

**Cartografia digital e geoprocessamento na elaboração de cartas geotécnicas**

**Priscilla Moreira Argentini**

*Palestra on-line apresentada na UFRN, disciplina GEO0554-  
Geologia Ambiental II no Departamento de  
Geologia,30/10/2020,*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

# **Cartografia digital e geoprocessamento na elaboração de cartas geotécnicas**

**30 de Outubro de 2020**



# CARTOGRAFIA DIGITAL

- **Cartografia:** representar graficamente a superfície terrestre → MAPA
  - **Cartografia Digital:** produzir mapas utilizando as tecnologias eletrônicas
- 
- **Geoprocessamento:** processamento informatizado de dados georreferenciados.



# CARTOGRAFIA DIGITAL

- **Sistema de Informação Geográfica (SIG ou GIS - *Geographic Information System*)** é um sistema de hardware, software, informação espacial, procedimentos computacionais e recursos humanos que permite e facilita a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem.



# SOFTWARES DE SIG

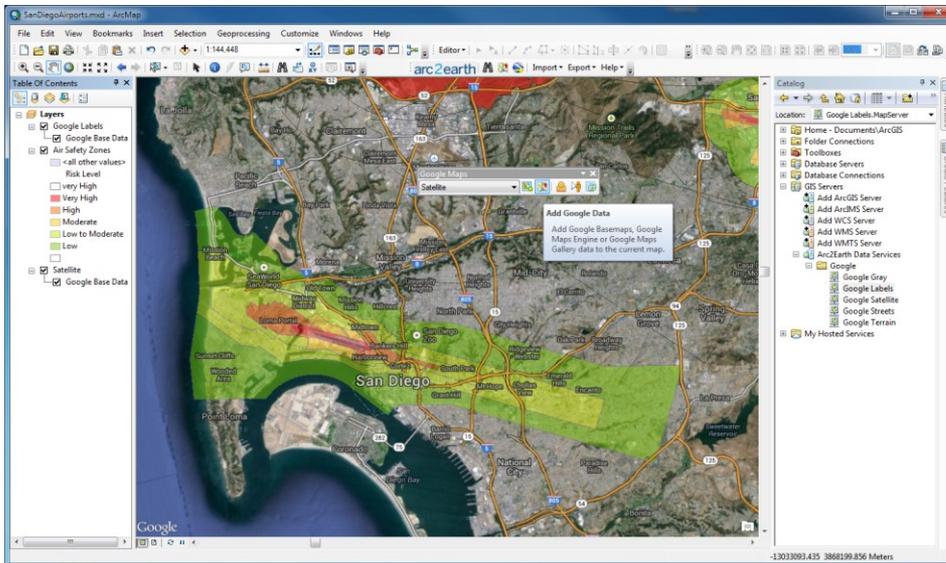
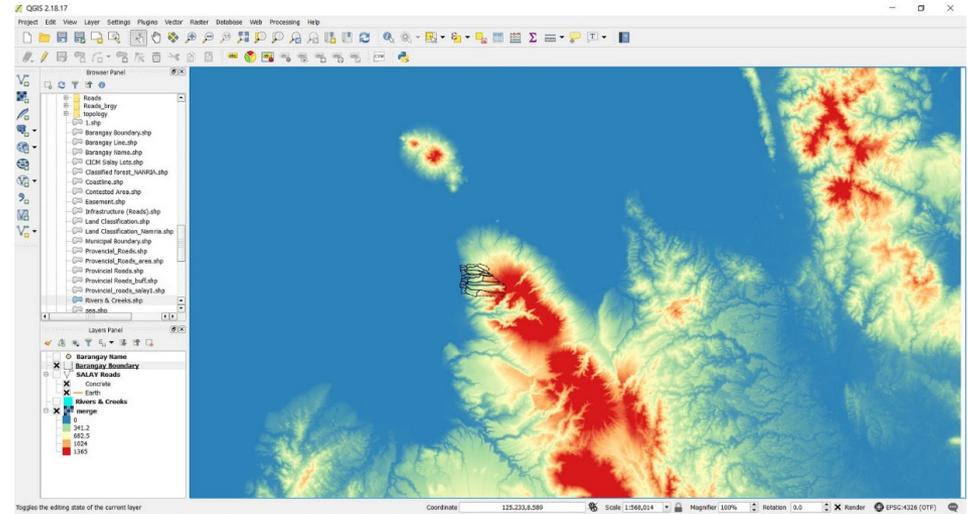
Os softwares mais utilizados são:

- ArcGIS (pago)
- QGIS (grátis)

Dica de livro:

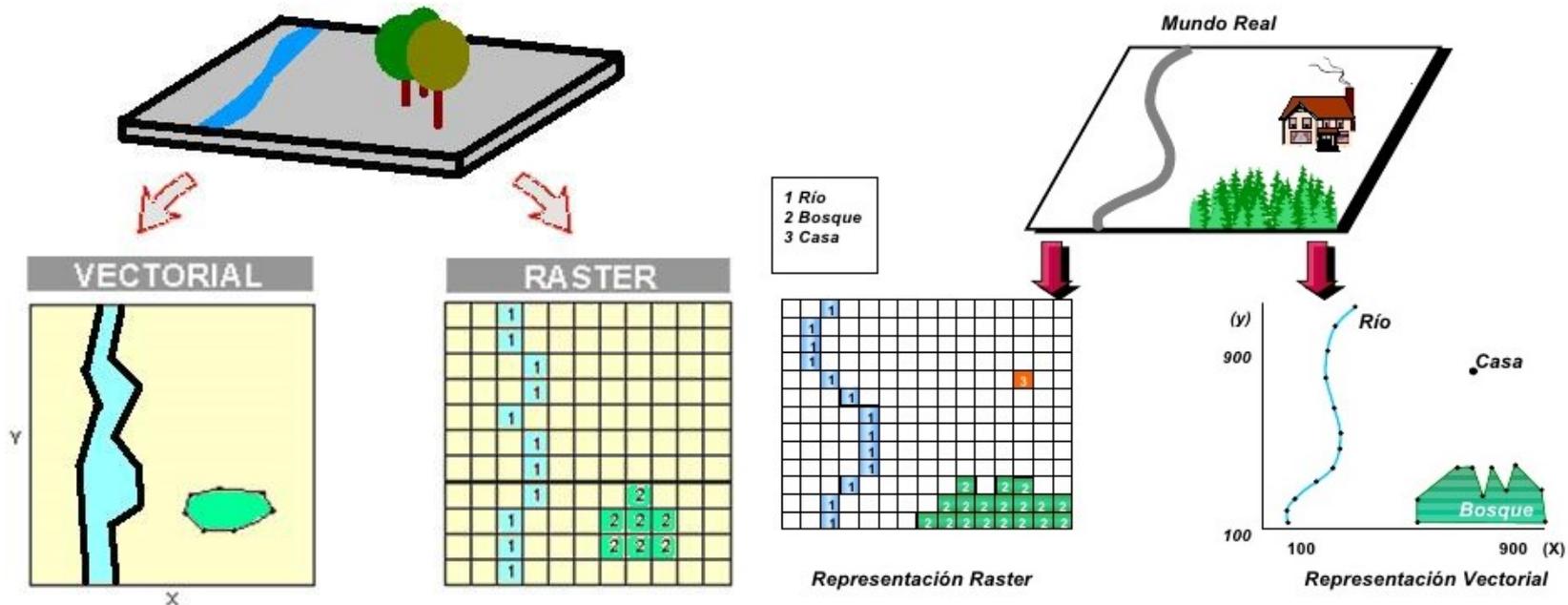
- E-book Explorando o QGIS 3.x

<http://www.clickgeo.com.br/download-gratuito-livro-explorando-qgis/?d=87792700>



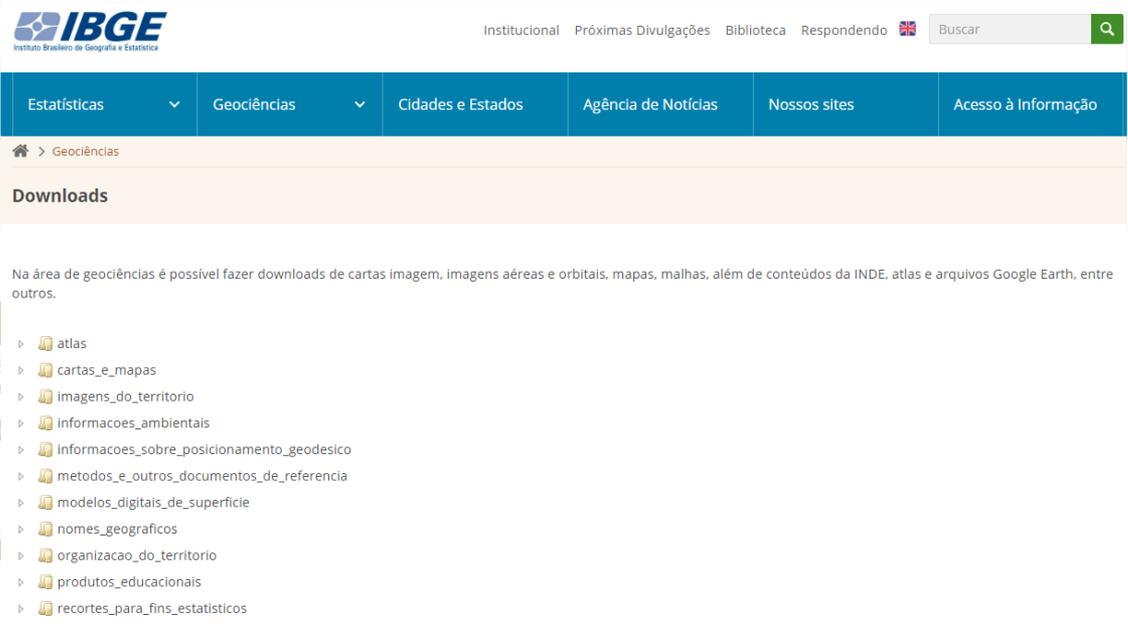
# TIPOS DE DADOS GEOGRÁFICOS

- **Raster (ou matricial):** uma grade formada por pixels. Cada pixel tem um valor e localização.
- **Vetor:** pontos, linhas ou polígonos. Podem ter vários atributos, além da localização.



# ALGUMAS FONTES DE DADOS

- IBGE ([https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm))
- DataGeo (<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>)



The screenshot shows the IBGE website interface. At the top, there is a navigation bar with the IBGE logo and the text 'Institucional Próximas Divulgações Biblioteca Respondendo' followed by a search box labeled 'Buscar'. Below this is a main menu with tabs for 'Estatísticas', 'Geociências', 'Cidades e Estados', 'Agência de Notícias', 'Nossos sites', and 'Acesso à Informação'. The 'Geociências' tab is selected, and the page title is 'Downloads'. A sub-header reads 'Na área de geociências é possível fazer downloads de cartas imagem, imagens aéreas e orbitais, mapas, malhas, além de conteúdos da INDE, atlas e arquivos Google Earth, entre outros.' Below this is a list of download categories with expandable arrows: atlas, cartas\_e\_mapas, imagens\_do\_territorio, informacoes\_ambientais, informacoes\_sobre\_posicionamento\_geodesico, metodos\_e\_outros\_documentos\_de\_referencia, modelos\_digitais\_de\_superficie, nomes\_geograficos, organizacao\_do\_territorio, produtos\_educacionais, and recortes\_para\_fins\_estatisticos. At the bottom of this section is a small map viewer interface.



The screenshot shows the DataGeo website interface. At the top, there is a navigation bar with the DataGeo logo and the text 'Sistema Ambiental Paulista'. Below this is a main menu with tabs for 'Início', 'Plug-ins', 'Temas', 'Glossário', 'Contato', 'Sobre', 'FAQ', and 'Tutoriais'. The page title is 'Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do E Base Territorial Ambiental Unil'. Below this is a section titled 'Visualização por Assunto' with logos for IGC, NASCENTES, RQA, FIS, LICENÇA AMBIENTAL, IPT, and SICAR-SP. Below this is a section titled 'Temas Mais Pesquisados' with a word cloud of terms related to environmental data and management. At the bottom of this section is a section titled 'Últimos Metadados Atualizados' with a list of updates. At the bottom of the page is a section titled 'Notícias SMA-SP' with a list of news items.

# OBRIGATORIEDADE DE ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS

- **Referência atual** na [Lei Federal nº 12.608/12](#) (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC)
- Uso da Carta Geotécnica com **exigências em legislação** federal/ estadual/ municipal de perspectivas básicas na defesa civil, planejamento e meio ambiente **incorporadas por diversas legislações**, destacando-se o seu **vínculo ao PDM**, evidenciando-se as Leis federais:
  - [Lei Federal nº 10.257](#) (**Estatuto da Cidade**) – municípios que pretendam *ampliar o seu perímetro urbano com identificação e o mapeamento de áreas de risco* contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos
  - [Lei Federal nº 6.766](#) (**Lei Lehmann**) – dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano mediante loteamento ou desmembramento e infraestrutura básica: *equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação*
  - [Lei Federal nº 12.651](#) (**Código Florestal**) – dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, cujos aspectos bioambientais devem *considerar as condições geotécnicas* para o devido cumprimento de seu objetivo



# Tipos de cartas geotécnicas requeridas pela legislação

O texto da PNPDEC tem seu ponto de vista relacionado à obrigatoriedade em **três solicitações de mapeamento**, cuja interpretação estabelece:

Mapeamentos solicitados	Denominação cartográfica
- <b>Áreas suscetíveis</b> à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (em vários Artigos dessa Lei)	Cartas Geotécnicas de Suscetibilidade (CGS)
- Estudos promovendo a Identificação e avaliação de riscos de desastres, de modo a evitar ou reduzir sua ocorrência, incorporando as ações de proteção e defesa civil entre os elementos da gestão territorial e do planejamento das políticas setoriais (Art. 5º). A incerteza quanto a sua ocorrência não constituirá óbice para a adoção das medidas preventivas e mitigadoras da situação de risco (Art. 2º)	Cartas Geotécnicas de Risco (CGR)
- Elaborar carta geotécnica de aptidão à urbanização, estabelecendo diretrizes urbanísticas voltadas para a segurança dos novos parcelamentos do solo e para o aproveitamento de agregados para a construção civil (Art. 22/ 3ºA)	Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização (CGAU)



# TIPOS DE CARTAS GEOTÉCNICAS

**Cartas de suscetibilidade**



**ESCALA > 1:25.000**

Estudos regionais /  
Ordenamento territorial



**Cartas de aptidão à urbanização**



**ESCALA > 1:10.000**

Planejamento urbano /  
Planos diretores



**Cartas de risco**



**ESCALA > 1:2.000**

Planejamento urbano /  
Prevenção e emergência



# UTILIZAÇÃO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS NA PREVENÇÃO DE DESASTRES E NO PLANEJAMENTO E GESTÃO MUNICIPAL

## Cartas de suscetibilidade



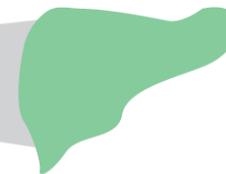
Abrange a área total do município, incluindo zonas urbanas e rurais, bem como eventuais áreas de unidades de conservação da natureza incidentes no território.

