

## CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO: INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO PARA PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS NO MUNICÍPIO DE ITAPECERICA DA SERRA, SP

Fernando Rocha Nogueira<sup>1</sup>; Vitor Vieira Vasconcelos<sup>2</sup>; Marcelo Rodrigues da Motta<sup>3</sup>, Leonardo Santos Salles Varallo<sup>4</sup>

**Resumo** – A carta geotécnica de aptidão à urbanização é um novo instrumento para as políticas de planejamento territorial municipal que fornece diretrizes para ocupação do solo frente à susceptibilidade aos desastres. Na Região Metropolitana de São Paulo, diversas cartas foram elaboradas desde a aprovação, em 2012, da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil que criou o instrumento. Este artigo apresenta inovações metodológicas para elaboração dessas cartas, em um cenário de necessária governança entre os atores envolvidos na gestão de risco, a partir do caso do município de Itapecerica da Serra. Do ponto de vista técnico-metodológico, empregou-se o modelo Shalstab (Shallow Slope Stability) para avaliar a susceptibilidade a eventos geodinâmicos. Zonas úmidas foram configuradas utilizando o modelo HAND (Height to the nearest drainage), mapeamento de planícies fluviais e a proximidade de encostas côncavas. Do ponto de vista da gestão do risco foram realizadas diversas atividades envolvendo equipes da prefeitura municipal em um processo de mútuo diálogo, capacitação e empoderamento dos envolvidos nas ações de planejamento e defesa civil municipal e regional.

**Abstract** – The geotechnical map of suitability for urbanization is a new instrument for municipal territorial planning policies, which provides guidelines for land use, in face of susceptibility to disasters. In the Metropolitan Region of São Paulo, various maps were developed since the promulgation, in 2012, of the National Policy of Civil Protection and Defense, which created this instrument. This paper presents the methodological innovations to develop these maps, in a scenario of necessary governance among the stakeholders involved in risk management, based on the study case of the municipality of Itapecerica da Serra. Regarding the technical-methodological framework, the Shalstab (Shallow Slope Stability) model was used to evaluate the susceptibility to geodynamic events. Wet zones were delimited using the HAND (Height to the Nearest Drainage) model, mapping the fluvial floodplains and the proximity to concave slopes. Regarding risk management, many activities were carried out to involve teams from the municipal government in a process of mutual dialogue, training and empowerment of the stakeholders involved in activities of municipal and regional planning and civil defense.

**Palavras-Chave** – Carta geotécnica de aptidão à urbanização, Itapecerica da Serra, Gestão de Riscos, Planejamento Territorial e Urbano

---

<sup>1</sup> Professor, Dr., Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas – CECS/ PPGPGT/ LabGRIS – UFABC. Tel 11 33567673. [fernando.nogueira@ufabc.edu.br](mailto:fernando.nogueira@ufabc.edu.br)

<sup>2</sup> Professor, Dr., Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas – CECS/ PPGCTA/ LabGRIS – UFABC. Tel 11 33567673. [vitor.vasconcelos@ufabc.edu.br](mailto:vitor.vasconcelos@ufabc.edu.br)

<sup>3</sup> Geógrafo e Urbanista – Secretaria Municipal de Planejamento e Meio Ambiente – SPMAGU - PMIS – Tel. 11 46689255. [marcelo.motta@itapecerica.sp.gov.br](mailto:marcelo.motta@itapecerica.sp.gov.br)

<sup>4</sup> Engenheiro Ambiental e Urbano – LabGRIS – UFABC. Tel 11 33567673 [leonardovarallo@gmail.com](mailto:leonardovarallo@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

Uma carta geotécnica sintetiza o conhecimento sobre o meio físico e seus processos atuantes (geo) em uma determinada área, de modo a subsidiar o estabelecimento de medidas para a adequada ocupação do solo (técnica). É composta geralmente por uma carta síntese, quadro-legenda e texto explicativo (BITAR, FREITAS & SEPE, 2012).

