

Nº 179620

Cartografia geotécnica: instrumento de base ao planejamento territorial e à gestão de riscos em municípios

Luiz Gustavo Faccini
Omar Yazbek Bitar

*Palestra apresentada no Treinamento
Capacitação Cartas Geotécnicas, Franca,
14/05/2025. 39 slides.*

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.

PROIBIDO REPRODUÇÃO

Cartografia geotécnica: instrumento de base ao planejamento territorial e à gestão de riscos em municípios

Luiz Gustavo Faccini



INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

**Entrega de cartas geotécnicas e
capacitação técnica**

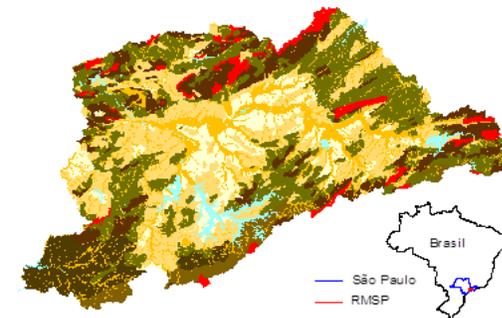
Franca/SP, 14 de maio de 2025



INTRODUÇÃO

O que é Carta Geotécnica?

- Ferramenta criada no século XIX — aplicada apenas a **obras** localizadas —, hoje voltada para o **planejamento territorial** e à **gestão de riscos**.
- No Brasil: elaborada desde a década de **1970**, com reforço legal pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) Lei nº 12.608/**2012**.
- Os **métodos** de elaboração variam conforme a **finalidade**.



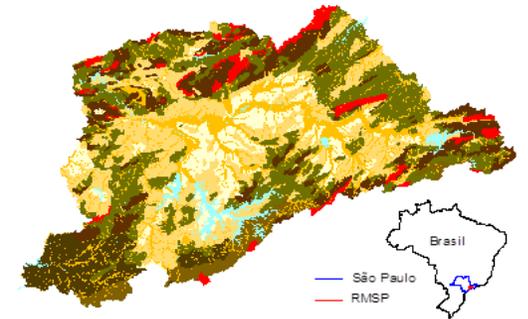
Aptidão Física	Unidades Homogêneas	
	Índice	Litológica
Áreas Favoráveis	1	11 - São Paulo e Foz de Iguaçu
	2	12 - São Paulo e Foz de Iguaçu
Áreas com Restrições Localizadas	3	13 - São Paulo e Foz de Iguaçu
	4	14 - São Paulo e Foz de Iguaçu
Áreas Passíveis de Ocupação em Situações Especiais	5	15 - São Paulo e Foz de Iguaçu
	6	16 - São Paulo e Foz de Iguaçu
Áreas com Restrições Amplas	7	17 - São Paulo e Foz de Iguaçu
	8	18 - São Paulo e Foz de Iguaçu
Áreas Inapropriadas	9	19 - São Paulo e Foz de Iguaçu
	10	20 - São Paulo e Foz de Iguaçu



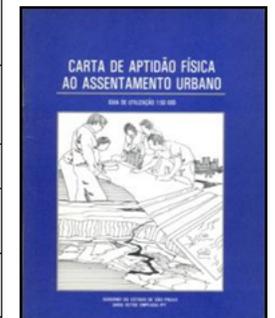
INTRODUÇÃO

O que é Carta Geotécnica?

- Sintetiza as características do meio físico (**geo**) e as medidas (**técnica**) para controlar os processos geológicos e/ou hidrológicos atuantes.
- Contém basicamente o **zoneamento geotécnico**, **quadro-legendas** e **texto explicativo**.
- De acordo com cada **unidade geotécnica**, apresenta **diretrizes e recomendações** para ocupação sustentável do solo.

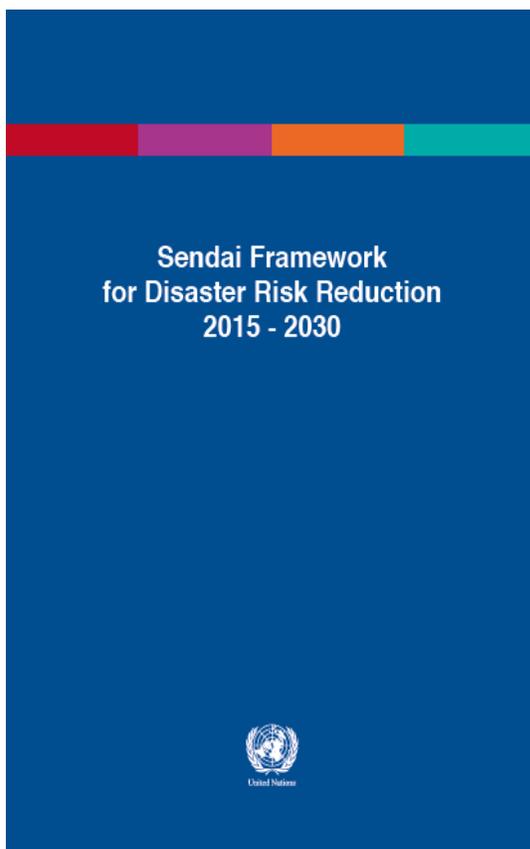


Aptidão Física	Unidades Homogêneas	
	Índice	Litológica
CLASS FAVORÁVEL	1 Cárregas Presença Injúria de CCR e Desfiladeiros até 20%.	11 - São Paulo e Foz de Iguaçu 12 - São Paulo e Foz de Iguaçu 13 - São Paulo e Foz de Iguaçu 14 - São Paulo e Foz de Iguaçu 15 - São Paulo e Foz de Iguaçu
CLASS COM RISCOS LOCALIZADOS	2 Mantidas Presença Injúria de CCR e Desfiladeiros até 20%.	16 - São Paulo e Foz de Iguaçu 17 - São Paulo e Foz de Iguaçu 18 - São Paulo e Foz de Iguaçu 19 - São Paulo e Foz de Iguaçu 20 - São Paulo e Foz de Iguaçu
CLASS PASSÍVEL DE OCUPAR EM ÁREAS RESTRITAS	3 Mantidas e Áreas Presença Injúria de CCR e Desfiladeiros até 20%.	21 - São Paulo e Foz de Iguaçu 22 - São Paulo e Foz de Iguaçu 23 - São Paulo e Foz de Iguaçu 24 - São Paulo e Foz de Iguaçu 25 - São Paulo e Foz de Iguaçu
CLASS COM RISCOS RESTRITAS	4 Mantidas e Áreas Presença Injúria de CCR e Desfiladeiros até 20%.	26 - São Paulo e Foz de Iguaçu 27 - São Paulo e Foz de Iguaçu 28 - São Paulo e Foz de Iguaçu 29 - São Paulo e Foz de Iguaçu 30 - São Paulo e Foz de Iguaçu
CLASS INAPRIAS	5 Cárregas e Rociças Presença Injúria de CCR e Desfiladeiros até 20%.	31 - São Paulo e Foz de Iguaçu 32 - São Paulo e Foz de Iguaçu 33 - São Paulo e Foz de Iguaçu 34 - São Paulo e Foz de Iguaçu 35 - São Paulo e Foz de Iguaçu



MARCO LEGAL - INTERNACIONAL

3ª Conferência da ONU para a Redução do Risco de Desastre Marco de Sendai 2015-2030



2015

IV. Prioridades de ação:

Dada a experiência da 2ª Conferência da ONU - Marco de Hyogo 2005-2015, apontam-se:

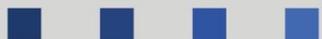
1. **Compreensão do risco** (construir o conhecimento sobre o território e fatores que levam à criação de risco);
2. **Fortalecimento da governança** do risco, para gestão compartilhada (governos, empresas, sociedade)
3. **Investir na redução** do risco, para a resiliência (desafio: adaptação face a cenários de eventos extremos); e
4. **Aumentar a preparação** para desastres, de modo a dar respostas mais eficazes e reconstruir melhor.

MARCO LEGAL - NACIONAL

SC (2008), AL/PE (2010), SC (2010), RJ (2011) ...



Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (Lei Federal 12.608/2012)



MARCO LEGAL - PNPDEC

PNPDEC: Seção I - Diretrizes e Objetivos

Art. 3º A PNPDEC abrange as **ações** de **prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação** voltadas à proteção e defesa civil.

Parágrafo único. A PNPDEC **deve integrar-se** às políticas de:
ordenamento territorial,
desenvolvimento urbano,
saúde,
meio ambiente,
mudanças climáticas,
infraestrutura,
educação e
demais políticas setoriais.

Prevê o mapeamento de **suscetibilidades, aptidão** à urbanização e **riscos**, instituindo a obrigatoriedade de elaboração de CGs!

MARCO LEGAL - PNPDEC



Fonte: http://www.ipt.br/publicacoes/tecnicas/livros_e_capitulos/62-guia_cartas_geotecnicas:_orientacoes_basicas_aos_municipios.htm

Tipos de CGs requeridas pela PNPDEC:

Área do município
(urbana + rural)



Carta de suscetibilidade
escala 1:25.000

Zona urbana e de
expansão urbana



Carta de aptidão
à urbanização
escala 1:10.000 ou maior

Núcleos/setores
urbanos



Carta de risco
escala 1:2.000 ou maior

Fonte: IPT (2015), baseado em Fell et al. (2008), Diniz (2012), Sobreira e Souza (2012) e outros, bem como em discussões de vários encontros técnicos deflagrados no âmbito do **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais** – PNGRRDN (2012).

MARCO LEGAL – OUTRAS LEIS



Fonte: http://www.ipt.br/publicacoes/tecnicas/livros_e_capitulos/62-guia_cartas_geotecnicas:_orientacoes_basicas_aos_municipios.htm

- Segundo o **Estatuto da Cidade** (Lei Federal nº 10.257/2001), é obrigatória a elaboração do **plano diretor** em municípios que possuem **áreas suscetíveis** a processos geológicos ou hidrológicos que possam causar desastres naturais. Além disso, a identificação e o mapeamento de áreas de risco devem considerar as **Cartas Geotécnicas (CGs)**.
- A **Lei Lehmann** (Lei Federal nº 6.766/1979) estabelece que a aprovação de projetos de parcelamento do solo está condicionada ao atendimento das diretrizes da **carta geotécnica de aptidão à urbanização**.
- A **Lei Federal** nº 12.340/2010 (SINDEC), dispõe sobre a **transferência de recursos** da União para estados e municípios para apoiar a gestão de riscos e a prevenção de desastres, estabelece **cinco requisitos relacionados à elaboração das Cartas Geotécnicas (CGs)**:

REQUISITOS PARA TRANSFERÊNCIA DE RECURSOS



Fonte: http://www.ipt.br/publicacoes/tecnicas/livros_e_capitulos/62-guia_cartas_geotecnicas:_orientacoes_basicas_aos_municipios.htm

Requisitos básicos estabelecidos pela PNPDEC aos municípios

I

Mapeamento das áreas suscetíveis a processos geológicos ou hidrológicos consubstanciado em uma **carta geotécnica de suscetibilidade** (dirigida a áreas ocupadas e não ocupadas) na qual os terrenos são classificados em distintos graus ou classes (ex: baixa, média e alta) quanto à propensão a processos do meio físico que podem gerar desastres naturais.

II

Plano de contingência de proteção e defesa civil estabelecendo as ações, recursos e responsabilidades para prevenção de desastres naturais e gerenciamento de emergências.

III

Plano de obras e serviços geralmente na forma de um Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), que inclui necessariamente a elaboração de uma **carta geotécnica de risco**, em face dos processos atuantes no meio físico em áreas ocupadas, apontando os setores e as moradias que se encontram em situação de maior ou menor risco (ex: baixo, médio, alto e muito alto).

IV

Mecanismos de controle e fiscalização de áreas suscetíveis para evitar a edificação nesses locais, o que deve ser realizado com base na **carta geotécnica de suscetibilidade**, elaborada previamente (item I).

V

Carta geotécnica de aptidão à urbanização que deve garantir a segurança dos novos parcelamentos e o aproveitamento de agregados para a construção civil, particularmente em áreas urbanas ou de expansão urbana.

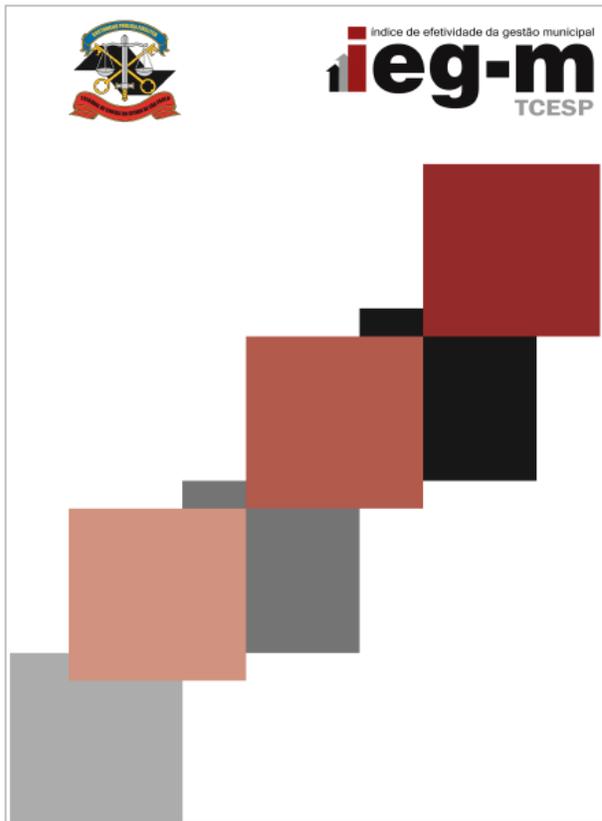
POLÍTICAS PÚBLICAS E CARTAS GEOTÉCNICAS

Políticas públicas setoriais que demandam a elaboração de **cartas geotécnicas**

- **Política de Proteção e Defesa Civil:** PMRR, PPDC, PDN, Plancon.
- **Política Urbana:** Estatuto da Cidade, Plano Diretor Municipal, Lei Lehmann, Lei de Uso e Ocupação do Solo, Estatuto da Metrópole ...
- **Política Ambiental:** PMMA, AIA (EIA/Rima), Licenciamento Ambiental, AAE, Zoneamento Ecológico-Econômico, Zoneamento Costeiro ...
- **Política de Recursos Hídricos:** implementação de programas de proteção e conservação de bacias hidrográficas/mananciais ...
- **Política de Infraestrutura:** Plano de Gerenciamento de Riscos operacionais em obras de infraestrutura (rodovias, dutovias, barragens, ...)
- **Política de Mudanças Climáticas:** mitigação de emissões/captura de carbono (indicação de áreas a proteger) e adaptação (revisão de obras frente a eventos extremos) ...
- ...