## Cartas de aptidão à urbanização



Abrange áreas desocupadas ou com urbanização incipiente situadas dentro do perímetro urbano legal dos municípios, bem como no domínio da zona de expansão urbana prevista no Plano Diretor municipal, incluindo recomendações para o parcelamento do solo.

## Cartas de risco



Abrange as áreas urbanizadas do município, como os distritos, bairros ou setores residenciais em que se verifica alta incidência de assentamentos precários.



# TIPOS DE CARTAS GEOTÉCNICAS

## Suscetibilidade

- ❑ Escala de menor detalhe (1:25.000 ou 1:50.000);
- ❑ Abrange todo o município;
- ❑ Suscetibilidade a Inundação, Movimentos gravitacionais de massa, Corridas e enxurradas.

## Aptidão à Urbanização

- ❑ Escala com mais detalhe (1:10.000);
- ❑ Área de expansão urbana do municípios;
- ❑ Foco no planejamento e expansão urbana.

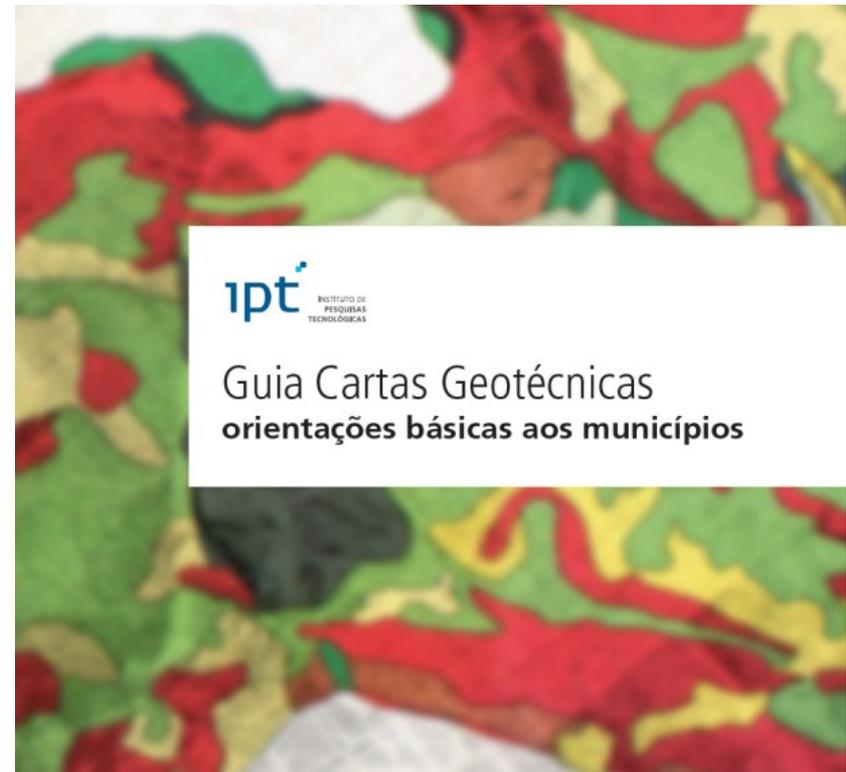
## Risco

- ❑ Escala de maior detalhe (1:1.000 ou 1:2.000);
- ❑ Áreas restritas e com ocupação;
- ❑ Foco no problema (deslizamento / inundação / etc.).

- Todas podem ser feitas com cartografia digital.
- Diferentes dados podem ser utilizados, de acordo com as características do município.
- Importante ter **dados confiáveis** e com **escalas coerentes** com a carta que será produzida!



# Fundamentos e métodos



[www.ipt.br](http://www.ipt.br)

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)



# Referências básicas no campo das geociências



Fell et al. (2008) - JTC 1



Macedo e Bressani (2013)



Julião et al. (2009)

# Síntese de termos utilizados

- **Evento**: acontecimento, caso, circunstância ou episódio relacionado à ocorrência de um fenômeno/processo em determinado local e/ou data.
- **Suscetibilidade**: propensão/predisposição ao desenvolvimento de um determinado fenômeno ou processo em uma dada área;
- **Ameaça**: fenômeno ou processo cuja dinâmica pode gerar consequências negativas (perdas e danos) em relação a elementos expostos (pessoas, bens);
- **Vulnerabilidade**: grau de perdas e danos associados aos elementos expostos (0 a 1); quanto maior o grau, maior a vulnerabilidade;
- **Severidade**: capacidade de um evento para a geração de perdas e danos; magnitude do evento;
- **Perigo**: condição com potencial para a geração de perdas e danos num dado período de tempo; periculosidade ou perigosidade;
- **Risco**: uma medida da ameaça e das consequências (financeiras, bens, vidas) que esta poderá causar num dado intervalo de tempo;
- **Desastre natural**: ruptura da dinâmica socioeconômica decorrente de evento associado a fenômeno ou processo natural; e
- **Resiliência**: capacidade da comunidade exposta ao perigo e ao risco em se preparar e recuperar-se das consequências de um desastre natural.

# Quais os processos a considerar?

“ Criação de cadastro nacional de municípios com **áreas suscetíveis** à ocorrência de **deslizamentos** de grande impacto, **inundações** bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos ”

(PNPDEC – Art. 6º)

**Foco em processos de grande impacto,  
mas também em outros correlatos.**



# Processos considerados

## I- Movimentos gravitacionais de massa

**Deslizamento**  
(*landslide*)



**Rastejo**  
(*creep*)



**Queda de rocha**  
(*rock fall*)



**Corrida de massa**  
(*debris flow*)



# Processos considerados

## II- Processos hidrológicos

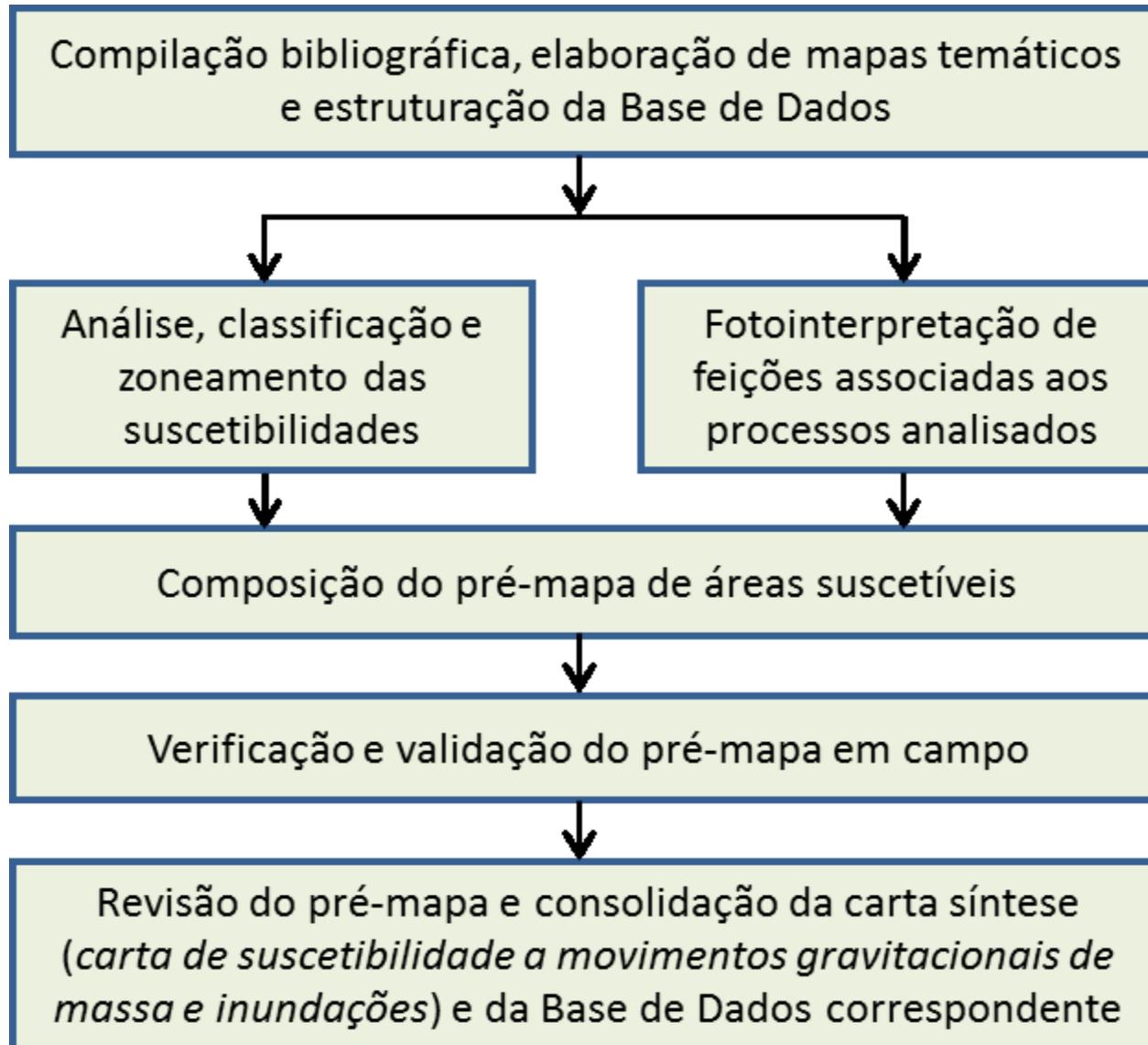
**Inundação** (*river flooding, coastal flooding*)



**Enxurrada** (*flash flood*)



# Etapas de trabalho



# CARTAS DE SUSCETIBILIDADE

Materiais básicos:

- **MDT**

*MDT – Modelo Digital de Terreno, desconsidera a vegetação e construções*

*MDS/MDE – Modelo Digital de Superfície / Elevação, considera vegetação e construções*

- **Ortofotos ou imagens de satélite**

Materiais auxiliares:

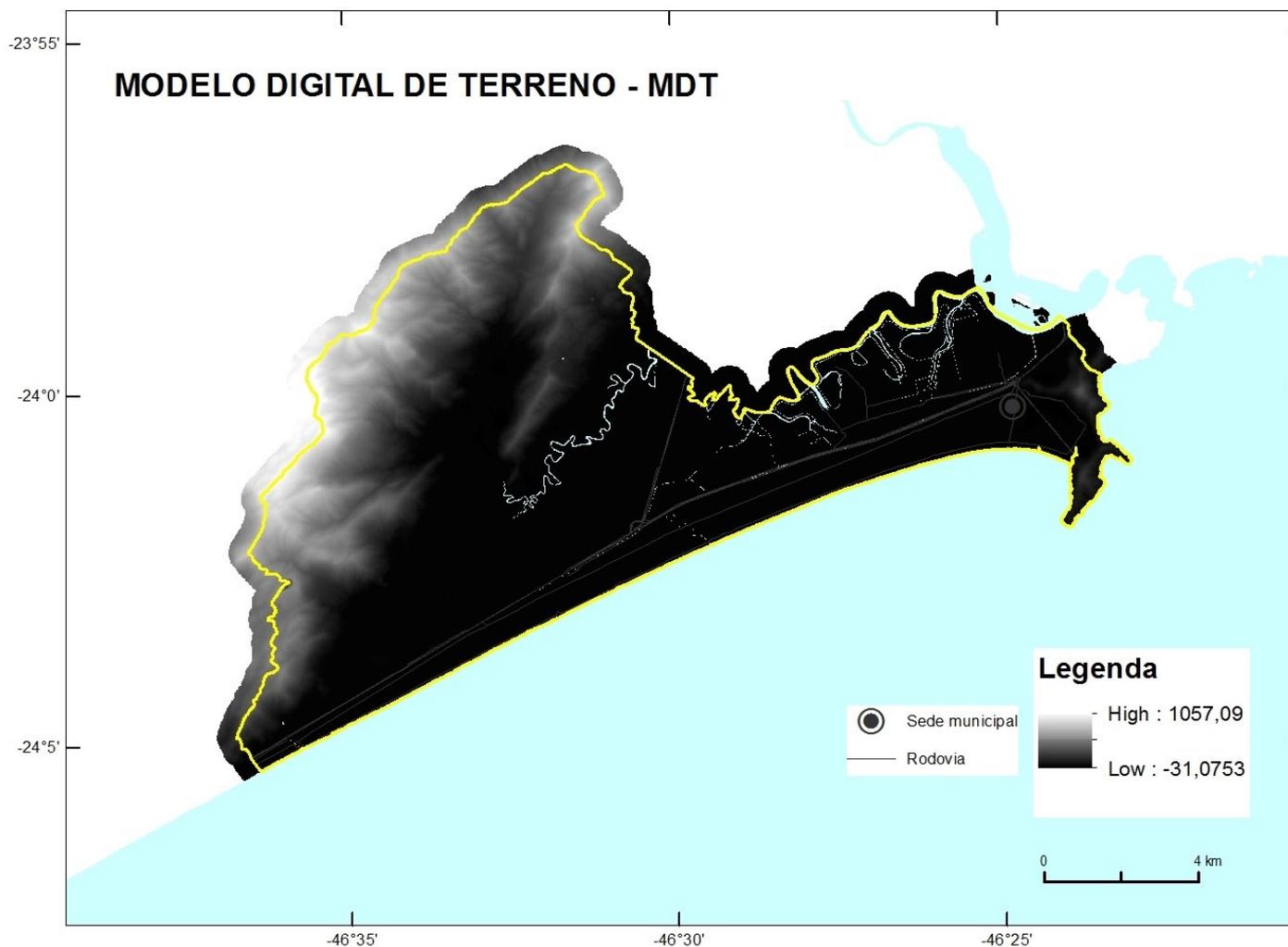
- Hidrografia;
- Limites;
- Geologia, etc.

**Processo detalhado na Nota Técnica Explicativa:**

[http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16588/NT-Carta\\_Suscetibilidade.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16588/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf?sequence=1)



# MODELO DIGITAL DE TERRENO - MDT



Elaborado a partir das curvas de nível e pontos cotados.