No artigo 3º da seção em que estabelece suas diretrizes, a Lei Federal nº 12.608, de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC –, aponta que esta deve integrar-se “às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável”. No seu artigo 22, altera o artigo 3º-A da Lei nº 12.340, de 2010, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil, especificando que o Governo Federal instituirá “cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, conforme regulamento”. No parágrafo 2º desse artigo, estabelece um conjunto de obrigações legais para os municípios incluídos nesse cadastro, entre as quais “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”. Em suas disposições finais, altera ainda o artigo 12 da Lei de Parcelamento do Solo Urbano (Lei Federal nº 6.766, de 1979), indicando que, nos municípios inseridos no cadastro nacional, “a aprovação do projeto de que trata o *caput* ficará vinculada ao atendimento dos requisitos constantes da carta geotécnica de aptidão à urbanização”.

Para implementação da PNPDEC, o Ministério das Cidades articulou, junto a um grupo de pesquisadores, a elaboração de um referencial metodológico (COUTINHO, 2013) e estabeleceu convênios com Universidades Federais para aplicação e validação dos procedimentos metodológicos. Nesse sentido, a Universidade Federal do ABC - UFABC, por meio da equipe multidisciplinar de docentes e discentes de graduação e pós-graduação que constitui o Laboratório de Gestão de Riscos – LabGRIS, elaborou, no período 2014 – 2015, Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização dos municípios de São Bernardo do Campo e Rio Grande da Serra, por meio de um Termo de Execução Descentralizada - TED entre o Ministério das Cidades e a UFABC. No ano de 2016, por meio de Convênio com o Consórcio Intermunicipal Grande ABC, foram elaboradas as Cartas Geotécnicas de Santo André e Ribeirão Pires e, como suporte à elaboração do Plano Diretor Regional do ABC, a integração destas com as Cartas de São Bernardo e Rio Grande da Serra e de Mauá (elaborada pela Prefeitura Municipal de Mauá, em 2015, com assessoria técnica do IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo).

O estudo exposto neste artigo fez parte de novo TED entre o Ministério das Cidades e a UFABC para execução de Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização para quatro municípios da Região Metropolitana de São Paulo: Caieiras, Itapevi, Santana do Parnaíba e Itapeverica da Serra. Foca-se na apresentação dos resultados para o município de Itapeverica da Serra. Os resultados para os demais municípios podem ser consultado em Nogueira e Canil (2017).

## 2. O MUNICÍPIO DE ITAPEVERICA DA SERRA: RÁPIDA CARACTERIZAÇÃO GERAL

O município de Itapeverica da Serra localiza-se na porção sudoeste da Região Metropolitana de São Paulo. Seu território fica delimitado entre o reverso da Serra do Mar e a Serra de Paranapiacaba no compartimento geomorfológico do Planalto Atlântico Era originalmente coberto pela Floresta Ombrófila Mista, pertencente ao Bioma da Mata Atlântica. O município encontra-se inserido predominantemente na sub-bacia do rio Embu Mirim, este pertencente à bacia do Alto Tietê, em Área de Proteção e Recuperação de Mananciais – APRM-G (Lei Estadual 12.233/2006). Devido à sua proximidade da cidade de São Paulo (33 km) o município é caracterizado pela função de dormitório, tendo sofrido a partir da década de 1980 um processo de incremento populacional desordenado devido à expansão metropolitana, sobremaneira nas divisas com o município de São Paulo e na região urbana central. Este processo gerou assentamentos irregulares de população nestas porções do território com intensa antropização, com a sistemática perda da cobertura vegetal e consequentes processos erosivos.