TRIBUNAL DE CONTAS

Cartas geotécnicas no Índice de Efetividade da Gestão Municipal – Iegm



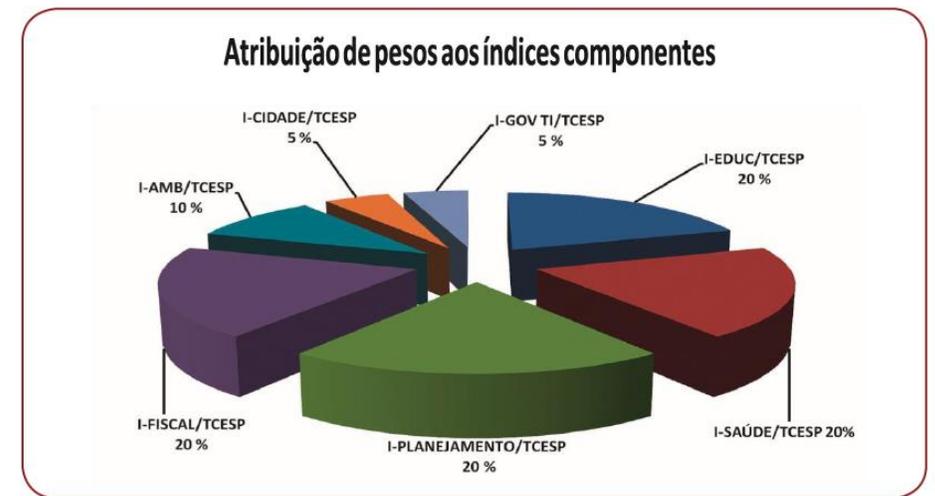
9.6 SÍNTESE: I-CIDADE

MEMORIAL DE CÁLCULOS PARA INDICADORES DA PROTEÇÃO DA CIDADE

Os índices serão apoiados pelo Sistema AUDESP em bases multivaloradas.

Nº QUESITO	QUESITOS	PONTUAÇÕES
4.0	O Município recebeu a Carta Geotécnica de Suscetibilidade, Aptidão à Urbanização e Risco?	Sim
4.0	Disponível no endereço: http://www.defesacivil.sp.gov.br/instrumentos-de-identificacao-de-riscos/ .	Não
4.1	Assinale quais os tipos de ameaças potenciais identificadas na Carta Geotécnica:	<input checked="" type="checkbox"/> Riscos Geológicos <input checked="" type="checkbox"/> Riscos Hidrológicos <input checked="" type="checkbox"/> Riscos Meteorológicos <input checked="" type="checkbox"/> Riscos Climatológicos <input checked="" type="checkbox"/> Riscos Biológicos <input checked="" type="checkbox"/> Riscos Tecnológicos
	Classificação segundo a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)	

Nº QUESITO	QUESITOS	PONTUAÇÕES
4.2	A Carta Geotécnica de Suscetibilidade, Aptidão à Urbanização e Risco consta no Plano Diretor? Art. 42-A, §1º, §2º e §3º, da Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001.	Sim – 00 Não – -50 (perde 50 pontos) Não se aplica o Plano Diretor para o município – 00



CARTA DE SUSCETIBILIDADE



Fonte: http://www.ipt.br/publicacoes/tecnicas/livros_e_capitulos/62-guia_cartas_geotecnicas:_orientacoes_basicas_aos_municipios.htm

Tipos de CGs requeridas pela PNPDEC:

Área do município
(urbana + rural)



Carta de suscetibilidade
escala 1:25.000

Zona urbana e de
expansão urbana



Carta de aptidão
à urbanização
escala 1:10.000 ou maior

Núcleos/setores
urbanos



Carta de risco
escala 1:2.000 ou maior

Fonte: IPT (2015), baseado em Fell et al. (2008), Diniz (2012), Sobreira e Souza (2012) e outros, bem como em discussões de vários encontros técnicos deflagrados no âmbito do **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais** – PNGRRDN (2012).

PROCESSOS

Carta de suscetibilidade a MGM e inundações: processos considerados

I- Movimentos gravitacionais de massa (MGM)

Deslizamento
(*landslide*)



Rastejo
(*creep*)



Corrida de massa
(*debris flow*)



Queda de rocha
(*rock fall*)



II- Processos hidrológicos

Inundação (*river flooding, coastal flooding*)



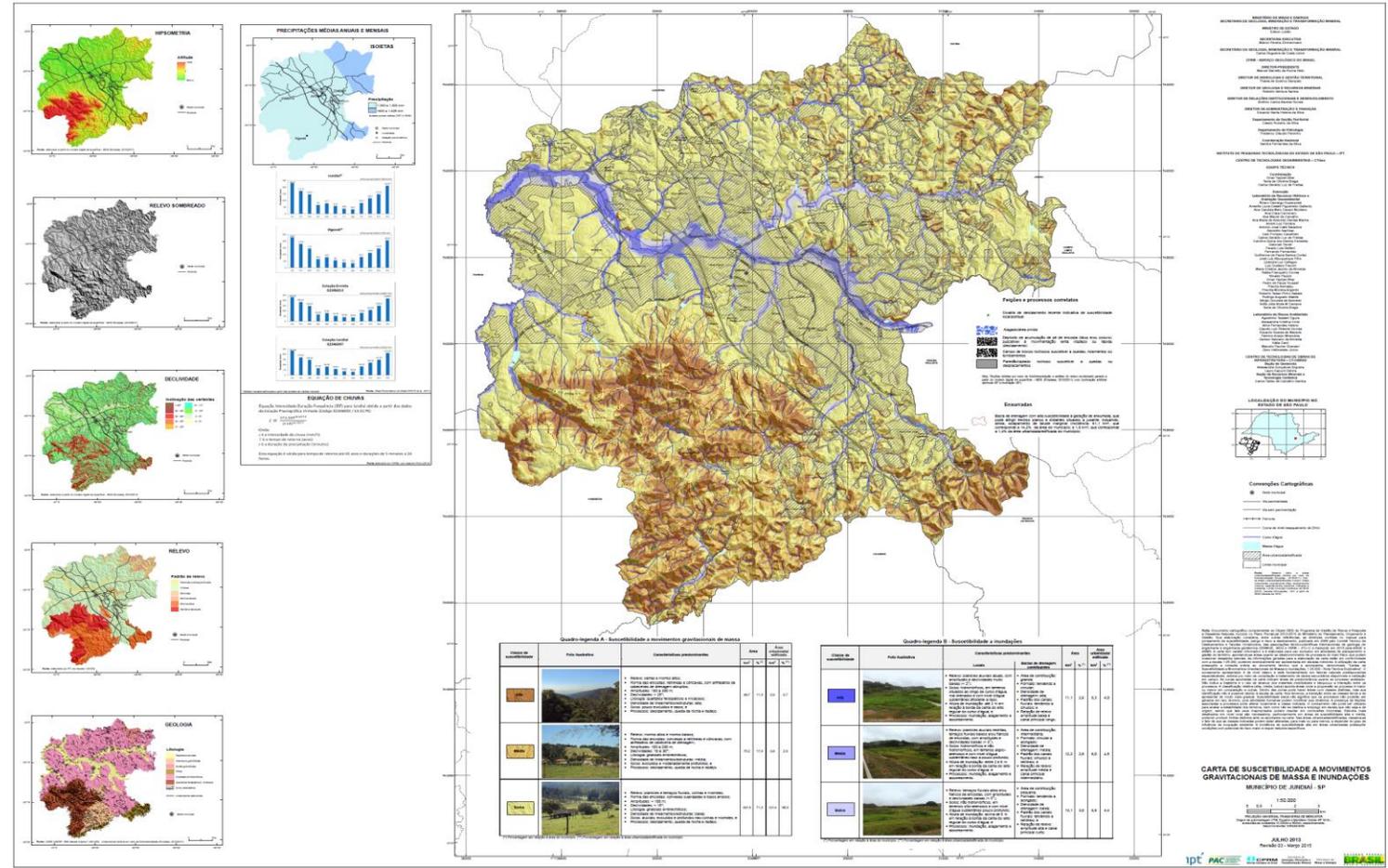
Enxurrada (*flash flood*)



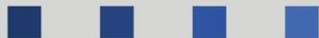
O QUE CONTÉM A CARTA?



Fonte: IPT/CPRM, 2014.

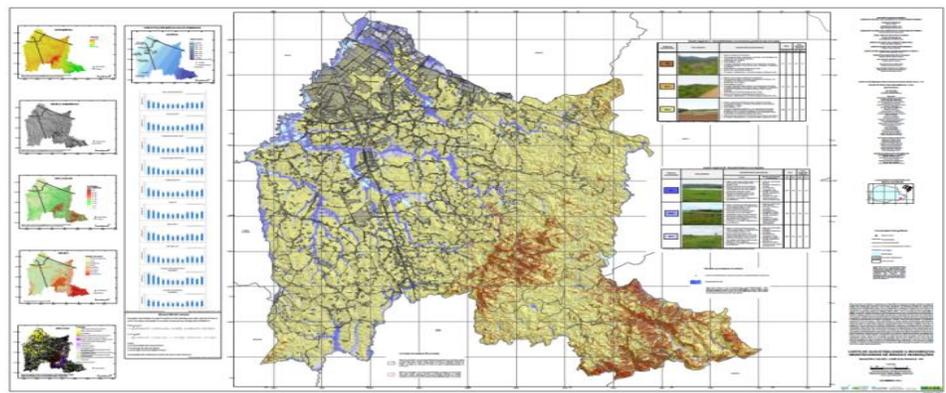


Fonte: IPT, 2015 (Disponível em <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15200>. Acesso: jul.2023).

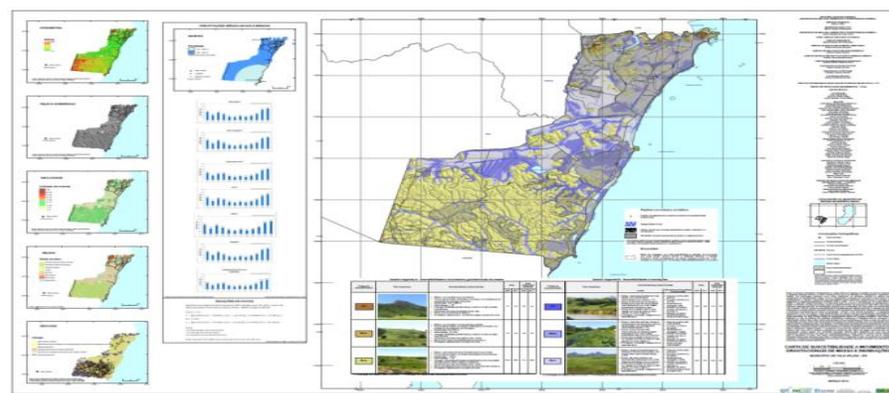


UNIVERSALIDADE

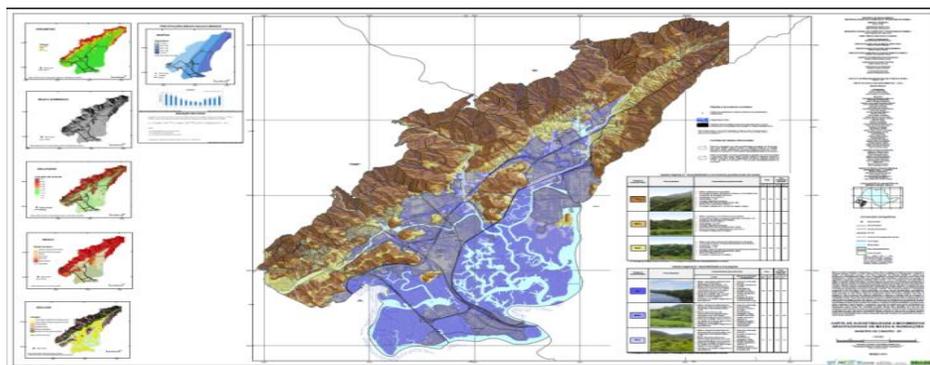
Comparabilidade entre os municípios



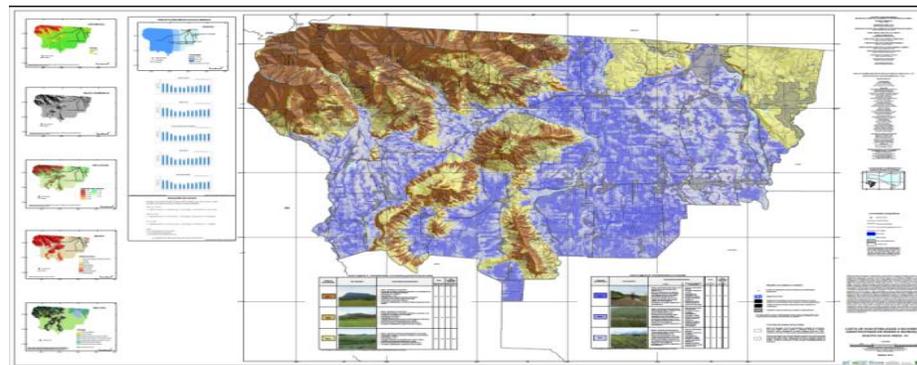
S.J. dos Pinhais (PR)