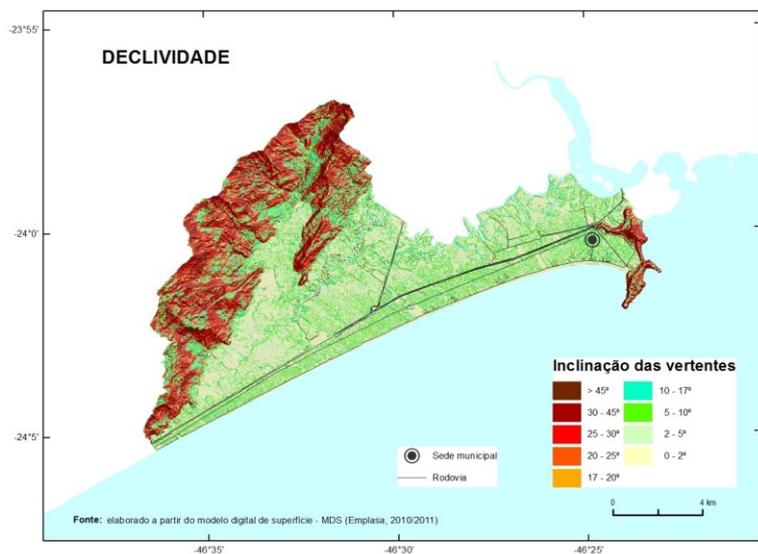
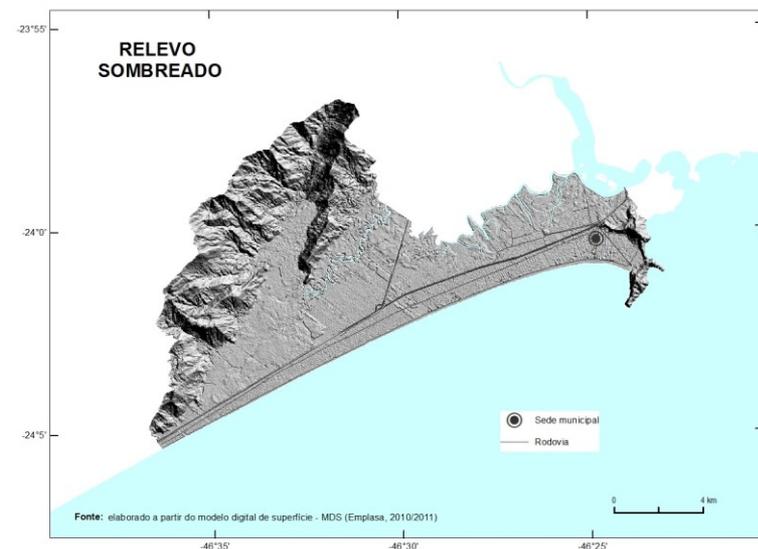
# ORTOFOTOS OU IMAGENS DE SATÉLITE



# CARTAS DE SUSCETIBILIDADE

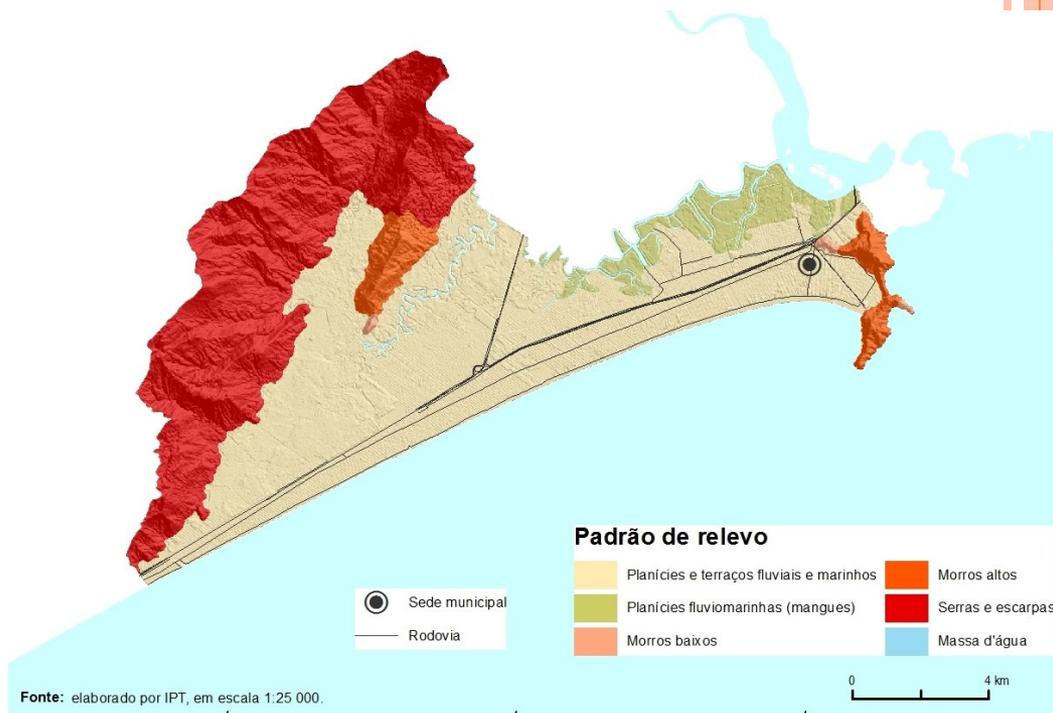
Produtos que geramos, que são utilizados na produção das suscetibilidades:

- Relevo Sombreado (a partir do MDT);
- Declividade (a partir do MDT);
- Padrões de relevo (fotointerpretação);
- Feições (fotointerpretação);
- Lineamentos (fotointerpretação); e
- Áreas urbanizadas (fotointerpretação).



# PADRÕES DE RELEVO

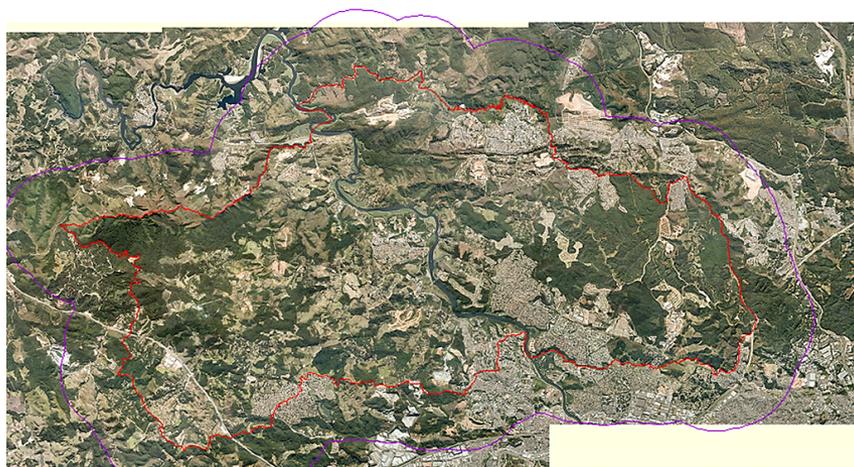
Padrão de relevo	Amplitude predominante (m)	Declividade predominante	
		(Graus)	(%)
Planícies e terraços fluviais	< 20	< 5	< 8
Planícies e terraços fluviais e marinhos	< 20	< 5	< 8
Planícies fluviomarinhas (mangues)	< 5	< 2	< 5
Campos de dunas	< 40	< 5	< 8
Tabuleiros costeiros	40 a 70	< 11,3	< 20
Colinas	40 a 70	< 11,3	< 20
Morrotos baixos	40 a 50	> 16,7	> 30
Morrotos	60 a 90	11,3	20
Morros baixos	90 a 110	16,7	30
Morrotos altos	60 a 90	16,7 a 21,8	30 a 40
Morros altos	140 a 200	> 16,7	> 30
Serras	> 300	> 16,7	> 30
Escarpas	100	31	60



Fotointerpretação, utilizando como base:

- Relevo sombreado;
- Amplitude;
- Declividade;
- Hidrografia;
- Curvas de nível; e
- Ortofotos / imagens de satélite.

# Fotointerpretação de feições associadas aos processos analisados



**Figura 22** - Cena de visualização em escala variável, entre 1:150.000 e 1:100.000, sobre mosaico regional, para reconhecimento geral dos padrões morfoestruturais presentes na área analisada - Santana de Parnaíba, SP.



**Figura 23** - Cena de visualização em escala oscilando entre 1:60.000 e 1:50.000, sobre mosaico regional, para reconhecimento dos diferentes padrões de relevo presentes na área analisada - Santana de Parnaíba, SP.



# Fotointerpretação de feições associadas aos processos analisados



**Figura 24** - Cicatrizes de deslizamentos recentes, visualizadas em escala 1:12.500 - Ilhota, SC.



**Figura 25** - Ravinas em encostas – Camboriú, SC.



**Figura 30** - Paredão rochoso proeminente, com suscetibilidade local a quedas e deslocamentos de blocos rochosos- Balneário de Camboriú, SC.



**Figura 26** - Campo de blocos rochosos identificado por meio de fotointerpretação em escala 1:12.500 - Itu, SP.



**Figura 27** - Campo de blocos rochosos – Itu, SP.



**Figura 31** - Costão rochoso, com suscetibilidade localizada a quedas e deslocamentos de blocos rochosos - Florianópolis, SC.



**Figura 28** - Depósito de acumulação em sopé de encosta, com indicação de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa - Ilhota, SC.

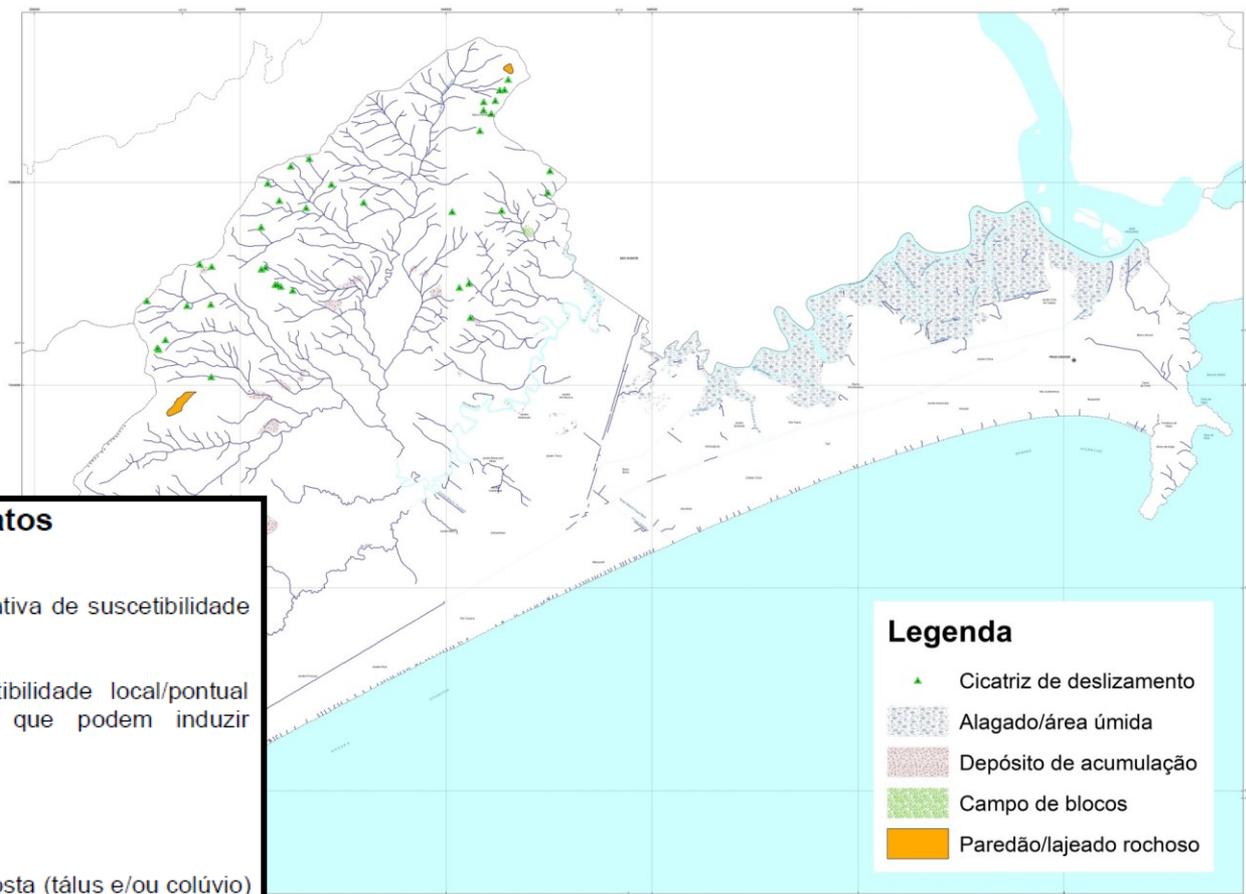


**Figura 29** - Depósitos de sopé de encosta (1-tálus) e de rampa de colúvio (2) - Nova Veneza, SC.



**Figura 32** - Área úmida com tonalidade e texturas características e associação com presença de gramíneas típicas de áreas úmidas, indicativa de suscetibilidade a inundações e/ou alagamento.

# FEIÇÕES



## Feições e processos correlatos



Cicatriz de deslizamento recente indicativa de suscetibilidade local/pontual



Ravina/boçoroca indicativa de suscetibilidade local/pontual decorrente de processos erosivos, que podem induzir movimentos gravitacionais de massa



Alagado/área úmida



Depósito de acumulação de pé de encosta (tâlus e/ou colúvio) suscetível à movimentação lenta (rastejo) ou rápida (deslizamento)



Campo de blocos rochosos suscetível a quedas, rolamentos ou tombamentos



Paredão/lajeado rochoso suscetível a quedas ou deslocamentos

Obs: Feições obtidas por meio de fotointerpretação e análise do relevo sombreado gerado a partir do modelo digital de superfície - MDS (Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina, 2013) com iluminação artificial (azimute 45° e inclinação 45°).

## Legenda

- Cicatriz de deslizamento
- Alagado/área úmida
- Depósito de acumulação
- Campo de blocos
- Paredão/lajeado rochoso

Fotointerpretação, utilizando como base:

- Relevo sombreado;
- Hidrografia;
- Geologia;
- Ortofotos / imagens de satélite.