### 3. SINTESE DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO

#### 3.1. Pressupostos teórico–metodológicos

Os procedimentos para elaboração das Cartas aqui apresentadas apoiaram-se, principalmente, nos textos produzidos pelo Governo Federal para subsidiar a elaboração das cartas geotécnicas (COUTINHO, 2013). Os autores propõem a elaboração de Cartas Geotécnicas de Aptidão Urbanística frente aos Desastres Naturais para Parcelamento do Solo na escala 1:10.000, tendo meta central “o fornecimento de informações que orientem o parcelamento do solo no processo de uso e ocupação, de forma equilibrada com a condição de suporte do meio físico, evitando-se os riscos e as consequências dos desastres”. Destacam a especial importância destas cartas como referência nos processos de licenciamento de novos projetos de parcelamento dos terrenos, particularmente nos municípios sujeitos a riscos geotécnicos.

Também foi observada a metodologia sugerida por Prandini et al. (1995), adaptada à leitura da compreensão fenomenológica dos processos, aspectos do meio físico (tipo de substrato e comportamento dos materiais/aspectos geotécnicos – solo e rocha; aspectos morfológicos e morfométricos do relevo; dentre outros) e as formas de uso e ocupação do solo, que permitiu o estabelecimento um roteiro metodológico preliminar para o desenvolvimento do projeto, descrito a seguir:

I **Formulação de uma hipótese/modelo inicial orientador:** identificação dos processos geohidrodinâmicos e problemas existentes ou esperados, baseados nas formas de uso e ocupação, nas solicitações e transformações inerentes às tipologias de uso do solo e nos parâmetros geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrológicos, dentre outros que auxiliem na compreensão dos processos estudados. Essa primeira análise do terreno, define uma compartimentação prévia dos problemas esperados;

II. **Análise fenomenológica:** identificação e análise das causas prováveis (naturais e antrópicas) deflagradoras dos processos;

III. **Mapeamento, identificação e caracterização de compartimentos ou unidades homogêneas do terreno:** estabelecimento das principais evidências acessíveis à investigação das características de interesse da área mapeada, definindo critérios de correlação, extrapolação e interpretação dos dados coletados, resultando nas representações espaciais dos elementos ou parâmetros selecionados. Realização de levantamentos de dados, análise de informações, atividades de campo, ensaios laboratoriais e *in situ*, com apoio dos sistemas de informação geográfica para construção de banco de dados e espacialização dos resultados. O produto síntese deve consistir numa compartimentação de unidades homogêneas do terreno, de acordo com a probabilidade de ocorrência dos processos norteadores do estudo, bem como definir as classes de uso e ocupação do solo quanto à aptidão, restrição ou inadequação e respectivas diretrizes para as possíveis intervenções propostas; e

IV. **Representação:** apresentação dos resultados em linguagem acessível ao gestor público. Para tanto é importante e fundamental a participação da equipe técnica da Prefeitura no processo de construção do quadro-legenda.

Ainda foi aqui considerado o referencial constituído pelas cartas geotécnicas já elaboradas e acessíveis (realizadas por várias instituições em Pernambuco, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul) e o debate contínuo sobre aspectos metodológicos e conceituais realizados ao longo deste período, com destaque especial para as discussões promovidas pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - ABGE durante o 9º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, ocorrido em março de 2015 em Cuiabá, o 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, realizado em Bento Gonçalves em outubro de 2015 e o 1º Workshop do Comitê Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, que aconteceu em agosto de 2017, na UFABC.

A metodologia aqui empregada, por fim, é também resultante da experiência acumulada pela equipe de pesquisadores e discentes do Laboratório de Gestão de Riscos – LabGRIS da UFABC na produção de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização desde 2014, que pode ser expressa no roteiro metodológico exposto pela Figura 1.

