | -6.754.944.557 |
| Inclinação         | SIM     | 0.000001      |             |                |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Finalmente, ao cruzar os dados derivados do MDE com as orientações predominantes nas que produzem este tipo de evento é possível observar o predomínio das classes E, N, e NE.

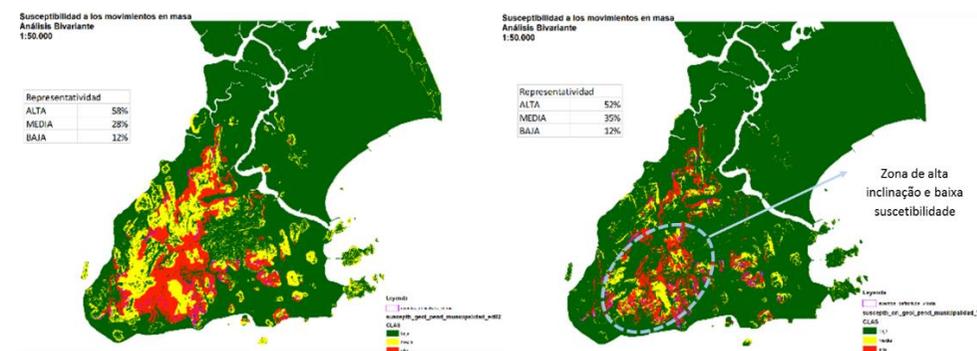
Tabela 18. Representatividade da classe de inclinações

| Orientação       | Desliz. | Área          | Den_Clas   | Lmvi                  |
|------------------|---------|---------------|------------|-----------------------|
| Orientação E     | NÃO     | 6.747.159.746 | 0.00737143 | <b>0.489002799</b>    |
| Orientação E     | SIM     | 4.973.619.173 |            |                       |
| Orientação N     | NÃO     | 5.986.905.404 | 0.006455   | <b>0.356246055</b>    |
| Orientação N     | SIM     | 3.864.545.373 |            |                       |
| Orientação NE    | NÃO     | 5.857.175.248 | 0.00614126 | <b>0.306422104</b>    |
| Orientação NE    | SIM     | 3.597.045.788 |            |                       |
| Orientação NO    | NÃO     | 7.239.548.469 | 0.00455077 | <b>0.00668703</b>     |
| Orientação NO    | SIM     | 3.294.548.755 |            |                       |
| Orientação O     | NÃO     | 7.510.389.088 | 0.00413057 | <b>-0.090194042</b>   |
| Orientação O     | SIM     | 3.102.215.625 |            |                       |
| Orientação Plano | NÃO     | 4.603.501.334 | 0.00019416 | <b>-3.147.674.517</b> |
| Orientação Plano | SIM     | 0.089382175   |            |                       |
| Orientação S     | NÃO     | 5.844.588.163 | 0.00292494 | <b>-0.435334211</b>   |
| Orientação S     | SIM     | 1.709.507.409 |            |                       |
| Orientação SE    | NÃO     | 6.336.962.645 | 0.00384714 | <b>-0.161277234</b>   |
| Orientação SE    | SIM     | 243.792.114   |            |                       |
| Orientação SO    | NÃO     | 5.862.201.924 | 0.00401787 | <b>-0.117857269</b>   |
| Orientação SO    | SIM     | 2.355.354.768 |            |                       |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Foram realizados dois modelos de suscetibilidade, no primeiro deles combinaram as três variáveis (orientações, inclinação e litologias), e no segundo somente incluíram duas variáveis (inclinações e litologias), escolhendo este último por ser mais realista conforme os dados de campo já que a superfície dos mesmos englobava em 58% na zona classificada como de alta suscetibilidade, enquanto que no modelo que englobava as três variáveis de porcentagem baixava a 52% deslocando 6% de diferença para a classe média. Além disto, o modelo de três variáveis atribuía valores baixos a zonas de altas inclinações com base exclusivamente da orientação das mesmas.

Figura 61. Mapas de suscetibilidade do município de Vitória



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 5.2.2 Microrregião – RMGV

Para o estudo da microrregião foi empregado um inventário de eventos de 292 elementos para a casuística de deslizamentos superficiais que engloba tanto fluxos de solos e detritos como slumps superficiais. Diante do escasso volume do inventário referente a caídas de blocos (32 eventos) foi desaconselhado seu emprego já que os resultados obtidos seriam pouco congruentes.

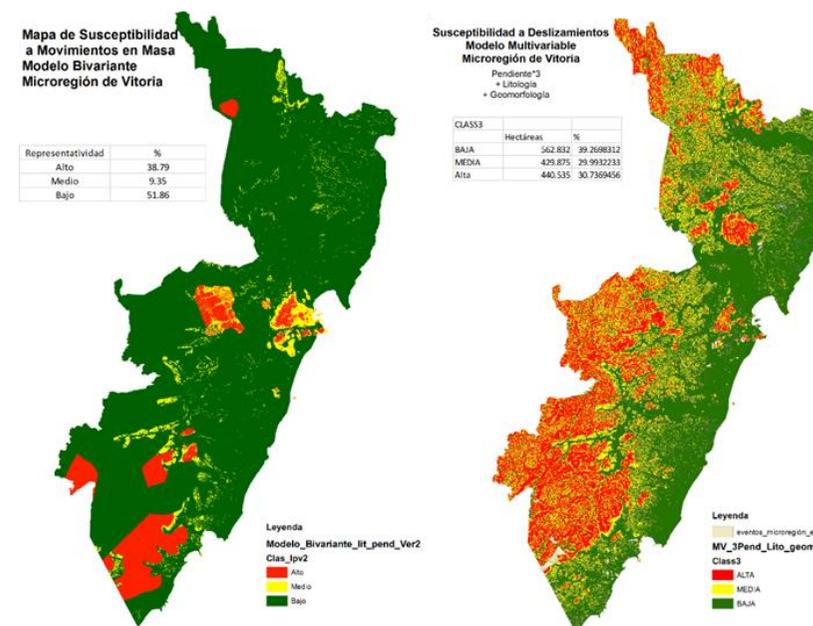
O estudo bivariante de eventos superficiais recolhe a análise estatística das variáveis de inclinação, orientações, litologia e geomorfologia. Existe uma grande discrepância entre tais variáveis para o âmbito da microrregião por causa da resolução das mesmas, sabendo que as variáveis dependentes do modelo digital do terreno têm precisões médias devido

sua escala cartográfica (1:50.000), enquanto que as variáveis dependentes da litologia e da geomorfologia apresentam precisões muito baixas, devidos suas escalas pouco detalhadas (1:100.000-1:1.000.000 respectivamente).

Não foi incluída a variável de usos do solo já que foi observado no estudo das ortofotos disponíveis a impressionante variabilidade e capacidade de mudança de usos em períodos muito curtos de tempo. A cada seis anos as áreas são apuradas, sendo revisadas nos dois anos seguintes e recuperadas nos subsequentes dois anos. Assim, foi possível observar dentro deste escasso espaço temporal, zonas arborizadas de porte médio alto. As classificações foram realizadas mediante a análise de imagens de um único ano, considerando, portanto, uma elevada margem de erro.

Dado que o modelo bivariante obtido apresentou resultados pouco representativos, localizando 51% dos elementos deslizados em zonas de suscetibilidade baixa, foi necessário adotar um modelo multivariante, tomado como referência os pesos assinados pelas classes de litologia e geomorfologia na análise bivariante. Em tal modelo multivariante foi incrementado por 3 o peso da capa de inclinação com a finalidade de ajustar os resultados com os obtidos em Vitória (Nos anexos estão as tabelas de alocação de pesos da análise bivariante).

Figura 62. Mapas de susceptibilidade do município de Vitória



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 5.3 Análise de periculosidade e recomendações de mitigação

Conforme visto, em Vitória foi percebida a periodicidade dos processos analisados, estando vinculados às épocas de chuvas. As dimensões dos processos são muitas variáveis pelo que é muito difícil realizar uma extrapolação do mapa de suscetibilidade ao de periculosidade a escala de trabalho que realiza.

De maneira geral o modelo de suscetibilidade identificou as zonas nas quais devem concentrar os estudos do Plano Municipal de Redução de Riscos. É esta a ferramenta mais adequada para a mitigação dos problemas existentes.

Após as visitas de campo foi observado a concatenação entre os fatores naturais e os antrópicos, principalmente relacionados ao talude. É habitual a ausência de calhas de guarda na zona superior dos taludes, a ocorrência de lançamentos de águas residuais nas

ladeiras, as sobrecargas em zonas próximas na borda do talude em forma de edificações irregulares, assim como a execução de taludes de geometria subvertical sem nenhum tipo de sustentação ou fator corretor que mitiguem tanto a erosão do talude como sua estabilidade.

Um correto planejamento urbano, com o desenho de drenagem, definição de distâncias mínimas nas bordas e sopés de taludes e respeitando as exigências de execução de muros de suporte ou atuações sobre taludes nas zonas de suscetibilidades médias e altas reduziram de maneira notável a probabilidade de ocorrência destes processos.

Para a RMGV o plano apenas foi capaz de identificar as zonas de maiores inclinações, e dada a escala trabalho (maior de 1:50.000) só considerou as zonas mais problemáticas aos processos relacionados à esta característica.

## 6 DESENVOLVIMENTO DA VALORAÇÃO DE RISCOS

### 6.1 Introdução

Nos primeiros capítulos deste documento selecionaram e avaliaram as ameaças naturais mais relevantes que existem na cidade de Vitória, isto é, por um lado as inundações fluviais como causadoras de danos de dimensões relativamente maiores e, por outro, as inundações marinhas e os deslizamentos com consequências relativamente menores e inclusive em certo sentido pouco reconhecidas a nível local pela comunidade. Contudo, devido à já explicada ausência de um MDT de precisão adequada não foi possível modelar o alcance das inundações fluviais, de tal forma que esta Análise de riscos se concentra nas inundações marinhas e deslizamentos.

Conforme visto anteriormente a valoração de riscos considera as seguintes etapas metodológicas descritas no primeiro capítulo para forma de analisar as duas ameaças em questão:

- a) Análise dos elementos expostos;
- b) Análise da vulnerabilidade; e
- c) Cálculo do risco acumulado.

Volta-se a destacar que a deficiência da base de dados em formato *shape* diminui exatidão do cálculo de risco para as distintas ameaças. Esta situação obriga a adotar uma simplificação do foco de análise, que no caso das inundações marinhas são adotadas as manchas de inundação obtidas para as bacias principais que compõe a ilha principal. Tal como verá mais adiante, na prática o processo teve que se subdividir em 11 análises separadas cujos resultados seriam somados, corrigidos e extrapolados para as possíveis áreas em que não estejam encaixadas dentro destas zonas de análise.

Os estudos de mudança climática do IPCC e do Modelo Regional Brasileiro estabelecem a redução de 20% da pluviosidade média, a redução dos dias de chuva extrema e a redução dos dias de chuva ao longo dos próximos cinco anos.

Essa redução de chuva possivelmente refletirá na redução do dos eventos de risco de deslizamentos. Porém se desconhece a magnitude desta redução pois existem outros fatores como a humidade prévia do solo e como a chuva irá se comportar no tempo (distribuição espacial e temporal dos dias de chuva).

Quanto à inundação marinha, conforme previsto no item 5.3, todos os modelos projetam um aumento do nível médio do mar ao longo do século, causando um aumento do risco de inundação costeira

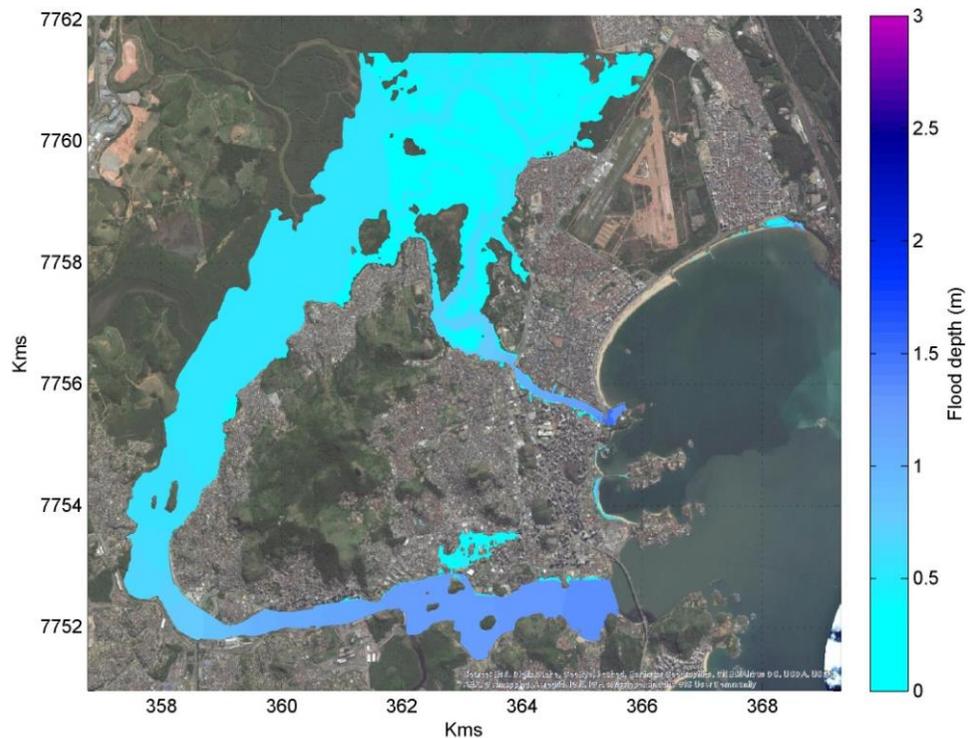
### 6.2 Resumo das ameaças

#### 6.2.1 Inundação marinha

As categorias de pegada de inundação marinha foram modeladas de acordo com os períodos de retorno de 10, 50 e 200 anos, nos distintos cenários climáticos, atual e com 0,2, 0,5 e 1 m SLR, conforme apresentado no informe elaborado por IHC, em anexo.

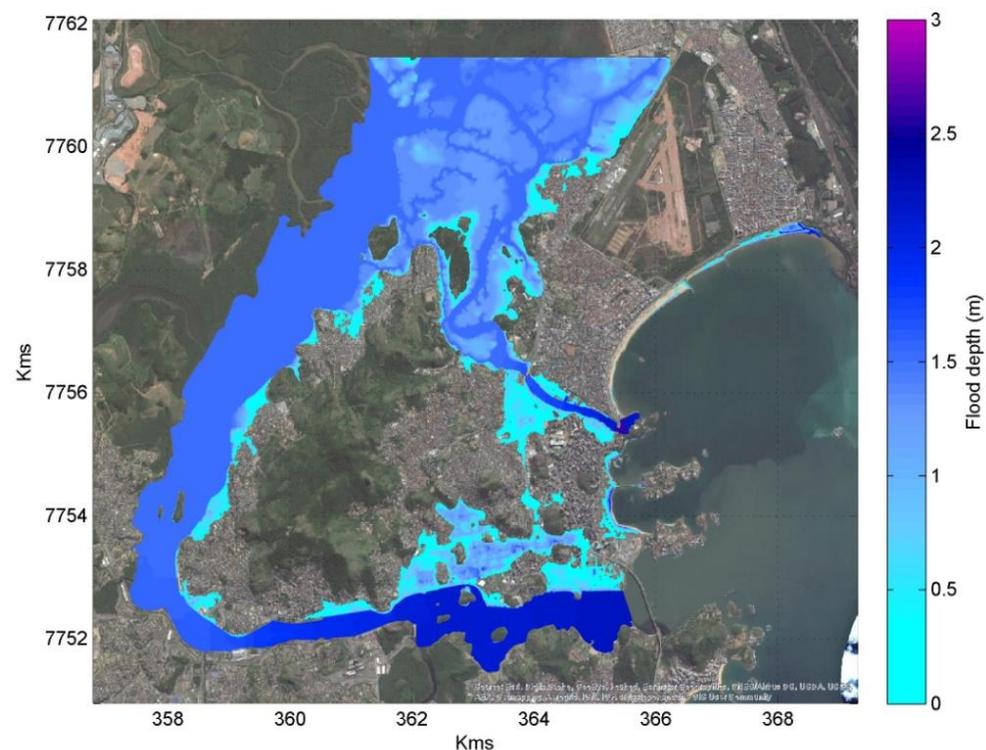
Para ilustrar esta ideia apresentam a seguir estão as pegadas de inundação dos cenários mais extremos, respectivamente o correspondente a um período de retorno de 10 anos com o clima atual e o obtido para um período de retorno de 200 anos com uma elevação da cota média do nível do mar (SLR) de 1 m. Destaque para o importante incremento da superfície inundável no cenário mais extremo devido à ampla presença de zonas cheias e baixas em distintas partes da cidade.

Figura 63. Pegada de inundação (profundidade) obtida para os cenários de PR de 10 anos com clima atual.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Figura 64. Pegada de inundação (profundidade) obtida para os cenários de PR de 200 anos com 1 m de SLR (direita)



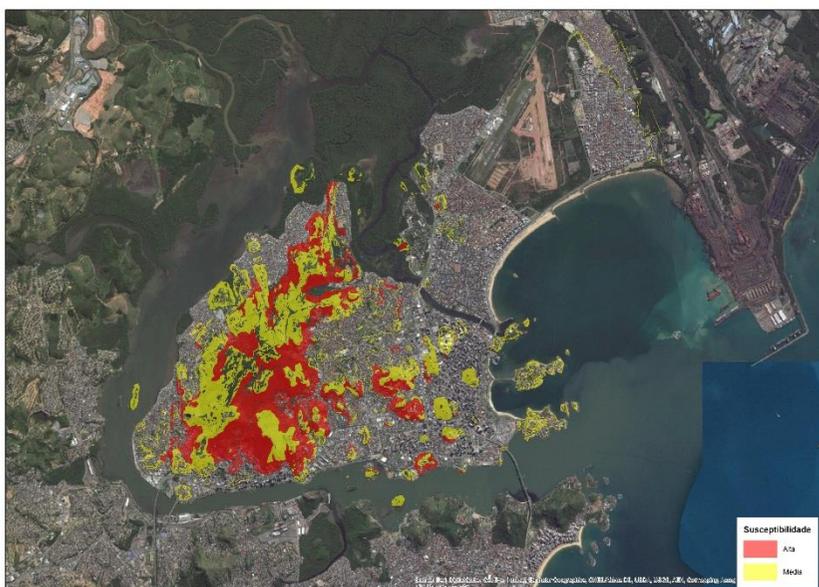
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM – COBRAPE.

Esta imagem apesar de que considerar o horizonte temporal do presente estudo (2050), foi decidido centrar a Análise de riscos nas manchas de inundação mais prováveis, ou seja, relativa ao clima atual e as que contemplam o efeito do câmbio climático com 0,2 e 0,5 m de elevação do mar (SLR +0,2 e 0,5 m).

### 6.2.2 Deslizamentos

Tentando valorar quantitativamente este aspecto, segue o resultado da análise bivariante de deslizamentos sobrepostos à foto aérea do município de Vitória. Neste plano destacam dois graus de nível de suscetibilidade, médio, em amarelo, e a alto, em vermelho. A partir daí, pode-se deduzir que estas zonas margeiam boa parte dos taludes, barrancos e fundos de vale mais pronunciados do município.

Figura 65. Superposição do resultado de análises bivariante de deslizamentos sobre a ortofoto de Vitória.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPÉ.

Ainda que tenha sido realizado um estudo de deslizamentos, sabe-se que estes eventos limitam a avaliação do risco ao município de Vitória devido à escala pouco detalhada dos MDT da microrregião que não permite uma análise coerente desta zona periférica.

Uma vez definida a ameaça, e seguindo o esquema de trabalho apresentado na seção 8.1, avança-se para a Análise de elementos expostos.

### 6.3 Elementos expostos

Esta análise é realizada de acordo com as diversas escalas de detalhe e sistemas considerados. No presente documento, a avaliação é feita conforme:

- Funcional: número e tipo de infraestruturas e instalações sociais de distintos tipos que poderiam ser afetadas pela ameaça considerada;
- Material: número e tipos de materiais expostos, fundamentalmente edifícios; e
- Humano: número de pessoas residentes dentro das zonas cobertas pelas pegadas de inundação e de suscetibilidade ao deslizamento.

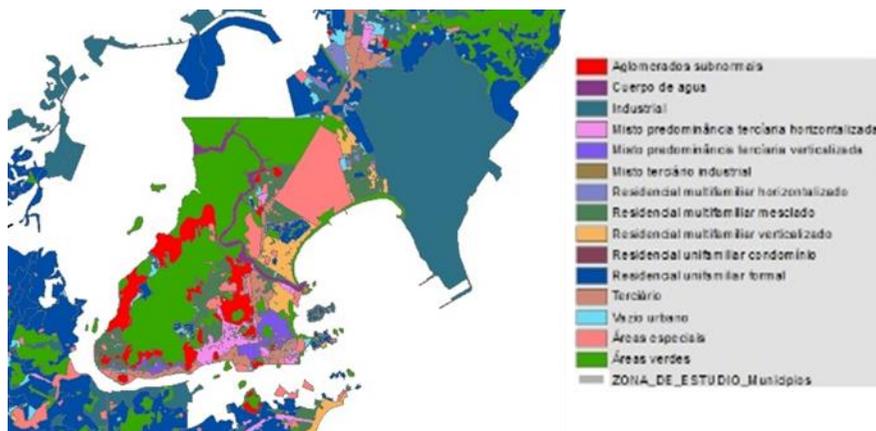
#### 6.3.1 Análise dos elementos materiais

O grande número de construções, edifícios, plantas industriais e outras edificações que podem ser afetadas pelas inundações periódicas, fluviais ou marinhas, assim como anexas a zonas com suscetibilidade de deslizamento média ou alta, torna impossível avaliar individualmente suas características de modo a estabelecer a vulnerabilidade do conjunto de elementos que compõem sistema vulnerável.

Por esta razão fez-se a caracterização geométrica do grupo de elementos, compilados em formato *shape* que foram acoplados em uma plataforma de dados GIS, juntamente com os registros cadastrais, e outras informações disponíveis, tais como especificações das características dos elementos e eventualmente sua ocupação para finalmente aplicar uma ponderação referencial por unidade de elementos como, por exemplo, em uma quadra os distintos componentes do elemento a considerar. Lamentavelmente, neste caso não dispõe de um registro cadastral detalhado, de forma que a avaliação dos edifícios expostos se realizou mediante a revisão de ortofotos e a estimativa de densidade de zonas construídas.