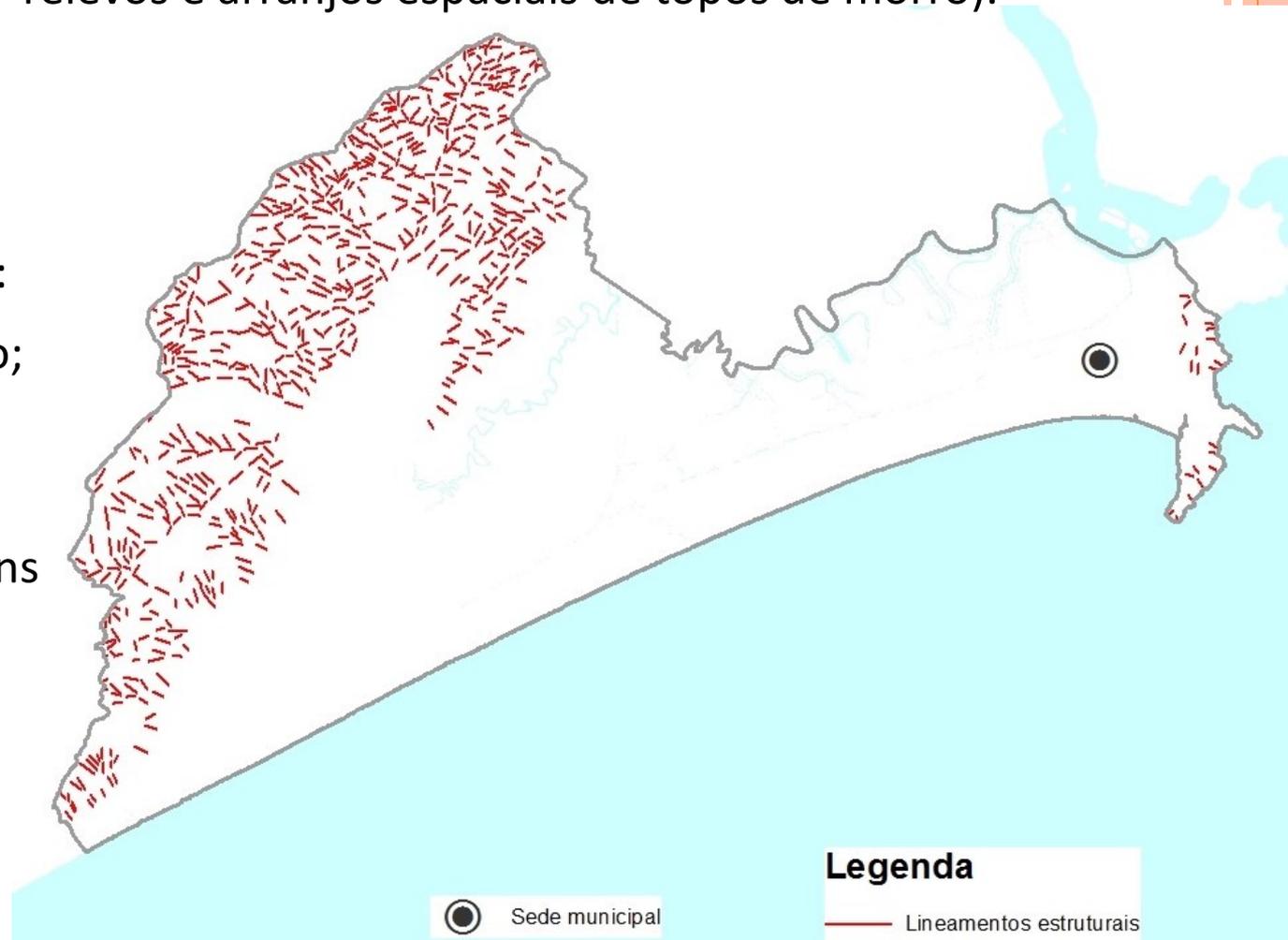


# LINEAMENTOS

Representam características do terreno em superfície e que representam estruturas geológicas observáveis a partir de feições morfológicas (drenagens, mudanças bruscas de relevos e arranjos espaciais de topos de morro).

Fotointerpretação,  
utilizando como base:

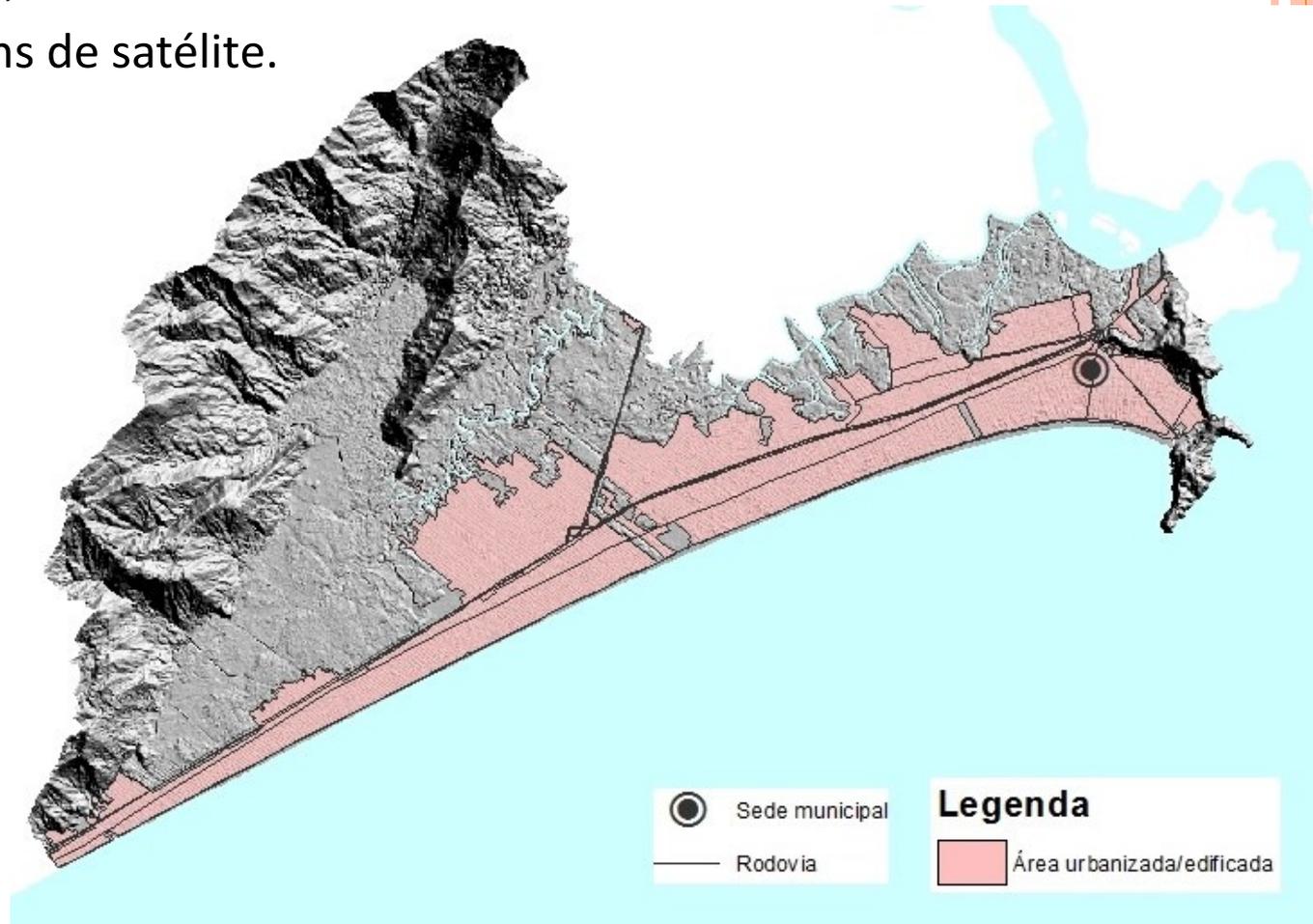
- Relevo sombreado;
- Hidrografia;
- Geologia;
- Ortofotos / imagens de satélite.



# Área Urbanizada edificada

Fotointerpretação, utilizando como base:

- Relevo sombreado; e
- Ortofotos / imagens de satélite.



# SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

- Áreas com características geomorfológicas e geológicas semelhantes às de locais afetados por deslizamentos são propensas a novas ocorrências (FELL *et al.*, 2008).
- Modelagem estatística para poder aplicar em diversos municípios.
- Para cada região mapeada é feita uma **matriz de modelagem**, que relaciona os fatores predominantes no local e os deslizamentos.
- Escolhe-se uma **área piloto**, para cada matriz de modelagem, onde são mapeadas todas as cicatrizes de deslizamentos (fotointerpretação).



# SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

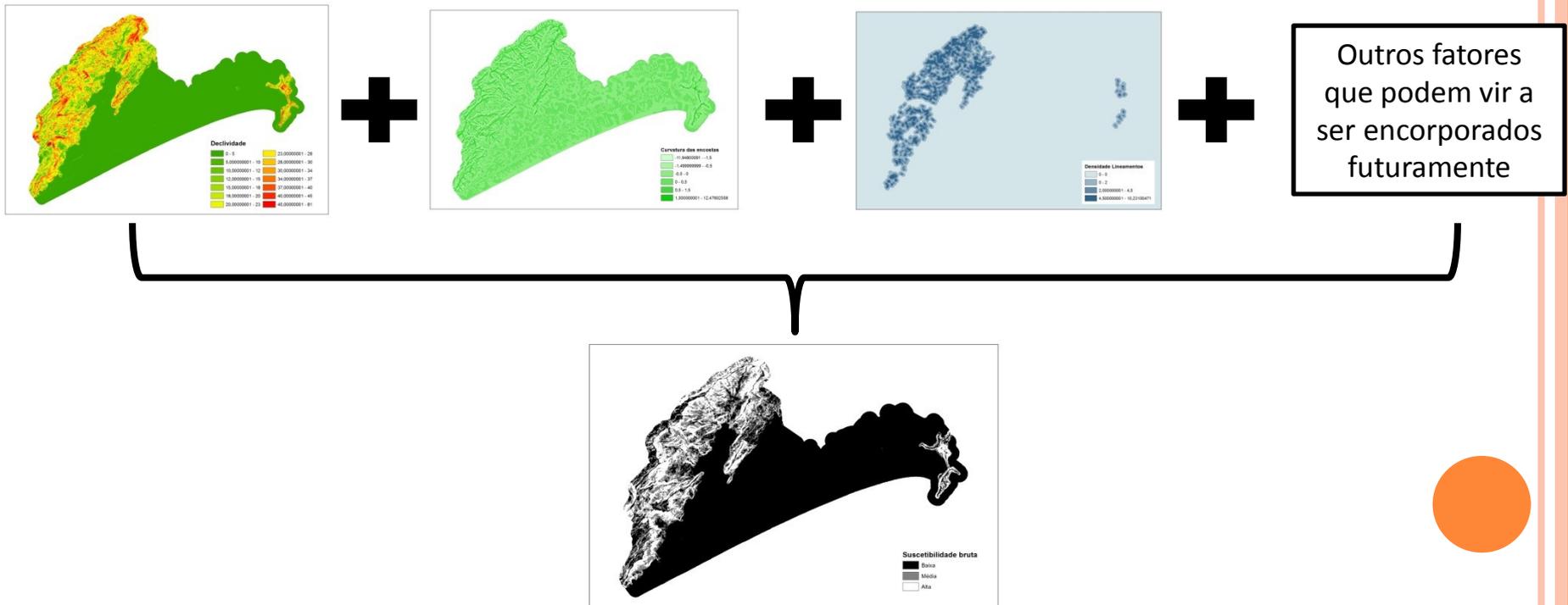
Relação entre os **parâmetros** que refletem a influência combinada de aspectos geomorfológicos, hidrológico-pedológicos e geológicos:

- Declividade
- Curvatura das encostas
- Densidade de lineamentos
  
- Cada parâmetro é dividido no maior número de classes possível, com representatividade espacial e significado geológico-geomorfológico.
  
- Para avaliar a relação entre deslizamentos e cada parâmetro é calculada a densidade de cicatrizes em cada uma das suas classes e são aplicadas algumas fórmulas estatísticas, resultando **no Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos (ISD)**.



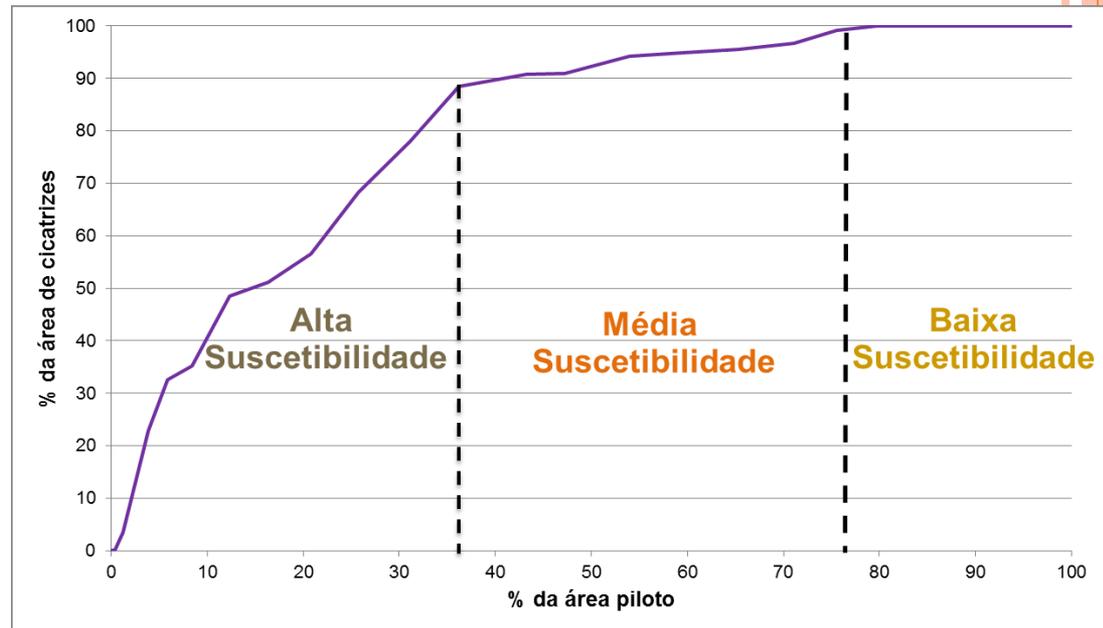
# SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

Declividade, curvatura de encosta e densidade de lineamentos são reclassificados segundo os valores de ISD e somados, gerando uma primeira suscetibilidade.



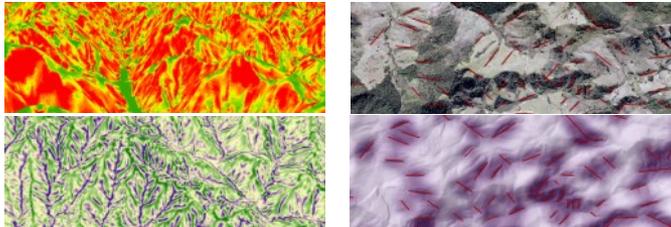
# SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

- Para definir as **classes de suscetibilidade** (alta, média e baixa) busca-se incluir o maior número de deslizamentos nas classes mais altas, em uma área mínima.
  - A partir de curvas que relacionam a área de ocorrência de deslizamentos com cada área piloto, segundo sua suscetibilidade.
- ▶ **Alta:** limite superior da curva (~90% dos deslizamentos),
  - ▶ **Média:** abrangência dos demais deslizamentos na área piloto, ~100% da área das cicatrizes mapeadas.
  - ▶ **Baixa:** demais áreas, cuja ocorrência de deslizamentos na área piloto tende a ser desprezível.