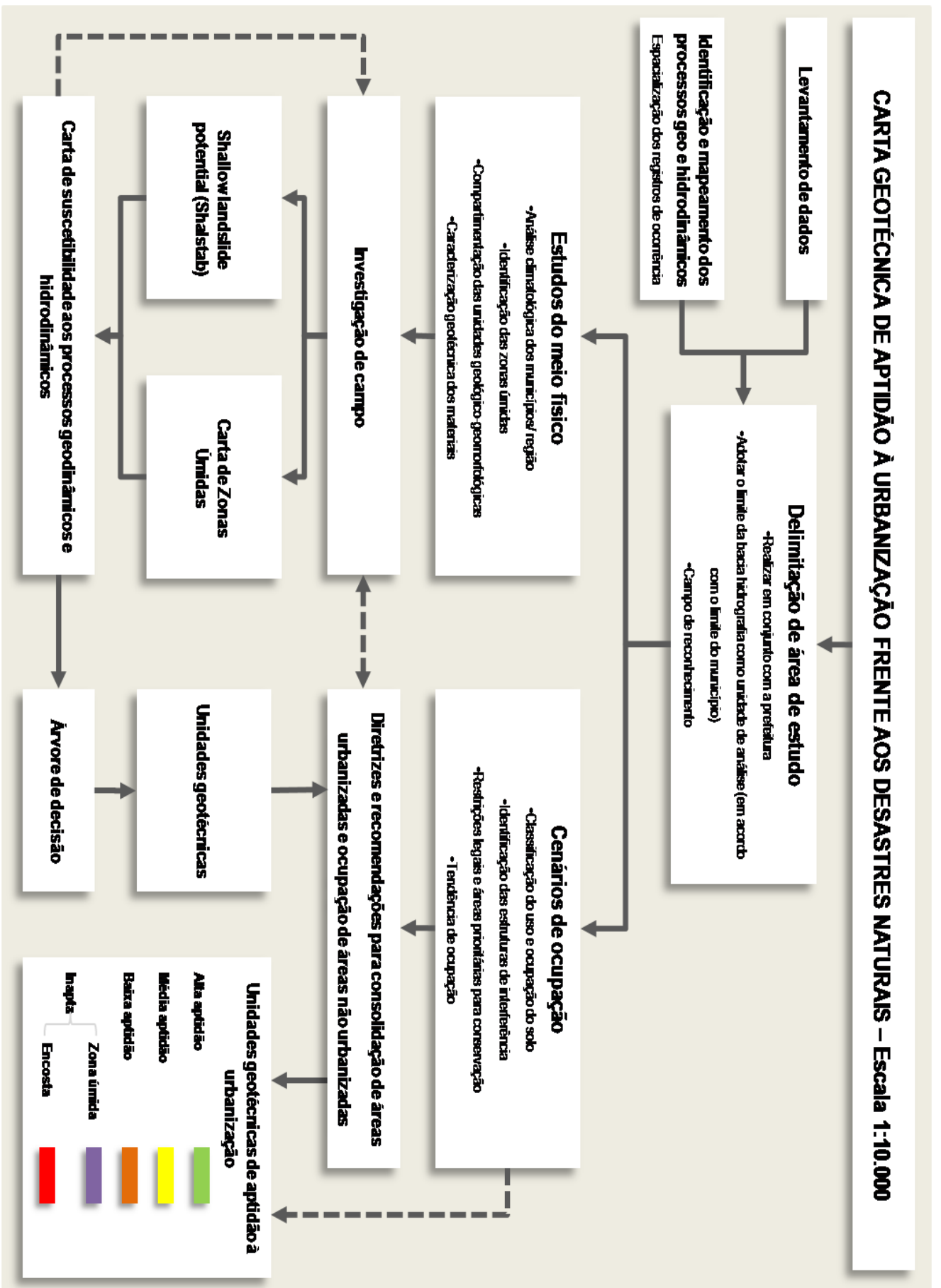


Figura 1. Fluxograma do roteiro metodológico empregado na Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização. Fonte: CANIL & NOGUEIRA, 2017