A classificação das habitações coincidentes com as pegadas de inundação, fluvial ou marinha, e as zonas suscetíveis de sofrer deslizamentos foi feita de acordo com a avaliação de distribuição de tipo e do nível econômico de edificações elaborado para o estudo 3 deste projeto, conforme Figura 66.

Figura 66. Distribuição de tipo de edifício e nível econômico para a cidade de Vitória



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

A seguir apresentam fotografias representativas dos distintos tipos de edificação existentes ao longo das zonas de risco em Vitória, para as duas ameaças descritas. Estas fotografias acompanham outras complementares que ajudam na definição do grau de vulnerabilidade potencial dos distintos grupos de edificação.

Cabe indicar que de acordo as distintas zonas da cidade e ao nível econômico dos residentes observam tipos de moradia com qualidades e categorias de preços muito diversos, assim pode-se indicar que a grande maioria das edificações observadas possui uma estrutura de concreto armado, o qual reduz sua vulnerabilidade estrutural frente a eventos de inundação e deslizamentos de grau baixo e médio.

Esta observação generalizada levou a refinar em certa medida a categoria de vulnerabilidade aplicada às edificações, tal como será discutido mais adiante, em uma tentativa de obter resultados de danos mais realistas.

### 6.3.1.1 Inundações marinhas

As fotografias selecionadas para refletir caracterizam a maioria das moradias na cidade se baseiam nas observações realizadas durante as diversas visitas de inspeção ocorridas nos bairros de níveis econômicos variáveis.

Figura 67. Exemplo de moradias residenciais típicas do bairro de Jabour.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

As figuras acima representam edificações típicas do bairro Jabour. À esquerda são moradias de classe média baixa, e à direita habitações de classe baixa. Ambos os níveis sociais de edificação apresentam estrutura reforçada.

A seguir a foto da esquerda mostra o sistema de drenagem de escoamentos no mesmo bairro, caracterizada por uma grade linear. Na foto esquerda, mostra a linha de avanço da maré alta na área de manguezal maré alta, atingindo quase a mesma cota da rua e das moradias.

Figura 68. Sistema de drenagem de escoamentos e linha de crescimento grande no bairro Jabour.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

A Figura 69 apresenta a vista dos bairros de Ilha de Santa Maria e Monte Belo (imagem à esquerda), e a ponta sul do rio Santa Maria (à direita). Estas áreas representam as mais vulneráveis às inundações marinha e fluvial. Em ambos os casos as construções têm estrutura reforçada, um degrau entre o terreno e a entrada, e têm múltiplos pisos.

Figura 69. Vista dos bairros de Ilha Santa Maria e Monte Belo (Esquerda.) e ponta sul do rio Santa Maria (Direita.).



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

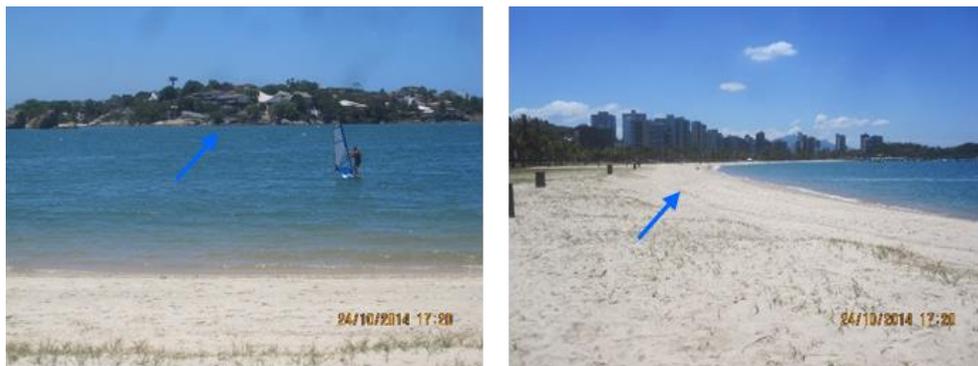
Nas imagens apresentadas na Figura 70 estão ilustrados os edifícios localizados junto à ponta do rio Santa Maria, caracterizados por moradias de médio a alto padrão.

Figura 70. Exemplos de dois centros sociais junto a ponta do rio Santa Maria.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 71. Exemplos de uma urbanização de luxo (Esquerda) e bairro de alto padrão como a Praia da Costa.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Nas imagens adiante estão os sistemas de drenagem de escoamentos capazes de diminuir consideravelmente o tempo de inundação dos bairros em momentos de chuvas torrenciais e, conseqüentemente, os possíveis danos estruturais ocasionados.

Figura 72. Exemplos de duas das estações de bombeamento de água junto aos canais de Vitória.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Todas as imagens apresentadas anteriormente caracterizam os tipos de moradia habitual da cidade, predominando as edificações de estrutura reforçada com qualidades de médio-alta a muito altas.

As áreas dos manguezais junto ao bairro Jabour são indicativas de que as inundações marinhas previstas nos modelos de inundação marinha parecem bastante prováveis, principalmente em cenários de mudanças climáticas e aumento do nível do mar. Bem como, os danos previsíveis gerados pelas inundações são importantes referências para o planejamento do sistema de drenagem, que escoe as águas através de estações de bombeamento perimetrais existentes na cidade, minimizando os efeitos de inundação por chuvas torrenciais.

### 6.3.1.2 Deslizamentos

Quanto às edificações suscetíveis a sofrer danos por deslizamentos, estão apresentadas imagens do inventário de eventos de deslizamento elaborado como parte deste estudo (Anexo III). De modo geral os bairros são de classes média baixa, apesar de alguns casos apresentarem casas de médio alto padrão localizadas nos taludes com risco de deslizamento. Na Figura 73 estão construções de estrutura relativamente forte e qualidade média alta.

Figura 73. Exemplos de bairros construídos sobre os morros de Vitória; São Benedito (esquerda) e Morro dos Alagoanos (direita).



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Na Figura 74, a direita está uma área próxima ao Centro da cidade, em que se observam algumas moradias mais simples, caracterizadas por estruturas de madeira. Na Figura 75 estão registradas as estruturas para reforçar o talude.

Figura 74. Outros dois exemplos de edificações nas ladeiras com suscetibilidade de deslizamento.



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 75. Moradias em torno ao Mirante Romão (zona Centro).



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 76. Exemplos de moradias muito precárias de madeira junto ao Mirante Conduze (Esquerda) e o Mirante Romão (Direita)



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPÉ.

De acordo as imagens mostradas, o tipo de edifício exposto à suscetibilidade média e alta de deslizamentos é caracterizado por uma mescla de moradias com estrutura reforçada de relativa boa qualidade e de moradias precárias cuja presença aumenta conforme se aumenta a cota de construção.

Segundo os técnicos de Defesa Civil consultados a proporção de moradias precárias remanescentes nestes bairros de Vitória é de aproximadamente 10%. Não obstante, foi observado um aumento na substituição de moradias mais baixo padrão por outras de melhor qualidade, o que faz prever que esta alteração em combinação com as melhoras de estruturas de muros e infraestruturas comunitárias, redes de saneamento, etc., minimizarão, a futuro, os danos por deslizamentos na cidade desde que se evite a instalação de mais casas precárias em novas áreas de talude.

### 6.4 Estimativa do valor exposto

Esta análise foi realizada mediante o cruzamento do mapa de zoneamento das edificações segundo nível econômico local, Figura 66, e os distintos planos de pegada de ameaça (inundação fluvial e marinha, e deslizamentos), tendo sido utilizados todos os mapas de distintos períodos de retorno e cenários de alteração climática definidos (para o caso da inundação marinha).

Quanto ao número de plantas dos edifícios, no centro da cidade predominam os blocos de pisos, as moradias residenciais mescladas de uma e duas plantas. As categorias de profundidade de inundação obtidas para as áreas centrais atingem um máximo aproximado de 2,5 m no cálculo de valor exposto dos edifícios como de uma só planta.

A extensão dos polígonos resultantes converteu em uma série de matrizes com as quais se calcula em primeiro lugar a extensão das edificações expostas mediante a soma de polígonos. A seguir fez-se uma inspeção de polígonos de igual categoria para estabelecer uma densidade média aproximada de ocupação, estabelecendo a extensão construída potencialmente exposta.

Os preços de reposição dos danos foram recalculados com base nos preços médios de mercado de construção, consultados através da internet em páginas web especializadas. A partir destas referências se realizou uma estimativa ponderada para cada tipo de edificação selecionando segundo o nível social e econômico correspondente, conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19. Preços médios de construção estimados para o cálculo do valor total exposto

| Tipo de Edificação                            | Preço Construção (R\$/m <sup>2</sup> ) |
|---|--|
| Assentamentos dispersos                       | 845                                    |
| Misto predominancia residencia unifamiliar    | 1.470                                  |
| Misto predominancia segunda residencia        | 1.470                                  |
| Misto predominancia terciária horizontalizada | 1.470                                  |
| Misto predominancia terciária verticalizada   | 1.470                                  |
| Residencial crecimiento lineal                | 1.470                                  |
| Residencial mesclado                          | 2.070                                  |
| Residencial multifamiliar horizontalizado     | 2.070                                  |
| Residencial multifamiliar verticalizado       | 2.070                                  |
| Residencial segunda residencia                | 2.070                                  |

| Tipo de Edificação                            | Preço Construção (R\$/m <sup>2</sup> ) |
|---|--|
| RESIDENCIAL UNIFAMILIAR ASSENTAMENTO PRECÁRIO | 450                                    |
| RESIDENCIAL UNIFAMILIAR FORMAL                | 845                                    |
| URBANIZACIONES ISOLADAS                       | 1.470                                  |
| TERCIÁRIO                                     | 1.470                                  |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Finalmente, o valor exposto foi obtido da multiplicação entre superfície exposta (m<sup>2</sup>) e custo unitário de construção (R\$/m<sup>2</sup>) estimado. A seguir apresenta-se resumo com os valores expostos para as distintas ameaças e períodos de retorno. Não tendo sido incluídos os dados referidos ao cenário de subida do nível do mar de 1 m (SLR +1) devido ao horizonte temporal de estudo ser 2050, cuja margem de tempo não contempla nenhuma das hipóteses de efeito de mudanças climáticas tem como resultado tal elevação do nível do mar.

Tabela 20. Resultado do cálculo do valor exposto para as inundações marinhas

| CENÁRIO       | PERÍODO DE RETORNO (anos) | SUPERFÍCIE CONSTRUÍDA EXPOSTA (m <sup>2</sup> ) | VALOR EXPOSTO (R\$) |
|---------------|---------------------------|---|---------------------|
| Clima Atual   | 10                        | 432.607   | 619.353.914         |
|               | 50                        | 448.752   | 640.293.093         |
|               | 200                       | 733.456   | 1.021.051.246       |
| CC +0,2 m SLR | 10                        | 757.320   | 1.043.160.240       |
|               | 50                        | 773.088   | 1.069.959.336       |
|               | 200                       | 1.252.453                                       | 1.697.833.069       |

| CENÁRIO       | PERÍODO DE RETORNO (anos) | SUPERFÍCIE CONSTRUÍDA EXPOSTA (m <sup>2</sup> ) | VALOR EXPOSTO (R\$) |
|---------------|---------------------------|---|---------------------|
| CC +0,5 m SLR | 10                        | 1.627.519                                       | 2.198.858.749       |
|               | 50                        | 1.650.609                                       | 2.233.370.000       |
|               | 200                       | 2.187.138                                       | 2.899.354.958       |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Tabela 21. Resultado do cálculo do valor exposto para deslizamentos

| SUSCETIBILIDADE DE DESLIZAMENTO | SUPERFÍCIE CONSTRUÍDA EXPOSTA (m <sup>2</sup> ) | VALOR EXPOSTO (R\$) |
|---------------------------------|---|---------------------|
| ALTA                            | 1.164.910                                       | 1.245.266.683       |
| MEDIA                           | 955.572   | 1.149.951.019       |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

## 6.5 Exposição de infraestruturas e edifícios públicos e sociais

### Centros de saúde

Em relação aos edifícios públicos, foi possível coletar apenas informações parciais sobre o número de centros médicos de diferentes tipos e dimensões localizados em zonas suscetíveis a inundações, sendo tomado para essa comprovação os cenários “médios” de 50 anos de período de retorno para os cenários de clima atual e mudança climática com 0,2 e 0,5m de SLR, ou sofrer deslizamentos. Os centros aparecem nos arquivos correspondentes *shape* em forma de atributo tipo ponto com o nome do centro, sem as demais características, tal como superfície construída, material construtivo, etc. Além disso, se tem observado disparidades na forma de representação, dado que em alguns casos se atribuem vários pontos a um mesmo centro, no entanto, por exemplo no caso do Hospital da Polícia Militar (HPM), que está em plena mancha de inundação dentro do bairro de Santa Maria, e está associado em um só ponto para um complexo de saúde de grandes dimensões, aproximadamente de 3,5 hectares de superfície. Por isso, foi decidido

desagregar a valorização destes edifícios entre as unidades mais básicas representadas por um ou vários pontos, cujo caso, cada ponto aparentemente representa uma área do complexo de saúde e do HPM. A cada unidade básica, é assinado um valor de reposição médio de R\$3.000.000, no entanto, o custo para o HPM é estimado em 225 milhões de reais, assumindo uma superfície construída de 50.000m<sup>2</sup>.

Na Figura 77 apresenta as unidades de saúde que possivelmente seriam afetadas pela mancha de inundação do cenário de mudança climática com aumento do nível do mar em +0,5m.

Figura 77. Análise de coincidência de inundações com Clima +0,5 SLR setor de saúde



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

A seguir, segue as tabelas que resumem esses valores:

Tabela 22. Resultado do cálculo do valor exposto para inundações setor de saúde

| Rede sanitária           | IMPRESSÃO D'INUNDAÇÃO PR50 |             |             | VALOR EXPOSTO (R\$) |                |                |
|--------------------------|----------------------------|-------------|-------------|---------------------|----------------|----------------|
|                          | Clima atual                | CC +0,2 SLR | CC +0,5 SLR | Clima atual         | Clima +0,2 SLR | Clima +0,5 SLR |
| Centros de saúde (geral) | 8                          | 16          | 35          | 2,40E+07            | 4,80E+07       | 1,05E+08       |
| HPM                      | 1                          | 1           | 1           | 2,25E+08            | 2,25E+08       | 2,25E+08       |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Para tanto, o valor exposto do risco de inundação das infraestruturas sanitárias na cidade de Vitória é de aproximadamente 250 milhões de reais no clima atual e 330 milhões para um cenário de mudança climática com o nível do mar de 0,5 m.

Partindo de uma superfície média estimada em 650m<sup>2</sup> para cada unidade do centro de saúde e 35.000m<sup>2</sup> de superfície do HPM, se estima que um total de superfície construída vulnerável as inundações marinhas para os períodos de retorno de 50 anos e em cenários do clima atual e mudança climática com SLR de 0,5m, a porcentagem de superfície exposta do setor de saúde seria, respectivamente, de 9 e 3,5%.

Por outro lado, em relação ao número total de unidades de saúde existentes na cidade (107), 8,4% estão expostos a riscos considerando o clima atual. Na imagem Figura 78 está apontada os centros de saúde que se encontram nas áreas suscetíveis a deslizamentos.

Figura 78. Espacialização dos centros de saúde localizados em áreas suscetíveis a deslizamentos



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

De acordo com a tabela anterior, o valor exposto dentro do mesmo setor nas zonas de suscetibilidade de deslizamento alta e média é de 6 e 12 milhões de reais, respectivamente.

### Edifícios públicos

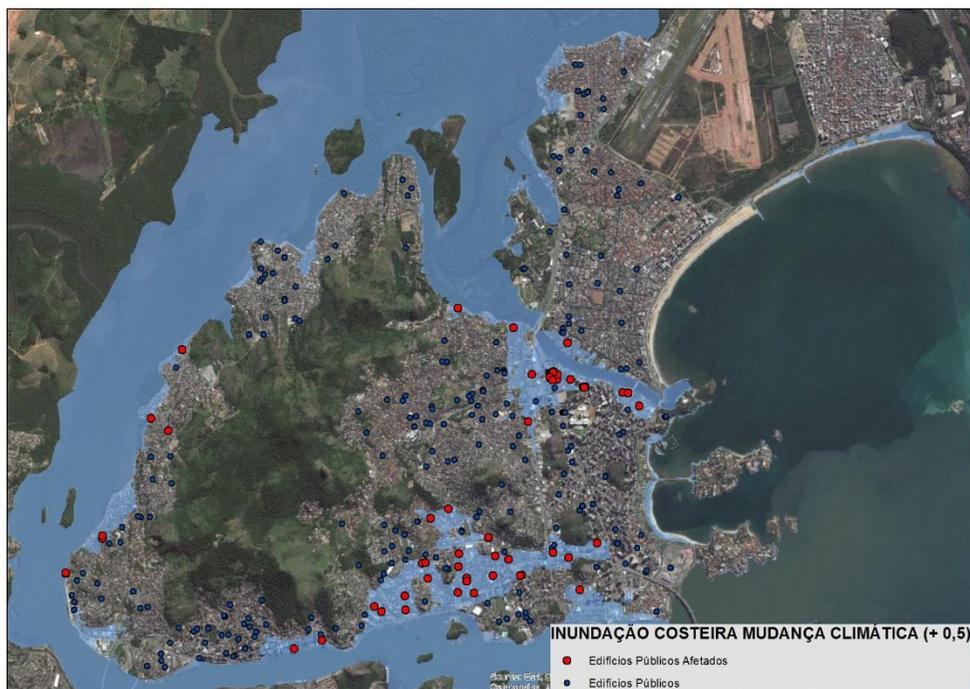
Complementariamente se foi realizado a mesma análise para o conjunto de edifícios públicos presentes no mapeamento em shape disponibilizado pelo município. Estes edifícios são caracterizados por centros educacionais e escolas, centros de segurança, áreas de usos sociais, etc, totalizando 309 edifícios, podendo ocupar mesmo território. Entretanto, considerando que a área referente a estes edifícios públicos é superior a da área ocupada pelos centros de saúde se estima que a superfície média de cada edifício é por volta de 1.300 m<sup>2</sup>. Na Figura 79 estão apresentados os edifícios públicos expostos a mancha de inundação no cenário com mudança climática e SLR de +0,5 m.

Tabela 23. Cálculo do valor exposto a deslizamentos que afetem o setor de saúde

| Rede de saúde    | SUSCETIBILIDADE DE DESLIZAMENTO |                  | VALOR EXPOSTO (R\$) |             |
|------------------|---------------------------------|------------------|---------------------|-------------|
|                  | ALTA (Und.)                     | MÉDIA (unidades) | ALTA (R\$)          | MÉDIA (R\$) |
| Centros de saúde | 2                               | 4                | 6,00E+06            | 1,20E+07    |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 79. Espacialização dos edifícios públicos sustiveis a mancha de inundação no cenário de mudanças climáticas com +0,5 SLR



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Na tabela a seguir estão apresentados os resultados desta análise.

Tabela 24. Resultado do cálculo do valor exposto para inundações setor público geral

| Rede edifícios públicos    | INUNDAÇÃO PR50 |             |             | VALOR EXPOSTO (R\$) |                |                |
|----------------------------|----------------|-------------|-------------|---------------------|----------------|----------------|
|                            | Clima atual    | CC +0,2 SLR | CC +0,5 SLR | Clima atual         | Clima +0,2 SLR | Clima +0,5 SLR |
| Edifícios públicos (geral) | 11             | 22          | 55          | 3,30E+07            | 6,60E+07       | 1,65E+08       |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Assumindo a superfície média de 1.300m<sup>2</sup> para cada unidade de edifício público geral é possível estimar o total de superfície construída vulnerável às inundações marinhas para os períodos de retorno de 50 anos nos cenários do clima atual e nos cenários de mudança climática com SLR de 0,5m. Desta forma a porcentagem de superfície exposta foi de 3,2 e 4,3%, respectivamente. Considerando o total dos edifícios públicos existentes na cidade (309), 3,5% estão expostos a riscos em el clima actual.

A Figura 80 apresenta a espacialização dos edifícios públicos localizados em áreas susceptíveis a deslizamentos.

Figura 80. Espacialização dos Edifícios públicos situados em área suscetível a deslizamentos



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

De acordo com a tabela a seguir o valor exposto deste setor nas áreas de suscetibilidade de deslizamento alta e média é, respectivamente, 2,7 e 2,1 milhões de reais.

Tabela 25. Resultado do cálculo do valor exposto para deslizamentos setor público geral

| Rede edifícios públicos    | SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTO |                  | VALOR EXPOSTO (R\$) |             |
|----------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------|-------------|
|                            | ALTA (Und.)                    | MÉDIA (unidades) | ALTA (R\$)          | MÉDIA (R\$) |
| Edifícios públicos (geral) | 9                              | 7                | 2,70E+07            | 2,10E+07    |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### Outras infraestruturas

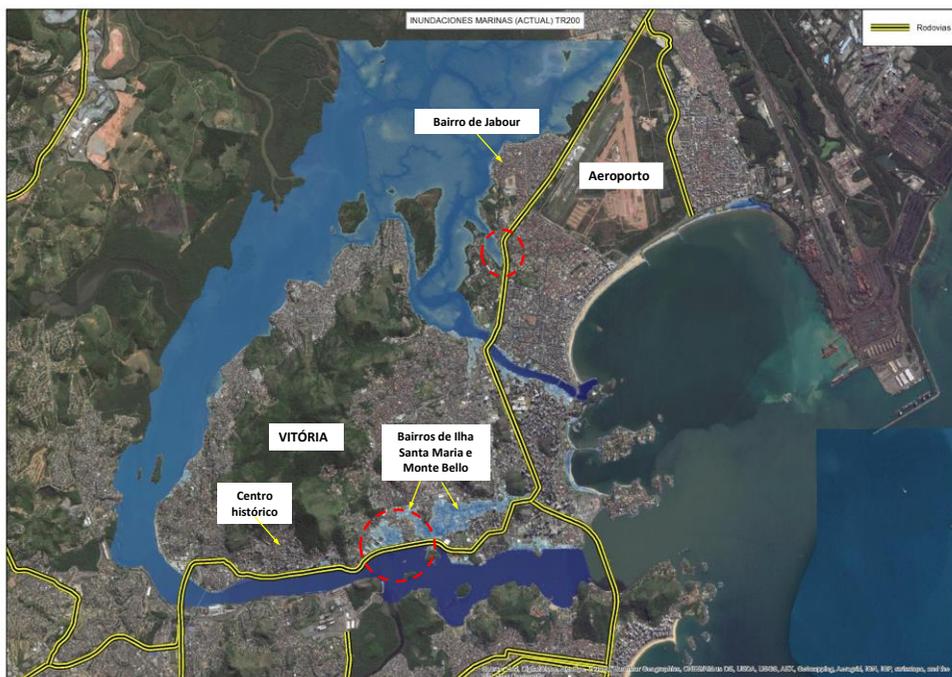
A seguir, será apresentado os resultados da evolução do valor exposto para aquelas infraestruturas sobre as quais foram possíveis coletar dados concretamente:

- Vias,
- Água potável,
- Saneamento e drenagens, e
- Linhas elétricas.