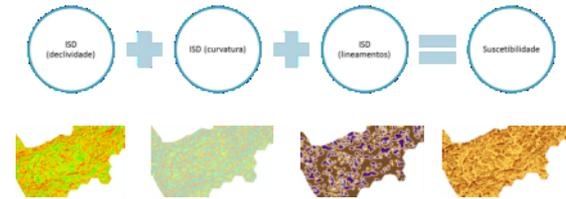
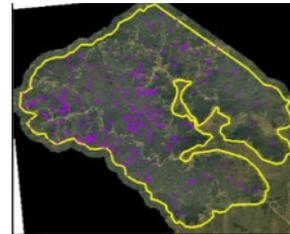


# Deslizamentos: modelagem estatística baseada nas relações entre fatores condicionantes

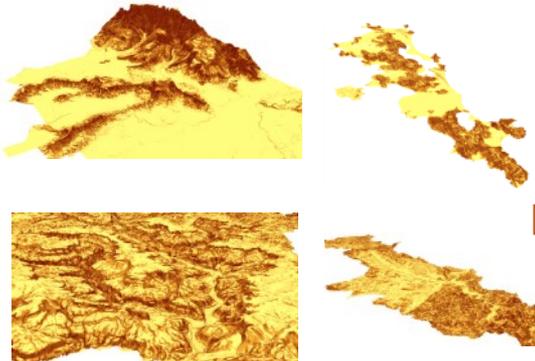
## 1) Mapeamento dos fatores a partir de MDE, ortofotos e geoprocessamento



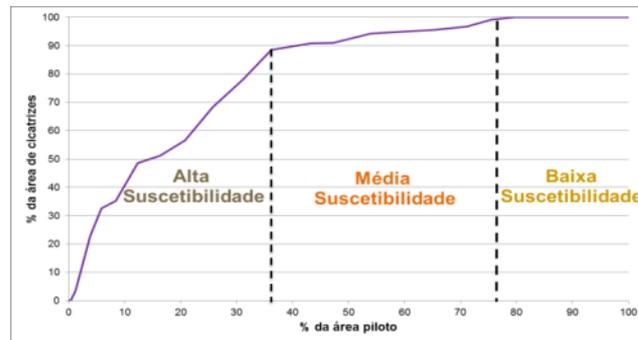
## 2) Mapeamento de cicatrizes em área piloto, válida para cada município; e cálculo do índice de suscetibilidade



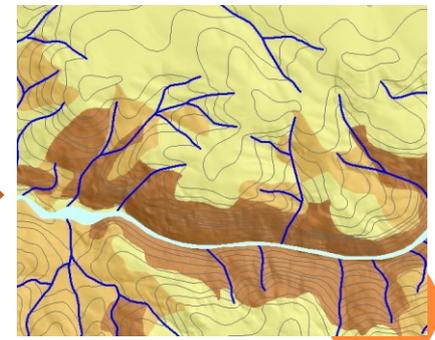
## 3) Resultados em diferentes municípios



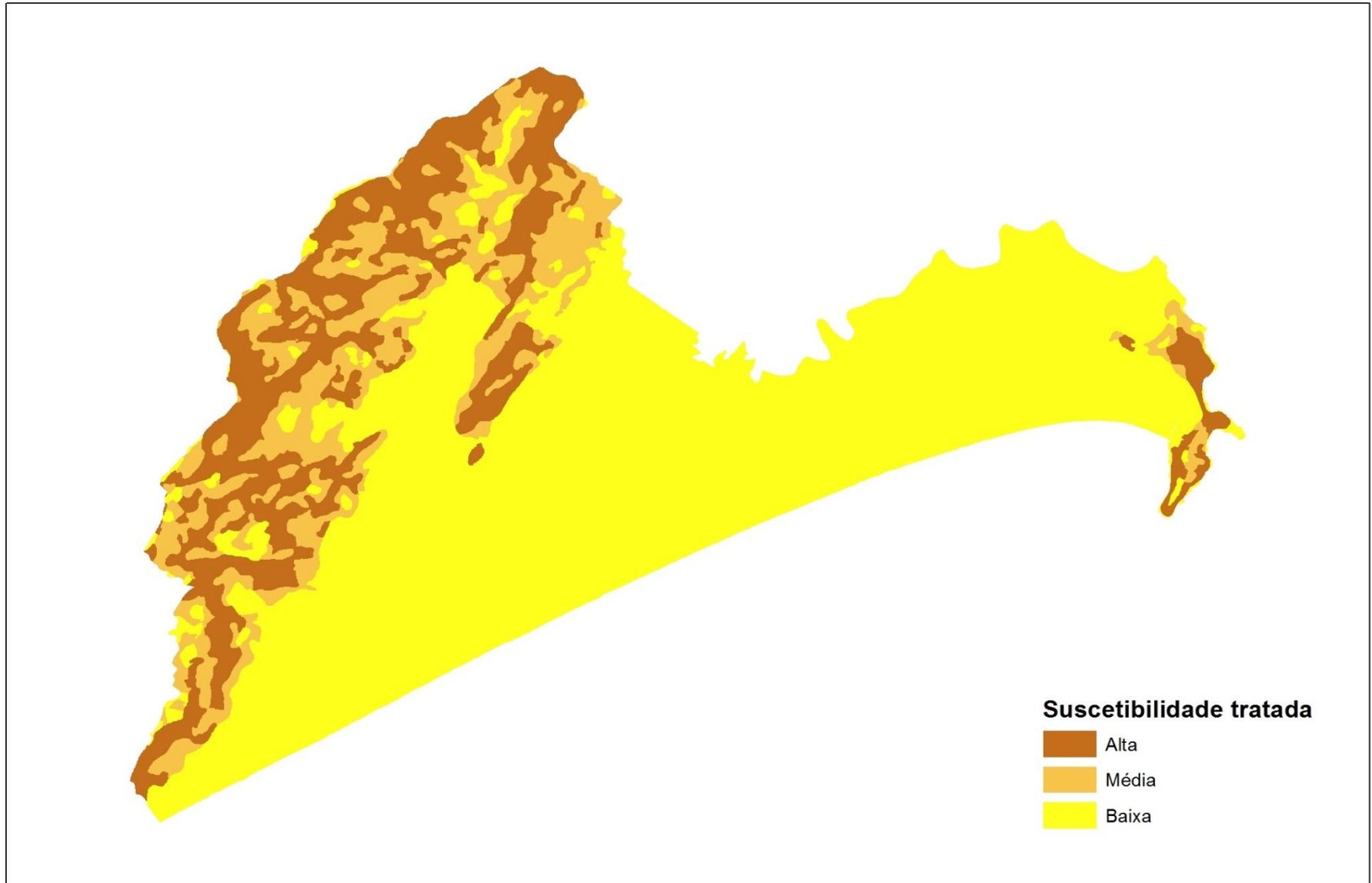
## 4) Classificação da suscetibilidade em relação à área piloto



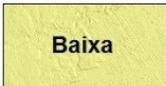
## 5) Zoneamento da suscetibilidade



# SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA



## Quadro-legenda A - Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa

Classe de suscetibilidade	Foto ilustrativa	Características predominantes	Área		Área urbanizada/edificada	
			km <sup>2</sup>	% (*)	km <sup>2</sup>	% (**)
 <b>Alta</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevo: escarpas e morros altos;</li> <li>• Forma das encostas: retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceiras de drenagem abruptos;</li> <li>• Amplitudes: 40 a 500 m;</li> <li>• Declividades: &gt; 25°;</li> <li>• Litologia: Migmatitos diversos;</li> <li>• Densidade de lineamentos/estruturas: alta;</li> <li>• Solos: pouco evoluídos e rasos; e</li> <li>• Processos: deslizamento, queda de rocha e rastejo.</li> </ul>	33,9	23,0	0,03	0,1
 <b>Média</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevo: escarpas e morros altos;</li> <li>• Forma das encostas: convexas a retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceira de drenagem;</li> <li>• Amplitudes: 30 a 400 m;</li> <li>• Declividades: 10 a 30°;</li> <li>• Litologia: Migmatitos diversos;</li> <li>• Densidade de lineamentos/estruturas: média;</li> <li>• Solos: evoluídos e moderadamente profundos; e</li> <li>• Processos: deslizamento, queda de rocha e rastejo.</li> </ul>	15,8	10,7	0,00	0,0
 <b>Baixa</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevo: planícies e terraços fluviais/marinhos e mangues;</li> <li>• Forma das encostas: convexas suavizadas e topos amplos;</li> <li>• Amplitudes: &lt; 180 m;</li> <li>• Declividades: &lt; 15°;</li> <li>• Litologia: Areias e argilas de mangues de sedimentos marinhos;</li> <li>• Densidade de lineamentos/estruturas: baixa;</li> <li>• Solos: aluviais/marinhos; e</li> <li>• Processos: deslizamento e rastejo.</li> </ul>	97,6	66,3	37,81	99,9

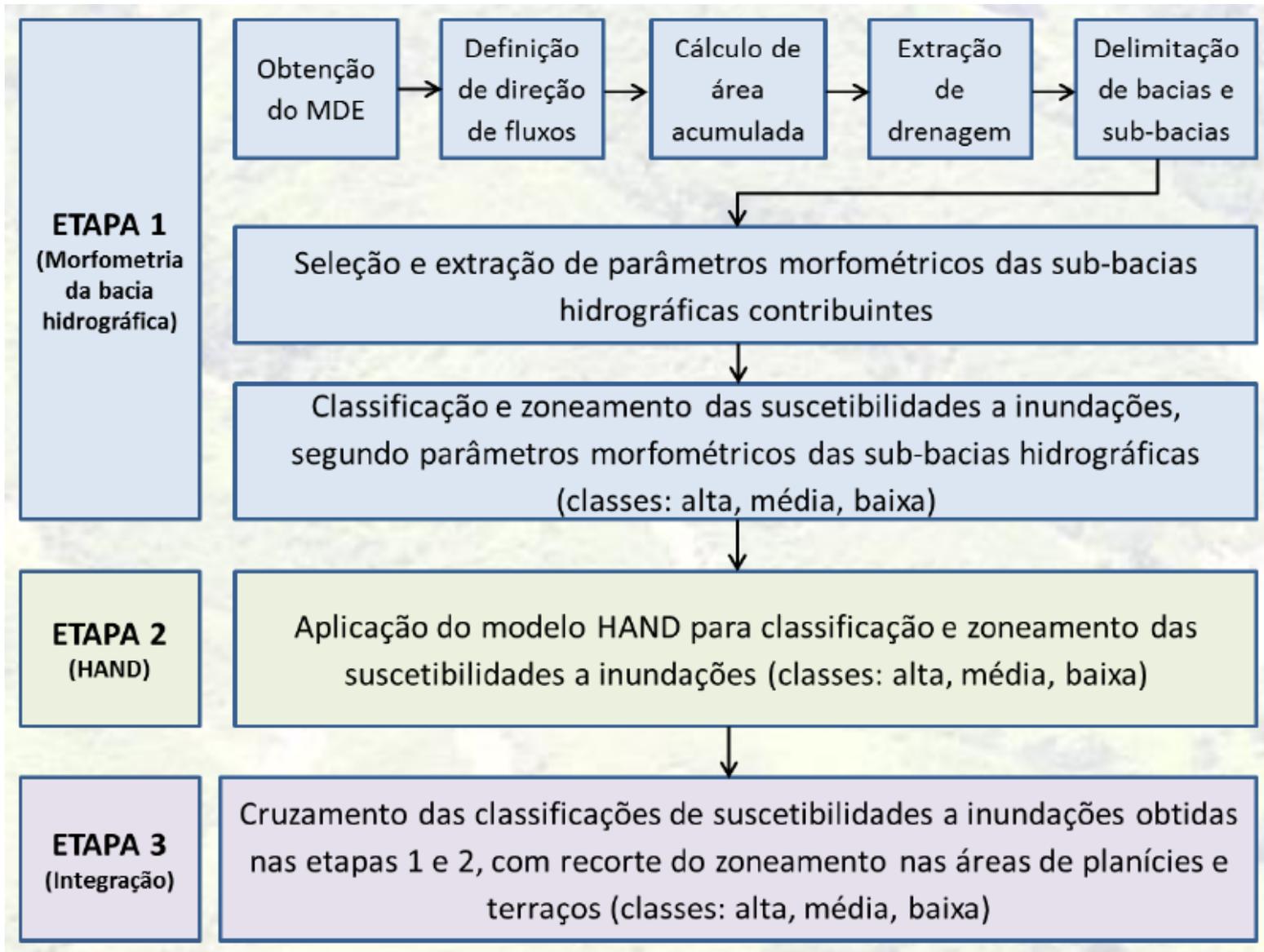
(\*) Porcentagem em relação à área do município. (\*\*) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

# SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO

- **Considera fatores permanentes:** condições dos terrenos, principalmente nas características geológicas, topográficas e morfológicas das bacias que tendem a favorecer o transbordamento do nível d'água, por ocasião de chuvas intensas.
- Períodos de retorno das chuvas são compatíveis com mapas de perigo, por isso não são considerados aqui.
- Compreensão da dinâmica hidrológico-geomorfológica de forma padronizada e prática, classificando a suscetibilidade a inundações em bacias de drenagem que podem abranger vários municípios.



# SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO



# ETAPA 1: MORFOMETRIA DAS BACIAS

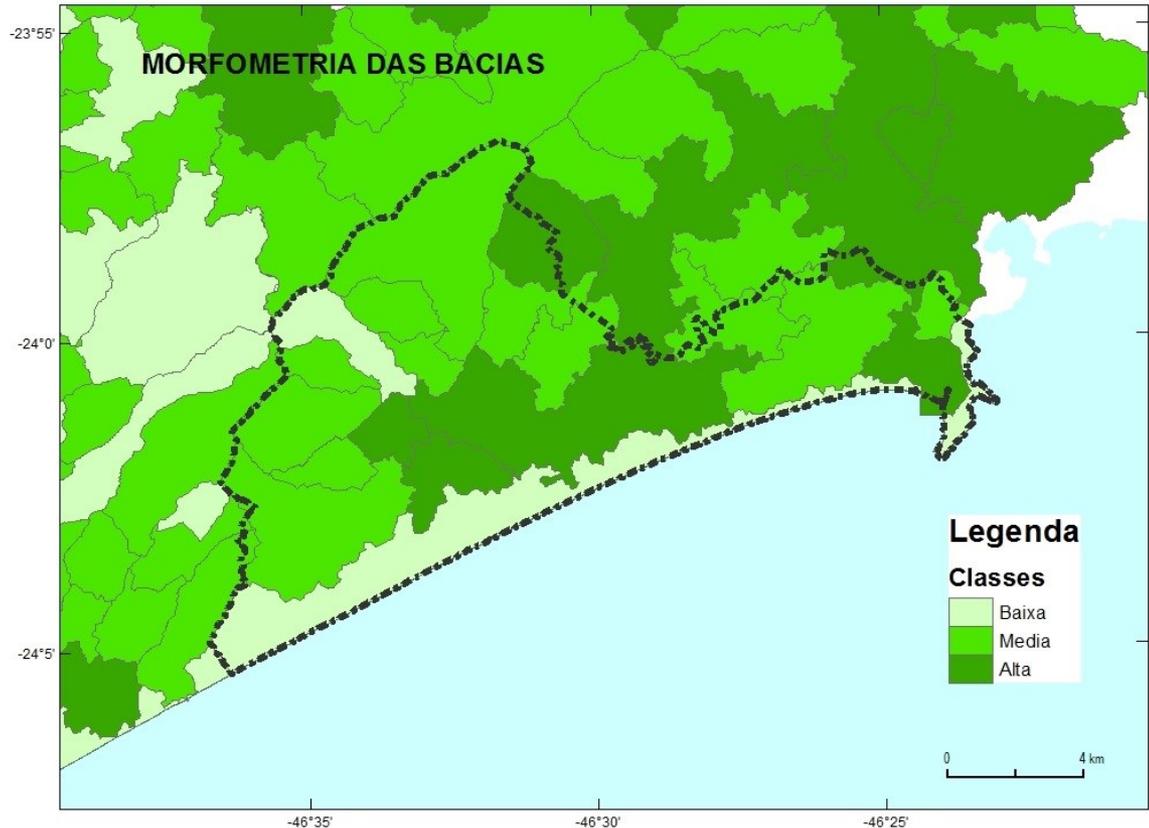
- **Análise morfométrica** de bacias hidrográficas: relações entre a dinâmica fluvial e os componentes do meio físico e biótico.