Vila Velha (ES)



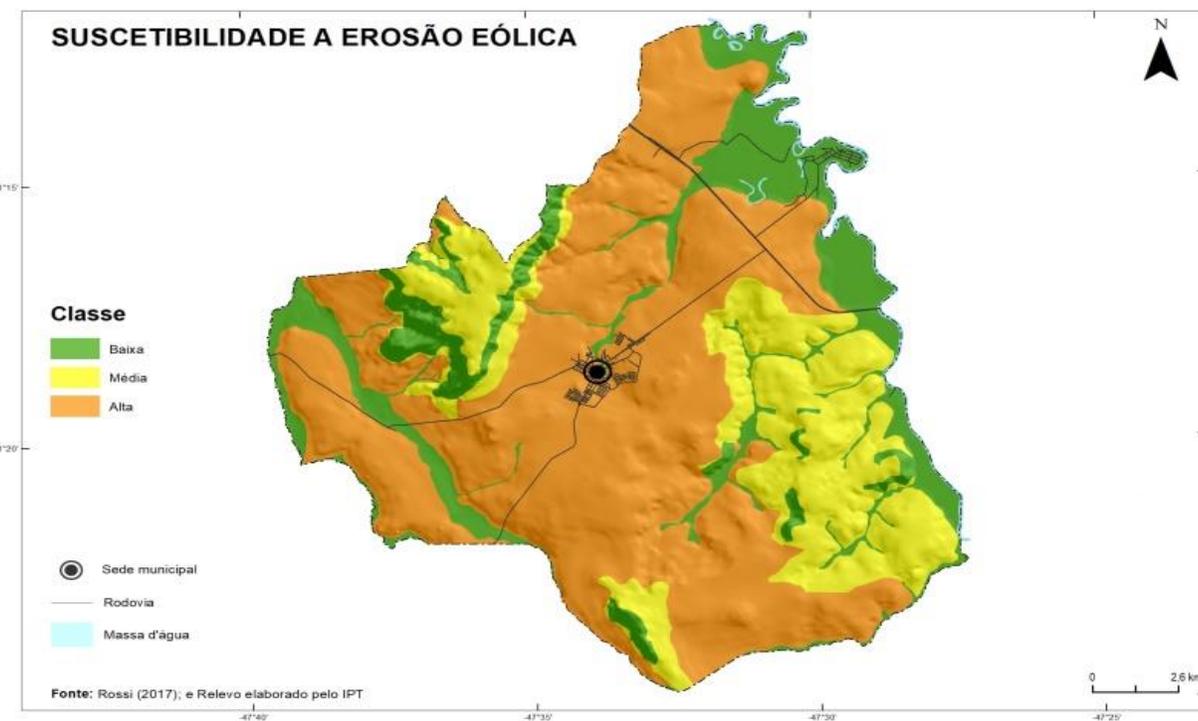
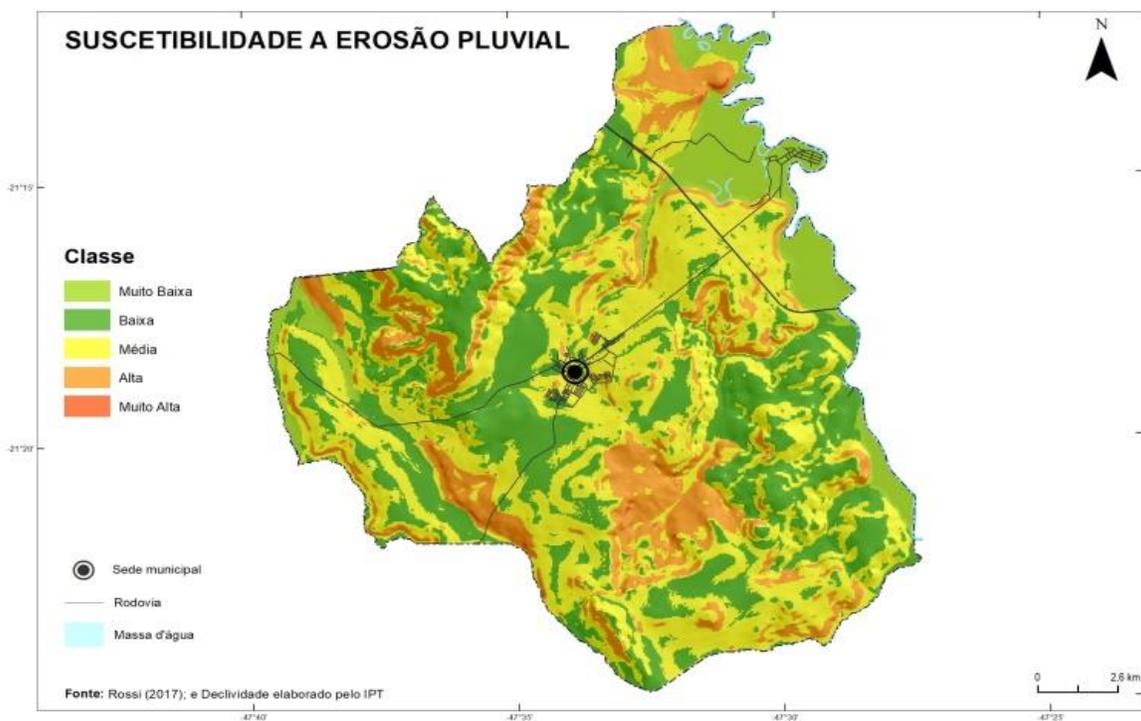
Cubatão (SP)



Nova Veneza (SC)

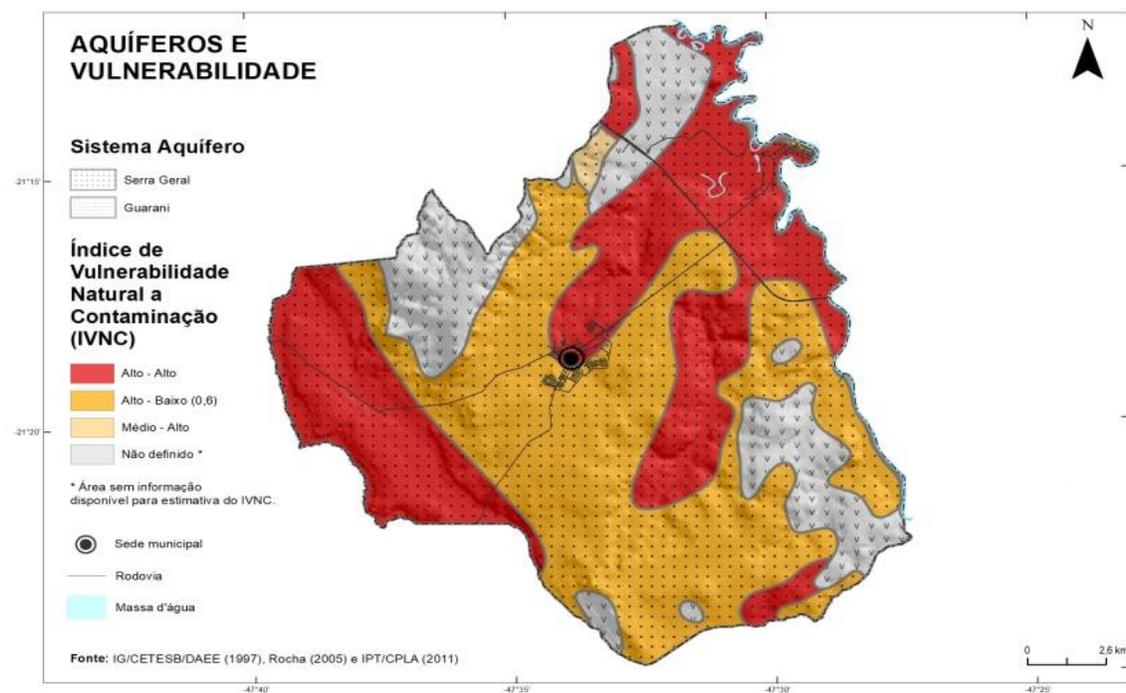
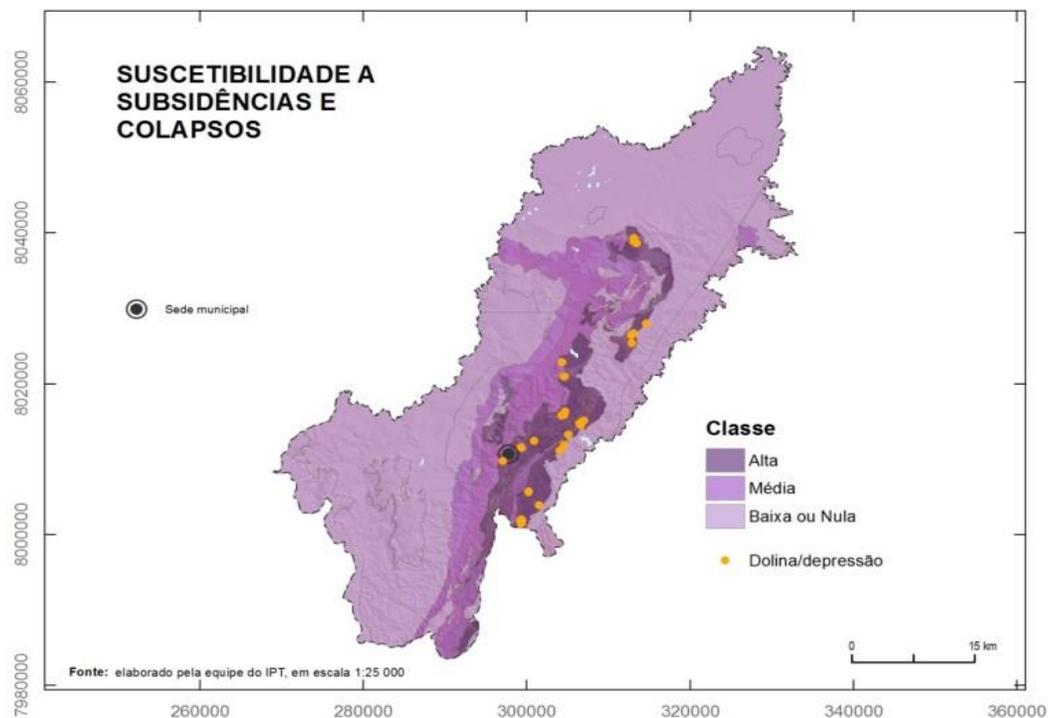
OUTROS PROCESSOS