### Vias

A figura seguinte apresenta a bolha de inundação marinha para um período de retorno de 200 anos no cenário de clima atual superposta a ortofoto da cidade na que foi destacada a rede de rodovias principais e o aeroporto. Como resultado percebe-se que o aeroporto não seria afetado por inundação, de tal forma que qualquer interrupção de seu funcionamento por esta ameaça fica descartado.

Figura 81. Espacialização da rede de rodovias e aeroporto sobre manchas de inundação



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPÉ.

Como se pode observar a área mais sensível ao traçado de via de conexão é a zona costeira ao sul dos bairros de Ilha Santa Maria e Monte Belo, onde efetivamente uma cheia extrema do nível do mar inundaria a via que conecta esta área ao centro da cidade. Igualmente, ao sul do bairro Jabour existe uma zona de possível contato entre a mancha de inundação extrema e a rua principal que conecta o tráfico. Contudo, em termos gerais, pode-se dizer que a proporção das zonas de coincidência são relativamente pequenas, de tal forma que os danos diretos ou indiretos que uma inundação destas características poderia gerar parecem relativamente escassos, especialmente considerando que estes efeitos poderiam ficar reduzidos com a ajuda do sistema de drenagem que escoe efetivamente as águas pluviais.

Além disso, de um ponto de vista estrutural, as inundações marinhas não teriam um efeito destrutivo significativo para o tipo de via, asfaltada, existente. Portanto, acredita-se que o dano econômico potencial relacionado com esta ameaça não seria significativo desde o ponto de vista das infraestruturas principais da ilha.

A seguir está apresentado o mapa de suscetibilidade de deslizamentos, em grau alto e médio, com a mesma rede de rodovias.

Figura 82. Espacialização da rede de rodovias sobre as áreas de suscetibilidade alta e média de deslizamentos



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPÉ

É possível observar na Figura 82 que são poucos os trechos da via principal que se encontram dentro das áreas de maior suscetibilidade. Entretanto, na zona sul da cidade a via coincide com zonas anexas com suscetibilidade média e alta, o que torna o risco por um deslizamento próximo praticamente desprezível.

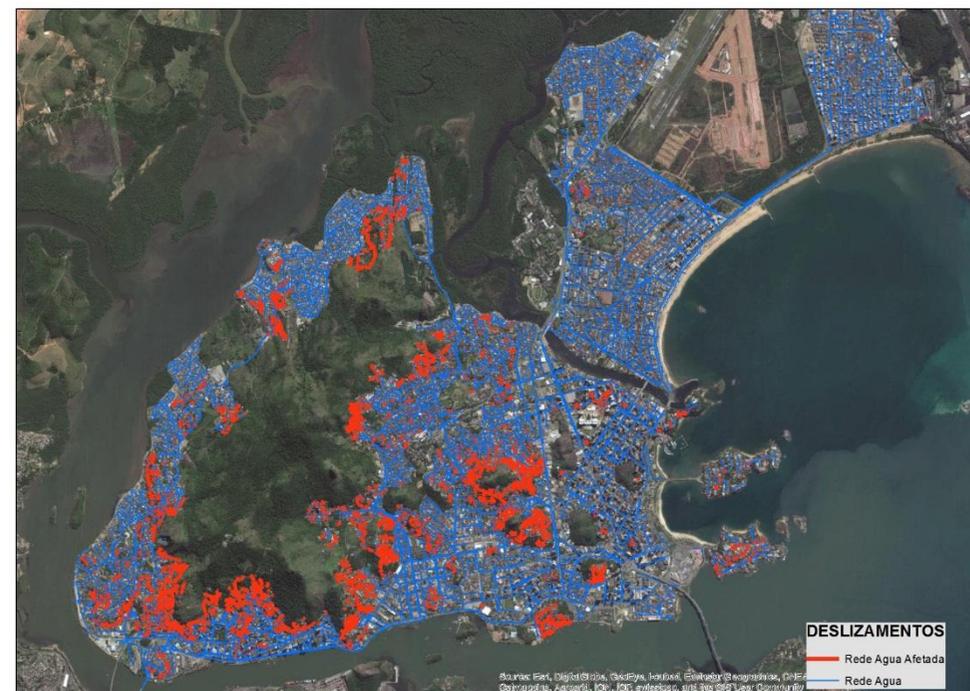
Em relação com a vulnerabilidade da via frente à ameaça de deslizamentos cabe indicar que dado aos poucos trechos coincidirem com zonas suscetíveis de deslizamentos, devido a cota inferior da primeira, os danos mais prováveis parecem ser de enterramento local e temporal desta, com danos estruturais pouco prováveis.

Portanto, de acordo a estes argumentos acredita que a vulnerabilidade desta infraestrutura em relação com esta ameaça é pouco significativa, sem esquecer que evidentemente as zonas suscetíveis de sofrer deslizamentos incluem ruas e vias de trânsito menor, que evidentemente podem ser afetadas em maior intensidade, mas cujo estudo requereria uma análise de mais detalhada.

**Outras infraestruturas**

As redes de água potável, esgoto e eletricidade não serão discutidas com relação às inundações, porque os problemas sofridos por esta ameaça são pouco representativos. Contudo, os danos que estas instalações podem sofrer no caso de se encontrarem em zonas suscetíveis de sofrer deslizamentos podem ser importantes, a seguir apresenta-se tabelas e mapas que resumem os cálculos de valor exposto.

*Figura 83. Espacialização da rede de água localizadas nas áreas de suscetibilidade alta e média de deslizamentos*

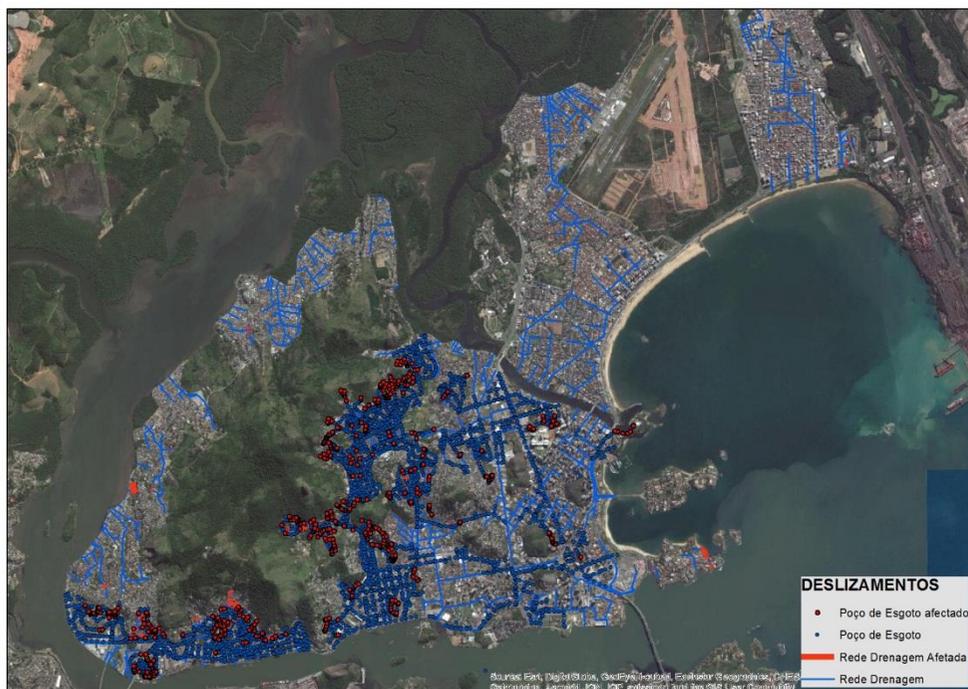


Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

*Tabela 26. Resultado do cálculo do valor exposto das redes de água a suscetibilidade a deslizamentos*

| Rede de água      | SUSCETIBILIDADE DE DESLIZAMENTO |              | VALOR EXPOSTO (R\$) |             |
|-------------------|---------------------------------|--------------|---------------------|-------------|
|                   | ALTA (m.l.)                     | MEDIA (m.l.) | ALTA (R\$)          | MEDIA (R\$) |
| Linhas de pressão | 4.348                           | 1.652        | 1.956.767           | 743.256     |

Figura 84. Espacialização da rede de esgoto e de drenagem localizadas nas áreas de suscetibilidade alta e média de deslizamentos



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Tabela 27. Resultado do cálculo do valor exposto para deslizamentos das redes de esgoto e drenagem

| Redes de esgoto e drenagem | SUSCETIBILIDADE DE DESLIZAMENTO |              | VALOR EXPOSTO (R\$) |             |
|----------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------|-------------|
|                            | ALTA (m.l.)                     | MÉDIA (m.l.) | ALTA (R\$)          | MÉDIA (R\$) |
| Esgoto                     | 8.025                           | 8.575        | 2.166.750           | 2.315.250   |
| Drenagem                   | 956                             | 1.027        | 258.247             | 277.163     |

Figura 85. Espacialização das linhas elétricas localizadas nas áreas de suscetibilidade alta e média de deslizamentos



Tabela 28. Resultado do cálculo do valor exposto para deslizamentos das linhas elétricas

| LINHAS ELÉTRICAS     | SUSCETIBILIDADE DE DESLIZAMENTO |              | VALOR EXPOSTO (R\$) |             |
|----------------------|---------------------------------|--------------|---------------------|-------------|
|                      | ALTA (m.l.)                     | MÉDIA (m.l.) | ALTA (R\$)          | MÉDIA (R\$) |
| AT linha transmissão | 4.348                           | 1.652        | 1.956.767           | 743.256     |

### Valorização global

De acordo com os dados apontados, pode-se concluir que a suscetibilidade funcional da cidade frente a ameaça de inundação e deslizamento parece ser, relativamente, pouco significativa, enquanto o valor exposto mínimo que foi possível calcular supera os 250 milhões de reais.

## 6.6 Vulnerabilidade

### 6.6.1 Introdução

De acordo com a definição apresentada no programa “Aproximação holística para a avaliação probabilística do risco” (*Central America Probabilistic Risk Assessment CAPRA*, 2005) a vulnerabilidade é a predisposição de um sistema, elemento, componente, grupo humano ou qualquer grupo biológico ou não, a ser afetado ante a ação de uma situação de ameaça específica.

A Análise de vulnerabilidade deve identificar os elementos componentes ou sistemas de uma comunidade ou grupo de comunidades (cidade, região, país, etc.) objeto de avaliação, tais como os sistemas de educação, saúde, proteção civil (polícia e bombeiros), redes elétricas e de esgoto, etc. Existem distintos enfoques para a avaliação deste parâmetro, destacando-se bibliograficamente<sup>1</sup>:

- **Vulnerabilidade física:** o potencial de impacto físico sobre o entorno construído e a população; expresso numericamente como um valor entre 0, nenhuma deterioração, e 1, colapso total.
- **Vulnerabilidade econômica:** os potenciais danos gerados pelo conjunto de ameaças a ativos econômicos e processos, por exemplo, interrupção de uma atividade econômica, perda de postos de trabalho, incremento da pobreza, etc.
- **Vulnerabilidade social:** os potenciais danos sofridos por grupos sociais concretos, tal como os pobres, idosos, crianças, etc.
- **Vulnerabilidade ambiental:** os potenciais impactos derivados de uma ameaça sobre o entorno ambiental de uma zona.

<sup>1</sup> Multi-hazard risk assessment guide book: United Nations University – ITC School of Disaster Geoinformation Management, 2011

No caso presente, vamos nos centrar na valoração da vulnerabilidade física, edificações e pessoas, considerando que não pode fazer uma Análise da vulnerabilidade funcional da cidade, pois a vulnerabilidade das infraestruturas parece relativamente baixa às ameaças consideradas, e devido ao fato de que tanto a Análise da vulnerabilidade econômica como ambiental, tal como estão aqui definidas, estarem fora do escopo de trabalho deste projeto.

### 6.6.2 Vulnerabilidade material frente a inundações

Em relação à metodologia seguida para a definição da vulnerabilidade diante de inundações, fluviais e marinhas, optou-se por uma calibração e extrapolação entre as curvas e tabelas de vulnerabilidade propostas por CAPRA, a agência federal de gestão de riscos americana (Federal Emergency Management Agency-FEMA) em 2001<sup>2</sup> e o instituto Flood Hazard Research Centre (FHRC)<sup>3</sup> de Reino Unido.

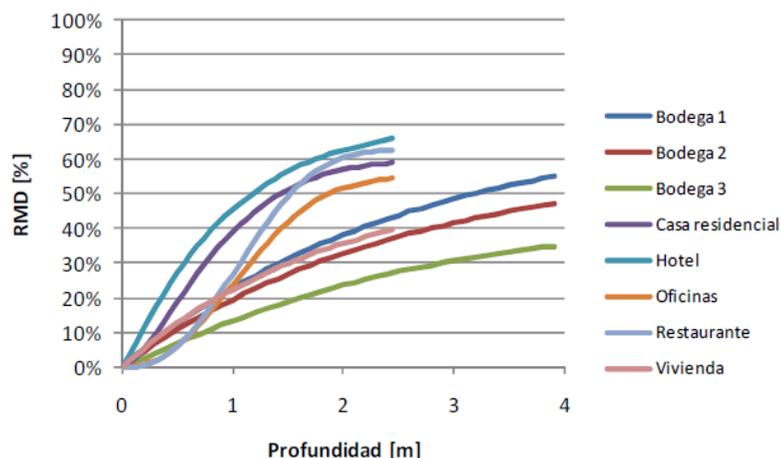
O objetivo desta análise é cobrir com esta diversidade de fontes os distintos tipos de edificação descritos anteriormente que coincidem com as pegadas de inundação comentadas. Estas fontes estão baseadas em observações empíricas realizadas em países como EUA e Reino Unido, nos quais as inundações fluviais ocorrem com certa frequência em internos urbanos e rurais, e onde existe uma importante rede de cobertura de seguros, de tal forma que pode confiar que os níveis de destruição, estrutural e de conteúdos definidos estejam contrastados por vários pontos de vista.

A seguir apresentam-se três gráficos e uma tabela na qual será baseada a valoração de vulnerabilidade por inundações de Vitória.

<sup>2</sup> Understanding your risks – Identifying hazards and estimating losses. FEMA 386-2, 2001.

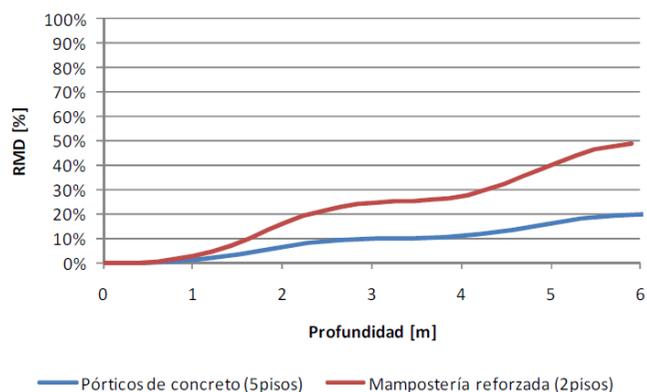
<sup>3</sup> Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods (T09-06-01). Messner et al., 2007. Editado na web [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net).

Figura 86. Exemplos de funções de vulnerabilidade a inundações para estruturas de um nível, inclui dano à estrutura e aos conteúdos;



Fonte: CAPRA.

Figura 87. Exemplos de funções de vulnerabilidade a inundações para edifícios de um ou vários níveis;



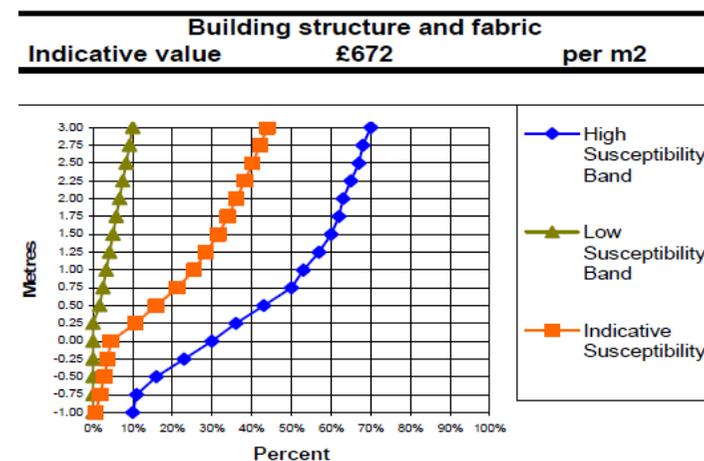
Fonte: CAPRA.

Figura 88. Quadro de estimacão de danos em edifícios por inundaçã

| Flood Depth (feet) | One Story No Basement (% Building Damage) | Two Story No Basement (% Building damage) | One or Two Story With Basement (% Building damage) | Manufactured Home (% Building damage) |
|--------------------|---|---|--|---------------------------------------|
| -2                 | 0   | 0   | 4  | 0                                     |
| -1                 | 0   | 0   | 8  | 0                                     |
| 0                  | 9   | 5   | 11   | 8                                     |
| 1                  | 14  | 9   | 15   | 44                                    |
| 2                  | 22  | 13  | 20   | 63                                    |
| 3                  | 27  | 18  | 23   | 73                                    |
| 4                  | 29  | 20  | 28   | 78                                    |
| 5                  | 30  | 22  | 33   | 80                                    |
| 6                  | 40  | 24  | 38   | 81                                    |
| 7                  | 43  | 26  | 44   | 82                                    |
| 8                  | 44  | 29  | 49   | 82                                    |
| >8                 | 45  | 33  | 51   | 82                                    |

Fonte: FEMA.

Figura 89. Representaçã gráfic das curvas de vulnerabilidade aplicadas como base orientativa de cálculo



Fonte: FHRC.

Partindo dos níveis de vulnerabilidade refletidos nas referências apresentadas, assim como das observações in situ realizadas sobre as características estruturais dos edifícios observados ao longo da cidade, especialmente em zonas inundáveis, optou-se por aplicar um critério relativamente conservador na eleição das curvas de vulnerabilidade, priorizando as curvas de menor nível de dano dentro das categorias que poderiam ser aplicáveis aos distintos grupos de forma mais genérica. Esta estratégia mais conservadora se deve à predominância de edifícios e moradias com estrutura de concreto armado, e a presença de um sistema de drenagem forçado de águas de escoamento.

A presença deste sistema de drenagem demonstra que a cidade de Vitória está habituada a geração periódica de inundações, e que de certa forma este sistema é capaz de conter ou reduzir os danos por inundações pluviais e, portanto, poderia conter os danos gerados pelas inundações marinhas.

Ademais, quanto às estruturas edificáveis foram considerados todos os edifícios como de uma só planta, cujas profundidades máximas de inundação estão em torno a 2 m.

Seguindo estas observações, finalmente optou por basear as estimações de vulnerabilidade nas seguintes curvas:

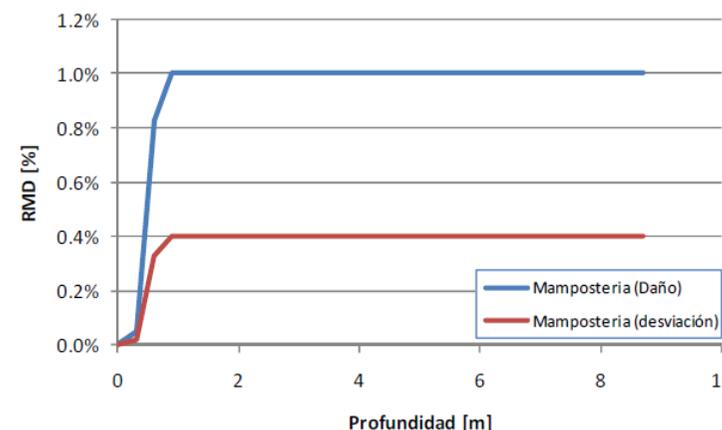
- Bairros/moradias classificados como precários: Curva para moradia tipo de CAPRA (Fig. 39);  $\gamma$
- Resto de edifícios (estrutura reforçada): Curva de baixa suscetibilidade do FHCR (Fig. 42).

Finalmente indicar que inclusive os bairros e moradias definidos como precários no Estudo 3 deste projeto, na realidade apresentam uma qualidade de acabamento muito superior ao que habitualmente se entende como construções precárias em outras zonas da América do Sul. Portanto, considera-se razoável não adotar para este grupo um foco de valoração alarmista.

### 6.6.3 Vulnerabilidade humana frente a inundações

Diante de inundações que tem caráter empírico CAPRA aplica a seguinte curva de vulnerabilidade humana baseada na estimativa do total de vítimas afetadas em eventos recentes.

Figura 90. Função de vulnerabilidade humana para estruturas de alvenaria; fonte CAPRA



Fonte: CAPRA.

## 6.7 Cálculo do risco

### 6.7.1 Risco e PML por inundação

Os cálculos do risco (específico) e a perda máxima esperada (PML) realizaram de acordo com os seguintes passos e suposições:

- Sobrepôs-se o *shape* da distribuição de tipo de edifício nível econômico elaborado para a cidade de Vitória com os *shapes* das pegadas de inundação marinha.
- Os polígonos obtidos foram ordenados em uma folha de cálculo *Excel* de acordo com sua classificação e com a distribuição de tipo de habitação predominante apresentada na tabela 18.
- Em seguida foram estabelecidas no GIS as superfícies destes polígonos anotando-os na mesma folha *Exco* de forma ordenada. Foi estabelecido um segundo nível de categorização baseado na profundidade de inundação (0-1 m, 1-2 m e 2-2,5 m).