### 3.2. A participação dos técnicos e gestores municipais

Um dos pressupostos adotado pelo texto de referência (DINIZ & FREITAS, 2013) para orientar os procedimentos metodológicos é que o usuário da carta de aptidão é o planejador urbanista, ou seja, é fundamental a participação da equipe técnica e de gestores da Prefeitura do Município no fornecimento de informações e materiais, no acompanhamento da elaboração integral dos estudos para elaboração da carta, na validação das decisões e dos resultados obtidos. Desde a primeira carta de aptidão, a equipe executora da UFABC vem implementando este procedimento (ver CANIL et al, 2016), buscando a participação e o envolvimento efetivo dos gestores e técnicos locais que atuam nas diversas secretarias municipais (Obras, Meio Ambiente, Habitação, Planejamento, Defesa Civil, dentre outras) em todas as fases do processo: da definição da área de intervenção ao reconhecimento dos principais processos geológico-geotécnico e hidrológicos que atingem o município, até a adequação das legendas e da representação cartográfica. Após a finalização da carta geotécnica, foram realizadas oficinas técnicas para validação dos resultados e capacitação para a utilização desse instrumento no planejamento e gestão integrada do uso e ocupação do solo do município e na gestão de riscos.

### 3.3. Delimitação da área de interesse

Para definir a área de intervenção ou de interesse para a elaboração da carta de aptidão à urbanização, devem-se considerar os limites da área de expansão do município definidos pela legislação municipal (se houver essa definição) ou os limites do perímetro urbano municipal previsto no Plano Diretor local, assim como os vetores de expansão urbana que possam ser identificados, especialmente aqueles associados a projetos estratégicos locais do ponto de vista socioeconômico.

Também foi considerado o item IV do artigo 4º da Lei Federal nº 12.608, de 2012, que aponta como uma das diretrizes do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil: a “adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d’água”.

Por fim, este estudo considerou de interesse as áreas urbanas em consolidação e as áreas não urbanizadas do município (Tabela 1), excluindo as áreas já consolidadas.

Classe	Descrição geral	Tipos de usos relacionados	Diretrizes e recomendações
Área urbana em consolidação	Densidade populacional média, com as pessoas empregadas em atividades mistas entre os setores primário, secundário e terciário. Características intermediárias entre as áreas de urbanização consolidada e áreas não urbanizadas. Infraestrutura urbana (energia, água, transporte) escassa ou com viabilidade político-econômica de reconversão para outros usos. Algumas das áreas apresentam tendência à expansão da mancha urbana consolidada adjacente e especulação imobiliária, enquanto outras podem encontrar-se estabilizadas. Presença de vazios urbanos ou glebas.	Hortifrutigranjeiro Chácara Favela Aterro Lixão Mineração Loteamento desocupado Movimento de terra e solo exposto	Foram definidas recomendações para consolidação das áreas em acordo com seu grau de restrição
Área não urbanizada	Baixa densidade populacional, com predomínio de pessoas empregadas no setor primário (agropecuária e extrativismo vegetal). Processos ecológicos menos impactados, podendo ser relevante fornecedora de serviços ecossistêmicos para áreas urbanizadas. Maior permeabilidade do solo, comparada às áreas urbanas e presença de glebas. Pode incluir unidades de conservação e outros espaços legalmente protegidos ou com prioridade para conservação ambiental.	Campo Capoeira Reflorestamento Vegetação várzea Mata	Foram definidas diretrizes para ocupação das áreas em acordo com seu grau de restrição

Tabela 1. Descrição das tipologias de uso e ocupação. Fontes: Lei Federal nº 9.636, de 15 de maio de 1998, Art. 16-C; CARDOSO & FRITSCHY, 2012; MARCOTULLIO & SOLECKI, 2013

### 3.4. Desenvolvimento da base cartográfica e levantamento de dados

Para a elaboração da carta geotécnica de aptidão à urbanização, a primeira etapa de trabalho se concentra no levantamento de informações cartográficas para melhor compreensão das características do meio físico e dos conflitos potenciais do uso e ocupação do solo. Para viabilizar tal etapa foi indispensável o contato com as equipes das Prefeituras e a aquisição de informação e dados espaciais representativos. Após a coleta, a sistematização das bases

cartográficas permitiu a representação do território em um ambiente computacional, sendo possível apresentar e analisar a diversidade de condições do terreno e sua relação com os fenômenos geodinâmicos e hidrodinâmicos potenciais no município.