Outros processos que podem ser incluídos



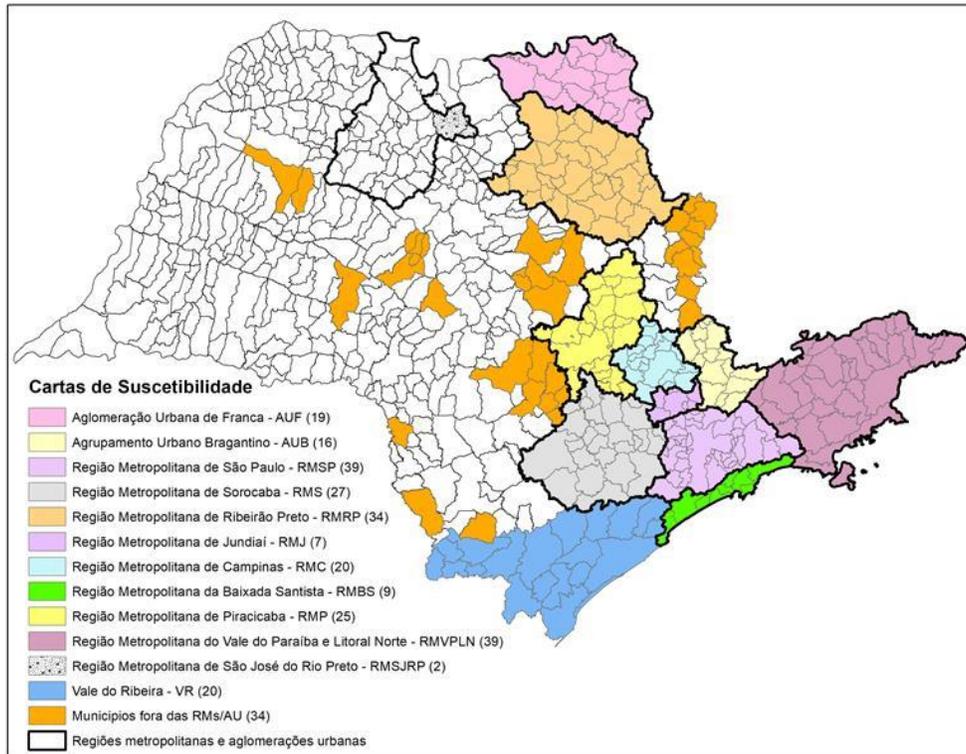
OUTROS PROCESSOS

Outros processos que podem ser incluídos



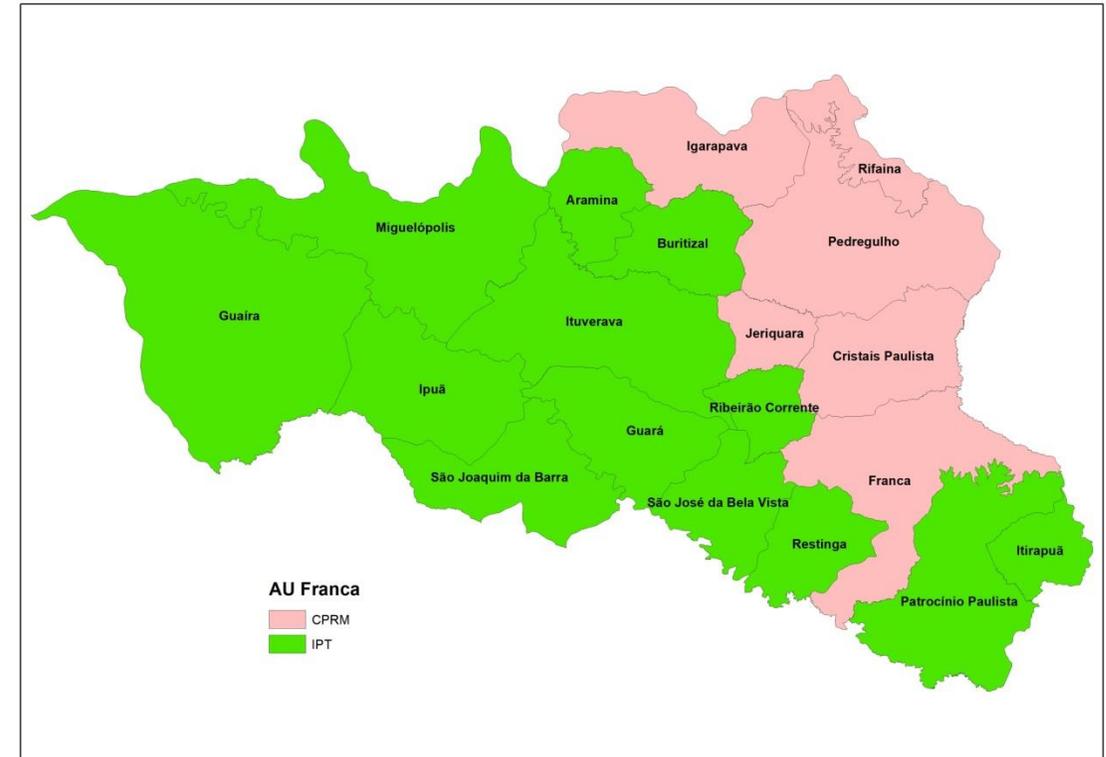
CARTAS PRODUZIDAS

Estado de São Paulo



291 municípios - IPT e SGB (2013 a 2024)

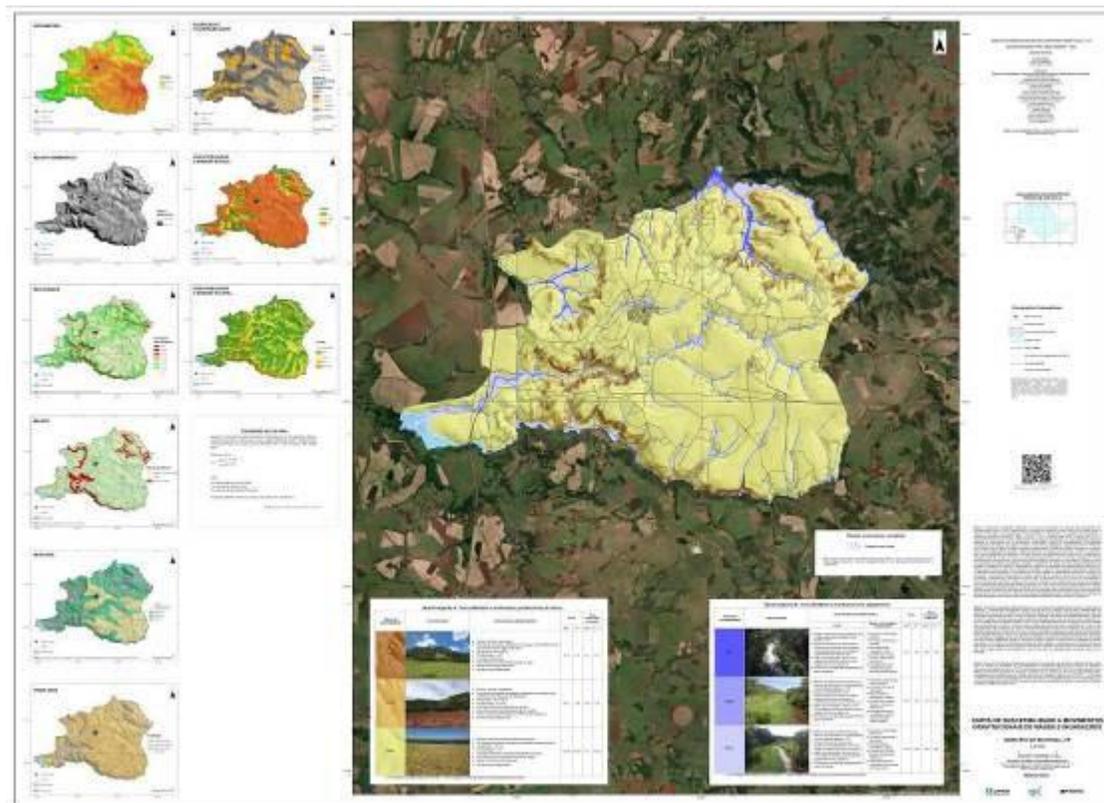
Aglomeração Urbana de Franca



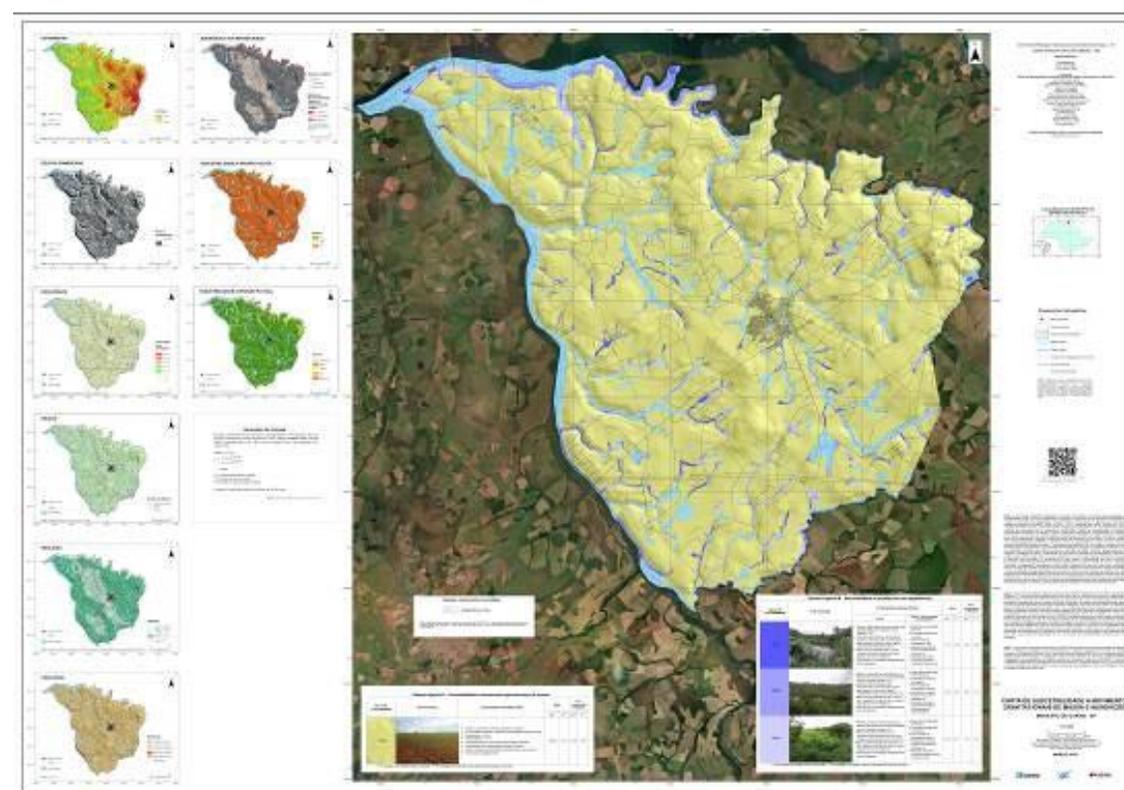
13 municípios - IPT (2024)

CARTAS PRODUZIDAS EM 2024

Aglomeramento Urbano de Franca



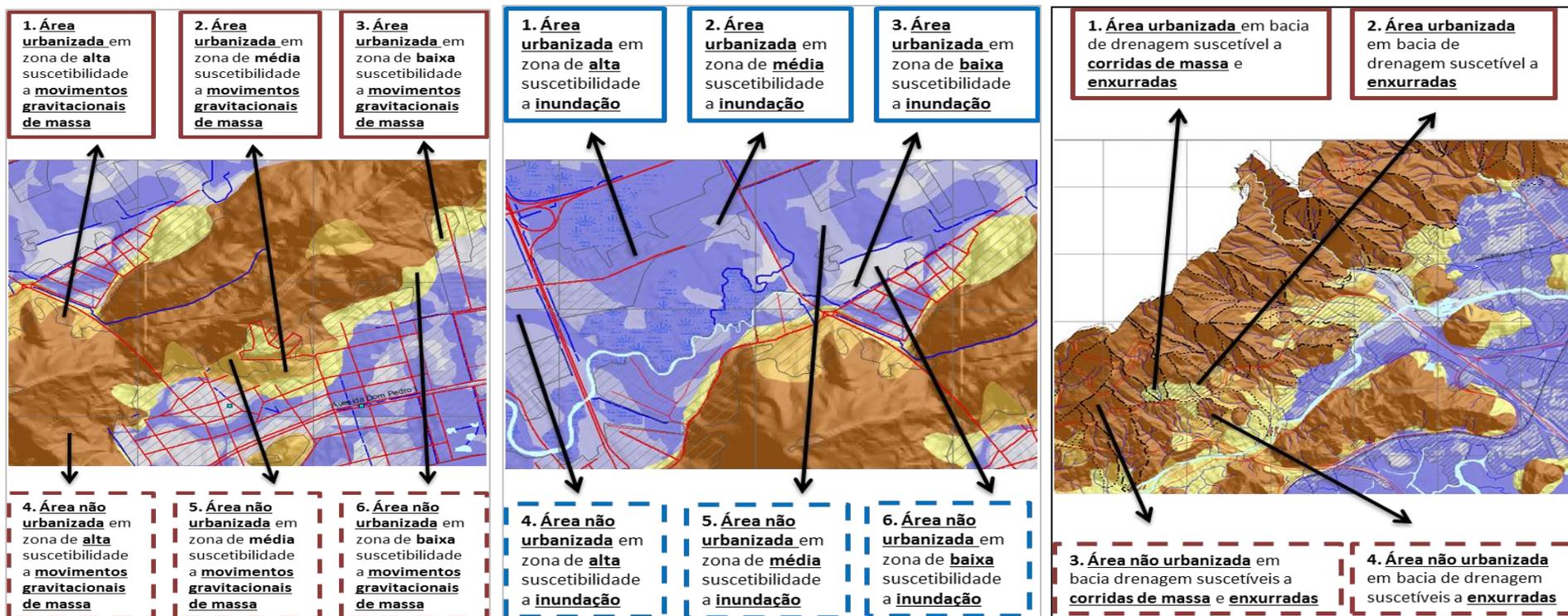
Buritizal/SP (2025)



Guaíra/SP (2025)

APLICAÇÃO DA CSMGI NO PLANEJAMENTO

Aplicações no planejamento territorial e gestão de riscos



• Em **áreas não urbanizadas**, evitar a ocupação e proteger zonas mais suscetíveis para não gerar novas áreas de risco.

• Em **áreas urbanizadas**, orientar análises de perigo e risco em escala de detalhe, avaliando as vulnerabilidades socioambientais e as medidas de mitigação.