- Devido ao fato de não ter contado com uma base *shape* do cadastro de Vitória foi necessário fazer uma estimativa da superfície de construção exposta mediante estimativa da densidade de edificação em cada grupo de polígonos de idêntica categoria.
- A partir da multiplicação de superfície e densidade se obteve a superfície de edificação exposta.
- Estimou-se o valor de edificação exposto multiplicando a superfície de edificação exposta com o custo médio de reposição para a correspondente categoria, de acordo aos preços estimados reunidos na tabela 18.
- A vulnerabilidade da edificação de acordo com o nível de profundidade da inundação foi extraída das curvas de vulnerabilidade e critérios de estimativa apresentados na seção 8.6.2.
- Para obter o risco parcial de cada polígono e profundidade de inundação multiplicou o produto de valor exposto e de vulnerabilidade de acordo com as categorias de profundidade de inundação antes definidos.
- Finalmente, foi realizada a soma de riscos parciais para o conjunto de polígonos, obtendo assim o risco total para um período de retorno concreto.
- Esta operação foi repetida para todos os períodos de retorno modelados, isto é, 10, 50, e 200, considerando neste caso os três cenários climatológicos distintos, o atual e com efeitos de alteração climática com 0,2 e 0,5 m de elevação do nível do mar.
- Este nível de risco do conjunto de polígonos para um período de retorno específico define igualmente como a perda máxima provável (PML-provável maximum loss) para esse período de retorno.

A seguir apresentam-se as tabelas resumo com os resultados obtidos após a finalização deste processo para as inundações marinhas.

|                |     | (m <sup>2</sup> ) |             |
|----------------|-----|-------------------|-------------|
| Clima atual    | 10  | 432.607           | 18.699.313  |
|                | 50  | 448.752           | 19.291.951  |
|                | 200 | 733.456           | 33.235.135  |
| EMC +0,2 m SLR | 10  | 757.320           | 35.242.708  |
|                | 50  | 773.088           | 35.487.852  |
|                | 200 | 1.252.453         | 59.934.910  |
| EMC +0,5 m SLR | 10  | 1.627.519         | 80.638.796  |
|                | 50  | 1.650.609         | 81.408.718  |
|                | 200 | 1.690.678         | 113.334.168 |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Tal como indica a Tabela 29, a PML por inundação marinha estima em um valor entre 18 e 33 milhões de reais no cenário de clima atual e com períodos de retorno respectivos de 10 e 200 anos. As cifras incrementariam até aproximadamente 80 e 113 milhões de reais para o cenário hipoteticamente mais negativo até o horizonte de 2050, o que consistiria em um aumento do nível do mar em 0,5m.

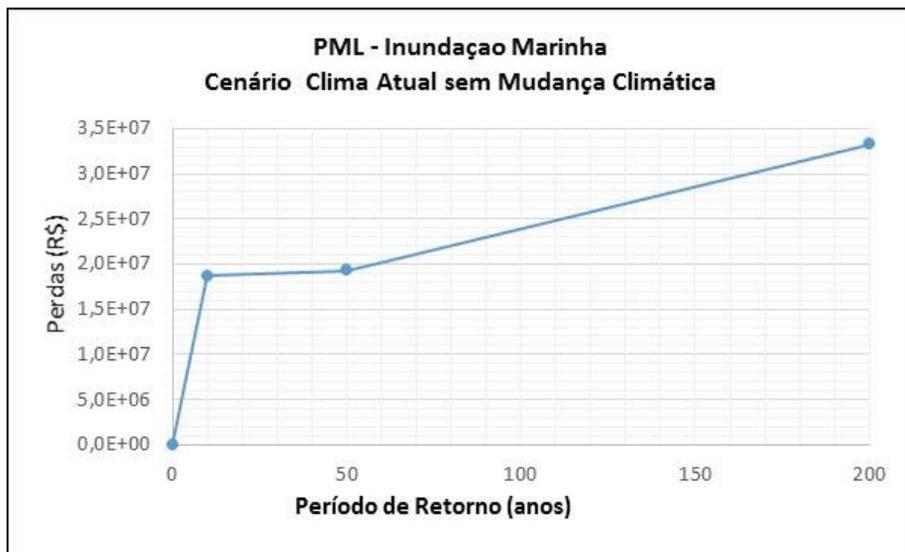
### 6.7.2 Representação gráfica do risco por inundação

A seguir estão os gráficos de PML e curva de excesso de perdas elaborados para os eventos de inundação marinha. Os cenários calculados refletem nas tabelas da parte anterior. Cada gráfico tem uma tabela associada para facilitar sua leitura e compreensão.

Tabela 29. Cálculo de PML para a inundação marinha

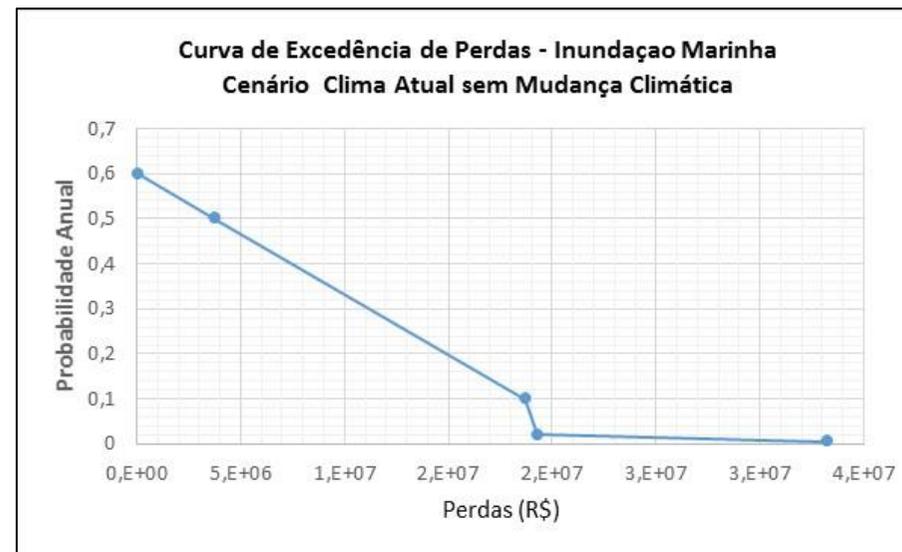
| CENÁRIO | PERÍODO DE RETORNO (anos) | SUPERFÍCIE CONSTRUÍDA EXPOSTA | PERDA MÁXIMA PROVÁVEL-PML (R\$) |
|---------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|---------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|

Figura 91. Representação gráfica da PML por inundação marinha com cenário de clima atual



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 92. Representação gráfica curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima atual



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Tabela 30. Dados de cálculo da curva de PML por inundação marinha com cenário de clima atual

| PERÍODO DE RETORNO (ANOS) | PERDA MÁXIMA PROVÁVEL - PML (R\$) | ORIGEM DADO |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 0                         | 0                                 | Extrapolado |
| 10                        | 18.699.313                        | Calculado   |
| 50                        | 19.291.951                        | Calculado   |
| 200                       | 33.235.135                        | Calculado   |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Tabela 31. Dados de cálculo da curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima atual

| PERDAS (R\$) | PROBABILIDADE ANUAL | ORIGEM DADO  |
|--------------|---------------------|--------------|
| 60.000       | 0,6                 | Extrapolação |
| 3.739.863    | 0,5                 | Gráfico      |
| 18.699.313   | 0,1                 | Calculado    |
| 19.291.951   | 0,02                | Calculado    |
| 33.235.135   | 0,005               | Calculado    |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 93. Representação gráfica da PML por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,2 m de elevação do nível do mar (+0,2 SLR)



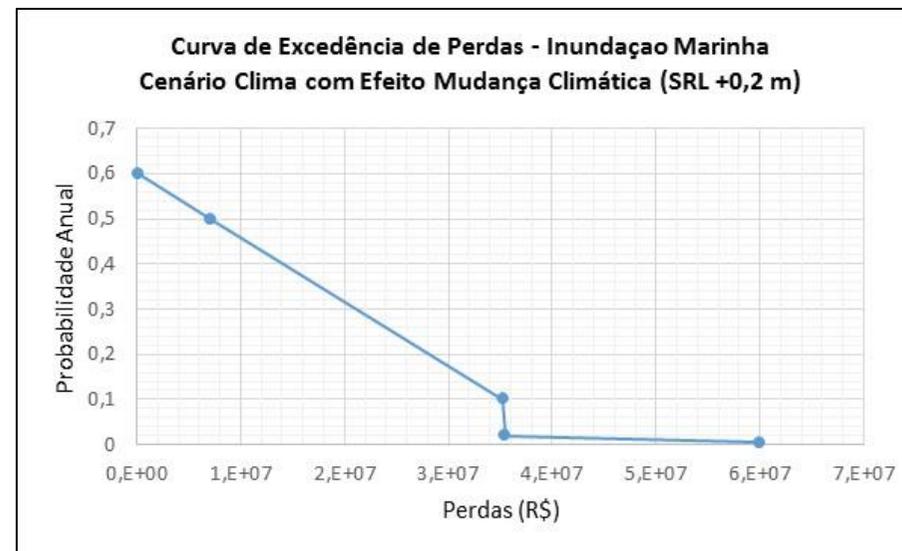
Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Tabela 32. Dados de cálculo da curva de PML por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,2 m de elevação do nível do mar (+0,2 SLR)

| PERÍODO DE RETORNO (ANOS) | PERDA MÁXIMA PROVÁVEL - PML (R\$) | ORIGEM DADO |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 0                         | 0                                 | Extrapolado |
| 10                        | 35.242.708                        | Calculado   |
| 50                        | 35.487.852                        | Calculado   |
| 200                       | 59.934.910                        | Calculado   |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 94. Representação gráfica curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,2 m de elevação do nível do mar (+0,2 SLR)



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Tabela 33. Dados de cálculo da curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,2 m de elevação do nível do mar (+0,2 SLR)

| PERDAS (R\$) | PROBABILIDADE ANUAL | ORIGEM DADO  |
|--------------|---------------------|--------------|
| 120.000      | 0,6                 | Extrapolação |
| 7.048.542    | 0,5                 | Gráfico      |
| 35.242.708   | 0,1                 | Calculado    |
| 35.487.852   | 0,02                | Calculado    |

|            |       |           |
|------------|-------|-----------|
| 59.934.910 | 0,005 | Calculado |
|------------|-------|-----------|

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Figura 95. Representação gráfica da PML por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,5 m de elevação do nível do mar (+0,5 SLR)



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

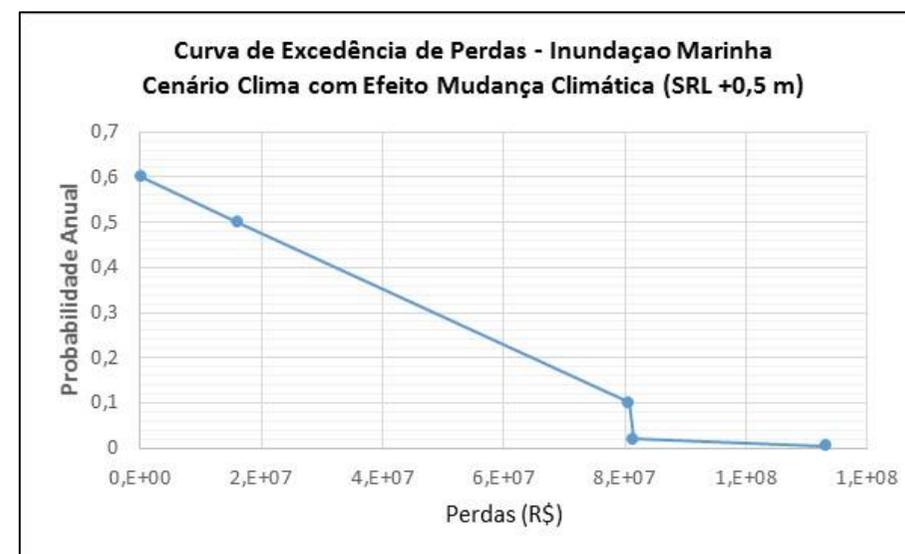
Tabela 34. Dados de cálculo da curva de PML por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,5 m de elevação do nível do mar (+05 SLR)

| PERÍODO DE RETORNO (ANOS) | PERDA MÁXIMA PROVÁVEL - PML (R\$) | ORIGEM DADO  |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 0                         | 0                                 | Extrapolação |
| 10                        | 80.638.796                        | Calculado    |

| PERÍODO DE RETORNO (ANOS) | PERDA MÁXIMA PROVÁVEL - PML (R\$) | ORIGEM DADO |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 50                        | 81.408.718                        | Calculado   |
| 200                       | 113.334.168                       | Calculado   |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Figura 96. Representação gráfica curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,5 m de elevação do nível do mar (+0,5 SLR)



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

**Tabela 35.** *Dados de cálculo da curva de excesso de perdas por inundação marinha com cenário de clima com efeitos de alteração climática e 0,5 m de elevação do nível do mar (+0,5 SLR)*

| PERDAS (R\$) | PROBABILIDADE ANUAL | ORIGEM DADO  |
|--------------|---------------------|--------------|
| 250.000      | 0,6                 | Extrapolação |
| 16.127.759   | 0,5                 | Gráfico      |
| 80.638.796   | 0,1                 | Calculado    |
| 81.408.718   | 0,02                | Calculado    |
| 113.334.168  | 0,005               | Calculado    |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 6.7.3 Cálculo da Perda Anual Esperada por inundação

De acordo aos gráficos das curvas de excesso de perdas para inundação fluvial e marinha apresentados na seção anterior foi estimada a perda anual esperada (PAE) que coincide com a superfície sob estas curvas.

**Tabela 36.** *Cálculo de Perda Anual Esperada para a inundação marinha*

| CENÁRIO                                     | PAE MARINHA (R\$) | VALOR EXPOSTO (R\$) | PAE/VTE (%) |
|---|-------------------|---------------------|-------------|
| Marinho Clima Atual                         | 7.184.173         | 1.021.051.246       | 0,70        |
| Marinho Clima Câmbio Climático (SLR +0,2 m) | 13.466.944        | 1.697.833.069       | 0,79        |
| Marinho Clima Câmbio Climático (SLR +0,5 m) | 30.518.646        | 2.899.354.958       | 1,05        |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

De acordo com o cálculo acima, pode-se concluir que a perda anual esperada (PAE) para a ameaça de inundação marinha, considerando o cenário de clima atual, soma R\$ 7.184.173, ou seja, este parâmetro encontra na ordem dos 7,2 milhões de reais. Evidentemente esta cifra poderia incrementar ligeiramente considerando custos de

conteúdos não inclusos em alguma das curvas de vulnerabilidade usadas, tais como os custos de limpeza após cada evento de inundação.

No horizonte temporal de 2050, na medida em que os efeitos de mudanças climáticas evoluíssem, bem como o aumento do nível do mar correlato, os custos de perda poderiam ser incrementados em até 30 milhões de reais, em um cenário mais pessimista.

Em relação a esses valores, foi calculado que a PAE proporcional para as unidades do setor de saúde coincidentes com as manchas de inundação, seriam de uns R\$650.000 e R\$1.050.000 para os cenários do clima atual e mudança climática com SLR +0,5m respectivamente. No caso dos edifícios públicos se estimou a PAE proporcional para estes mesmos cenários, totalizando valores por volta de R\$230.000 e R\$1.290.000, respectivamente.

Complementarmente, foi realizado o exercício de demolir as PAE específicas para os distintos tipos de edificação recolhidos na Tabela 36. O resultado desta análise apresenta na seguinte tabela.

**Tabela 37.** *Resultado do cálculo da perda anual esperada (PAE) desmembrada por tipo de bairro/edificação para a inundação marinha o cenário de clima atual*

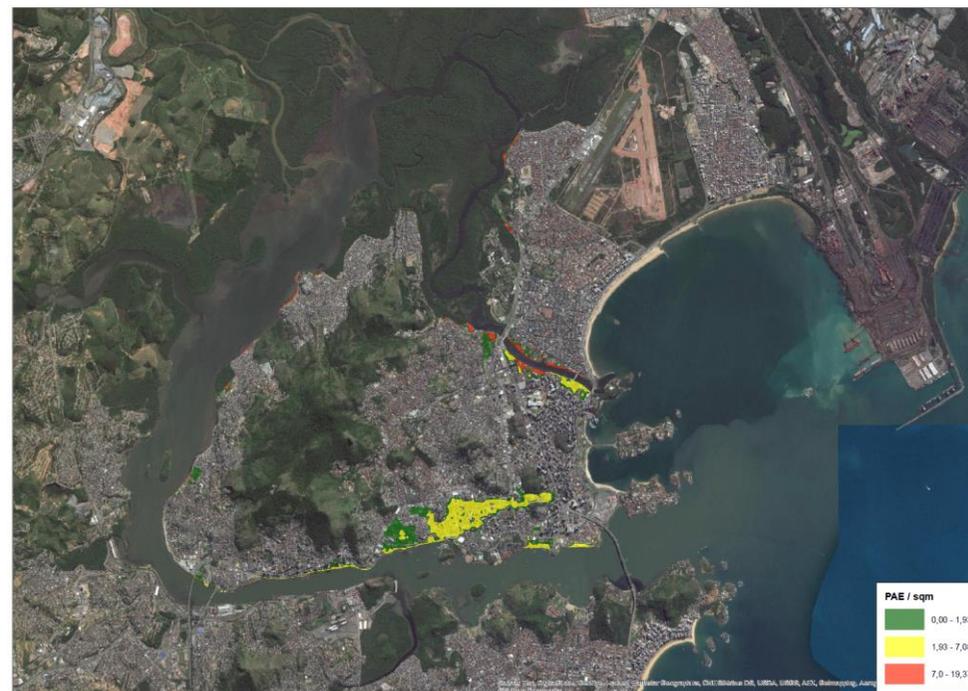
| CENÁRIO                                       | PAE REPARTIDA (R\$) |
|---|---------------------|
| Aglomerados subnormais                        | 1.527.209           |
| Misto predominância terciária horizontalizada | 2.135.054           |
| Misto predominância terciária verticalizada   | 1.223.620           |
| Residencial multifamiliar mesclado            | 623.369             |
| Residencial multifamiliar verticalizado       | 190                 |
| Residencial unifamiliar formal                | 15.653              |
| Terciário                                     | 1.658.389           |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Posteriormente, desagregou-se cada categoria de edificação da parte proporcional de PAE correspondente de cada um dos períodos de retorno considerados (10, 50 e 200 anos), obtendo assim três valores de PAE por grupo, em que a PR de 10 anos teria o maior peso, com uma ampla diferença das demais categorias. Em sequência foi dividido cada valor de PAE desmembrado pelo correspondente valor de superfície bruta de edificação exposta à mancha de inundação do período de retorno em questão, obtendo assim um valor por metro quadrado (R\$/m<sup>2</sup>) de PAE desagregado por tipo de edificação para cada período. Estes valores foram associados a polígonos de tipo de moradia específico, tal como estes vêm definidos nos distintos mapas de inundação.

Devido à indisponibilidade de um mapa cadastral em formato shape foi necessário realizar uma análise de acordo com as superfícies brutas dos polígonos de cada um dos grupos de edificação indicados, visível na Figura 97. Finalmente foram somados os raster de inundação para compor o mapa de PAE desmembrado que apresenta como resumo do conjunto do trabalho analítico realizado.

Figura 97. Representação da PAE desmembrada



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Com o objetivo de obter uma melhor diferenciação visual da entrada individual de cada polígono ao PAE global foi estabelecido um critério de agrupamento em três categorias (<100.000 reais, entre 100.000 e 1.000.000 reais, e >1.000.000 reais). A eleição dos limites entre categorias de nível de PAE foi de caráter qualitativo, buscando uns limites que permitiam a apresentação nas três cores de classificação escolhidos.

Como resultado os núcleos de maior perda anual esperada encontram-se nos bairros de Ilha Santa Maria, Monte Belo e zonas próximas, onde são esperados os eventos de inundação marinha mais persistentes. Igualmente, as margens do rio Santa Maria devem ser consideradas como zonas sensíveis.

Este exercício só foi realizado para o cenário de clima atual, considerando que seu objetivo é definir as zonas com maior entrada individual a PAE global para eventualmente priorizar atuações (no Anexo C está o mapa em maior escala).

### 6.7.4 Afetação humana por inundação

O manual da plataforma CAPRA indica que a vulnerabilidade humana é dependente do número esperado de vítimas, podendo ser classificados em diferentes categorias seguindo a informação disponível, como a porcentagem do número total de pessoas expostas ao evento, podendo ser falecidos, feridos, afetados, etc.

Em paralelo, recolhe-se a curva de vulnerabilidade humana em inundações apresentada no item 8.6.3. Assim, entende-se que a partir de uma profundidade de inundação de 1 m a porcentagem da população potencialmente exposta em termos gerais é de 1%, com um grau de desvio em função das características específicas do tipo de moradia de 0,4%.

A curva de vulnerabilidade é específica para edificações de alvenaria em geral, podendo ser aplicável para o conjunto de edifícios residenciais identificados na mancha de inundação de Vitória.

Portanto, para analisar esta questão de maneira semiquantitativa, parte-se da seguinte metodologia:

- Primeiro foram separados os registros de superfície exposta de usos residencial, industriais e terciários, etc. Partindo do pressuposto de que a população só se encontra nos edifícios comerciais em horário laboral, estando expostos aos eventos em apenas alguns momentos do dia.
- A partir daí foi realizada a soma das superfícies residenciais expostas seguindo a estimativa de densidades de edificação na superfície bruta dos polígonos de inundação identificados.
- Finalmente, foi realizada a estimativa de população exposta na superfície resultante recalculando a unidades de 60 m<sup>2</sup> (como superfície de uma moradia média) e assumindo 4 habitantes por moradia. Evidentemente este algoritmo poderia padronizar os bairros, mas para efeito de uma análise nesta escala, esta aproximação é bastante razoável.

De acordo com os dados recolhidos na Figura 34 o número da população exposta a ameaça de inundação marinha é de ordem de 5.000 e 11.500 pessoas sendo o número de afetados hipotéticos aproximadamente de ordem de 50 a 115, 1%.