### **3.5. Espacialização das ocorrências registradas pela Defesa Civil do Município**

A Coordenadoria de Defesa Civil de Itapeverica da Serra disponibilizou registros de ocorrências atendidas entre 2003 e 2015. Estes registros encontravam-se armazenados em diferentes formatos, tanto digital quanto fisicamente em fichas preenchidas pelos agentes de Defesa Civil e sistematizados em planilhas e fichas de campo, contendo informações sobre a localidade de ocorrência, endereço e características do evento. A partir deste material disponibilizado, foi realizada a leitura de cada uma das fichas e planilhas de ocorrências, cada caso sendo avaliado e os dados lançados em duas planilhas de sistematização para cada um dos municípios, uma para deslizamentos e outra para inundação. A triagem dos dados e elaboração das planilhas possibilitou a espacialização de todas as ocorrências selecionadas.

Após a triagem e espacialização das ocorrências, foram elaborados mapas de calor (mapas de Kernel) com a finalidade de analisar o padrão de distribuição espacial dos processos de inundação e deslizamento na área de estudo. A espacialização das ocorrências em ambiente SIG, associada a outros mapas temáticos, possibilitou identificar padrões de intensidade e concentração dos processos e assim associar as ocorrências de deslizamentos e inundações aos tipos de uso e ocupação, formas e materiais componentes do meio físico. As visitas de campo às foram fundamentais para validar as informações produzidas em ambiente SIG.

### **3.6. Elaboração do mapa de unidades geológico-geomorfológicas**

O mapa de unidades geológico-geomorfológicas das áreas de estudo foi elaborado a partir dos seguintes planos de informação:

- Amplitude e declividade do terreno, gerados a partir de um modelo digital de terreno (MDT) com escala em 1:25.000 e resolução de 5 metros, disponibilizado pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC, 2017); e
- Mapa geológico na escala de 1:50.000, elaborado pela EMPLASA (1979).

Para a definição dos principais padrões de relevo representados no mapa geomorfológico, foram adotados como referência inicial e adaptados para a escala do trabalho os critérios e parâmetros de classificação empregados por Bitar (2014). Com base no MDT, foram gerados os arquivos de classes de amplitude e de declividade, resultando no mapa geomorfológico (indicando os aspectos morfométricos do terreno). Outras ferramentas, tais como sombreado do relevo, obtido pelas imagens, foram utilizadas para fazer os ajustes necessários.

O mapa geomorfológico resultante foi integrado ao de geologia para a elaboração do mapa de unidades geológico-geomorfológicas. A partir das unidades geológicas e geomorfológicas apresentadas, foi realizada a revisão manual das informações, considerando que alguns "cruzamentos" não refletiam de fato os compartimentos observados em campo, devido às dificuldades de readequação relacionadas à escala do mapa geológico disponível. O processo de ajuste e análise dos dados foi sendo refinado a partir das diversas visitas de campo.

### **3.7. Investigações geológico-geotécnicas**

Amostras representativas de cada uma das unidades geológicas foram coletadas em diferentes pontos do município e foram cartograficamente georreferenciadas. A coleta de amostras considerou, dentre outros fatores, a representatividade das unidades geológicas e a ocorrência de processos geodinâmicos na região, além das condições de acesso ao local de amostragem. A caracterização geotécnica das amostras coletadas baseou-se em observações de campo e trabalhos de laboratório. Desta forma, foi realizada a descrição do solo *in situ* e, posteriormente, em laboratório através de procedimentos de identificação tátil visual, estimando-se a tipologia, textura e mineralogia principal e, portanto, inferindo aspectos acerca do comportamento geomecânico dos solos.