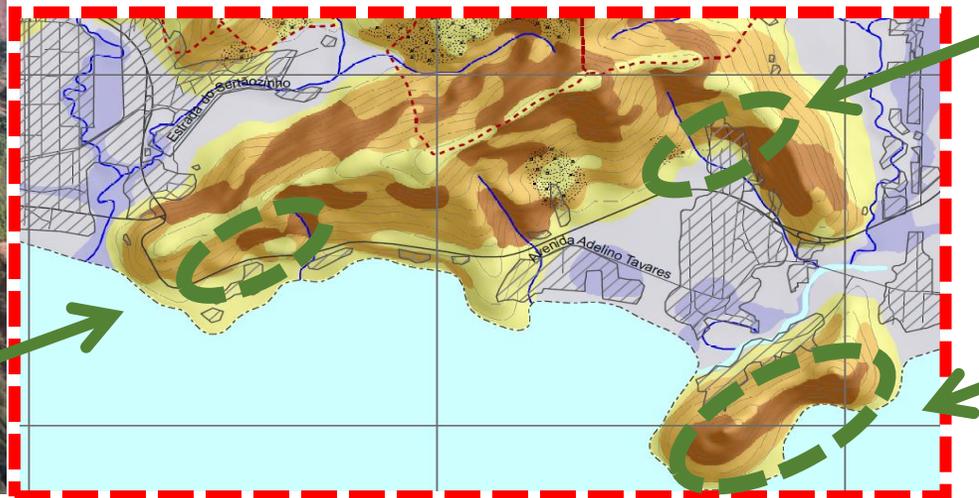
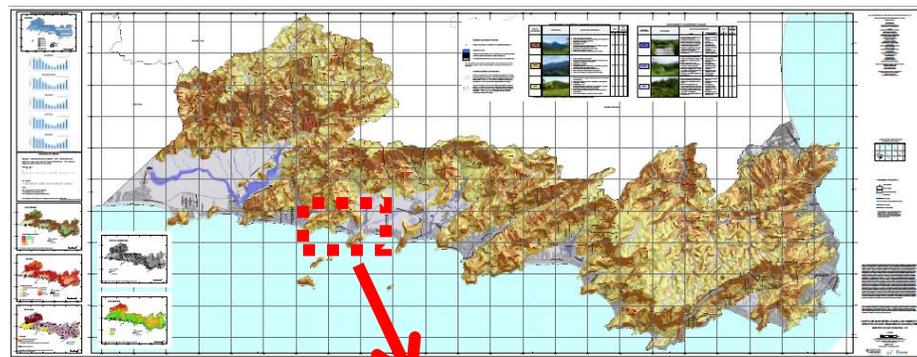


CONFIRMAÇÃO DOS PROCESSOS

BR 101 - Juquehy/Praia Preta - São Sebastião/SP - 19fev2023



Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações de Sebastião/SP - 2017



Vila Sahy e morro Sahy/Baleia – São Sebastião/SP – 19fev2023



CARTA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO - CGAU



Fonte: http://www.ipt.br/publicacoes/tecnicas/livros_e_capitulos/62-guia_cartas_geotecnicas:_orientacoes_basicas_aos_municipios.htm

Tipos de CGs requeridas pela PNPDEC:

Área do município
(urbana + rural)



Carta de suscetibilidade
escala 1:25.000

Zona urbana e de
expansão urbana



Carta de aptidão
à urbanização
escala 1:10.000 ou maior

Núcleos/setores
urbanos



Carta de risco
escala 1:2.000 ou maior

Fonte: IPT (2015), baseado em Fell et al. (2008), Diniz (2012), Sobreira e Souza (2012) e outros, bem como em discussões de vários encontros técnicos deflagrados no âmbito do **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais** – PNGRRDN (2012).

ROTEIRO METODOLÓGICO - CGAU



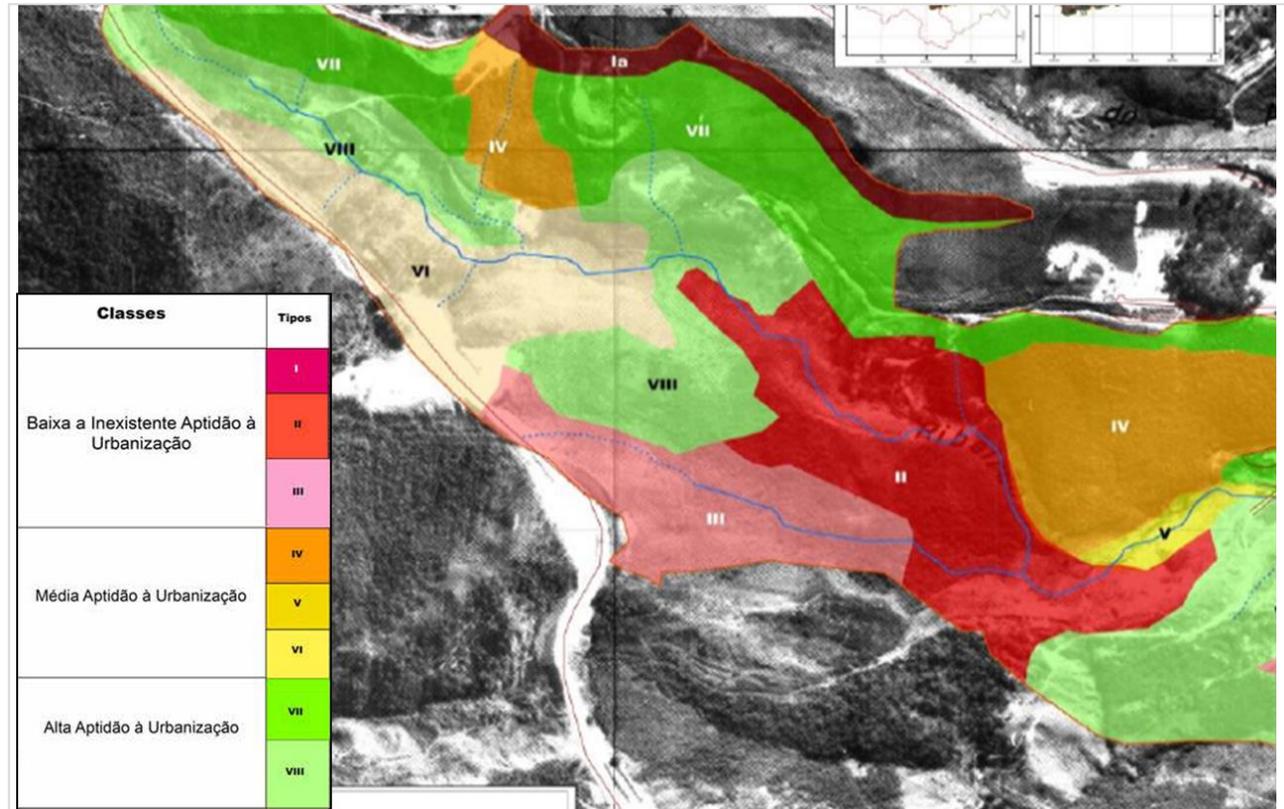
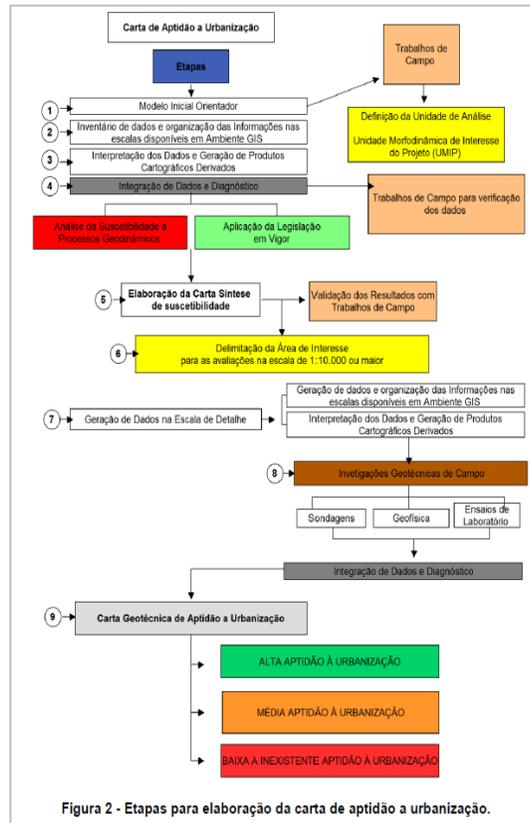
MINISTÉRIO DAS CIDADES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

RELATÓRIO 4

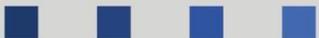
GUIA PARA ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE AOS DESASTRES NATURAIS

 OURO PRETO – DEZEMBRO DE 2013



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

(Fonte: Sobreira e Souza, 2013 – MCidades/UFOP)



ROTEIRO METODOLÓGICO - CGAU



Figura - Sequência simplificada de atividades para elaboração da CGAU frente aos desastres, conforme adotada pelo MCidades. **Fonte:** Batista et al. (2015).



ROTEIRO METODOLÓGICO - CGAU

1. Identificação de processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis

- Enchente, inundação e alagamento
- Deslizamento
- Queda de rocha
- Enxurrada
- Solapamento de talude marginal
- Erosão pluvial
- Assoreamento
- Rastejo
- Recalque (solo mole; bloco / matacão no subsolo)
- Corrida de massa / fluxo de detritos
- Expansividade do solo e desagregação superficial
- Subsidência e colapso do solo
- Outros



2. Mapeamento de características e fatores predisponentes em relação aos processos

- **Relevo:** padrões, hipsometria, declividade, amplitude e perfil de encosta;
- **Geologia:** estratigrafia, litologia e estruturas;
- **Solo:** intemperismo, solos residuais (eluviais e saprolíticos) maduros e jovens e solos transportados/coluviais;
- **Hidrologia:** pluviometria, morfometria de bacias de drenagem e escoamento superficial; e
- **Água subterrânea:** sistema aquífero e vulnerabilidade a poluição/contaminação.



3. Análise da interação entre suscetibilidades aos processos e fatores de indução/deflagração

- Caracterização das suscetibilidades aos processos identificados, em razão de fatores predisponentes;
- Caracterização de fatores de indução / deflagração de processos (pluviometria, uso e ocupação do solo, infraestrutura, mineração);
- Correlação de dados e informações e identificação preliminar de unidades geotécnicas (interpretação do comportamento geotécnico face à urbanização);
- Análise da interação provável entre suscetibilidades específicas e fatores de indução / deflagração, para agrupamento de unidades similares, conforme predominância na escala de trabalho;
- Verificação da distribuição territorial de ocorrências pretéritas associadas a processos e validação das unidades; e
- Definição das unidades geotécnicas (classes).

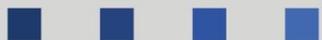


4. Zoneamento geotécnico e elaboração de diretrizes e recomendações à ocupação

- Geração do zoneamento geotécnico (distribuição das classes no território);
- Caracterização das unidades geotécnicas (características do meio físico; e processos predominantes, atuantes e/ou prováveis);
- Análise de potencialidades e limitações do meio físico: aspectos favoráveis e desfavoráveis ante fatores de indução/deflagração dos processos;
- Classificação das unidades geotécnicas quanto à aptidão geral à ocupação do solo; e
- Elaboração de diretrizes e recomendações gerais à ocupação do solo (considerando áreas não ocupadas e áreas ocupadas; e ensaios geotécnicos aplicáveis) e aproveitamento de agregados para construção civil.

Obs.: para a etapa 1, deve-se reunir e analisar dados de ocorrências registradas pela Prefeitura.

Fonte: IPT/PMSP (2024)

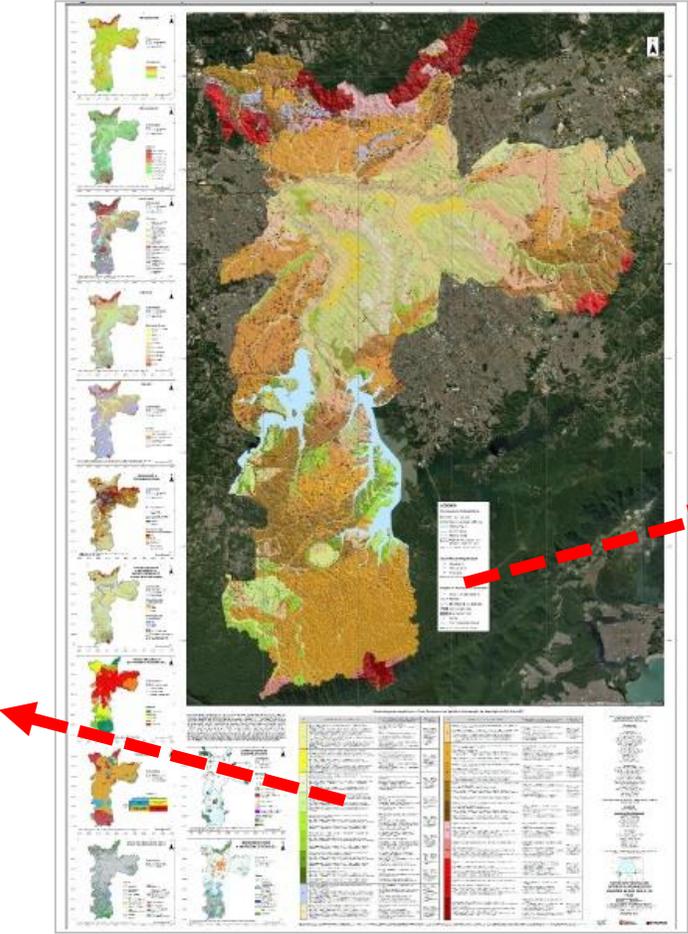


QUE CONTÉM A CGAU?