Tabela 38. População assentada e potencialmente afetada em zona de perigo por inundação marinha

| PERÍODO DE RETORNO (ANOS) | SUPERFÍCIE RESIDENCIAL EXPOSTA (m2) | POPULAÇÃO EXPOSTA (4/60 m2) | AFETADOS POTENCIAIS (1%) |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 10                        | 75.779                              | 5.052                       | 51                       |
| 200                       | 171.823                             | 11.455                      | 115                      |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

É importante destacar que devido ao fato da plataforma CAPRA não descrever a forma de valorar o resultado de cálculo de afetados hipotéticos, torna-se difícil contextualizar o dado em termos de gravidade do dano sofrido. De tal forma que foram interpretados como o número de pessoas que em caso de uma inundação extrema sofreria potencialmente consequências muito graves ou inclusive a morte. Evidentemente a maior parte desta população em risco encontraria coincidindo com os núcleos de maior custo de perda anual, como mapeado anteriormente.

### 6.7.5 Impacto associado a deslizamentos

#### 6.7.5.1 Risco estrutural

Na Tabela 39 apresenta o número de edificações presentes em zonas com suscetibilidade média e alta de deslizamentos. Portanto, em relação às habitações e edifícios terciários ou industriais associados, pode-se resumir que o valor total exposto a esta ameaça está na seguinte ordem de magnitude:

- Suscetibilidade Alta: cerca de 1.245 milhões de reais; e
- Suscetibilidade Média: Em torno aos 1.150 milhões de reais.

Tabela 39. Quantificação de valor exposto em zonas com suscetibilidade de deslizamentos (R\$)

| SUSCETIBILIDADE DE DESLIZAMENTO | SUPERFÍCIE CONSTRUÍDA EXPOSTA (m2) | VALOR EXPOSTO (R\$) |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| ALTA                            | 1.164.910                          | 1.245.266.683       |
| MEDIA                           | 955.572                            | 1.149.951.019       |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

### 6.7.5.2 Afetação humana por deslizamentos

Na Tabela 40 está apresenta o número da população de Vitória potencialmente exposta às áreas com grau de suscetibilidade de deslizamentos médio e alto, totalizando mais de 140 mil habitantes nestas condições.

Tabela 40. Desmembramento da população potencialmente exposta em zonas de suscetibilidade de deslizamentos

| SUSCETIBILIDADE | SUPERFÍCIE RESIDENCIAL EXPOSTA (m2) | POPULAÇÃO EXPOSTA (4/60 m2) | TOTAL POPULAÇÃO |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| ALTA            | 1.164.910                           | 77.661                      | 141.365         |
| MEDIA           | 955.572                             | 63.705                      |                 |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Para a determinação das zonas identificadas como propensas a esta ameaça devem considerar o nível de detalhe do estudo, assim como a qualidade da informação histórica existente em relação aos danos históricos causados e a população afetada na cidade.

## 6.8 Conclusões da valoração de riscos

Os principais resultados da presente avaliação de riscos naturais podem ser resumidos de acordo com o grau de precisão da informação disponível para o processo de análise considerando como limites de ordem de magnitude:

- A falta de dados não permite realizar uma avaliação detalhada da vulnerabilidade funcional da cidade de Vitória, que em conjunto parece relativamente pouco sensível.
- A perda máxima esperada (PML) por inundação marinha varia em uma categoria de uns 18 e 33 milhões de reais de acordo com os períodos de retorno respectivos de 10 e 200 anos com o cenário de clima atual, sendo possível incrementar teoricamente até uns 113 milhões de reais para o período de retorno de 200 anos em um cenário incremento do nível do mar de 0,5 m, por efeito das alterações climáticas.
- A perda anual esperada (PAE) por efeito de inundações marinhas, de acordo ao cenário de clima atual, subiria para cerca de 7,2 milhões de reais.
- O núcleo de maior perda anual esperada se encontra nos bairros de Ilha Santa Maria, Monte Belo e zonas próximas, onde há a maior inundação marinha persistente. Igualmente as margens do rio Santa Maria devem ser consideradas como zonas sensíveis.
- O número de pessoas potencialmente afetadas pela ameaça de inundação em Vitória, em condições de clima atual, estima entre 5.000 e 11.500.
- A vulnerabilidade das infraestruturas principais da cidade frente a deslizamentos parece pouco significativa.
- O valor estrutural, habitações e edifícios terciários e industriais associados, exposto à ameaça de deslizamentos está na seguinte ordem de magnitude:
  - Suscetibilidade Alta: cerca de 1.245 milhões de reais; e
  - Suscetibilidade Média: em torno aos 1.150 milhões de reais.
- O número de pessoas residentes em zonas com suscetibilidade média e alta de deslizamentos eleva a algo mais de 140.000.

## 7 ESTIMATIVA DE CUSTO/BENEFÍCIO

Diante da complexidade para implementar as medidas de mitigação de riscos a inundação marinha na cidade, foram consideradas as possíveis soluções técnicas para a proteção das zonas anexas à baía de Vitória, onde se encontra o centro histórico da cidade. Sendo necessário a instituição de simuladores técnicos complexos, como o planejamento de um estudo de custo-benefício local, que contemple os potenciais danos que poderiam via a ocorrer nos bairros lindeiros ao rio Santa Maria, entre a ponte da Passagem e sua desembocadura na praia de Camburi.

Nas áreas lindeiras ao rio Santa Maria há diversas edificações particulares que estão localizadas muito próximas ao canal, o que dificulta a mitigação do risco de inundação. Sendo necessário tomar uma medida conjunta com restrições e renovações urbanísticas para possibilitar a execução de obras civis preventivas.

O Estudo 3: Crescimento Urbano, alinhado a este critério, propõe um plano parcial e/ou a instalação de instrumentos urbanísticos (como podem ser as Operações Urbanas Consorciadas ou as Áreas de Intervenção Urbanística) que possibilite a reestruturação urbana do canal, liberando uma faixa não edificável entre as construções e o canal e, em contra partida, os proprietários poderiam receber um potencial construtivo superior ao zoneamento vigente, incrementado sua metragem construtiva, assim não se inclui o custo de mover a população nas medidas de mitigação.

Esta faixa não edificável teria uma função dupla: valorizaria à frente do canal, tornando-o transitável e estando integrado com a proposta de passeios e eixos cívicos nas margens da ilha de Vitória (como proposto no projeto Orla Noroeste), mas também deixaria uma área de servidão longitudinal, permitindo executar obras de proteção às inundações - que devem ser objetos de estudos ainda mais detalhados, mediante a modelos hidráulicos que evitem impactos na dinâmica costeira.

Outra proposta técnica levantada pelo Estudo 3 seria a criação de um corredor verde sobre as margens do rio, retrocedendo as propriedades existentes sobre o terreno atual. Como medida preventiva às possíveis inundações, se prevê a criação de um muro de proteção de 1 metro de altura, tendo em conta um período de retorno de 50 anos e um cenário intermediário de mudança climática para o ano de 2050 (SLR+0,2), este muro se estenderia por 3,5 quilômetro. O custo de investimento para esta medida é estimado em R\$ 1,5 milhões, dispensando custos de manutenção da infraestrutura.

O valor estimado para a perda anual esperada, de acordo com os preços unitários de perda desagregados, calculados a partir da Figura 95. No total, a PAE local para a área

indicada aumentaria por volta de R\$ 922 mil. Este investimento coincidiria com o benefício da estratégia técnica quando comparada com a rentabilidade do investimento requerido. A seguir está apresentado o resumo dos resultados de análise de custo-benefício para as medidas estudadas.

*Tabela 41. Resumo de dados de partida e resultados da análise básico Custo-Benefício*

|  | Milhões R\$ | Anos | %   |
|--|-------------|------|-----|
| <b>Investimento Infraestruturas</b>    | 1,5         |      |     |
| <b>Período Investimento</b>            |             | 2    |     |
| <b>Redução Risco Anual</b>             | 1           |      |     |
| <b>Custo Anual Manutenção</b>          | 0           |      |     |
| <b>Horizonte temporal investimento</b> |             | 2050 |     |
| <b>Taxa de Desconto</b>                |             |      | 12% |
| <b>Valor Atual Líquido (VAN)</b>       | 5.6         |      |     |
| <b>Taxa Interna de Retorno (TIR)</b>   |             |      | 55% |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

De acordo a esta análise, o valor atual líquido (VAN) de 5,6 milhões de reais e a taxa interna de retorno (TIR) de 55% faz das propostas rentáveis e economicamente viáveis, cumprindo, inclusive os critérios de rentabilidade exigidos pelo BID.

No entanto, de acordo com as seguintes imagens é possível observar a presença de uma escola anexa ao rio Santa Maria, cujo pátio está protegido contra inundações por um muro de contenção, bem como seria as construções alinhadas à orla. Se entende que a PAE de R\$ 1,05 milhões estimada para esta área da cidade pode estar sobrestimada considerando devido a possível presença de outros trechos de contenção já construídos que não foram considerados no MDT usado para a modelagem.

Figura 98. Exemplos de muros de proteção junto al rio Santa Maria



Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Ao se considerar uma análise mais detalhada que a PAE estimada os valores referentes ao benefício associado a execução reduzem em R\$ 200 mil, ou seja, diminuem em um quinto do valor estimado (Tabela 42).

Tabela 42. *Resumo de dados de partida e resultados da análise básico Custo-Benefício*

|  | Milhões R\$ | Anos | %     |
|--|-------------|------|-------|
| <b>Investimento Infraestruturas</b>    | 1,5         |      |       |
| <b>Período Investimento</b>            |             | 2    |       |
| <b>Redução Risco Anual</b>             | 0,2         |      |       |
| <b>Custo Anual Manutenção</b>          | 0           |      |       |
| <b>Horizonte temporal investimento</b> |             | 2050 |       |
| <b>Taxa de Desconto</b>                |             |      | 12%   |
| <b>Valor Atual Líquido (VAN)</b>       | 0,03        |      |       |
| <b>Taxa Interna de Retorno (TIR)</b>   |             |      | 12,3% |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE.

Considerando a estimativa mais ajustada à realidade em que o valor atual líquido (VAN) atinge R\$ 33 mil e a taxa interna de retorno (TIR) é de 12,3%, pode-se concluir que o plano de atuação proposto seria rentável e economicamente viável e cumpre com os critérios de rentabilidade exigidos pelo BID (o Anexo 1 apresenta as folhas de cálculo na qual se refere esta análise).

## 8 BIBLIOGRAFIA

Albino, J.; Girardi, G.; Alencastre, K.; "Erosión y Progradación del litoral Brasileiro; Espírito Santo"

Alkmim, F. F. et al. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. Geonomos, Belo Horizonte, v.15, n. 1, p. 25-43, 2007.

Nascentes Coelho, AL.; Oliveira Goulart, A.C.; Bettim, R.; Teubner, F.J. "Mapeamento Geomorfológico do Estado de E.S. Nota Técnica 28" IJSN 2012

Pedrosa-Soares, A. C. et. al. Orógeno Araçuaí: síntedo conhecimento 30 anos após Almeida 1977. Geonomos. v.15, n. 1, p. 1-16, 2007.

BID "Guía metodológica. Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. Primera edición. 2012

Van Westen, C.J." Análisis Estadístico de Riesgo de Deslizamento" ITC journals

Van Westen, C.J. (1994). GIS in landslide hazard zonation: a review, with examples from the Andes of Colombia. In: Price, M. and Heywood, I. (eds.), Mountain Environments and Geographic Information Systems. Taylor & Francis, Basingstoke, U.K. pp 135-165.

Naranjo, J.L., van Westen, C.J. and Soeters, R. (1994). Evaluating the uof training areas in bivariate statistical landslide hazard analysis- a castudy in Colombia. ITC Journal 1994-3, pp 292-300.

Bates, P.D., Horritt, M.S., Fewtrell, T.J., (2010). A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two-dimensional flood inundation modelling. Journal of Hydrology 387(1-2): 33-45.

Gouldby, B., Sayers, P., Mulet-Marti, J., Hassan, M. and Benwell, D., (2008). A methodology for regional-scale flood risk assessment. Proceedings of the Institution of Civil Engineers- Water Management 161(3): 169-182.

HR Wallingford (2006). Rapid Flood Spreading Methodology (RFSM). Thames Estuary 2100 Report DT4. Environment Agency, Bristol, UK.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 5.

Jamieson, S., Lhomme, J., Wright, G. and Gouldby, B. (2012). Highly efficient 2D inundation modelling with enhanced diffusion-wave and sub-element topography. Proc. Inst. Wat. Man. 165 (10): 581-595.

Segunda Comunicación Nacional de Brasil a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Câmbio Climático - Volumen 2. Coordinación General de Câmbios Globales del Clima. Ministerio de Ciencia y Tecnologia. Brasília, 2010.

Slangen, A.B.A., Carson, M., Katsman, C.A., Van de Wal, R.S.W., Köhl, A., Vermeersen, L.L.A. and Stammer, D., (2014). Projecting twenty-first century regional sea-level changes. Climatic Change 124:317-332.

Abascal, A.J., Castanedo, S., Cid, A., Medina, R. (2011). High resolution dynamic downscaling of storm surge in Southern Europe (GOS, Global Ocean Surges). Twelfth Session of the GLOSS Group of Experts, GLOSS GE XII and Associated Workshops, France- November 7-11, 2011.

Booij, N., Ris, R.C., y Holthuijsen, R.H. (1999). A third generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. Journal of Geophysical Research, 104, C4, pp. 7649-7666.

Camus, P., Mendez, F., Medina, R. (2011a). A hybrid efficient method to downscale wave climate to coastal areas. Coastal Engineering 58, pp 851-861.

Camus, P., Mendez, F., Medina, R., Cofiño, A. (2011b). Analysis of clustering and selection algorithms for the study of multivariate wave climate. Coastal Engineering 58, pp 453-452.

Camus, P., Mendez, F., Medina, R., Tomas A., Izaguirre C. (2013). High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas. Coastal Engineering, 72, pp 56-68.

Dean, G.R., Walton, T.L. (2008). Wave Set-up – A state of Art review. Handbook of Coastal and Ocean Engineering, Chapter 1. ISBN: 978-981-281-930-7.

Egbert, G.D., Bennett, A.F., Foreman, M.G.G. (1994). Topex/Poseidon tides estimated using a global invermodel. Journal of Geophysical Research, 99, pp 24821-24852.

Egbert, G.D., and Erofeeva, S.Y. (2012). Efficient invermodeling barotropic ocean tides. J. Atmos. Oceanic Technol, 19(2), pp 183-204.

Guza, R.T. and Thornton, E.B., (1981). Wave Set-up on a Natural Beach. Journal of Geophysical Research, Vol.96, No. C2, pp.4133-4137.

Mínguez, R., Espejo, A., Tomás, A., Méndez, F. J., and Losada, I. J. (2011). Directional calibration of wave reanalysis databases using instrumental data. J. Atmos. Oceanic Technol. 28, pp 1466-1485.

Nielsen, P., (1988). 'Wave Setup: A Field Study', Journal of Geophysical Research, Vol. 93(C12), pp.15,643-15,652.

Reguero, B.G., M. Menéndez, F.J. Méndez, R. Mínguez, I.J. Losada (2012). A Global Ocean Wave (GOW) calibrated reanalysis from 1948 onwards. Coastal Engineering, (65): 38-55.

Stockdon, H.F., Holman, R.A., Howd, P.A. and Sallenger, A.H., Jr., (2006) 'Empirical Parameterization of Setup, Swash, and Runup'. Coastal Engineering 53 573-588, Elsevier Publishing, the Netherlands.

Tolman, H.L., (1997). User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.15. NOAA/NWS/NCEP/OMB Technical Note 151, pp 97.

Tolman, H.L., (1999). User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.18. NOAA/NWS/NCEP/OMB Technical Note 166, pp 110.

Warner, John C., Christopher R. Sherwood, Hernan G. Arango, Richard P. Signell, (2005). Performance of Four Turbulence Closure Methods Implemented using a Generic Length Scale Method. Ocean Modeling 8, 1-1, pp 81-113.

WL/Delft Hydraulics (2006). Delft3D-FLOW, simulation of multidimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments, User Manual. Delft, 2006.

Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays (1994), Applied Hydrology

Ven Te Chow (1994), Open-channel hydraulics

Juan P. Martín Vide, Politext Área de Ingeniería; Ingeniería fluvial

Leonardo S. Nanía, Manuel Gómez Valentín; Ingeniería Hidrológica

MOPU; Cálculo hidrometeorológico de vazões máximas em pequenas bacias naturais.

Francisco Javier Ferrer Polo, CEDEX, Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas

CAPRA – Metodologia de modelagem probabilista de riscos naturais;

FEMA Understanding your risks – Identifying hazards and estimating losses. FEMA 386-2, 2001.

ITC Multi-hazard risk assessment guide book: United Nations University – ITC School on Disaster Geoinformatics Management, 2011

Messner et al., 2007 - Avaliando danos por enchentes: orientação e recomendações sobre princípios e métodos (T09-06-01). Messner et al., 2007. Editado na web [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net).

SUBDERE - *Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial* publicada em 2011 pela Subsecretaria de Desenvolvimento Regional e Administrativo (SUBDERE) do Governo de Chile