**Tabela 5.4** - Parâmetros e índices morfométricos selecionados, contendo referência, modo de cálculo e influência possível acerca da suscetibilidade a inundações. Fonte: adaptado de Oliveira, Guasselli e Saldanha (2010).

Parâmetro/índice	Cálculo	Influência
Área de contribuição (Ac)	Extração automática em SIG	Associa-se ao volume de água que atinge o rio principal. Quanto maior Ac, maior tende a ser a suscetibilidade
Relação de relevo (Rr) (SCHUMM, 1956)	Relação entre amplitude ( $\Delta a$ ) e comprimento do rio principal da sub-bacia (L); $Rr = \Delta a/L$	Indica velocidade de escoamento. Quanto maior Rr, mais rápido tende a ser o fluxo, reduzindo o acúmulo de água na sub-bacia
Densidade de drenagem (Dd) (HORTON, 1945)	Relação entre comprimento da drenagem (C) c/ área da sub-bacia (A); $Dd = C/A$	Quanto maior Dd, menor é infiltração de água no solo e maior tende a ser a velocidade com que a água atinge o rio
Índice de circularidade (Ic) (MÜLLER, 1953)	Relação entre a área da sub-bacia (A) e a de um círculo de mesmo perímetro (Ac); $Ic = A/Ac$	Quanto maior é o Ic, maior tende a ser a retenção de água na sub-bacia, reduzindo a velocidade de chegada da água no rio
Índice de sinuosidade (Is) (SCHUMM, 1963)	Relação entre o comprimento do canal principal (L) com a distância vetorial entre os extremos do canal (dv); $Is = L/dv$	Quanto maior o Is, menor tende a ser a velocidade do escoamento e chegada da água no rio

# ETAPA 1: MORFOMETRIA DAS BACIAS

- Essas variáveis representam, em conjunto, a influência geral em relação a inundações.
- Os valores são **normalizados** para fins de comparação de grandeza e, através de algumas fórmulas, é elaborado um índice geral para avaliar a influência de cada sub-bacia na ocorrência de inundações.
- Classificadas em baixa, média e alta suscetibilidade a inundações.



# ETAPA 2: APLICAÇÃO DO MODELO HAND

- Para a **especialização da inundação** nas planícies e terraços, utiliza-se o modelo HAND;
- **HAND** é um algoritmo que utiliza o MDT para mapear a superfície, baseando-se na distância vertical à drenagem mais próxima;
- Indica áreas suscetíveis a inundações pela análise dos desníveis topográficos e da proximidade relativa dos rios; e
- **Resultado:** indica a área onde uma cheia pode se desenvolver, em caso de haver água em excesso fluindo na superfície.
- **Site do Modelo HAND:**  
<http://handmodel.ccst.inpe.br/>

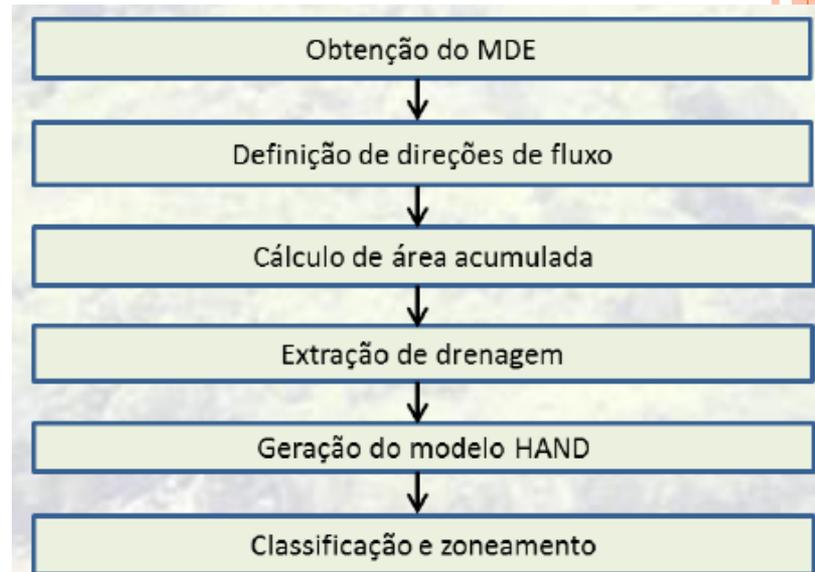


Figura 5.11 - Fluxograma para geração da suscetibilidade a inundação segundo o modelo HAND.



# ETAPA 2: APLICAÇÃO DO MODELO HAND

- Depois do HAND, faz-se o **fatiamento**, ou seja, à escolha das elevações (ou alturas) acima do nível médio da drenagem para as quais serão atribuídos os patamares ou classes de suscetibilidade.
- Com base nas condições geomorfológicas e pedológicas dos terrenos atribuem-se as seguintes classes:
  - ❑ **Alta:** a partir do nível normal da drenagem até o início do baixo terraço (englobando a planície aluvial atual);
  - ❑ **Média:** do início do baixo terraço até o início do alto terraço;
  - ❑ **Baixa:** a partir do início do alto terraço



HAND

-23°55'

-24°0'

-24°5'

-46°35'

-46°30'

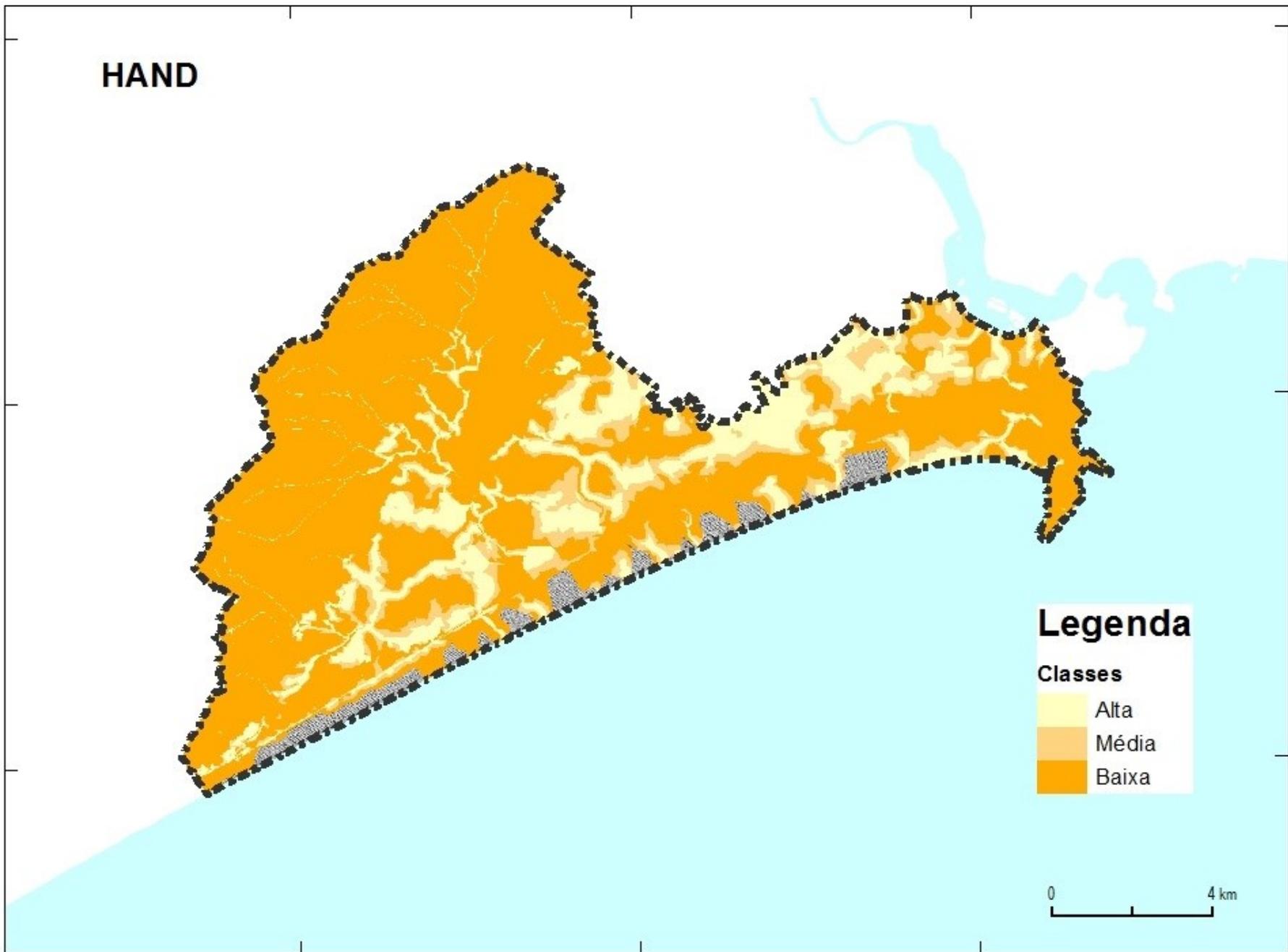
-46°25'

### Legenda

#### Classes

- Alta
- Média
- Baixa

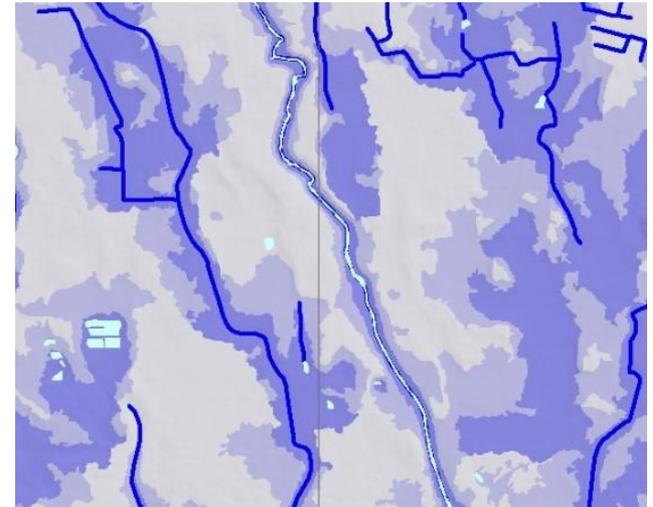
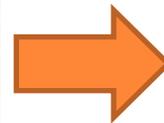
0 4 km



# ETAPA 3: INTEGRAÇÃO E RECORTE NAS ÁREAS DE PLANÍCIES E TERRAÇOS

- Cruzamento entre a morfometria das bacias e o Hand, utilizando lógica booleana, que também foi validada em campo.

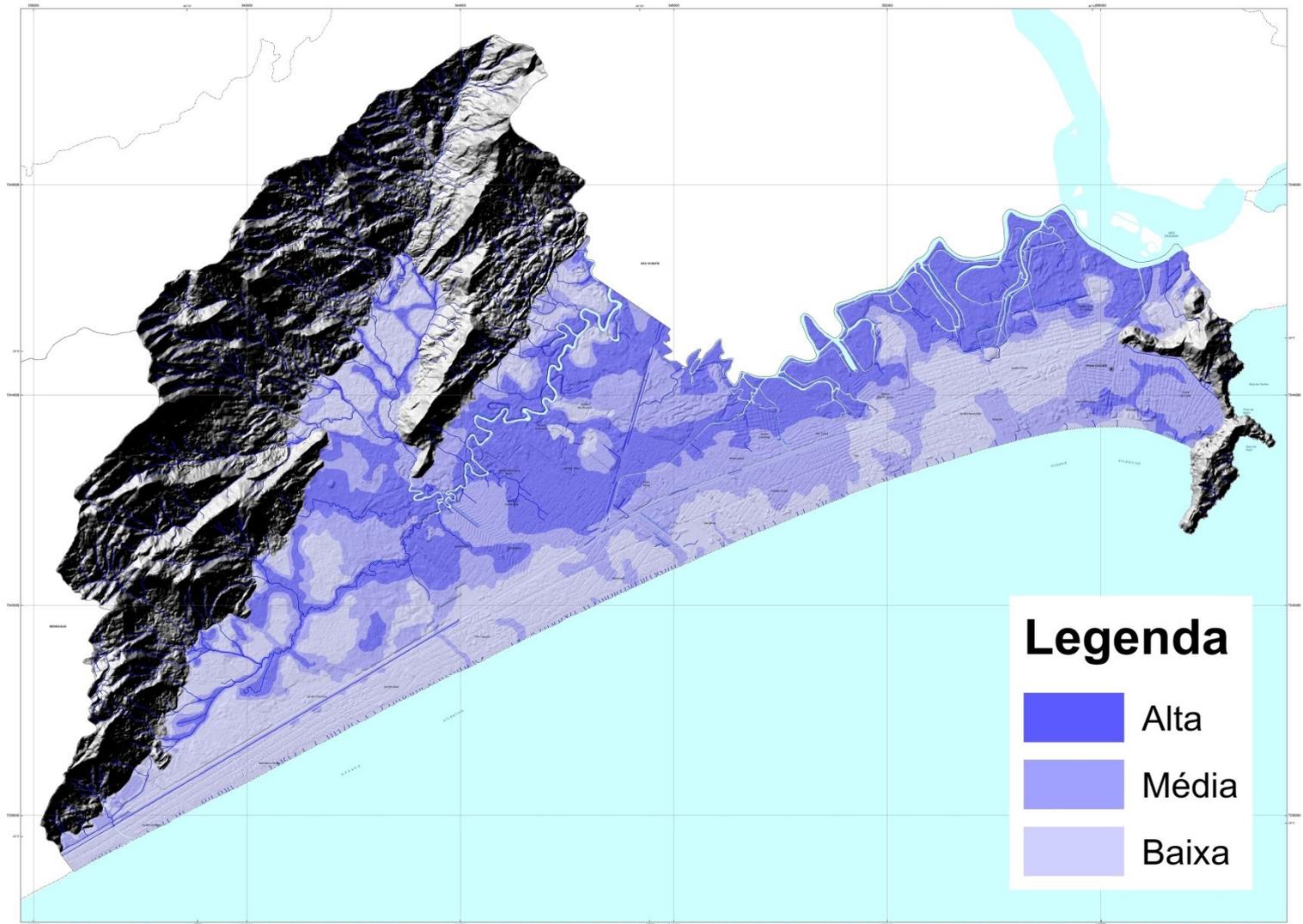
Índices Morfométricos \ Modelo HAND	Alta	Média	Baixa
Alta	Alta	Alta	Média
Média	Alta	Média	Baixa
Baixa	Média	Baixa	Baixa



- Os resultados obtidos são representados dentro dos limites das áreas de planícies e terraços (Padrões de Relevo).