Quadro-legenda simplificado - Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de São Paulo/SP

US	Características do meio físico predominantes	Processos geomorfológicos e hidroclimáticos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)	Aptidão geotécnica à urbanização
I	<ul style="list-style-type: none"> Relevo planícies aluviais e terrços fluviais baixos, com amplitudes até 15 m e declividades até 5°; Geologia: sedimentos aluviais inconsolidados com espessura variada, contendo areias, argilas e cascalhos; e substrato constituído por maciços de rochas cristalinas diversas e/ou maciços sedimentares (Formação São Paulo e Formação Resende); Solo: solos de acumulação sedimentar, variando entre hidromorfolos (solos compressíveis) em planícies aluviais situadas a longo de cursos hídricos e hidromorfolos e não hidromorfolos em terrços fluviais baixos; Água subterrânea: nível estático próximo à base, com oscilações sazonais em planícies aluviais e variável entre raso e pouco profundo em terrços fluviais baixos; e pouco profundo e muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino e/ou sedimentar). 	<ul style="list-style-type: none"> Inundação e alagamento periódicos; Erosão, erosão fluvial e assoreamento de taludes marginais; Assoreamento; Risco por sobrecarga e adensamento de solos compressíveis sob cargas em obras e aterros sobrepostos e/ou recalques de nível d'água subterrâneo; Alargamento por movimentos gravitacionais de massa perigosos em áreas a montante; e Poluição/contaminação de solos e águas subterrâneas por efluentes e resíduos. 	Áreas em contato de planícies aluviais e terrços fluviais altos e de sedimentos aluviais inconsolidados, geralmente naptas até à base aluvial.
II	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: terrços fluviais altos, com amplitudes até 20 m e declividades até 5°; Geologia: sedimentos aluviais inconsolidados, contendo areias, argilas e cascalhos; e substrato constituído por maciços cristalinos diversos e/ou sedimentares (Formação São Paulo e Resende); Solo: solos de acumulação sedimentar, variando entre hidromorfolos (solos compressíveis) e não hidromorfolos em terrenos de planícies/terrços altos e não hidromorfolos em terrços fluviais altos; Água subterrânea: nível estático raso, com oscilações sazonais em planícies/terrços altos e variável entre raso e pouco profundo em terrços fluviais altos; e pouco profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino e/ou sedimentar). 	<ul style="list-style-type: none"> Inundação e alagamento eventuais; Risco por sobrecarga e adensamento de solos compressíveis sob cargas em obras e aterros sobrepostos e/ou recalques de nível d'água subterrâneo; Alargamento por movimentos gravitacionais de massa perigosos em áreas a montante; e Poluição/contaminação de solos e águas subterrâneas por efluentes e resíduos. 	Áreas em contato de terrços fluviais altos e de sedimentos aluviais inconsolidados, geralmente de média aptidão.
III	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: colinas, com amplitudes entre 40 m a 70 m e declividades < 5°; Geologia: arenitos grossos e conglomerados, silteos e argilosos (Formação São Paulo - argilas vermelhas e variegadas); Solo: solos residuais maduros (aluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços sedimentares; e Água subterrânea: nível estático pouco profundo a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero sedimentar). 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa e Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos; Baixa suscetibilidade a deslizamento; Desagregação superficial e/ou empastamento do solo em taludes de corte (solos expandidos); e Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas. 	Áreas em contato de colinas, litologia de arenitos, silteos e argilosos e solos maduros, geralmente de alta aptidão.
IV	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: colinas, com amplitudes entre 40 m a 70 m e declividades entre 5° a 10°; Geologia: arenitos grossos e conglomerados, silteos e argilosos (Formação Resende - argilas vermelhas); Solo: solos residuais maduros (aluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços sedimentares; e Água subterrânea: nível estático pouco profundo a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero sedimentar). 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa e Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos; Desagregação superficial e/ou empastamento do solo em taludes de corte (solos expandidos); e Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas. 	Áreas em contato de colinas, litologia de arenitos e argilosos e solos maduros, geralmente de alta aptidão.
V	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: colinas, com amplitudes entre 40 m a 70 m e declividades entre 5° a 10°; Geologia: granitos e granitóides; Solo: solos residuais maduros (aluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; Água subterrânea: nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino). 	<ul style="list-style-type: none"> Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de solos, ravinas e bogueiros; Baixa suscetibilidade a deslizamento; Queda de rocha (bloco inmerso no solo e/ou aferrante), em encostas naturais e taludes de corte; e Recalques diferenciais pela ocorrência de bioconstruções rochosas no subsolo. 	Áreas em contato de colinas, litologia de granitos e granitóides e solos maduros, geralmente de média aptidão.
VI	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: colinas, com amplitudes entre 40 m e 70 m e declividades entre 5° a 10°; Geologia: granites e migmatitos; Solo: solos residuais maduros (aluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; Água subterrânea: nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino). 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa suscetibilidade a deslizamento; Queda de rocha (bloco inmerso no solo e/ou aferrante), em encostas naturais e taludes de corte; e Recalques diferenciais pela ocorrência de bioconstruções rochosas no subsolo. 	Áreas em contato de colinas, litologia de granites e migmatitos e solos maduros, geralmente de alta aptidão.
VII	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: colinas, com amplitudes entre 40 m a 70 m e declividades entre 5° a 10°; Geologia: siltos micáceos, vixtos quartzitos e quartzos e vixtos micáceos; Solo: solos residuais maduros (aluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; Água subterrânea: nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino). 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa e Média suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de solos, ravinas e bogueiros; Baixa suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e Queda de rocha (bloco inmerso no solo e/ou aferrante), em encostas naturais e taludes de corte. 	Áreas em contato de colinas, litologia de siltos e argilosos e solos maduros, geralmente de média aptidão.
VIII	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: colinas, com amplitudes entre 40 m a 70 m e declividades < 5°; Geologia: filitos, metabasitos e metatulvulbasitos; Solo: solos residuais maduros (aluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; Água subterrânea: nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino). 	<ul style="list-style-type: none"> Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos; Baixa suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e Queda de rocha (bloco inmerso no solo e/ou aferrante), em encostas naturais e taludes de corte. 	Áreas em contato de colinas, litologia de filitos e metabasitos e solos maduros, geralmente de média aptidão.
IX	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: colinas, com amplitudes entre 40 m e 70 m e declividades entre 5° a 10°; Geologia: metabasitos; Solo: solos residuais maduros (aluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de metabasitos, com formação de cavidades no subsolo; Água subterrânea: nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino). 	<ul style="list-style-type: none"> Média e Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos; Média e Alta suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e Queda de rocha (bloco inmerso no solo e/ou aferrante), em encostas naturais e taludes de corte. 	Áreas em contato de colinas, litologia de metabasitos e solos maduros, geralmente de média aptidão.
X	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: colinas, com amplitudes entre 60 m e 80 m e declividades entre 5° a 10°; Geologia: arenitos grossos e conglomerados, silteos e argilosos; Solo: solos residuais maduros (aluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços sedimentares; e Água subterrânea: nível estático pouco profundo a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino). 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa e Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos; Baixa suscetibilidade a deslizamento; Desagregação superficial e/ou empastamento do solo em taludes de corte (solos expandidos); e Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas. 	Áreas em contato de colinas, litologia de arenitos, silteos e argilosos e solos maduros, geralmente de alta aptidão.

Obs.: as informações apresentadas neste Quadro-legenda simplificado referem-se às características do meio físico e processos geomorfológicos e hidroclimáticos predominantes em cada US, assim como quanto à classificação geral em termos de aptidão geotécnica à urbanização. Dados complementares e diretrizes e recomendações gerais ao uso e ocupação do solo em cada US estão contidos no Apêndice A do Guia de Utilização, documento que se constitui como parte integrante desta Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização. Siglas: US - Unidade Geotécnica; NAS - Nível d'água subterrâneo; MGM - Movimentos gravitacionais de massa, que compreendem deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrimo de massa.



LEGENDA

Convenções Cartográficas

- Limite municipal
- ▨ Área urbanizada/edificada
- Massa d'água
- Curso d'água
- Sistema viário
- ▭ Área de estudo para fins de setorização de risco

Fonte: IPT (2015a), adaptado; e São Paulo (Cidade), 2023.

Ocorrências Registradas

- Alagamento
- Deslizamento
- Inundação

Fonte: São Paulo (Cidade), 2018, 2023b.

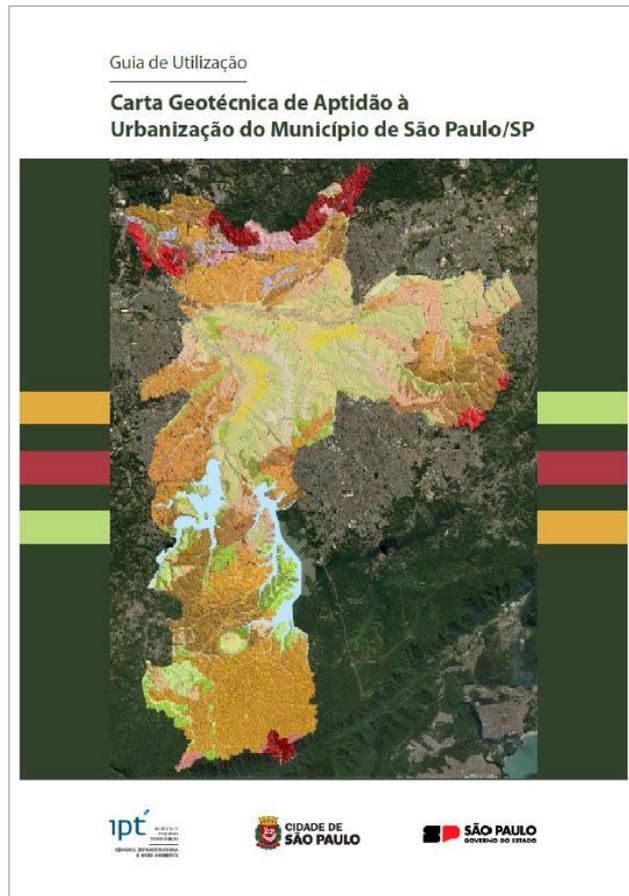
Feições e Processos Correlatos

- ▲ Cicatriz de deslizamento
- Alagado
- Depósitos de acumulação
- Campo de blocos
- Paredão rochoso
- Carste
- ▨ Solo mole/compressível

Fonte: IPT (2015a); São Paulo (Cidade), 1994, 2023b.

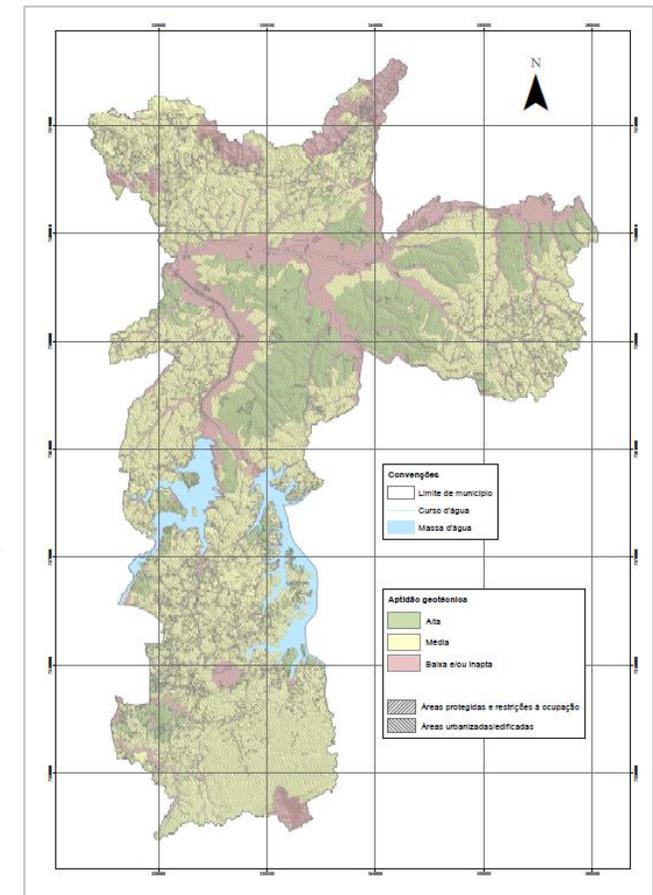
Fonte: IPT/PMSP (2024)

O QUE CONTÉM A CGAU?



SUMÁRIO

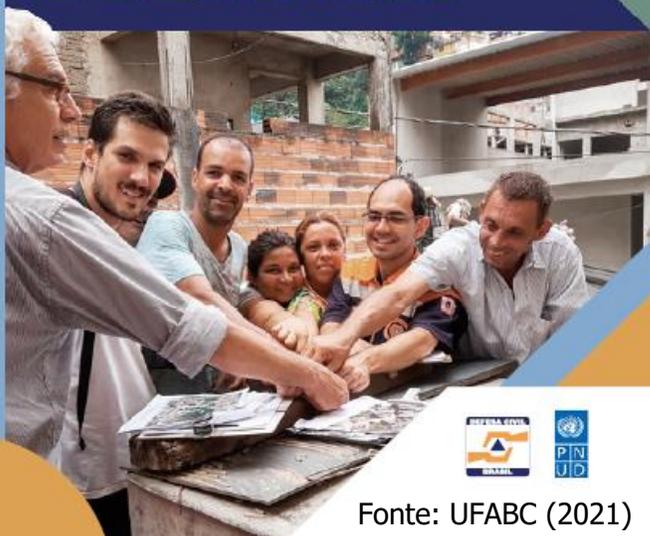
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. ÁREA CARTOGRAFADA E ESCALA	2
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	3
5. PRODUTOS GERADOS	6
6. MAPAS TEMÁTICOS INTERMEDIÁRIOS	8
6.1 Hipsometria	9
6.2 Declividade	10
6.3 Geologia	11
6.4 Relevo	12
6.5 Solos	13
6.6 Aquíferos e vulnerabilidade a poluição/contaminação	14
6.7 Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações	15
6.8 Suscetibilidade a escoamento superficial	16
6.9 Tendência pluviométrica	17
6.10 Uso e ocupação do solo	18
6.11 Agregados para construção civil	19
6.12 Áreas protegidas e restrições à ocupação	20
7. ZONEAMENTO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	21
8. ENSAIOS GEOTÉCNICOS APLICÁVEIS	24
9. CARTA SÍNTESE DE APTIDÃO GEOTÉCNICA	25
10. UTILIZAÇÃO DA CGAU-MSP NO PLANEJAMENTO	28
11. LIMITAÇÕES AO USO DA CGAU-MSP	31
12. CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	35
APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	37
APÊNDICE B – ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO LOCACIONAL PRÉVIA	78
APÊNDICE C – GLOSSÁRIO	83
APÊNDICE D – ILUSTRAÇÕES DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	89