**ANEXOS**

## ANEXO Nº 1 LISTADO DE EVENTOS DA MUNICIPALIDADE DE VITÓRIA

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL  | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo         | Fonte | Tipologia    | x | y      |         |
|--------|----|-----------|--|------------|------------|------------|--------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 15     | ES | Vitória   | Cruzamento - Rua Lisandro Nicoletti.   | 01/09/2007 | M07S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 362009 | 7753537 |
| 16     | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Meia encosta entre o topo do Morro Gurigica e a Rua Virgílio Vidigal. | 01/09/2007 | M02S06     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363535 | 7753736 |
| 17     | ES | Vitória   | Rio Branco - Avenida Marechal Campos e Rua São Marcos.                                       | 01/09/2007 | M05S03     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 362720 | 7754185 |
| 18     | ES | Vitória   | Fradinhos - Final da Rua José Malta.   | 01/09/2007 | M06S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361208 | 7753688 |
| 19     | ES | Vitória   | Cruzamento - Rua Lisandro Nicoletti.   | 01/09/2007 | M07S07     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361984 | 7753575 |
| 20     | ES | Vitória   | Grande - Rua Canavial, Escadaria Santo André, borda do maciço rochoso no topo.               | 01/09/2007 | M08S10     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363067 | 7754388 |
| 21     | ES | Vitória   | Cruzamento - Escadaria José Caetano da Silva.  | 01/09/2007 | M07S09     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361861 | 7753698 |
| 22     | ES | Vitória   | Grande - Rua Tenente Setúbal.  | 01/09/2007 | M08S13     | Alto       | Caída        | PMRR  | caídas       | 2 | 363402 | 7754414 |
| 23     | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Rua Cabo Paraíba, Escadaria Cabo Paraíba.                             | 01/09/2007 | M02S11     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363495 | 7754049 |
| 24     | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - A montante da Rua Pedro Lima Rosário.                                 | 01/09/2007 | M02S16     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363574 | 7753942 |
| 25     | ES | Vitória   | Alto Caratória - Avenida Santo Antônio, Praça Antônio Ferreira Marques.                      | 01/09/2007 | M15S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 358924 | 7752922 |
| 26     | ES | Vitória   | Bela vista - Rodovia Serafim Derenze.  | 01/09/2007 | M17S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359058 | 7754657 |
| 27     | ES | Vitória   | Romão - Rua José Martins da Silva, Escadaria Theodorico Goes.                                | 01/09/2007 | M09S06     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361630 | 7752975 |
| 28     | ES | Vitória   | Forte São João - Rua Rodrigues Arzco e Escadaria Theodorico Goes.                            | 01/09/2007 | M10S11     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361580 | 7752972 |
| 29     | ES | Vitória   | Piedade - Escadaria Heraldo Lucas / Trecho superior da encosta.                              | 01/09/2007 | M12S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360022 | 7753216 |
| 30     | ES | Vitória   | Moscoso - Ladeira Prof. Anael C. de Anchieta.  | 01/09/2007 | M13S05     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359858 | 7753120 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL  | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo         | Fonte | Tipologia    |   | x      | y       |
|--------|----|-----------|--|------------|------------|------------|--------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 31     | ES | Vitória   | Conquista - Rodovia Serafim Derenze.   | 01/09/2007 | M21S05     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361813 | 7757687 |
| 49     | ES | Vitória   | Macaco - Beco Evaldo Conceição Lisboa.   | 01/09/2007 | M01S05     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361503 | 7755298 |
| 50     | ES | Vitória   | Macaco - Escadaria José Marcolano.   | 01/09/2007 | M01S01     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361539 | 7755398 |
| 51     | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Topo do Morro Gurigica. Acesso via Rua Virgílio Vidigal.              | 01/09/2007 | M02S03     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363493 | 7753855 |
| 52     | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Meia encosta entre o topo do Morro Gurigica e a Rua Virgílio Vidigal. | 01/09/2007 | M02S05     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363479 | 7753825 |
| 53     | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Rua Cabo Paraíba.   | 01/09/2007 | M02S14     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363304 | 7754002 |
| 54     | ES | Vitória   | Cruzamento - Rua Lisandro Nicoletti.   | 01/09/2007 | M07S02     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361946 | 7753521 |
| 55     | ES | Vitória   | Grande - Rua Canavial, Escadaria Santo André, borda do maciço rochoso no topo.               | 01/09/2007 | M08S09     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363116 | 7754332 |
| 56     | ES | Vitória   | Grande - Rua Canavial, Escadaria Santo André, borda do maciço rochoso no topo.               | 01/09/2007 | M08S11     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363041 | 7754391 |
| 57     | ES | Vitória   | Cruzamento - Rua Lisandro Nicoletti.   | 01/09/2007 | M07S13     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361968 | 7753790 |
| 58     | ES | Vitória   | Cruzamento - Avenida Paulino Miller / limite do Morro do Cruzamento.                         | 01/09/2007 | M07S15     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361888 | 7753913 |
| 59     | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Avenida Leitão da Silva com Rua Desembargador Gilson Mendonça.        | 01/09/2007 | M02S15     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363869 | 7754096 |
| 60     | ES | Vitória   | Santos Dumont - Rua Professor Lellis e Rua Júnio Quadros.                                    | 01/09/2007 | M04S01     | Alto       | Caída        | PMRR  | caídas       | 2 | 362196 | 7753912 |
| 61     | ES | Vitória   | Quadro - Rua Daniel Sodré, Escadaria Camilo Teixeira e Escadaria do Cabral.                  | 01/09/2007 | M14S06     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359293 | 7753166 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL   | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo         | Fonte | Tipologia    |   | x      | y       |
|--------|----|-----------|---|------------|------------|------------|--------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 62     | ES | Vitória   | Romao - Rua José Martins da Silva, próximo ao mirante.                            | 01/09/2007 | M09S04     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361350 | 7753385 |
| 63     | ES | Vitória   | Romao - Rua José Martins da Silva, Escadaria Theodorico Goes.                     | 01/09/2007 | M09S05     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361583 | 7753059 |
| 64     | ES | Vitória   | Romao - Escadaria Theodorico Goes.  | 01/09/2007 | M09S07     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361637 | 7752918 |
| 65     | ES | Vitória   | Forte São João - Rua José Martins da Silva, próxima ao mirante e quadra do Romao. | 01/09/2007 | M10S06     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361430 | 7753075 |
| 66     | ES | Vitória   | Forte São João - Rua Cristóvão Alvarenga e Escadaria Manoel Eleotério.            | 01/09/2007 | M10S10     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361510 | 7752868 |
| 67     | ES | Vitória   | Fonte Grande - Praça Mário de Oliveira Silva e Escadaria Eduardo Silva.           | 01/09/2007 | M11S03     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360403 | 7753307 |
| 68     | ES | Vitória   | Fonte Grande - Praça Mário de Oliveira Silva e Escadaria Eduardo Silva.           | 01/09/2007 | M11S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360350 | 7753264 |
| 69     | ES | Vitória   | Fonte Grande - Rua Medardo Cavali e Escadaria Dontalmo Lopes.                     | 01/09/2007 | M11S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360559 | 7753152 |
| 70     | ES | Vitória   | Moscoso - Ladeira 25 de Abril.  | 01/09/2007 | M13S03     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359699 | 7752985 |
| 71     | ES | Vitória   | Quadro - Escadaria do Bananal, Escadaria Dornilha Reis.                           | 01/09/2007 | M14S05     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359477 | 7753305 |
| 72     | ES | Vitória   | Capixaba - Escadaria Lourival Francisco.  | 01/09/2007 | M23S04     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360788 | 7752757 |
| 73     | ES | Vitória   | São José/ Santa Helena - Rua Almirante Barroso, Escadaria São José.               | 01/09/2007 | M20S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 364411 | 7753348 |
| 74     | ES | Vitória   | Conquista - Rodovia Serafim Derenze.  | 01/09/2007 | M21S01     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 362082 | 7757840 |
| 75     | ES | Vitória   | Conquista - Rua Serafim Derenze com Rua São Lázaro.                               | 01/09/2007 | M21S04     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361938 | 7757635 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL  | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo         | Fonte | Tipologia    | x | y      |         |
|--------|----|-----------|--|------------|------------|------------|--------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 89     | ES | Vitória   | Macaco - Escadaria José Marcolano.   | 01/09/2007 | M01S03     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361442 | 7755428 |
| 90     | ES | Vitória   | Grande - Rua Canavial, Escadaria Santo André, borda do maciço rochoso no topo.                                 | 01/09/2007 | M08S12     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363095 | 7754529 |
| 91     | ES | Vitória   | Cruzamento - Rua Lisandro Nicoletti.   | 01/09/2007 | M07S03     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361928 | 7753540 |
| 92     | ES | Vitória   | Cruzamento - Escadaria José Caetano da Silva.  | 01/09/2007 | M07S08     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361898 | 7753656 |
| 93     | ES | Vitória   | Rio Branco - Rua São Marcos e Rua Balbina dos Santos.  | 01/09/2007 | M05S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 362616 | 7754453 |
| 94     | ES | Vitória   | Alagoano - Avenida Santo Antônio com Escadaria Sólon Borges.   | 01/09/2007 | M16S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 358503 | 7752755 |
| 95     | ES | Vitória   | Forte São João - Rua Cristóvão Alvarenga.  | 01/09/2007 | M10S12     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361576 | 7752693 |
| 96     | ES | Vitória   | Moscoso - Ladeira Prof. Anael C. de Anchieta.  | 01/09/2007 | M13S02     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359941 | 7753123 |
| 97     | ES | Vitória   | Quadro - Rua Frederico Ozanan.   | 01/09/2007 | M14S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359259 | 7753590 |
| 98     | ES | Vitória   | Conquista - Rua São Lázaro.  | 01/09/2007 | M21S03     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361960 | 7757451 |
| 110    | ES | Vitória   | Macaco - Beco Evaldo Conceição Lisboa, porção superior da ocupação.  | 01/09/2007 | M01S06     | Muito Alto | Caída        | PMRR  | caídas       | 2 | 361468 | 7755181 |
| 111    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Topo do Morro Gurigica. Acesso via Rua Virgílio Vidigal ou pela Rua Pedro Lima Rosário. | 01/09/2007 | M02S01     | Alto       | Caída        | PMRR  | caídas       | 2 | 363539 | 7753920 |
| 112    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Rua Cabo Paraíba.   | 01/09/2007 | M02S13     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363365 | 7754080 |
| 113    | ES | Vitória   | Grande - Rua Tenente Setúbal, porção não urbanizada a montante da via.   | 01/09/2007 | M08S06     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363173 | 7754401 |
| 114    | ES | Vitória   | Romao - Rua José Martins da Silva, Escadaria Ana Maria Pinto.  | 01/09/2007 | M09S03     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361603 | 7753257 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL  | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo         | Fonte | Tipologia    | x | y      |         |
|--------|----|-----------|--|------------|------------|------------|--------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 115    | ES | Vitória   | Grande - Rua Tenente Setúbal, porção não urbanizada a montante da via.                       | 01/09/2007 | M08S04     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363319 | 7754405 |
| 116    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - A montante da Rua Pedro Lima Rosário.                                 | 01/09/2007 | M02S18     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363676 | 7753933 |
| 117    | ES | Vitória   | Jucutuquara - Rua Guadalajara.   | 01/09/2007 | M03S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361966 | 7754378 |
| 118    | ES | Vitória   | Rio Branco - Avenida Marechal Campos e Rua Balbina dos Santos.                               | 01/09/2007 | M05S01     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 362727 | 7754411 |
| 119    | ES | Vitória   | Alagoano - Avenida Santo Antônio com Escadaria Prof. Alfredo Figueiras.                      | 01/09/2007 | M16S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 358661 | 7752787 |
| 120    | ES | Vitória   | Bela vista - Rodovia Serafim Derenze.  | 01/09/2007 | M17S02     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359064 | 7754513 |
| 121    | ES | Vitória   | Forte São João - Escadaria Ilma de Deus.   | 01/09/2007 | M10S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361423 | 7752608 |
| 122    | ES | Vitória   | Forte São João - Escadaria Ilma de Deus.   | 01/09/2007 | M10S05     | Médio      | Caída        | PMRR  | caídas       | 2 | 361378 | 7752796 |
| 123    | ES | Vitória   | Moscoso - Ladeira 25 de Abril.   | 01/09/2007 | M13S01     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359738 | 7753038 |
| 124    | ES | Vitória   | Moscoso - Ladeira 25 de Abril.   | 01/09/2007 | M13S04     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359762 | 7753140 |
| 125    | ES | Vitória   | Quadro - Escadaria Ilda Fagundes, Escadaria Dornilha Reis, Escadaria do Cabral.              | 01/09/2007 | M14S07     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359439 | 7753219 |
| 126    | ES | Vitória   | Capixaba - Escadaria Lourival Francisco.   | 01/09/2007 | M23S01     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360829 | 7752789 |
| 127    | ES | Vitória   | Capixaba - Final da Rua Alziro Viana.  | 01/09/2007 | M23S03     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360935 | 7752769 |
| 128    | ES | Vitória   | Inhangueta - Rua Primavera e Estrada da Torre (acesso ao parque).                            | 01/09/2007 | M19S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360086 | 7755163 |
| 141    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Meia encosta entre o topo do Morro Gurigica e a Rua Virgílio Vidigal. | 01/09/2007 | M02S04     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363525 | 7753812 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL   | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo         | Fonte | Tipologia    | x | y      |         |
|--------|----|-----------|---|------------|------------|------------|--------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 142    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Topo do Morro Gurigica. Acesso via Rua Virgílio Vidigal. | 01/09/2007 | M02S02     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363559 | 7753837 |
| 143    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Rua Cabo Paraíba, Escadaria Rubens Santana.              | 01/09/2007 | M02S10     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363363 | 7754002 |
| 144    | ES | Vitória   | Cruzamento - Rua Lisandro Nicoletti.  | 01/09/2007 | M07S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361979 | 7753502 |
| 145    | ES | Vitória   | Romao - Rua José Martins da Silva, Escadaria Ana Maria Pinto.                   | 01/09/2007 | M09S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361582 | 7753207 |
| 146    | ES | Vitória   | Cruzamento - Rua Lisandro Nicoletti.  | 01/09/2007 | M07S12     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361875 | 7753764 |
| 147    | ES | Vitória   | Grande - Rua Tenente Setúbal, porção não urbanizada a montante da via.          | 01/09/2007 | M08S03     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363299 | 7754372 |
| 148    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Rua Cabo Paraíba, Escadaria Rubens Santana.              | 01/09/2007 | M02S09     | Alto       | Caída        | PMRR  | caídas       | 2 | 363436 | 7754021 |
| 149    | ES | Vitória   | Quadro - Escadaria Ilda Fagundes.   | 01/09/2007 | M14S08     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359381 | 7753144 |
| 150    | ES | Vitória   | Quadro - Escadaria do Cabral.   | 01/09/2007 | M14S12     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359342 | 7753096 |
| 151    | ES | Vitória   | Romao - Rua Domingos Carneiro.  | 01/09/2007 | M09S08     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361717 | 7752931 |
| 152    | ES | Vitória   | Romao - Rua Domingos Carneiro.  | 01/09/2007 | M09S09     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361758 | 7752970 |
| 153    | ES | Vitória   | Quadro - Escadaria do Cabral.   | 01/09/2007 | M14S09     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359342 | 7753140 |
| 154    | ES | Vitória   | Comdusa - Avenida Serafim Derenze, Ruas 1 e 2.                                  | 01/09/2007 | M22S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360579 | 7756222 |
| 155    | ES | Vitória   | Santa Martha - Rodovia Serafim Derenze, Rua Alcebíades Tngelo da Penha.         | 01/09/2007 | M25S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363055 | 7755815 |
| 156    | ES | Vitória   | Inhangueta - Rua 4 de Julho, 112.   | 01/09/2007 | M19S01     | Alto       | Caída        | PMRR  | caídas       | 2 | 359395 | 7755191 |
| 166    | ES | Vitória   | Macaco - Escadaria José Marcolano.  | 01/09/2007 | M01S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361490 | 7755437 |
| 167    | ES | Vitória   | Grande - Rua Tenente Setúbal, porção não urbanizada a montante da via.          | 01/09/2007 | M08S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363324 | 7754355 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL  | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo         | Fonte | Tipologia    | x | y      |         |
|--------|----|-----------|--|------------|------------|------------|--------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 168    | ES | Vitória   | Grande - Rua Tenente Setúbal, porção não urbanizada a montante da via.         | 01/09/2007 | M08S05     | Muito Alto | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363243 | 7754384 |
| 169    | ES | Vitória   | Grande - Rua Canavial, Escadaria Santo André, borda do maciço rochoso no topo. | 01/09/2007 | M08S08     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363140 | 7754357 |
| 170    | ES | Vitória   | Romao - Rua José Martins da Silva, Escadaria Ana Maria Pinto.                  | 01/09/2007 | M09S01     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361588 | 7753289 |
| 171    | ES | Vitória   | Cruzamento - Rua José Caetano da Silva.  | 01/09/2007 | M07S04     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361890 | 7753504 |
| 172    | ES | Vitória   | Cruzamento - Escadaria Felipe Schneider.                                       | 01/09/2007 | M07S14     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361943 | 7753867 |
| 173    | ES | Vitória   | Grande - Rua Tenente Setúbal.  | 01/09/2007 | M08S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363267 | 7754317 |
| 174    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - A montante da Rua Pedro Lima Rosário.                   | 01/09/2007 | M02S17     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363643 | 7753910 |
| 175    | ES | Vitória   | Bela vista - Rua Ivan Ramos Medeiros.  | 01/09/2007 | M17S03     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359323 | 7754058 |
| 176    | ES | Vitória   | Forte São João - Escadaria Ilma de Deus.                                       | 01/09/2007 | M10S04     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361400 | 7752714 |
| 177    | ES | Vitória   | Quadro - Escadaria do Bananal, Escadaria Dornilha Reis.                        | 01/09/2007 | M14S04     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359555 | 7753449 |
| 178    | ES | Vitória   | Quadro - Rua Dalmácio Sodré e Escadaria Manoel Machado.                        | 01/09/2007 | M14S11     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359415 | 7753371 |
| 179    | ES | Vitória   | Conquista - Rua Nossa Senhora de Fátima com Rodovia Serafim Derenze.           | 01/09/2007 | M21S07     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361772 | 7757703 |
| 180    | ES | Vitória   | Capixaba - Final da Rua Alziro Viana.  | 01/09/2007 | M23S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360902 | 7752716 |
| 181    | ES | Vitória   | Jesus de Nazareth - Avenida Mascarenhas de Moraes, Escadaria Principal.        | 01/09/2007 | M18S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363967 | 7752994 |
| 182    | ES | Vitória   | Jesus de Nazareth - Escadaria Maria Rosa de Lima.                              | 01/09/2007 | M18S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 364082 | 7752798 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL  | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo         | Fonte | Tipologia    | x | y      |         |
|--------|----|-----------|--|------------|------------|------------|--------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 183    | ES | Vitória   | São José/ Santa Helena - Rua das Violetas.   | 01/09/2007 | M20S03     | Alto       | Caída        | PMRR  | caídas       | 2 | 364509 | 7753370 |
| 199    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Meia encosta entre o topo do Morro Gurigica e a Rua Virgílio Vidigal. | 01/09/2007 | M02S07     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363544 | 7753785 |
| 200    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Avenida Vitória, escadaria em frente à Rua João Balbi.                | 01/09/2007 | M02S08     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363653 | 7753760 |
| 201    | ES | Vitória   | Cruzamento - Avenida Paulino Miller / limite do Morro do Cruzamento.                         | 01/09/2007 | M07S11     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361854 | 7753936 |
| 202    | ES | Vitória   | Jucutuquara - Rua José Francisco Monjardim.  | 01/09/2007 | M03S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 362101 | 7754171 |
| 203    | ES | Vitória   | Jucutuquara - Rua Santa Rita de Cássia.  | 01/09/2007 | M03S03     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 362367 | 7754201 |
| 204    | ES | Vitória   | Bela vista - Rodovia Serafim Derenze, a jusante da Rua Mário Rosendo.                        | 01/09/2007 | M17S05     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359069 | 7754460 |
| 205    | ES | Vitória   | Fonte Grande - Escadaria do Céu.   | 01/09/2007 | M11S04     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 360547 | 7753273 |
| 206    | ES | Vitória   | Quadro - Rua Frederico Ozanan.   | 01/09/2007 | M14S02     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359331 | 7753488 |
| 207    | ES | Vitória   | Quadro - Rua Dalmácio Sodré e Escadaria Manoel Machado.                                      | 01/09/2007 | M14S10     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 359391 | 7753321 |
| 208    | ES | Vitória   | Redenção - Rodovia Serafim Derenze.  | 01/09/2007 | M24S01     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361233 | 7756984 |
| 226    | ES | Vitória   | Macaco - Beco Evaldo Conceição Lisboa, porção superior da ocupação.                          | 01/09/2007 | M01S08     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361464 | 7755107 |
| 227    | ES | Vitória   | Macaco - Beco Evaldo Conceição Lisboa, porção superior da ocupação.                          | 01/09/2007 | M01S07     | Alto       | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 361421 | 7755126 |
| 228    | ES | Vitória   | Constantino / Jaburu - Rua Cabo Paraíba.   | 01/09/2007 | M02S12     | Médio      | Deslizamento | PMRR  | deslizamento | 1 | 363440 | 7754136 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL   | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo            | Fonte | Tipologia    | x | y      |         |
|--------|----|-----------|---|------------|------------|------------|-----------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 229    | ES | Vitória   | Grande - Rua Canavial, Escadaria Santo André, borda do maciço rochoso no topo.  | 01/09/2007 | M08S07     | Alto       | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 363167 | 7754366 |
| 230    | ES | Vitória   | Bela vista - Rua Padre Emílio Mota com Rua Frederico Ozanan.  | 01/09/2007 | M17S04     | Médio      | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 359180 | 7753954 |
| 231    | ES | Vitória   | Forte São João - Escadaria Ilma de Deus.  | 01/09/2007 | M10S02     | Muito Alto | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 361427 | 7752659 |
| 232    | ES | Vitória   | Forte São João - Escadaria Ilma de Deus.  | 01/09/2007 | M10S03     | Médio      | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 361372 | 7752674 |
| 233    | ES | Vitória   | Forte São João - Rua José Martins da Silva, próxima ao mirante e quadra do Romão.   | 01/09/2007 | M10S07     | Alto       | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 361502 | 7753065 |
| 234    | ES | Vitória   | Forte São João - Rua Cristóvão Alvarenga e Escadaria Manoel Eleotério.  | 01/09/2007 | M10S09     | Muito Alto | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 361475 | 7752863 |
| 235    | ES | Vitória   | Conquista - Rodovia Serafim Derenze, próximo as entradas para as Ruas São Matias e Geraldo Bermute, mas na outra margem da rodovia. | 01/09/2007 | M21S08     | Alto       | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 361754 | 7757313 |
| 236    | ES | Vitória   | Comdusa - Rodovia Serafim Derenze com Rua Cinco de Julho.   | 01/09/2007 | M22S01     | Alto       | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 360796 | 7756665 |
| 237    | ES | Vitória   | São José/ Santa Helena - Rua Ulisses Sarmento, Final da Escadaria Principal.  | 01/09/2007 | M20S01     | Alto       | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 364411 | 7753423 |
| 238    | ES | Vitória   | Conquista - Rodovia Serafim Derenze com Rua São Lázaro.   | 01/09/2007 | M21S02     | Alto       | Deslizamento    | PMRR  | deslizamento | 1 | 361959 | 7757694 |
| 239    | ES | Vitória   |   | 01/03/2014 | IDOM_3     |            |                 | IDOM  | deslizamento | 1 | 361367 | 7752859 |
| 240    | ES | Vitória   | Rua Enrique Novaes  | 01/12/2013 | IDOM_1     |            | Deslizamento    | IDOM  | caídas       | 2 | 361417 | 7752538 |
| 241    | ES | Vitória   | Proximidade da Rua Joana Firme Nunes  | 01/12/2013 | IDOM_4     |            |                 | IDOM  | deslizamento | 1 | 362369 | 7756175 |
| 283    |    |           |   |            |            |            | Deslztos ativos | IDOM  | deslizamento | 1 | 361500 | 7756884 |

| OBJETO | UF | MUNICÍPIO | LOCAL | DATA_SETOR | NÚMERO_SET | GRAU_RISCO | Tipo             | Fonte | Tipologia    |   | x      | y       |
|--------|----|-----------|-------|------------|------------|------------|------------------|-------|--------------|---|--------|---------|
| 284    |    |           |       |            |            |            | Deslztos ativos  | IDOM  | deslizamento | 1 | 362330 | 7756192 |
| 293    |    |           |       |            |            |            | Deslztos ativos  | IDOM  | deslizamento | 1 | 361372 | 7752876 |
| 294    |    |           |       |            |            |            | Deslztos ativos  | IDOM  | caídas       | 2 | 361417 | 7752539 |
| 295    |    |           |       |            |            |            | Deslztos ativos  | IDOM  | deslizamento | 1 | 361411 | 7752646 |
| 316    |    |           |       |            |            |            | caídas de blocos | IDOM  | caídas       | 2 | 361545 | 7756817 |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