# ETAPA 3: INTEGRAÇÃO E RECORTE NAS ÁREAS DE PLANÍCIES E TERRAÇOS



## Quadro-legenda B - Suscetibilidade a inundações

Classe de suscetibilidade	Foto ilustrativa	Características predominantes		Área		Área urbanizada/edificada	
		Locais	Bacias de drenagem contribuintes	km <sup>2</sup>	% (*)	km <sup>2</sup>	% (**)
<b>Alta</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevo: planícies aluviais/marinhas atuais, com amplitudes e declividades muito baixas (&lt; 2<sup>0</sup>);</li> <li>• Solos: hidromórficos, em terrenos situados ao longo de curso d'água, mal drenados e com nível d'água subterrâneo aflorante a raso;</li> <li>• Altura de inundação: até 1 m em relação à borda da calha do leito regular do curso d'água; e</li> <li>• Processos: inundação, alagamento e assoreamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de contribuição: grande;</li> <li>• Formato: tendendo a circular;</li> <li>• Densidade de drenagem: alta;</li> <li>• Padrão dos canais fluviais: tendendo a sinuoso; e</li> <li>• Relação de relevo: amplitude baixa e canal principal longo.</li> </ul>	29,2	19,8	6,8	18,0
<b>Média</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevo: terraços fluviais/marinhos baixos e/ou flancos de encostas, com amplitudes e declividades baixas (&lt; 5<sup>0</sup>);</li> <li>• Solos: hidromórficos e não hidromórficos, em terrenos argilo-arenosos e com nível d'água subterrâneo raso a pouco profundo;</li> <li>• Altura de inundação: entre 1 e 2 m em relação à borda da calha do leito regular do curso d'água; e</li> <li>• Processos: inundação, alagamento e assoreamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de contribuição: intermediária;</li> <li>• Formato: circular a alongado;</li> <li>• Densidade de drenagem: média;</li> <li>• Padrão dos canais fluviais: sinuoso a retilíneo; e</li> <li>• Relação de relevo: amplitude média e canal principal intermediário.</li> </ul>	27,6	18,7	14,7	38,9
<b>Baixa</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevo: terraços fluviais/marinhos altos e/ou flancos de encostas, com amplitudes e declividades baixas (&lt; 5<sup>0</sup>);</li> <li>• Solos: não hidromórficos, em terrenos silto-arenosos e com nível d'água subterrâneo pouco profundo;</li> <li>• Altura de inundação: acima de 2 m em relação à borda da calha do leito regular do curso d'água; e</li> <li>• Processos: inundação, alagamento e assoreamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de contribuição: pequena;</li> <li>• Formato: tendendo a alongado;</li> <li>• Densidade de drenagem: baixa;</li> <li>• Padrão dos canais fluviais: tendendo a retilíneo; e</li> <li>• Relação de relevo: amplitude alta e canal principal curto.</li> </ul>	30,0	20,4	16,2	42,9

(\*) Porcentagem em relação à área do município. (\*\*) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

# SUSCETIBILIDADE A CORRIDA E ENXURRADA

Critérios e parâmetros para análise de bacias de drenagem suscetíveis a:

## Corridas de massa e enxurrada

- Unidades de relevo serrano;
- Terrenos com alta suscetibilidade a deslizamentos;
- Amplitude > 500 metros;
- Bacias de drenagem com Área < 10 km<sup>2</sup>; e
- Relação entre amplitude e área da bacia dada pelo Índice de Melton (M), onde  $M = \text{Amplitude} / \text{raiz quadrada da Área}$ , que deve ser > 0,3.

O valor de 0,3 para o Índice de Melton é baseado no trabalho de Wilford (2004), no qual são discutidos limiares para diferentes tipos de fluxos, incluindo as corridas de massa.

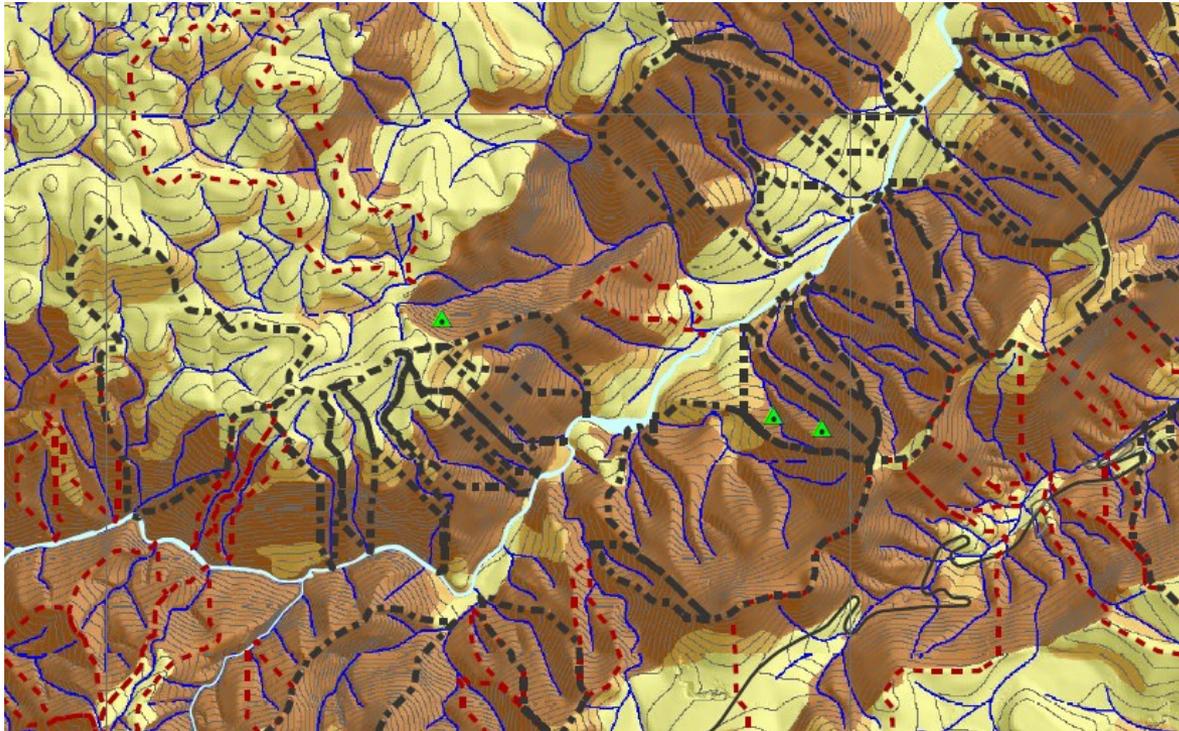
## Enxurrada

- Unidades de relevo serrano e/ou de morros altos;
- Amplitude > 300 metros; e
- Bacias de drenagem com Área < 10 km<sup>2</sup>.

- Utilizando **geoprocessamento**, aplica-se esses critérios a área estudada, delimitando as bacias suscetíveis a cada processo.
- Não incluem os setores planos e distantes situados a jusante e que poderão ser afetados com o desenvolvimento dos processos.



# SUSCETIBILIDADE A CORRIDA E ENXURRADA



Bacia de drenagem com alta suscetibilidade à geração de corrida de massa e enxurrada, que podem atingir trechos planos e distantes situados a jusante, induzindo, ainda, solapamento de talude marginal (incide em 7,4% da área do município e 0,4% da área urbanizada/edificada do município)



Bacia de drenagem com alta suscetibilidade à geração de enxurrada, que pode atingir trechos planos e distantes situados a jusante, induzindo, ainda, solapamento de talude marginal (incide em 5,6% da área do município e 0,2% da área urbanizada/edificada do município)



# CARTA DE SUSCETIBILIDADE

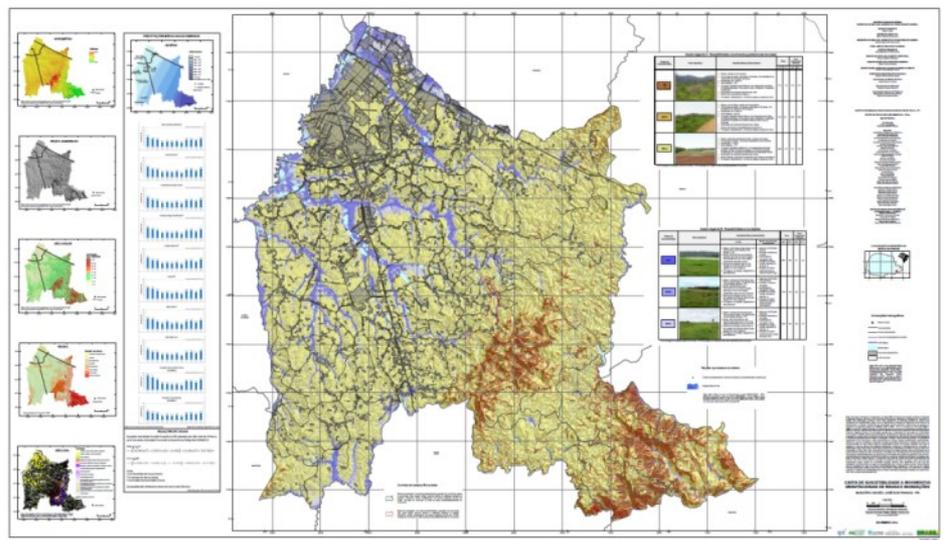
Trabalho de campo para:

- Verificação das classes e parâmetros;
- Verificação das feições fotointerpretadas;
- Verificação das bacias de drenagem; e
- Ajustes no zoneamento.

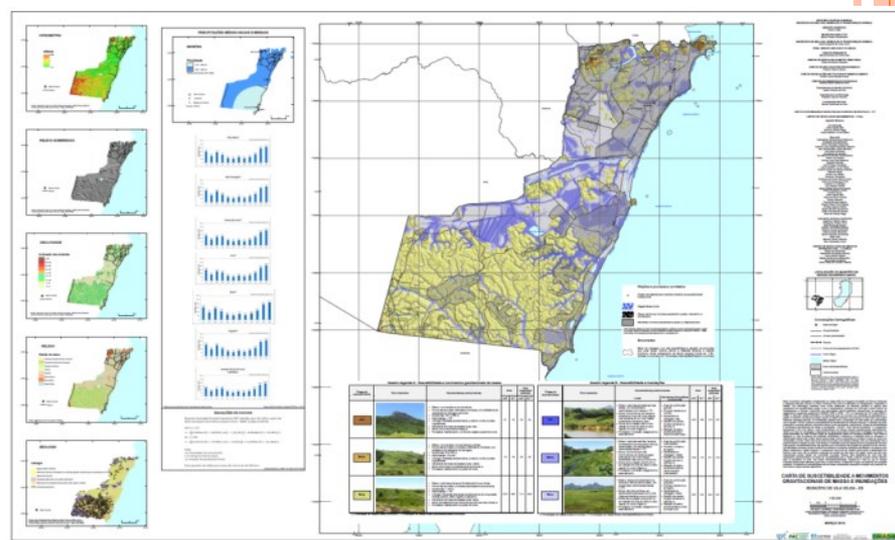




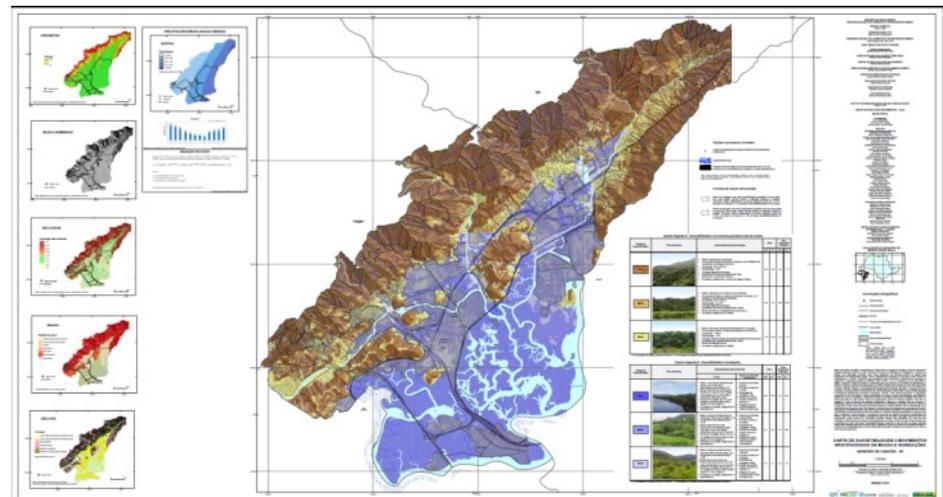
# COMPARABILIDADE ENTRE OS MUNICÍPIOS



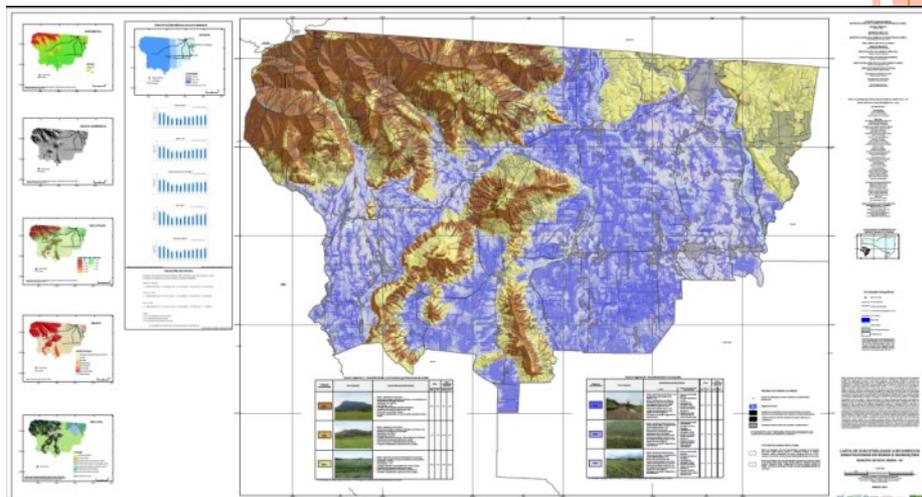
S.J. dos Pinhais (PR)



Vila Velha (ES)



Cubatão (SP)



Nova Veneza (SC)

# CARTA DE SUSCETIBILIDADE

## Disponíveis em:

- Site CPRM (todo Brasil)

<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes-5379.html>

- Datageo (Estado de São Paulo, feitas pelo IPT)

<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=IPT>

SERVÍCIO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

English

GEOCIÊNCIA ACESSO À INFORMAÇÃO

O que você procura?