Fonte: IPT/PMSP (2024)

APLICAÇÃO – DA CGAU

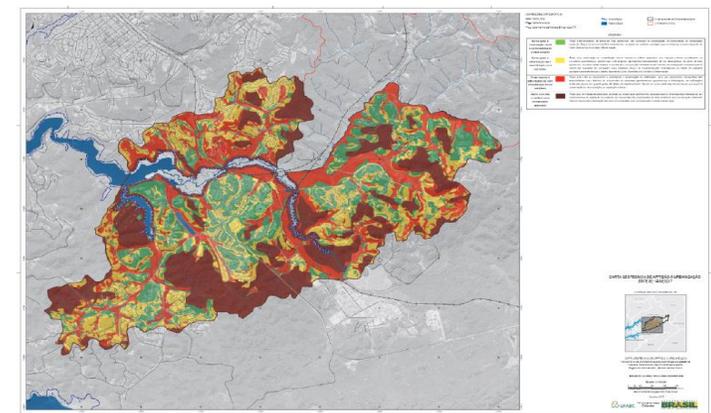
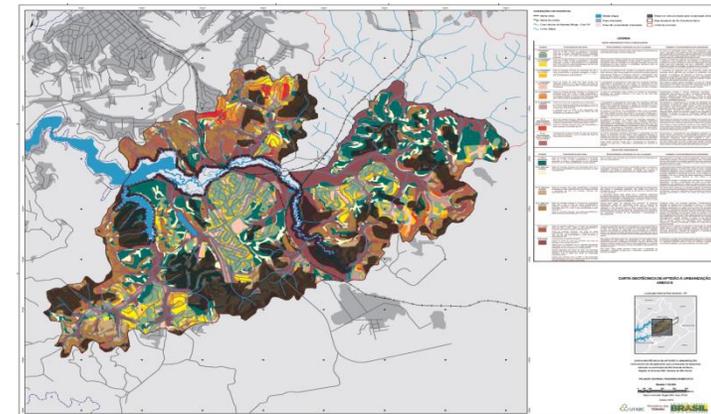
GIRD+10 CADERNO TÉCNICO DE GESTÃO INTEGRADA DE RISCOS E DESASTRES



Fonte: UFABC (2021)

A CGAU é elaborada na Escala 1:10.000 e tem como foco o Planejamento Urbano e o Plano Diretor, pois:

- fornece diretrizes e indicação de áreas adequadas ao uso urbano, preferencialmente não ocupadas ou em processo de expansão, de acordo com a área de interesse definida pelo município (CANIL et al. 2018);
- apresenta classes de aptidão alta, média e baixa;
- classifica os terrenos em unidades geotécnicas ou unidades de aptidão (caracterização; potencialidades e limitações; e diretrizes para ocupação);
- avalia potencialidades e limitações dos terrenos para a ocupação em relação às situações de riscos e desastres;
- indica diretrizes para a ocupação de acordo com as normas e respeitando os níveis de restrição (grau de aptidão). Considera desde as recomendações mais simples até a exigência de estudos geotécnicos específicos;
- faz as recomendações gerais para subsidiar o Plano Diretor Municipal, projetos de regularização fundiária, estudos de impacto ambiental, pagamento por serviços ambientais; definição de macrozoneamentos; entre outros.



3. TIPOS DE CARTAS REQUERIDAS - RISCO



Fonte: http://www.ipt.br/publicacoes/tecnicas/livros_e_capitulos/62-guia_cartas_geotecnicas:_orientacoes_basicas_aos_municipios.htm

Tipos de CGs requeridas pela PNPDEC:

Área do município
(urbana + rural)



Carta de suscetibilidade
escala 1:25.000

Zona urbana e de
expansão urbana



Carta de aptidão
à urbanização
escala 1:10.000 ou maior

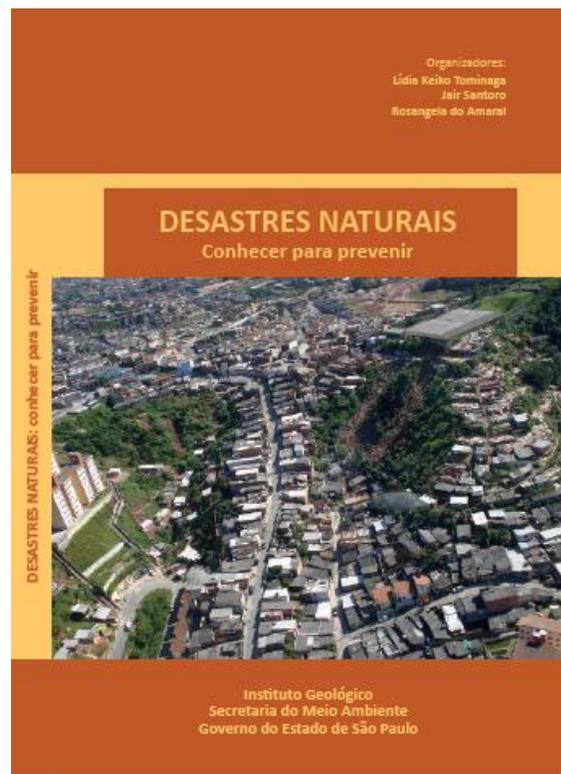
Núcleos/setores
urbanos



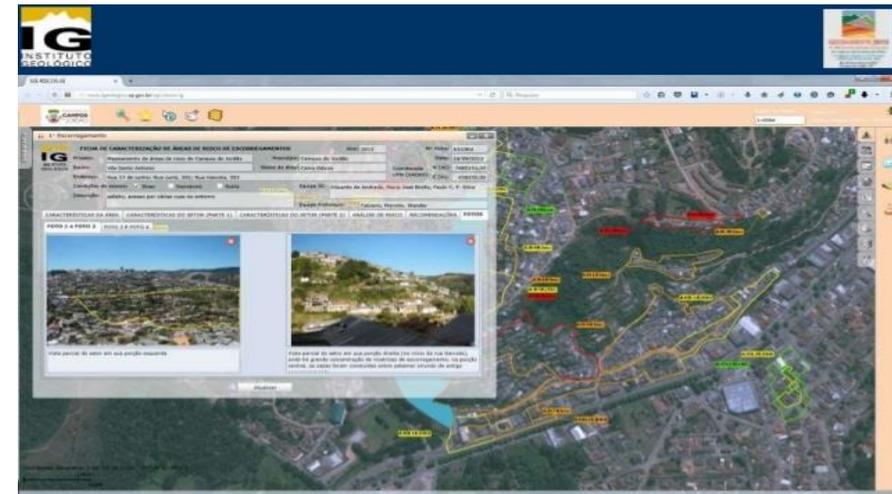
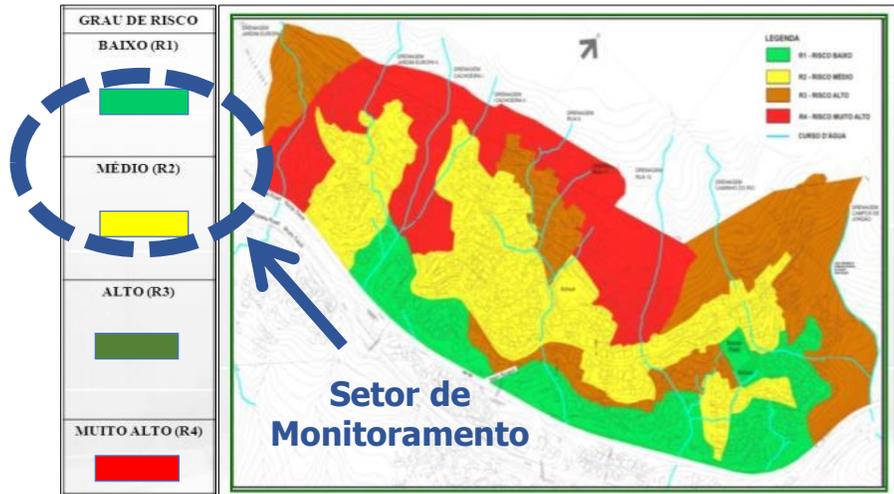
Carta de risco
escala 1:2.000 ou maior

Fonte: IPT (2015), baseado em Fell et al. (2008), Diniz (2012), Sobreira e Souza (2012) e outros, bem como em discussões de vários encontros técnicos deflagrados no âmbito do **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais** – PNGRRDN (2012).

ROTEIROS METODOLÓGICOS

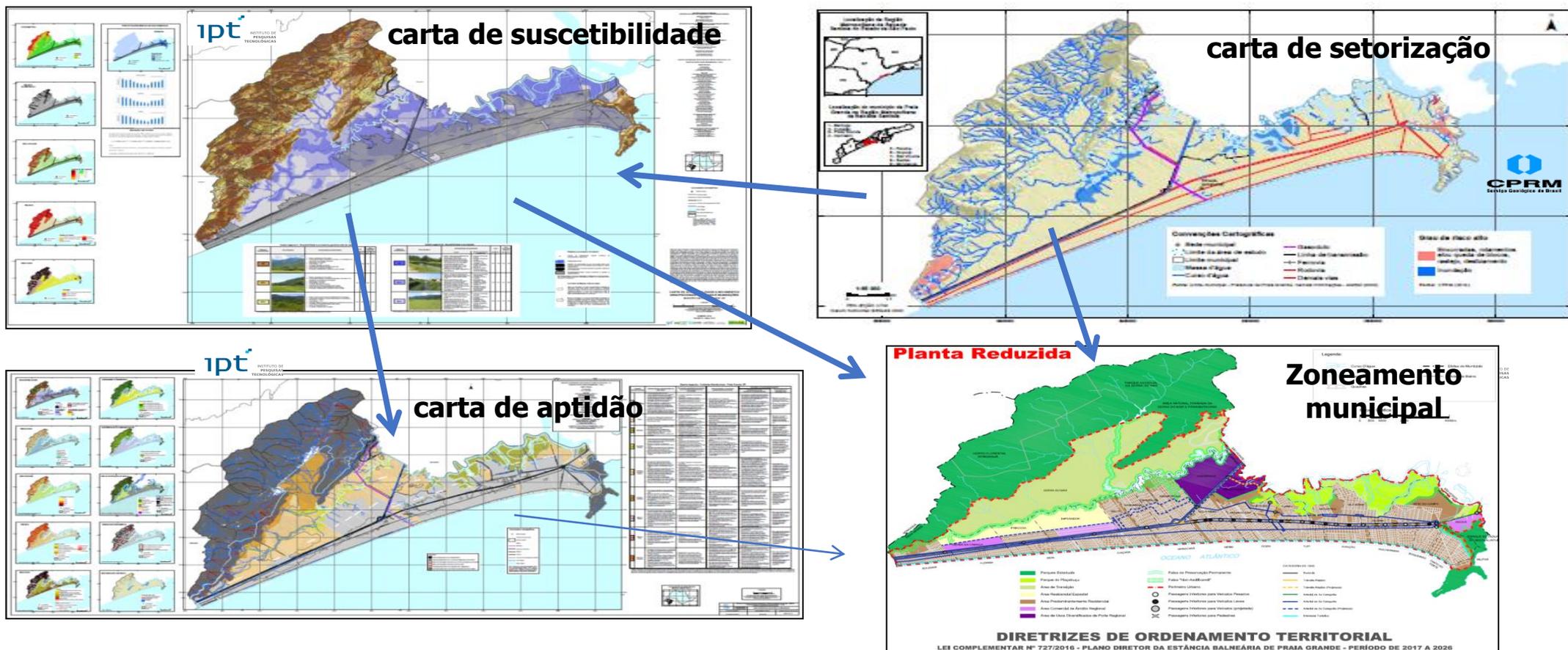


CARTA GEOTÉCNICA DE RISCO

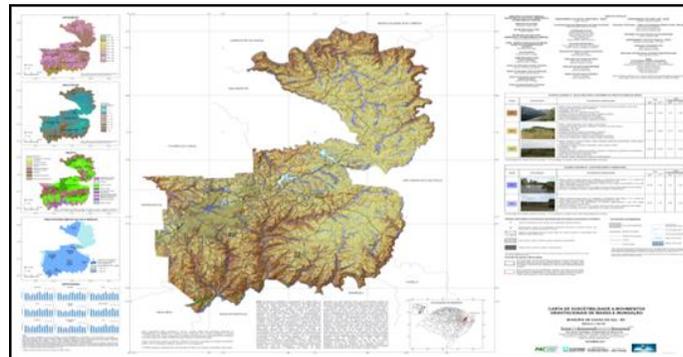
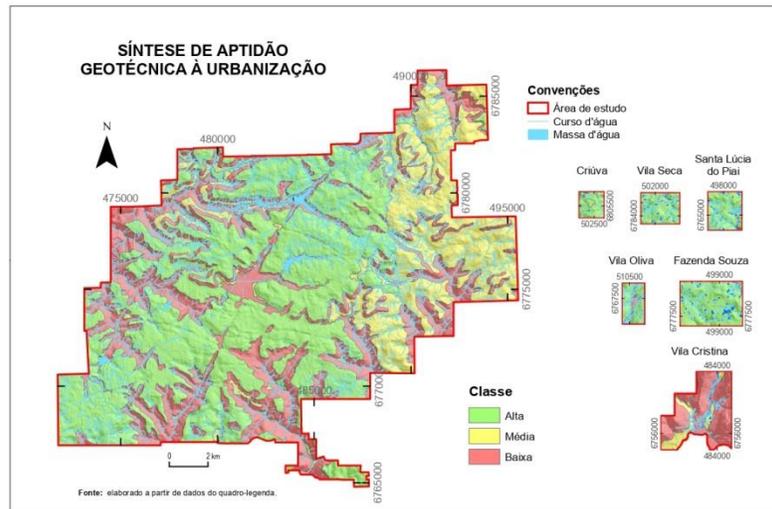
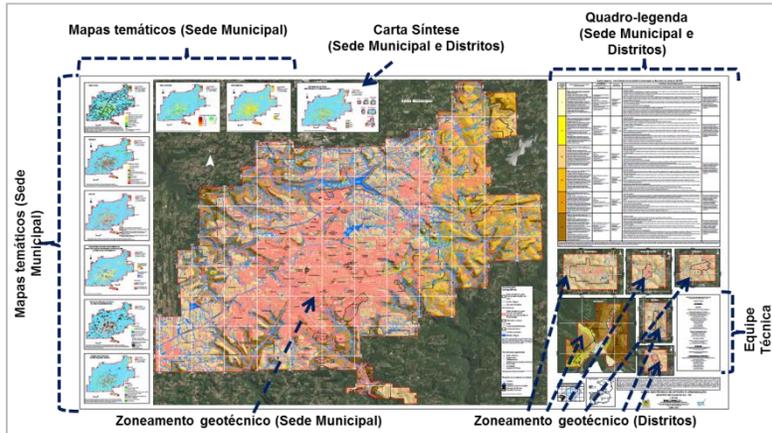