## ANEXO Nº 2 LISTADO DE EVENTOS DA MICRORREGIÃO DE GRANDE VITÓRIA

## ESTUDO 2: VULNERABILIDADE E RISCOS NATURAIS

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO        | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1       | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 1          | 0          | ES | Guarapari        | 08/11/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00002145793 | CPRM    | 1        | 343049 | 7712851 |
| 2          | 1          | ES | Serra            | 02/04/2013 | Muito Alto | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00001353807 | CPRM    | 1        | 366609 | 7766484 |
| 3          | 2          | ES | Serra            | 02/04/2013 | Alto       | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000017030 | CPRM    | 1        | 375284 | 7781230 |
| 4          | 3          | ES | Santa Leopoldina | 24/11/2011 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000334389 | CPRM    | 1        | 349432 | 7772948 |
| 5          | 4          | ES | Serra            | 02/04/2013 | Alto       | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000447562 | CPRM    | 1        | 369155 | 7769783 |
| 6          | 5          | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000001446 | CPRM    | 1        | 362009 | 7753537 |
| 7          | 6          | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000001462 | CPRM    | 1        | 363535 | 7753736 |
| 8          | 7          | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000006799 | CPRM    | 1        | 362720 | 7754185 |
| 9          | 8          | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000373679 | CPRM    | 1        | 361208 | 7753688 |
| 10         | 9          | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000003981 | CPRM    | 1        | 361984 | 7753575 |
| 11         | 10         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000005668 | CPRM    | 1        | 363067 | 7754388 |
| 12         | 11         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000009203 | CPRM    | 1        | 361861 | 7753698 |
| 13         | 12         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000002270 | CPRM    | 2        | 363402 | 7754414 |
| 14         | 13         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000009353 | CPRM    | 1        | 363495 | 7754049 |
| 15         | 14         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000001710 | CPRM    | 1        | 363574 | 7753942 |
| 16         | 15         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000088810 | CPRM    | 1        | 358924 | 7752922 |
| 17         | 16         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000005239 | CPRM    | 1        | 359058 | 7754657 |
| 18         | 17         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000007050 | CPRM    | 1        | 361630 | 7752975 |
| 19         | 18         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000010458 | CPRM    | 1        | 361580 | 7752972 |
| 20         | 19         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000090641 | CPRM    | 1        | 360022 | 7753216 |
| 21         | 20         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000007553 | CPRM    | 1        | 359858 | 7753120 |
| 22         | 21         | ES | Vitória          | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000002131 | CPRM    | 1        | 361813 | 7757687 |
| 23         | 22         | ES | Guarapari        | 09/11/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00026139837 | CPRM    | 1        | 333181 | 7716260 |
| 24         | 23         | ES | Fundão           | 20/07/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000072290 | CPRM    | 1        | 353428 | 7795614 |
| 25         | 24         | ES | Fundão           | 20/07/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000903195 | CPRM    | 1        | 352469 | 7794796 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO  | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1       | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 26         | 25         | ES | Serra      | 02/04/2013 | Alto       | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00003884887 | CPRM    | 1        | 370364 | 7773329 |
| 27         | 26         | ES | Serra      | 02/04/2013 | Alto       | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00001391726 | CPRM    | 1        | 369546 | 7773203 |
| 28         | 27         | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000184771 | CPRM    | 1        | 360597 | 7750242 |
| 29         | 28         | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00002266976 | CPRM    | 1        | 358192 | 7747200 |
| 30         | 29         | ES | Fundão     | 19/07/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000290349 | CPRM    | 1        | 375597 | 7784055 |
| 31         | 30         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000025443 | CPRM    | 1        | 361503 | 7755298 |
| 32         | 31         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000002285 | CPRM    | 1        | 361539 | 7755398 |
| 33         | 32         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000005487 | CPRM    | 1        | 363493 | 7753855 |
| 34         | 33         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000002825 | CPRM    | 1        | 363479 | 7753825 |
| 35         | 34         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Caída        | CPRM  | 0.00000002297 | CPRM    | 1        | 363304 | 7754002 |
| 36         | 35         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Caída        | CPRM  | 0.00000001354 | CPRM    | 1        | 361946 | 7753521 |
| 37         | 36         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000000927 | CPRM    | 1        | 363116 | 7754332 |
| 38         | 37         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000001093 | CPRM    | 1        | 363041 | 7754391 |
| 39         | 38         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000007532 | CPRM    | 1        | 361968 | 7753790 |
| 40         | 39         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000001875 | CPRM    | 1        | 361888 | 7753913 |
| 41         | 40         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000084656 | CPRM    | 1        | 363869 | 7754096 |
| 42         | 41         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000112518 | CPRM    | 2        | 362196 | 7753912 |
| 43         | 42         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000001719 | CPRM    | 1        | 359293 | 7753166 |
| 44         | 43         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000134331 | CPRM    | 1        | 361350 | 7753385 |
| 45         | 44         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000005452 | CPRM    | 1        | 361583 | 7753059 |
| 46         | 45         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000003255 | CPRM    | 1        | 361637 | 7752918 |
| 47         | 46         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Caída        | CPRM  | 0.00000053132 | CPRM    | 1        | 361430 | 7753075 |
| 48         | 47         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000002025 | CPRM    | 1        | 361510 | 7752868 |
| 49         | 48         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000035407 | CPRM    | 1        | 360403 | 7753307 |
| 50         | 49         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000009154 | CPRM    | 1        | 360350 | 7753264 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO  | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1                   | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 51         | 50         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000014476 | CPRM    | 1        | 360559 | 7753152 |
| 52         | 51         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000007122 | CPRM    | 1        | 359699 | 7752985 |
| 53         | 52         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000003638 | CPRM    | 1        | 359477 | 7753305 |
| 54         | 53         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000008405 | CPRM    | 1        | 360788 | 7752757 |
| 55         | 54         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000015219 | CPRM    | 1        | 364411 | 7753348 |
| 56         | 55         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamentos de encosta | CPRM  | 0.00000010212 | CPRM    | 1        | 362082 | 7757840 |
| 57         | 56         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000017148 | CPRM    | 1        | 361938 | 7757635 |
| 58         | 57         | ES | Fundão     | 19/07/2012 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000407859 | CPRM    | 1        | 376076 | 7784808 |
| 59         | 58         | ES | Viana      | 27/11/2011 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000741409 | CPRM    | 1        | 347822 | 7746167 |
| 60         | 59         | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000284756 | CPRM    | 1        | 361790 | 7749755 |
| 61         | 60         | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00003575377 | CPRM    | 1        | 363777 | 7751421 |
| 62         | 61         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000000385 | CPRM    | 1        | 361442 | 7755428 |
| 63         | 62         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000000932 | CPRM    | 1        | 363095 | 7754529 |
| 64         | 63         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000002711 | CPRM    | 1        | 361928 | 7753540 |
| 65         | 64         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000008753 | CPRM    | 1        | 361898 | 7753656 |
| 66         | 65         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000005326 | CPRM    | 1        | 362616 | 7754453 |
| 67         | 66         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000013374 | CPRM    | 1        | 358503 | 7752755 |
| 68         | 67         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Caída                    | CPRM  | 0.00000011518 | CPRM    | 1        | 361576 | 7752693 |
| 69         | 68         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000000477 | CPRM    | 1        | 359941 | 7753123 |
| 70         | 69         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000024095 | CPRM    | 1        | 359259 | 7753590 |
| 71         | 70         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000020714 | CPRM    | 1        | 361960 | 7757451 |
| 72         | 71         | ES | Serra      | 02/04/2013 | Muito Alto | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00003236552 | CPRM    | 1        | 366612 | 7767155 |
| 73         | 72         | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000161518 | CPRM    | 1        | 359967 | 7749641 |
| 74         | 73         | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000117819 | CPRM    | 1        | 361179 | 7750280 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO  | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1                   | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 75         | 74         | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000644239 | CPRM    | 1        | 362881 | 7751334 |
| 76         | 75         | ES | Fundão     | 19/07/2012 |            | Muito Alto | -1         | Caída                    | CPRM  | 0.00000139174 | CPRM    | 1        | 375417 | 7784339 |
| 77         | 76         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamentos de encosta | CPRM  | 0.00000015617 | CPRM    | 2        | 361468 | 7755181 |
| 78         | 77         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000002506 | CPRM    | 2        | 363539 | 7753920 |
| 79         | 78         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000001699 | CPRM    | 1        | 363365 | 7754080 |
| 80         | 79         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000000659 | CPRM    | 1        | 363173 | 7754401 |
| 81         | 80         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000000768 | CPRM    | 1        | 361603 | 7753257 |
| 82         | 81         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000009586 | CPRM    | 1        | 363319 | 7754405 |
| 83         | 82         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000000897 | CPRM    | 1        | 363676 | 7753933 |
| 84         | 83         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000039370 | CPRM    | 1        | 361966 | 7754378 |
| 85         | 84         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000046277 | CPRM    | 1        | 362727 | 7754411 |
| 86         | 85         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000022272 | CPRM    | 1        | 358661 | 7752787 |
| 87         | 86         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000001343 | CPRM    | 1        | 359064 | 7754513 |
| 88         | 87         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000007728 | CPRM    | 1        | 361422 | 7752605 |
| 89         | 88         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000004387 | CPRM    | 2        | 361378 | 7752796 |
| 90         | 89         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000003780 | CPRM    | 1        | 359738 | 7753038 |
| 91         | 90         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000001211 | CPRM    | 1        | 359762 | 7753140 |
| 92         | 91         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000052883 | CPRM    | 1        | 359439 | 7753219 |
| 93         | 92         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000003579 | CPRM    | 1        | 360829 | 7752789 |
| 94         | 93         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000004215 | CPRM    | 1        | 360935 | 7752769 |
| 95         | 94         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000124583 | CPRM    | 1        | 360086 | 7755163 |
| 96         | 95         | ES | Guarapari  | 09/11/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00013306137 | CPRM    | 1        | 331589 | 7714510 |
| 97         | 96         | ES | Fundão     | 19/07/2012 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000386310 | CPRM    | 1        | 352359 | 7787697 |
| 98         | 97         | ES | Guarapari  | 08/11/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000891027 | CPRM    | 1        | 342245 | 7712228 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO  | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1                   | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 99         | 98         | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Caída                    | CPRM  | 0.00000258755 | CPRM    | 1        | 360567 | 7749248 |
| 100        | 99         | ES | Fundão     | 20/07/2012 |            | Alto       | -1         | Deslizamentos de encosta | CPRM  | 0.00000031833 | CPRM    | 1        | 352743 | 7795423 |
| 101        | 100        | ES | Fundão     | 18/07/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamentos de encosta | CPRM  | 0.00001218417 | CPRM    | 1        | 353805 | 7795592 |
| 102        | 101        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000088150 | CPRM    | 1        | 360146 | 7749948 |
| 103        | 102        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000002378 | CPRM    | 1        | 363525 | 7753812 |
| 104        | 103        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000007327 | CPRM    | 1        | 363559 | 7753837 |
| 105        | 104        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000017381 | CPRM    | 1        | 363363 | 7754002 |
| 106        | 105        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000003296 | CPRM    | 1        | 361979 | 7753502 |
| 107        | 106        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000004696 | CPRM    | 1        | 361582 | 7753207 |
| 108        | 107        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000006285 | CPRM    | 1        | 361875 | 7753764 |
| 109        | 108        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000002292 | CPRM    | 1        | 363299 | 7754372 |
| 110        | 109        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000001338 | CPRM    | 2        | 363436 | 7754021 |
| 111        | 110        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000002422 | CPRM    | 1        | 359381 | 7753144 |
| 112        | 111        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000012333 | CPRM    | 1        | 359342 | 7753096 |
| 113        | 112        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000011749 | CPRM    | 1        | 361717 | 7752931 |
| 114        | 113        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000004467 | CPRM    | 1        | 361758 | 7752970 |
| 115        | 114        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000001106 | CPRM    | 1        | 359342 | 7753140 |
| 116        | 115        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamentos de encosta | CPRM  | 0.00000055100 | CPRM    | 1        | 360579 | 7756222 |
| 117        | 116        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000008734 | CPRM    | 1        | 363055 | 7755815 |
| 118        | 117        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamentos de encosta | CPRM  | 0.00000008260 | CPRM    | 2        | 359395 | 7755191 |
| 119        | 118        | ES | Guarapari  | 08/11/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00002019027 | CPRM    | 1        | 341497 | 7713164 |
| 120        | 119        | ES | Guarapari  | 08/11/2012 |            | Alto       | -1         | Deslizamento             | CPRM  | 0.00000673161 | CPRM    | 1        | 342103 | 7713409 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO  | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1       | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 121        | 120        | ES | Fundão     | 19/07/2012 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000139242 | CPRM    | 1        | 377541 | 7784089 |
| 122        | 121        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000190640 | CPRM    | 1        | 361996 | 7750100 |
| 123        | 122        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00001534590 | CPRM    | 1        | 359871 | 7751070 |
| 124        | 123        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000018495 | CPRM    | 1        | 361490 | 7755437 |
| 125        | 124        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000005266 | CPRM    | 1        | 363324 | 7754355 |
| 126        | 125        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000000603 | CPRM    | 1        | 363243 | 7754384 |
| 127        | 126        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000001421 | CPRM    | 1        | 363140 | 7754357 |
| 128        | 127        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000010602 | CPRM    | 1        | 361588 | 7753289 |
| 129        | 128        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000001260 | CPRM    | 1        | 361890 | 7753504 |
| 130        | 129        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000003964 | CPRM    | 1        | 361943 | 7753867 |
| 131        | 130        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000010259 | CPRM    | 1        | 363267 | 7754317 |
| 132        | 131        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000004248 | CPRM    | 1        | 363643 | 7753910 |
| 133        | 132        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000018341 | CPRM    | 1        | 359323 | 7754058 |
| 134        | 133        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000004045 | CPRM    | 1        | 361400 | 7752714 |
| 135        | 134        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         | Deslizamento | CPRM  | 0.00000012551 | CPRM    | 1        | 359555 | 7753449 |
| 136        | 135        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |              | CPRM  | 0.00000001706 | CPRM    | 1        | 359415 | 7753371 |
| 137        | 136        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |              | CPRM  | 0.00000000557 | CPRM    | 1        | 361772 | 7757703 |
| 138        | 137        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |              | CPRM  | 0.00000006887 | CPRM    | 1        | 360902 | 7752716 |
| 139        | 138        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |              | CPRM  | 0.00000004254 | CPRM    | 1        | 363967 | 7752994 |
| 140        | 139        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |              | CPRM  | 0.00000011866 | CPRM    | 1        | 364082 | 7752798 |
| 141        | 140        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |              | CPRM  | 0.00000001897 | CPRM    | 2        | 364509 | 7753370 |
| 142        | 141        | ES | Guarapari  | 09/11/2012 |            | Muito Alto | -1         |              | CPRM  | 0.00001578111 | CPRM    | 1        | 342607 | 7717254 |
| 143        | 142        | ES | Guarapari  | 09/11/2012 |            | Muito Alto | -1         |              | CPRM  | 0.00002027617 | CPRM    | 1        | 341498 | 7715158 |
| 144        | 143        | ES | Viana      | 27/11/2011 |            | Muito Alto | -1         |              | CPRM  | 0.00000542727 | CPRM    | 1        | 345784 | 7745961 |
| 145        | 144        | ES | Serra      | 02/04/2013 | Alto       | Muito Alto | -1         |              | CPRM  | 0.00000039659 | CPRM    | 1        | 372678 | 7761935 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO  | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1 | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|--------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 146        | 145        | ES | Fundão     | 19/07/2012 |            | Muito Alto | -1         |        | CPRM  | 0.00000331001 | CPRM    | 1        | 375888 | 7784472 |
| 147        | 146        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         |        | CPRM  | 0.00000064770 | CPRM    | 1        | 360348 | 7749254 |
| 148        | 147        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |        | CPRM  | 0.00000002251 | CPRM    | 1        | 363544 | 7753785 |
| 149        | 148        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000027952 | CPRM    | 1        | 363653 | 7753760 |
| 150        | 149        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000002284 | CPRM    | 1        | 361854 | 7753936 |
| 151        | 150        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000017465 | CPRM    | 1        | 362101 | 7754171 |
| 152        | 151        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |        | CPRM  | 0.00000046352 | CPRM    | 1        | 362367 | 7754201 |
| 153        | 152        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |        | CPRM  | 0.00000005123 | CPRM    | 1        | 359069 | 7754460 |
| 154        | 153        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000002913 | CPRM    | 1        | 360547 | 7753273 |
| 155        | 154        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000027737 | CPRM    | 1        | 359331 | 7753488 |
| 156        | 155        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000030567 | CPRM    | 1        | 359391 | 7753321 |
| 157        | 156        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000032397 | CPRM    | 1        | 361233 | 7756984 |
| 158        | 157        | ES | Guarapari  | 09/11/2012 |            | Muito Alto | -1         |        | CPRM  | 0.00003375764 | CPRM    | 1        | 345766 | 7718611 |
| 159        | 158        | ES | Fundão     | 19/07/2012 |            | Muito Alto | -1         |        | CPRM  | 0.00000808487 | CPRM    | 1        | 352318 | 7787404 |
| 160        | 159        | ES | Guarapari  | 09/11/2012 |            | Muito Alto | -1         |        | CPRM  | 0.00002100310 | CPRM    | 1        | 341536 | 7717033 |
| 161        | 160        | ES | Fundão     | 20/07/2012 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000404761 | CPRM    | 1        | 352556 | 7795170 |
| 162        | 161        | ES | Serra      | 02/04/2013 | Alto       | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00002861834 | CPRM    | 1        | 363313 | 7775449 |
| 163        | 162        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         |        | CPRM  | 0.00002726104 | CPRM    | 1        | 358847 | 7750427 |
| 164        | 163        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         |        | CPRM  | 0.00002688779 | CPRM    | 1        | 359364 | 7750792 |
| 165        | 164        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |        | CPRM  | 0.00000003996 | CPRM    | 1        | 361464 | 7755107 |
| 166        | 165        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000020470 | CPRM    | 1        | 361421 | 7755126 |
| 167        | 166        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |        | CPRM  | 0.00000004116 | CPRM    | 1        | 363440 | 7754136 |
| 168        | 167        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |        | CPRM  | 0.00000001220 | CPRM    | 1        | 363167 | 7754366 |
| 169        | 168        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |        | CPRM  | 0.00000027832 | CPRM    | 1        | 359180 | 7753954 |
| 170        | 169        | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         |        | CPRM  | 0.00000006373 | CPRM    | 1        | 361432 | 7752657 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 171        | 170        | ES | Vitória   | 01/09/2007 |            | Médio      | -1         |                      | CPRM  | 0.00000001815 | CPRM    | 1        | 361372 | 7752674 |
| 172        | 171        | ES | Vitória   | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |                      | CPRM  | 0.00000005051 | CPRM    | 1        | 361502 | 7753065 |
| 173        | 172        | ES | Vitória   | 01/09/2007 |            | Muito Alto | -1         |                      | CPRM  | 0.00000014599 | CPRM    | 1        | 361475 | 7752863 |
| 174        | 173        | ES | Vitória   | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |                      | CPRM  | 0.00000000315 | CPRM    | 1        | 361754 | 7757313 |
| 175        | 174        | ES | Vitória   | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |                      | CPRM  | 0.00000012982 | CPRM    | 1        | 360796 | 7756665 |
| 176        | 175        | ES | Vitória   | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |                      | CPRM  | 0.00000010794 | CPRM    | 1        | 364411 | 7753423 |
| 177        | 176        | ES | Vitória   | 01/09/2007 |            | Alto       | -1         |                      | CPRM  | 0.00000001497 | CPRM    | 1        | 361959 | 7757694 |
| 178        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 1          | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000096485 | IDOM    | 1        | 346417 | 7754254 |
| 179        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 3          | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000161992 | IDOM    | 1        | 355021 | 7817146 |
| 180        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 4          | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000228856 | IDOM    | 1        | 354197 | 7817034 |
| 181        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 5          | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000018615 | IDOM    | 1        | 354439 | 7817225 |
| 182        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 6          | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000025038 | IDOM    | 1        | 354336 | 7817222 |
| 183        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 7          | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000018367 | IDOM    | 1        | 352013 | 7817025 |
| 184        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 8          | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000058393 | IDOM    | 1        | 352111 | 7817043 |
| 185        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 9          | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000120811 | IDOM    | 1        | 348976 | 7816169 |
| 186        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 10         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000111542 | IDOM    | 1        | 346656 | 7815604 |
| 187        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 11         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000138030 | IDOM    | 1        | 348950 | 7802932 |
| 188        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 14         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000182966 | IDOM    | 1        | 345983 | 7799863 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 189        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 15         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000023136 | IDOM    | 1        | 355349 | 7797426 |
| 190        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 16         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000015861 | IDOM    | 1        | 355261 | 7797413 |
| 191        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 17         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000382783 | IDOM    | 1        | 356191 | 7798125 |
| 192        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 18         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000787418 | IDOM    | 1        | 349604 | 7795184 |
| 193        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 19         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000211321 | IDOM    | 1        | 349740 | 7795288 |
| 194        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 20         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000193730 | IDOM    | 1        | 350855 | 7795008 |
| 195        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 21         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000058497 | IDOM    | 1        | 353763 | 7793240 |
| 196        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 22         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000621168 | IDOM    | 1        | 352547 | 7790826 |
| 197        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 23         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000214568 | IDOM    | 1        | 350778 | 7788208 |
| 198        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 24         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000408056 | IDOM    | 1        | 357221 | 7786825 |
| 199        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 25         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000246729 | IDOM    | 1        | 356678 | 7787407 |
| 200        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 26         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000378767 | IDOM    | 1        | 373236 | 7785236 |
| 201        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 27         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000042557 | IDOM    | 1        | 353700 | 7783108 |
| 202        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 28         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000349679 | IDOM    | 1        | 356776 | 7785134 |
| 203        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 29         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000176771 | IDOM    | 1        | 359776 | 7785884 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 204        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 30         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000057503 | IDOM    | 1        | 355666 | 7776259 |
| 205        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 31         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000201702 | IDOM    | 1        | 355879 | 7776378 |
| 206        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 32         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000035427 | IDOM    | 1        | 360626 | 7776534 |
| 207        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 33         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000256300 | IDOM    | 1        | 359901 | 7776252 |
| 208        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 34         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000447425 | IDOM    | 1        | 366673 | 7766163 |
| 209        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 36         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000021836 | IDOM    | 1        | 350866 | 7776095 |
| 210        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 37         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000147448 | IDOM    | 1        | 353888 | 7775345 |
| 211        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 38         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000126533 | IDOM    | 1        | 365357 | 7766149 |
| 212        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 40         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000095959 | IDOM    | 1        | 341982 | 7761751 |
| 213        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 41         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000001676 | IDOM    | 1        | 361500 | 7756884 |
| 214        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 42         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000074350 | IDOM    | 1        | 362330 | 7756192 |
| 215        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 43         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000268385 | IDOM    | 1        | 357794 | 7755747 |
| 216        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 44         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000271509 | IDOM    | 1        | 347153 | 7753700 |
| 217        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 45         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000082191 | IDOM    | 1        | 346756 | 7753534 |
| 218        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 46         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000064655 | IDOM    | 1        | 346494 | 7753574 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 219        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 47         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000053940 | IDOM    | 1        | 343167 | 7753004 |
| 220        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 48         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000015556 | IDOM    | 1        | 343000 | 7752912 |
| 221        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 49         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000149531 | IDOM    | 1        | 343265 | 7753139 |
| 222        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 50         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000034766 | IDOM    | 1        | 344808 | 7752434 |
| 223        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 51         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000016728 | IDOM    | 1        | 361372 | 7752876 |
| 224        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 52         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000020856 | IDOM    | 1        | 361417 | 7752539 |
| 225        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 53         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000010173 | IDOM    | 1        | 361407 | 7752648 |
| 226        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 54         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000350253 | IDOM    | 1        | 344426 | 7752421 |
| 227        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 55         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000137042 | IDOM    | 1        | 344888 | 7752416 |
| 228        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 56         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000002650 | IDOM    | 1        | 364549 | 7751197 |
| 229        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 57         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000002529 | IDOM    | 1        | 361691 | 7750505 |
| 230        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 58         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000003024 | IDOM    | 1        | 361631 | 7750467 |
| 231        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 59         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000001425 | IDOM    | 1        | 361648 | 7750476 |
| 232        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 60         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000044035 | IDOM    | 1        | 359611 | 7750966 |
| 233        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 61         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000044207 | IDOM    | 1        | 342586 | 7750417 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 234        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 62         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000183028 | IDOM    | 1        | 338602 | 7753499 |
| 235        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 63         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000038754 | IDOM    | 1        | 338724 | 7753356 |
| 236        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 64         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000016642 | IDOM    | 1        | 338646 | 7753381 |
| 237        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 65         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000083066 | IDOM    | 1        | 338533 | 7753324 |
| 238        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 66         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000045789 | IDOM    | 1        | 338133 | 7754105 |
| 239        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 67         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000211492 | IDOM    | 1        | 335949 | 7753856 |
| 240        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 68         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000010895 | IDOM    | 1        | 335880 | 7757722 |
| 241        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 69         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000074650 | IDOM    | 1        | 339545 | 7758232 |
| 242        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 70         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000030413 | IDOM    | 1        | 339573 | 7758737 |
| 243        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 71         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000070230 | IDOM    | 1        | 341009 | 7758845 |
| 244        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 72         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000230343 | IDOM    | 1        | 340919 | 7759568 |
| 245        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 73         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000081557 | IDOM    | 1        | 350954 | 7758055 |
| 246        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 74         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000038449 | IDOM    | 1        | 352896 | 7757102 |
| 247        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 75         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000008422 | IDOM    | 1        | 352978 | 7756707 |
| 248        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 76         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000016797 | IDOM    | 1        | 352905 | 7756771 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 249        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 77         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000007001 | IDOM    | 1        | 353068 | 7756662 |
| 250        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 78         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000099712 | IDOM    | 1        | 338319 | 7746946 |
| 251        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 79         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000025569 | IDOM    | 1        | 338498 | 7746863 |
| 252        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 80         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000281042 | IDOM    | 1        | 339874 | 7745486 |
| 253        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 81         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000147561 | IDOM    | 1        | 340160 | 7745387 |
| 254        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 82         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000189054 | IDOM    | 1        | 340620 | 7744860 |
| 255        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 83         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000343942 | IDOM    | 1        | 339838 | 7744265 |
| 256        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 84         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000381546 | IDOM    | 1        | 335754 | 7741828 |
| 257        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 85         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000007139 | IDOM    | 1        | 330288 | 7736713 |
| 258        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 86         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000045336 | IDOM    | 1        | 333488 | 7735237 |
| 259        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 87         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000138915 | IDOM    | 1        | 335614 | 7735660 |
| 260        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 88         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000011888 | IDOM    | 1        | 333938 | 7734645 |
| 261        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 89         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000008797 | IDOM    | 1        | 334986 | 7733894 |
| 262        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 90         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000035679 | IDOM    | 1        | 334672 | 7733345 |
| 263        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 91         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000051148 | IDOM    | 1        | 334775 | 7733342 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 264        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 92         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000124698 | IDOM    | 1        | 334508 | 7733350 |
| 265        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 93         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000128857 | IDOM    | 1        | 334459 | 7732472 |
| 266        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 94         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000038065 | IDOM    | 1        | 334308 | 7732489 |
| 267        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 95         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000056462 | IDOM    | 1        | 334210 | 7732491 |
| 268        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 96         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000062388 | IDOM    | 1        | 334182 | 7732396 |
| 269        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 97         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000064767 | IDOM    | 1        | 334034 | 7732448 |
| 270        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 98         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000172244 | IDOM    | 1        | 333757 | 7732193 |
| 271        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 99         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000095558 | IDOM    | 1        | 333913 | 7732246 |
| 272        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 100        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000275855 | IDOM    | 1        | 335043 | 7731157 |
| 273        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 101        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000060554 | IDOM    | 1        | 335597 | 7730734 |
| 274        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 102        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000237697 | IDOM    | 1        | 336698 | 7729216 |
| 275        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 120        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000250895 | IDOM    | 1        | 333144 | 7709293 |
| 276        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 121        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00006601561 | IDOM    | 1        | 332519 | 7718573 |
| 277        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 122        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000223405 | IDOM    | 1        | 330692 | 7718083 |
| 278        | -1         |    |           | 18991230   |            |            | 123        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000460692 | IDOM    | 1        | 329951 | 7718340 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO  | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 279        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 124        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000851201 | IDOM    | 1        | 329105 | 7717424 |
| 280        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 125        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000149888 | IDOM    | 1        | 329612 | 7718409 |
| 281        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 126        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000290041 | IDOM    | 1        | 329907 | 7721220 |
| 282        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 127        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000278498 | IDOM    | 1        | 329947 | 7721349 |
| 283        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 128        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000224724 | IDOM    | 1        | 329462 | 7722439 |
| 284        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 129        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000061408 | IDOM    | 1        | 329298 | 7722696 |
| 285        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 130        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000160322 | IDOM    | 1        | 331313 | 7725821 |
| 286        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 131        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000351701 | IDOM    | 1        | 329264 | 7727615 |
| 287        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 132        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000959216 | IDOM    | 1        | 328963 | 7734061 |
| 288        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 133        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000284698 | IDOM    | 1        | 328699 | 7734037 |
| 289        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 134        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000271655 | IDOM    | 1        | 329282 | 7735658 |
| 290        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 135        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000020806 | IDOM    | 1        | 329035 | 7735505 |
| 291        | -1         |    |            | 18991230   |            |            | 136        | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000215362 | IDOM    | 1        | 340056 | 7745121 |
| 294        | 87         | ES | Vitória    | 01/09/2007 |            | Alto       | 53         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000002710 | IDOM    | 1        | 361424 | 7752619 |
| 295        | 122        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | 60         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000039570 | IDOM    | 1        | 359666 | 7750967 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1               | Fonte | Shape_Área    | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-------|---------------|---------|----------|--------|---------|
| 296        | 169        | ES | Vitória   | 01/09/2007 |            | Muito Alto | 53         | Deslizamentos ativos | IDOM  | 0.00000002605 | IDOM    | 1        | 361415 | 7752664 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 348716 | 7747022 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 348017 | 7747451 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 346313 | 7800211 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 346073 | 7800852 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 354428 | 7816992 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 340447 | 7816131 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 352372 | 7795521 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 357078 | 7787108 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 362830 | 7786504 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 361047 | 7775263 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 360920 | 7775333 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 356106 | 7775845 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 345720 | 7761521 |
| -1         | 0          |    |           | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos     | IDOM  | 0.00000000000 | IDOM    | 2        | 345678 | 7761496 |