Página Inicial > Gestão Territorial > Prevenção de Desastres

Apresentação Geologia, Meio Ambiente e Saúde Geologia Aplicada Prevenção de Desastres Ações Especiais Gestão Territorial Difusão do Conhecimento

### Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações

As cartas de suscetibilidade são documentos cartográficos que representam a possibilidade de ocorrência de um determinado evento, que no caso deste projeto está relacionado à ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e inundações.

A elaboração das Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações está prevista no [Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais](#). Com início em agosto de 2012, os municípios do território brasileiro iniciaram a cartografia das zonas de risco.

O levantamento cartográfico numa abordagem matemática feita em escritório, e qual posteriormente é validado em trabalho de campo por uma equipe de pesquisadores que percorre toda a extensão do município. As áreas são classificadas em alta, média e baixa suscetibilidade a movimentos de massa e inundações.

O produto tem por objetivo gerar cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos e corridas de massa) e a processos hidrológicos (inundações e enxurradas) para toda a extensão do município, ocupado ou não. As informações geradas para a elaboração de carta estão em conformidade técnica com as escalas 1:50.000 (AC, AH, AP, PA, RD e RR) e 1:25.000 (demais escalas), podendo a carta eventualmente ser apresentada em escala menor.

SABIA MAIS

PRODUTOS:

- PRODUTOS POR ESTADO
- BASE DE DADOS
- MANUAL TÉCNICO
- GALERIA DE FOTOS

DataGEO Sistema Ambiental Paulista

TEMAS TUTORIAIS PLUG-INS FAQ GLOSSÁRIO CONTATO SOBRE

### INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS AMBIENTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO - I D E A - S P

BASE TERRITORIAL AMBIENTAL UNIFICADA

Pesquisar Catálogo de Dados Ambientais

Consultar dados

Digite um tema ou assunto ambiental (ex: água)

Busca Avançada

Visualização por Assunto

Visualizador de Mapas

IGC NASCENTES RQA Legislação FIS LICENÇA AMBIENTAL IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS SICAR-SP SISTEMA DE CADASTRO AMBIENTAL VITAL



# Carta geotécnica de aptidão à urbanização (CGAU)

- Escala com mais detalhe (1:10.000)
- Geralmente abrange a área de expansão urbana do municípios, mas dependendo da situação, pode abranger todo o município.
- Foco no planejamento e expansão urbana
- Pode ser feita também uma carta-síntese, que traz de forma simplificada a carta de aptidão à urbanização.



# Carta geotécnica de aptidão à urbanização (CGAU)

Cruzamento de diversos fatores, como:

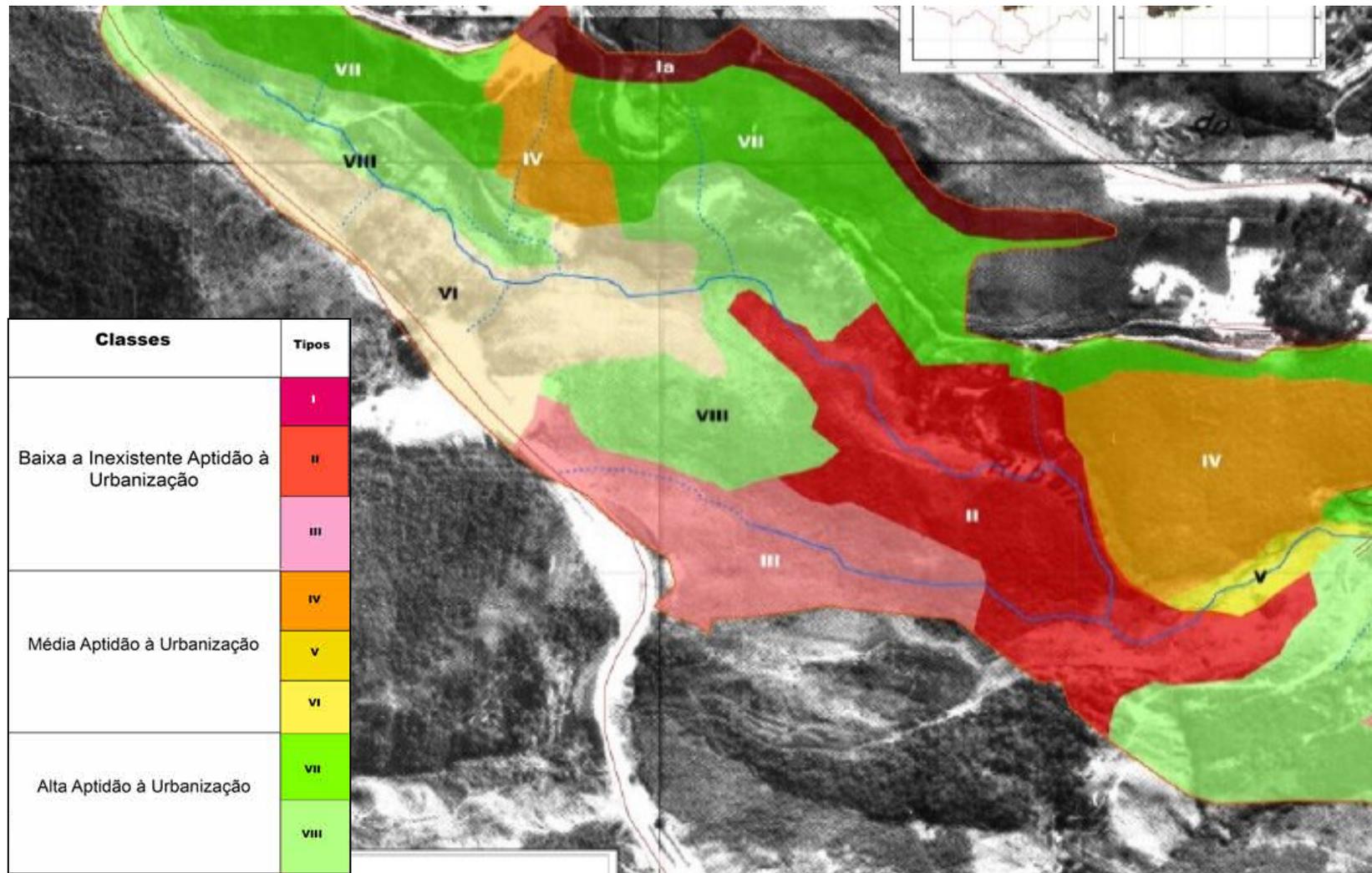
- Suscetibilidade,
- Geologia,
- Geomorfologia,
- Vegetação,
- Uso e ocupação do solo,
- Unidades de conservação, etc.







# Carta geotécnica de aptidão à urbanização (CGAU)



CGAU em área piloto de Ouro Preto/MG. **Fonte:** Sobreira e Souza, 2013.

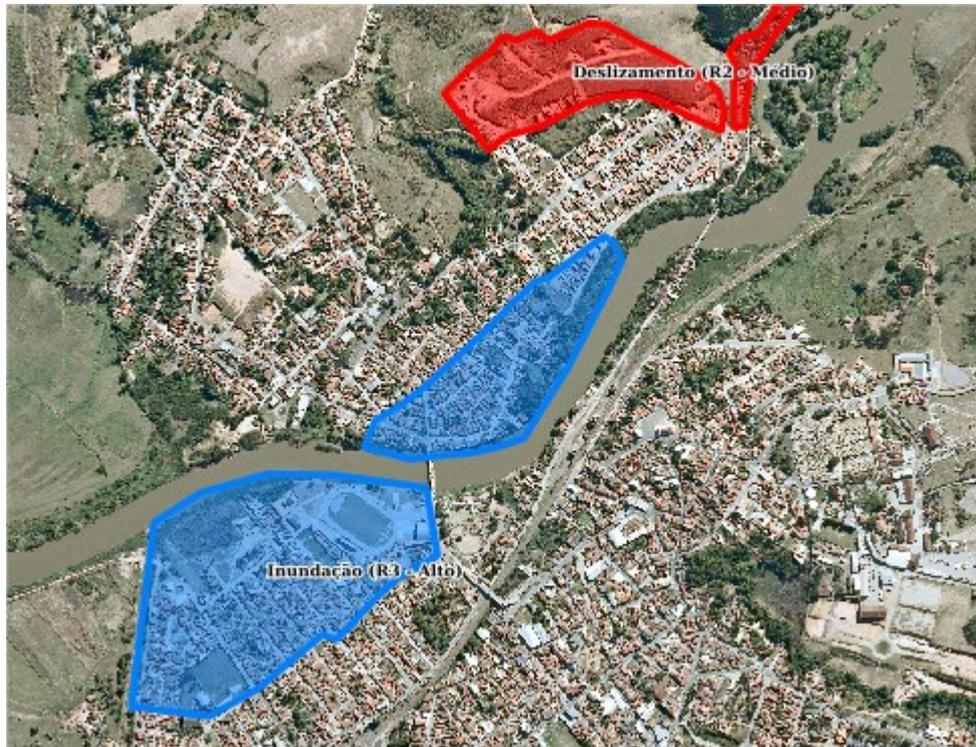




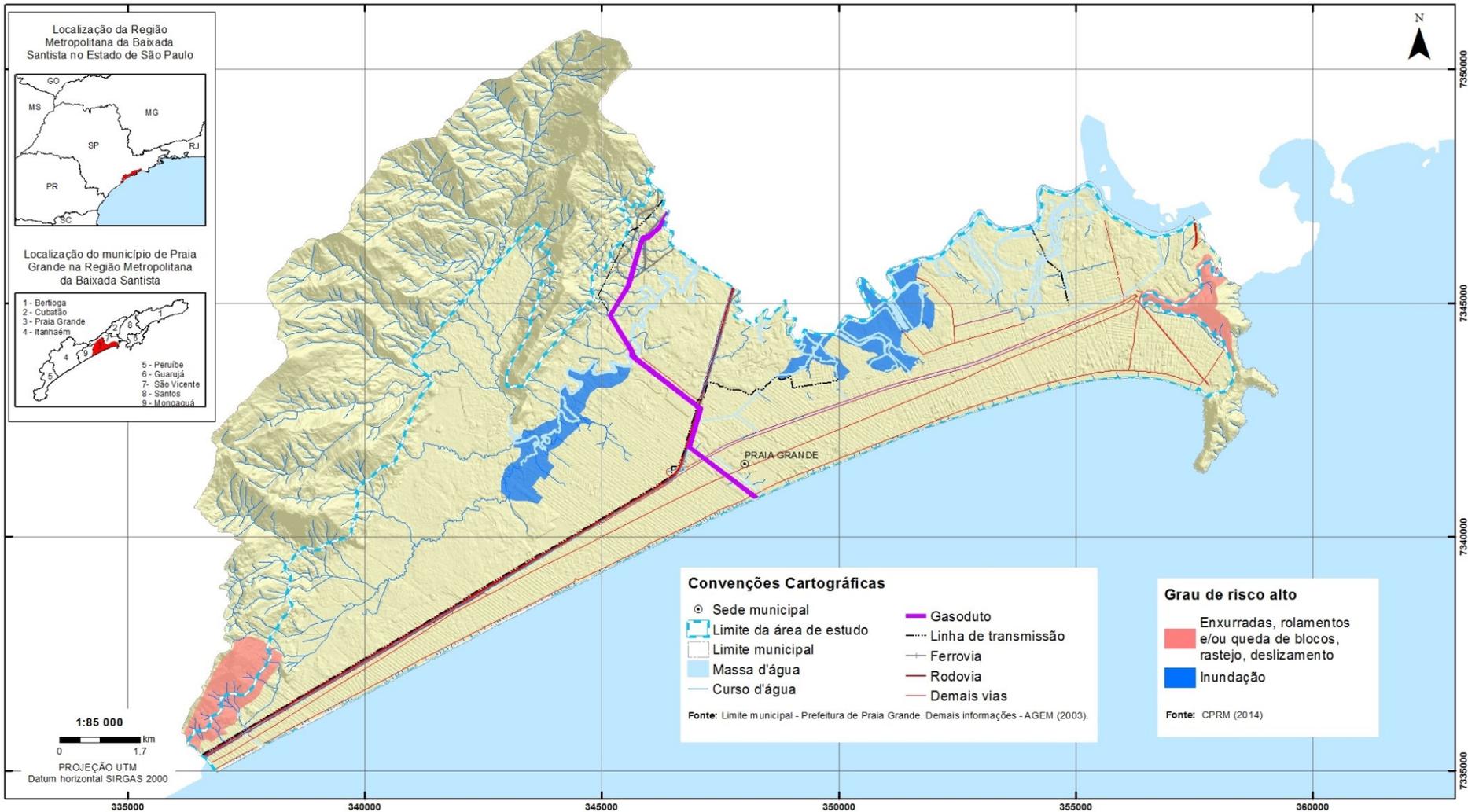


# Carta Geotécnica de Risco

- Escala de maior detalhe (1:1.000 ou 1:2.000)
- Áreas restritas e com ocupação
- Foco no problema (deslizamento/inundação/etc)



# Carta Geotécnica de Risco



# UTILIZAÇÃO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS NA PREVENÇÃO DE DESASTRES E NO PLANEJAMENTO E GESTÃO MUNICIPAL



# CONSIDERAÇÕES FINAIS

- **CGAUs:** instrumento fundamental, legalmente exigido para o ordenamento territorial e gestão municipal, mas por vezes desconhecido.
- Aponta as características do meio físico, **problemas existentes** (como áreas impactadas e tipos de impactos) e como esses problemas interferem na urbanização e expansão urbana.
- **Crescimento seguro:** foco na prevenção de desastres e não geração de novas áreas de risco.
- **Outras aplicações** das CGAUs podem existir, conforme ações municipais em curso ou planejadas.



# Grata pela atenção!

**Priscilla Moreira Argentin**

**Labgeo/CTGeo – IPT**

[priscillam@ipt.br](mailto:priscillam@ipt.br)