USO INTEGRADO – PRAIA GRANDE

Integração dos três tipos de CGs na revisão do PDM de Praia Grande/SP - 2016

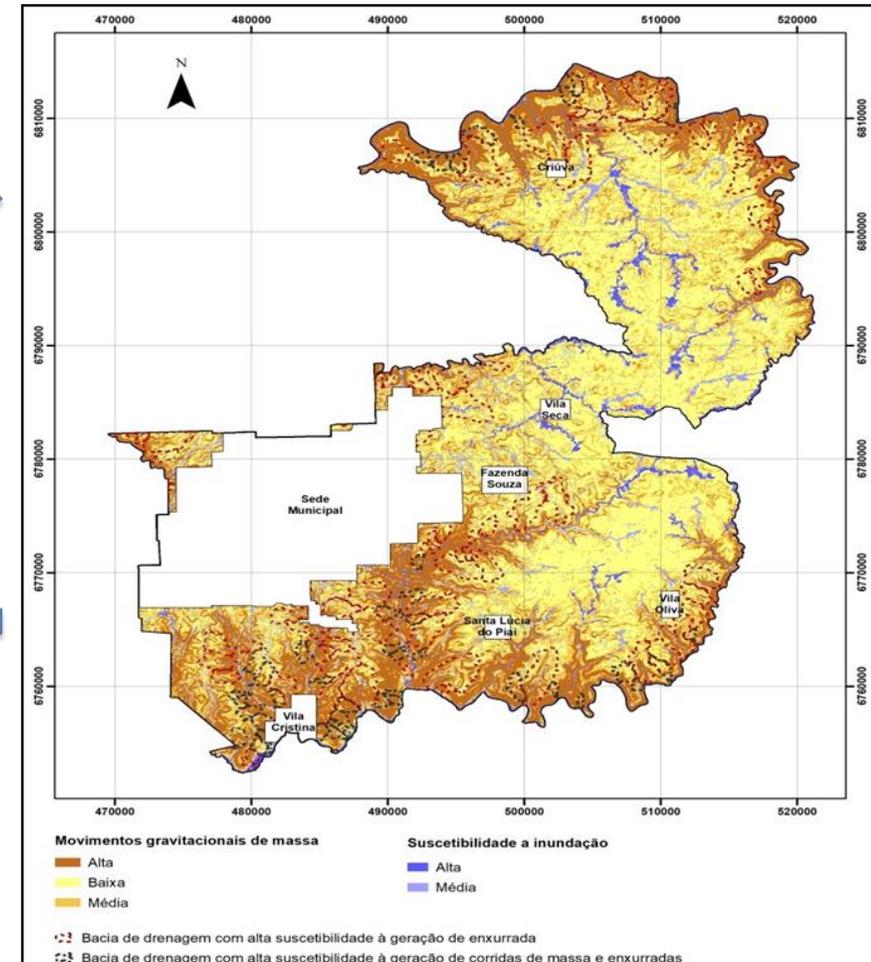


USO INTEGRADO – CAXIAS DO SUL



Processo	Classe	Diretrizes e recomendações gerais	
		Área não urbanizada/edificada	Área urbanizada/edificada
Movimentos gravitacionais de massa (deslizamento, rastejo e queda de blocos)	Alta	<ul style="list-style-type: none"> Não ocupar. Ocupação para usos não residenciais pode ser viável localmente, mediante avaliação geológico-geotécnica detalhada em nível avançado. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar perigos e evidências de instabilização em terrenos; e Elaborar carta de setorização de risco e plano de gestão.
	Média	<ul style="list-style-type: none"> Ocupação pode ser viável localmente, preferencialmente para usos não residenciais, mediante avaliação geológico-geotécnica detalhada em nível intermediário. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar perigos e evidências de instabilização em terrenos; e Onde necessário, elaborar carta de setorização de risco e plano de gestão.
	Baixa ou Nula	<ul style="list-style-type: none"> Ocupação tende a ser viável mediante práticas geotécnicas convencionais e avaliação em nível básico. 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliar influência da ocupação na suscetibilidade dos terrenos; e, onde necessário, identificar perigos e gerir riscos.
Inundação e/ou atagamento	Alta	<ul style="list-style-type: none"> Não ocupar. Ocupação para usos não residenciais pode ser viável localmente, mediante avaliação hidrologico-hidráulica detalhada em nível avançado. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar perigos e evidências de atingimento de terrenos pelas águas de cheia e extravasamento; e Elaborar carta de setorização de risco e plano de gestão.
	Média	<ul style="list-style-type: none"> Ocupação pode ser viável localmente, preferencialmente para usos não residenciais, mediante avaliação hidrologico-hidráulica detalhada em nível intermediário. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar perigos e evidências de atingimento de terrenos pelas águas de cheia e extravasamento; e Onde necessário, elaborar carta de setorização de risco e plano de gestão.
Enxurrada	Alta	<ul style="list-style-type: none"> Não ocupar na bacia de drenagem e a jusante do exutório. Ocupação pode ser viável localmente, para usos não residenciais, mediante mapeamento detalhado da provável evolução do processo e identificação de setores não passíveis de atingimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar perigos e evidências de atingimento de terrenos, no interior da bacia de drenagem e a jusante do exutório; e Onde necessário, realizar mapeamento detalhado da provável evolução do processo e elaborar carta de setorização de risco e plano de gestão.
	Alta	<ul style="list-style-type: none"> Não ocupar na bacia de drenagem e a jusante do exutório. Ocupação pode ser viável localmente, para usos não residenciais, mediante mapeamento detalhado da provável evolução do processo e identificação de setores não passíveis de atingimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar perigos e evidências de atingimento de terrenos, no interior da bacia de drenagem e a jusante do exutório; e Onde necessário, realizar mapeamento detalhado da provável evolução do processo e elaborar carta de setorização de risco e plano de gestão.
Corrida de massa e/ou enxurrada	Alta	<ul style="list-style-type: none"> Não ocupar na bacia de drenagem e a jusante do exutório. Ocupação pode ser viável localmente, para usos não residenciais, mediante mapeamento detalhado da provável evolução do processo e identificação de setores não passíveis de atingimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar perigos e evidências de atingimento de terrenos, no interior da bacia de drenagem e a jusante do exutório; e Onde necessário, realizar mapeamento detalhado da provável evolução do processo e elaborar carta de setorização de risco e plano de gestão.
	Alta	<ul style="list-style-type: none"> Não ocupar na bacia de drenagem e a jusante do exutório. Ocupação pode ser viável localmente, para usos não residenciais, mediante mapeamento detalhado da provável evolução do processo e identificação de setores não passíveis de atingimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar perigos e evidências de atingimento de terrenos, no interior da bacia de drenagem e a jusante do exutório; e Onde necessário, realizar mapeamento detalhado da provável evolução do processo e elaborar carta de setorização de risco e plano de gestão.

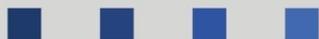
Fonte: IPT, elaborado com base em dados e informações de CPRM (2017).



Movimentos gravitacionais de massa
 Alta (orange), Média (yellow), Baixa (green)

Suscetibilidade a inundação
 Alta (blue), Média (light blue)

☼ Bacia de drenagem com alta suscetibilidade à geração de enxurrada
 ☼ Bacia de drenagem com alta suscetibilidade à geração de corridas de massa e enxurradas



USO INTEGRADO – ANGRA DOS REIS

CGs



MEDIDAS	EXECUÇÃO/ ELABORAÇÃO	ANO DE EXECUÇÃO/ ELABORAÇÃO	RECURSO
NÃO ESTRUTURAIS*			
Carta de Suscetibilidade	CPRM – Serviço Geológico Federal	2014	Federal
Carta de Aptidão Urbana	DRM – Serviço Geológico Estadual	2015	Estadual
Carta de Risco	Município	2014	Municipal
Plano Diretor/Lei de Zoneamento	Município	2009**	Municipal
Plano de Contingência	Município	Atualização anual	Municipal
Plano de Ações	Município	2014	Municipal
ESTRUTURAIS***			
Obras de Contenção	Contratadas	Início 2010/2011	Federal e Municipal

Quadro 1: Medidas pós-desastre 2009/2010 em Angra dos Reis

Fonte: Moura (2018)

Melhor prevenir

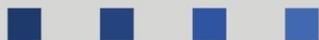
Olhares e saberes para a redução de risco de desastre

Samia N. Sulaiman e Pedro R. Jacobi [orgs.]



SÍNTESE

- As cartas geotécnicas são instrumentos fundamentais para **planejamento territorial e gestão integrada** de riscos e desastres, visando **reduzir os atuais e evitar** a criação de novos;
- Elas são **requeridas** hoje de maneira direta e indireta pela **legislação federal** (PNPDEC, EC, Lei Lehmann e Lei de obtenção de recurso); e
- Há **programas federais e estaduais** para fomentar sua elaboração, bem como iniciativas por parte de municípios



SÍNTESE

Gestão Integrada de Riscos e Desastres (GIRD) e a potencial contribuição da **Cartografia Geotécnica**

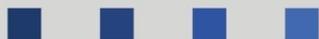
Art. 4º da Lei 12.608/2012: "São diretrizes da PNPDEC: ... II - abordagem sistêmica das ações de *prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação* ..."

	Ação estratégica	Objetivo primordial (ante a PNPDEC e o Acordo de Sendai)
Antes	1. Prevenção	Evitar a criação de novos riscos
	2. Mitigação	Reduzir riscos existentes
	3. Preparação	Implantar sistema de alerta e mobilização, organizando a estrutura e o funcionamento da <i>Resposta</i> a executar em operações de emergência/contingência
Depois	4. Resposta	Proteger vidas/bens e restabelecer serviços essenciais ante a ocorrência de eventos que resultam em perdas e danos relevantes e em desastres
	5. Recuperação	Reconstruir a infraestrutura e reabilitar as dinâmicas socioambiental e econômica afetadas

- **Carta de suscetibilidade**, base ao planejamento territorial/urbano e à **Prevenção** de riscos/desastres. Pode auxiliar na **Mitigação**, indicando áreas ocupadas para fins de análise de perigo e risco;
- **Carta de aptidão à urbanização**, contendo diretrizes e recomendações de **Prevenção**, para segurança do uso e ocupação do solo;
- Ambas podem contribuir na **Recuperação** (alternativas locais para realocação); e
- **Carta de setorização de risco**, base para **Mitigação** local. Tende a auxiliar também na **Prevenção** (controle), **Preparação** (alerta), **Resposta** (risco pós-evento) e **Recuperação** (reconstrução no local).

DISPONIBILIZAÇÃO

- **Datageo-SEMIL/SP:** <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>
- **Defesa Civil Estadual/SP – CEPDEC/SP:** <https://www.defesacivil.sp.gov.br/instrumentos-de-identificacao-de-riscos/>
- **Idesp/Emplasa (hoje c/ IGC/SP):** <http://www.idesp.sp.gov.br/>
- **Plataforma IPT Municípios/SCTI:** <https://municipios.ipt.br/>
- **Plataforma de Gestão de Riscos (IG, atual IPA/SEMIL):** <https://www.infraestrurameioambiente.sp.gov.br/ipa/>
- **Serviço Geológico do Brasil (SGB):** <https://www.sgb.gov.br/nossos-produtos?aba=#collapse-gestaoterritorialeprevencaodedesastres>



AGRADECIMENTOS

- **Datageo-SEMIL/SP**
- **Defesa Civil Estadual – CEPDEC/SP**
- **Instituto Geológico (atual IPA) – SEMIL/SP**
- **Prefeituras e defesas civis dos municípios**
- **Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação - SCTI/SP**
- **Serviço Geológico do Brasil (SGB)**
- **Universidades parceiras (SP e BRA)**

- **ABGE**
- **Febrageo**
- **SBGeo**
- **Sigesp**

Grato pela atenção!

lgfaccini@ipt.br

omar@ipt.br