| FID_evento | FID_even_1 | UF | MUNICÍPIO  | DATA_SETOR | GRAU_VULNE | GRAU_RISCO | FID_desliz | Tipo_1           | Fonte | Shape_Área     | Fonte_1 | Tipo_num | x      | y       |
|------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------------|-------|----------------|---------|----------|--------|---------|
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 361545 | 7756817 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 359955 | 7750811 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 359755 | 7750784 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 345471 | 7758964 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 343301 | 7723919 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 334771 | 7716884 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 333184 | 7715190 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas           | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 333327 | 7714980 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 331016 | 7713738 |
| -1         | 0          |    |            | 18991230   |            |            | 0          | Caídas de blocos | IDOM  | 0.000000000000 | IDOM    | 2        | 329967 | 7725058 |
| 23         | 22         | ES | Guarapari  | 09/11/2012 |            | Muito Alto | -1         | Caídas de blocos | CPRM  | 0.00026139837  | IDOM    | 1        | 333047 | 7715687 |
| 123        | 122        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Caídas de blocos | CPRM  | 0.00001534590  | IDOM    | 1        | 359949 | 7750865 |
| 164        | 163        | ES | Vila Velha | 15/01/2012 |            | Muito Alto | -1         | Caídas de blocos | CPRM  | 0.00002688779  | CPRM    | 1        | 359429 | 7750765 |
| 292        | 25         | ES | Serra      | 02/04/2013 | Alto       | Alto       | -1         |                  |       | 0.00000000478  | IDOM    | 1        | 369757 | 7772861 |
| 293        | 26         | ES | Serra      | 02/04/2013 | Alto       | Alto       | -1         |                  |       | 0.00000000478  | IDOM    | 1        | 369757 | 7772861 |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPÉ

## ANEXO Nº 3 PESOS DA ANÁLISE BIVARIANTE DA MUNICIPALIDADE DE VITÓRIA

| Representatividade da clasGeologia     |          |               |            |              |
|--|----------|---------------|------------|--------------|
| CLASSE                                 | DESLIZAM | ÁREA          | Den_Clas   | Lmvi         |
| UNIDADE I SEDIMENTOS FLUVIO-MARINHOS   | NÃO      | 1.039.125.275 | 0.000001   | -841.633.738 |
| UNIDADE II SEDIMENTOS ARENOSOS PRAIAIS | NÃO      | 9.849.065.528 | 0.000001   | -841.633.738 |
| UNIDADE III ATERROS                    | NÃO      | 130.207.623   | 0.00027991 | -278.186.034 |
| UNIDADE III ATERROS                    | SIM      | 0.364569453   |            |              |
| UNIDADE IV AFLORAMENTO ROCHOSO         | NÃO      | 6.888.114.546 | 0.00490729 | 0.08213899   |
| UNIDADE IV AFLORAMENTO ROCHOSO         | SIM      | 3.396.864.364 |            |              |
| UNIDADE V SOLO RESIDUAL                | NÃO      | 9.377.570.282 | 0.00247554 | -0.60212439  |
| UNIDADE V SOLO RESIDUAL                | SIM      | 2.327.214.185 |            |              |
| UNIDADE VI DEPOSITO DE TALUS           | NÃO      | 6.463.147.975 | 0.02904752 | 186.035.112  |
| UNIDADE VI DEPOSITO DE TALUS           | SIM      | 193.354.922   |            |              |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

| Representatividade da classe inclinações |         |               |             |                |
|--|---------|---------------|-------------|----------------|
| Inclinação                               | DESLIZ. | ÁREA          | Den_Clas    | Lmvi           |
| Inclinação 0 - 10                        | NÃO     | 4.137.411.083 | 0.000728019 | -1.826.039.895 |
| Inclinação 0 - 10                        | SIM     | 30.143.069    |             |                |
| Inclinação 10 - 20                       | NÃO     | 5.789.841.492 | 0.009779628 | 0.771690207    |
| Inclinação 10 - 20                       | SIM     | 5.718.171.425 |             |                |
| Inclinação 20 - 30                       | NÃO     | 5.453.725.835 | 0.016451954 | 1.291.832.991  |
| Inclinação 20 - 30                       | SIM     | 912.252.823   |             |                |
| Inclinação 30 - 40                       | NÃO     | 2.394.021.472 | 0.022603731 | 1.609.503.717  |
| Inclinação 30 - 40                       | SIM     | 5.536.528.019 |             |                |
| Inclinação 40 - 50                       | NÃO     | 6.947.073.231 | 0.023626063 | 1.653.739.177  |
| Inclinação 40 - 50                       | SIM     | 1.681.036.149 |             |                |

| Representatividade da classe inclinações |         |               |             |                |
|--|---------|---------------|-------------|----------------|
| Inclinação                               | DESLIZ. | ÁREA          | Den_Clas    | Lmvi           |
| Inclinação 50 - 60                       | NÃO     | 2.117.505.106 | 0.015235598 | 1.215.023.377  |
| Inclinação 50 - 60                       | SIM     | 0.327605835   |             |                |
| Inclinação 60 - 70                       | NÃO     | 5.648.755.147 | 0.004152325 | -0.084942851   |
| Inclinação 60 - 70                       | SIM     | 0.023553268   |             |                |
| Inclinação 70 - 80                       | NÃO     | 1.172.900.364 | 0.000349199 | -2.560.724.497 |
| Inclinação 70 - 80                       | SIM     | 0.000409719   |             |                |
| Inclinação 80 - 90                       | NÃO     | 0.189867794   | 5.27E-06    | -6.754.944.557 |
| Inclinação                               | SIM     | 0.000001      |             |                |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

| Representatividade da clasorientações |         |               |            |                       |
|---------------------------------------|---------|---------------|------------|-----------------------|
| ORIENTAÇÃO                            | DELIZAM | ÁREA          | Den_Clas   | Lmvi                  |
| Orientação E                          | NÃO     | 6.747.159.746 | 0.00737143 | <b>0.489002799</b>    |
| Orientação E                          | SIM     | 4.973.619.173 |            |                       |
| Orientação N                          | NÃO     | 5.986.905.404 | 0.006455   | <b>0.356246055</b>    |
| Orientação N                          | SIM     | 3.864.545.373 |            |                       |
| Orientação NE                         | NÃO     | 5.857.175.248 | 0.00614126 | <b>0.306422104</b>    |
| Orientação NE                         | SIM     | 3.597.045.788 |            |                       |
| Orientação NO                         | NÃO     | 7.239.548.469 | 0.00455077 | <b>0.00668703</b>     |
| Orientação NO                         | SIM     | 3.294.548.755 |            |                       |
| Orientação O                          | NÃO     | 7.510.389.088 | 0.00413057 | <b>-0.090194042</b>   |
| Orientação O                          | SIM     | 3.102.215.625 |            |                       |
| Orientação Plano                      | NÃO     | 4.603.501.334 | 0.00019416 | <b>-3.147.674.517</b> |
| Orientação Plano                      | SIM     | 0.089382175   |            |                       |
| Orientação S                          | NÃO     | 5.844.588.163 | 0.00292494 | <b>-0.435334211</b>   |

| Representatividade da clasorientações |         |               |            |                     |
|---------------------------------------|---------|---------------|------------|---------------------|
| ORIENTAÇÃO                            | DELIZAM | ÁREA          | Den_Clas   | Lmvi                |
| Orientação S                          | SIM     | 1.709.507.409 |            |                     |
| Orientação SE                         | NÃO     | 6.336.962.645 | 0.00384714 | <b>-0.161277234</b> |
| Orientação SE                         | SIM     | 243.792.114   |            |                     |
| Orientação SO                         | NÃO     | 5.862.201.924 | 0.00401787 | <b>-0.117857269</b> |
| Orientação SO                         | SIM     | 2.355.354.768 |            |                     |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

## ANEXO Nº 4 PESOS DA ANÁLISE BIVARIANTE DA REGIÃO DE GRANDE VITÓRIA (MICRORREGIÃO)

| CL                                     | DELIZAM | Área        | Den_Clas   | Lmvi         |
|--|---------|-------------|------------|--------------|
| UNIDADE I SEDIMENTOS FLUVIO-MARINHOS   | NÃO     | 103.912.527 | 0.000001   | -841.633.738 |
| UNIDADE II SEDIMENTOS ARENOSOS PRAIAIS | NÃO     | 984.906.553 | 0.000001   | -841.633.738 |
| UNIDADE III ATERROS                    | NÃO     | 130.207.623 | 0.00027991 | -278.186.034 |
| UNIDADE III ATERROS                    | SIM     | 0.36456945  |            |              |
| UNIDADE IV AFLORAMENTO ROCHOSO         | NÃO     | 688.811.455 | 0.00490729 | 0.08213899   |
| UNIDADE IV AFLORAMENTO ROCHOSO         | SIM     | 339.686.436 |            |              |
| UNIDADE V SOLO RESIDUAL                | NÃO     | 937.757.028 | 0.00247554 | -0.60212439  |
| UNIDADE V SOLO RESIDUAL                | SIM     | 232.721.419 |            |              |
| UNIDADE VI DEPOSITO DE TALUS           | NÃO     | 646.314.797 | 0.02904752 | 186.035.112  |
| UNIDADE VI DEPOSITO DE TALUS           | SIM     | 193.354.922 |            |              |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

| Inclinação         | Desliz | Área          | Den_Clas    | Lmvi           |
|--------------------|--------|---------------|-------------|----------------|
| Inclinação 0 - 10  | NÃO    | 4.137.411.083 | 0.000728019 | -1.826.039.895 |
| Inclinação 0 - 10  | SIM    | 30.143.069    |             |                |
| Inclinação 10 - 20 | NÃO    | 5.789.841.492 | 0.009779628 | 0.771690207    |
| Inclinação 10 - 20 | SIM    | 5.718.171.425 |             |                |
| Inclinação 20 - 30 | NÃO    | 5.453.725.835 | 0.016451954 | 1.291.832.991  |
| Inclinação 20 - 30 | SIM    | 912.252.823   |             |                |
| Inclinação 30 - 40 | NÃO    | 2.394.021.472 | 0.022603731 | 1.609.503.717  |
| Inclinação 30 - 40 | SIM    | 5.536.528.019 |             |                |
| Inclinação 40 - 50 | NÃO    | 6.947.073.231 | 0.023626063 | 1.653.739.177  |
| Inclinação 40 - 50 | SIM    | 1.681.036.149 |             |                |
| Inclinação 50 - 60 | NÃO    | 2.117.505.106 | 0.015235598 | 1.215.023.377  |

| Inclinação         | Desliz        | Área          | Den_Clas    | Lmvi           |
|--------------------|---------------|---------------|-------------|----------------|
| Inclinação 50 - 60 | SIM           | 0.327605835   |             |                |
| Inclinação 60 - 70 | NÃO           | 5.648.755.147 | 0.004152325 | -0.084942851   |
| Inclinação 60 - 70 | SIM           | 0.023553268   |             |                |
| Inclinação 70 - 80 | NÃO           | 1.172.900.364 | 0.000349199 | -2.560.724.497 |
| Inclinação 70 - 80 | SIM           | 0.000409719   |             |                |
| Inclinação 80 - 90 | NÃO           | 0.189867794   | 5,27E-01    | -6.754.944.557 |
| Inclinação         | SIM           | 0.000001      |             |                |
| Sup deslizamentos  | 2.542.414.055 |               |             |                |
| Sup total          | 562.425.141   |               |             |                |
| Denmap             | 0.004520449   |               |             |                |

Fonte: Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

## ANEXO Nº 5 FOLHAS DE CÁLCULO DA ANÁLISE DE CUSTO/BENEFÍCIO

## ESTUDO 2: VULNERABILIDADE E RISCOS NATURAIS



| ESTIMATIVA DE CUSTO/BENEFÍCIO: VITÓRIA (BRASIL)                                |                                  |                                    |                            |   |                     |                |                  |
|--|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|---|---------------------|----------------|------------------|
| Cenário: Rio Santa Maria, análise básica com horizonte temporal do ano de 2050 |                                  |                                    |                            |   |                     |                |                  |
| Custos de Investimento (R - Muro de proteção (1 m))                            |                                  | 1.500.000                          |                            |   |                     |                |                  |
| <b>Total</b>   |                                  | <b>1.500.000</b>                   |                            |   |                     |                |                  |
| Custo Investimento   |                                  | Inv. anual (2 anos)                |                            |   |                     |                |                  |
| 1.500.000  |                                  | 750.000                            |                            |   |                     |                |                  |
| ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO   |                                  |                                    | Cenário redução inundações | Valor Atual Líquido (VAN) con taxa de descuento del 12% | TIR                 |                |                  |
| Cenário Clima Actual   | Custos: Inversión total estimado | Beneficios: Reducción anual riesgo | Clima Actual               | 4.727.641 €   | 49%                 |                |                  |
| Clima Actual   | 1.500.000                        | 922.000                            |                            |   |                     |                |                  |
| Flood Mitigation Scenario I  |                                  |                                    |                            |   |                     |                |                  |
| Ano  | Ano contável                     | Redução Risco (IPC 0%)             | Investimento               | Manutenção (IPC 0%)                                     | Benefício acumulado | VAN (12%)      | Taxa de desconto |
| 2015   | 1                                | 0                                  | 750.000                    | 0   | -750.000,0          | 4.727.641,59 € | 12%              |
| 2016   | 2                                | 0                                  | 750.000                    | 0   | -750.000,0          | TIR            | 49,31%           |
| 2017   | 3                                | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2018   | 4                                | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2019   | 5                                | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2020   | 6                                | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2021   | 7                                | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2022   | 8                                | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2023   | 9                                | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2024   | 10                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2025   | 11                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2026   | 12                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2027   | 13                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2028   | 14                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2029   | 15                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2030   | 16                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2031   | 17                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2032   | 18                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2033   | 19                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2034   | 20                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2035   | 21                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2036   | 22                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2037   | 23                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2028   | 24                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2029   | 25                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2040   | 26                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2041   | 27                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2042   | 28                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2043   | 29                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2044   | 30                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2045   | 31                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2046   | 32                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2047   | 33                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2048   | 34                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2049   | 35                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| 2050   | 36                               | 922.000                            | 0                          | 0   | 922.000,0           |                |                  |
| Suma   |                                  | 31.348.000                         | 1.500.000                  | 0   | 29.848.000          |                |                  |
|  |                                  | Benefícios                         | Custos Inv.                | Manutenção  | Benefícios Acum.    |                |                  |

| ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO: VITÓRIA (BRASIL)  |                         |                                    |                                  |   |                       |             |                   |
|---|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|-----------------------|-------------|-------------------|
| Cenário: Rio Santa Maria, análise mais realista com horizonte temporal do ano de 2050 |                         |                                    |                                  |   |                       |             |                   |
| Costes de Inversión (RS):   |                         | - Muro de protección (1 m)         |                                  | 1.500.000   |                       |             |                   |
| <b>Total</b>  |                         | <b>1.500.000</b>                   |                                  |   |                       |             |                   |
| Coste Inversión:  |                         | Inv anual (2 años)                 |                                  |   |                       |             |                   |
| 1.500.000   |                         | 750.000                            |                                  |   |                       |             |                   |
| ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO  |                         |                                    | Escenario reducción inundaciones | Valor Actual Neto (VAN) con tasa de descuento del 12% | TIR                   |             |                   |
| Escenario Clima Actual  | Costes: Inversión total | Beneficios: Reducción anual riesgo | Clima Actual                     | 32.934,37 €   | 12%                   |             |                   |
| Clima Actual  | 1.500.000               | 200.000                            |                                  |   |                       |             |                   |
| Flood Mitigation Scenario I   |                         |                                    |                                  |   |                       |             |                   |
| Año   | Año                     | Reducción Riesgo (IPC 0%)          | Inversión                        | Mantenimiento (IPC 0%)                                | Beneficios acumulados | VAN (12%)   | Taxa de descuento |
| 2015  | 1                       | 0                                  | 750.000                          | 0   | -750.000,0            | 32.934,37 € | 12%               |
| 2016  | 2                       | 0                                  | 750.000                          | 0   | -750.000,0            | TIR         | 12,32%            |
| 2017  | 3                       | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2018  | 4                       | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2019  | 5                       | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2020  | 6                       | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2021  | 7                       | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2022  | 8                       | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2023  | 9                       | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2024  | 10                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2025  | 11                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2026  | 12                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2027  | 13                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2028  | 14                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2029  | 15                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2030  | 16                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2031  | 17                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2032  | 18                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2033  | 19                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2034  | 20                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2035  | 21                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2036  | 22                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2037  | 23                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2028  | 24                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2029  | 25                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2040  | 26                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2041  | 27                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2042  | 28                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2043  | 29                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2044  | 30                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2045  | 31                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2046  | 32                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2047  | 33                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2048  | 34                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2049  | 35                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| 2050  | 36                      | 200.000                            | 0                                | 0   | 200.000,0             |             |                   |
| Suma  |                         | 6.800.000                          | 1.500.000                        | 0   | 5.300.000             |             |                   |
|   |                         | Benefícios                         | Costes Inv.                      | Mantenimiento   | Benefícios Acum.      |             |                   |