Por fim, foram avaliadas as peculiaridades presentes nos solos tropicais como heterogeneidade, variações mineralógicas, forma dos grãos constituintes, macro e microestrutura, entre outras características que exercem grande influência em seus comportamentos geomecânicos.

### 3.8. Estudo das zonas úmidas

As tipologias de áreas úmidas (AU) definidas por INAU (2013) utilizadas no presente estudo foram i) AU temporárias (secam periodicamente) lindeiras a cursos d'água que variam de primeira a quinta ordem e apresentam pulsos de curta duração por situar-se nas encostas, geralmente localizadas nos trechos superiores a intermediários das bacias hidrográficas; ii) AU permanentes (constantemente úmidas) lindeiras aos cursos d'água de maior ordem situadas nas planícies mais amplas e, geralmente, nos trechos médios a baixos das bacias hidrográficas. Com objetivo de diferenciar os terrenos sujeitos a processos característicos de encostas daqueles recorrentes nas planícies, as AU foram subdivididas em duas zonas, sendo as Zona Úmida de Encosta (ZUE) e a Zona Úmida de Planície (ZUP) (Figura 2).

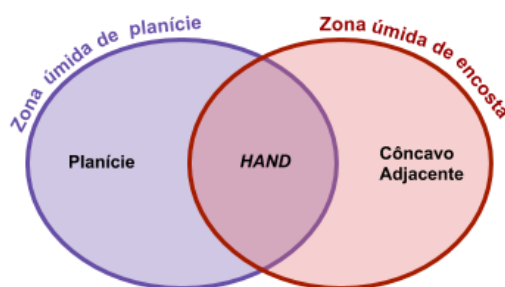


Figura 2. Parâmetros de cruzamento para zoneamento das áreas úmidas<sup>5</sup>

### 3.9. Elaboração da carta de suscetibilidade a processos geo e hidrodinâmicos

A elaboração da Carta de Suscetibilidade contribui para a compreensão das áreas suscetíveis a processos geo e hidrodinâmicos, a partir da caracterização dos aspectos do meio físico e o mapeamento dos registros dos processos de movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos) e inundação. Seu objetivo é indicar a possibilidade de ocorrência desses processos, considerando o grau de intensidade. Constitui em um dos produtos fundamentais utilizados na matriz de cruzamento para a elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização. Embora o município de Itapeverica da Serra dispusesse de Carta de Suscetibilidade na escala 1:25.000 (BITAR, 2014), a sua adequação à escala da carta de aptidão (1:10.000) foi necessária. Esta carta foi elaborada a partir de duas perspectivas:

- Definição das Áreas Úmidas;
- Identificação de classes de estabilidade de talude (Shalstab).

O modelo HAND foi utilizado para delimitar as áreas suscetíveis a processos hidrológicos, cruzando-o com as planícies delimitadas no mapa geológico-geomorfológico. As classes de suscetibilidade associadas aos processos hidrodinâmicos foram definidas conforme o cruzamento apresentado pela Tabela 2. As demais áreas úmidas, em encosta (ZUE), foram consideradas na análise da suscetibilidade do talude ou vertente. Nestes setores podem ocorrer processos geo e hidrodinâmicos somados.

Áreas úmidas	Altura do HAND (metros)	Suscetibilidade
HAND e planície	Até 1	Alta
	2	Média
	maior do que 2	Baixa

Tabela 1. Classes de suscetibilidade aos processos hidrodinâmicos

<sup>5</sup> HAND: algoritmo descritor de terreno desenvolvido pelo Rennó et al. (2008) que possibilita relacionar a hidrologia e geomorfologia através da normalização de dados topográficos. O modelo foi desenvolvido para delimitar áreas úmidas, podendo ser usado na delimitação de áreas úmidas e zonas de risco de enchentes e inundações.

Também foram realizadas diferentes simulações com os dados e a análise de distribuição espacial das classes do SHALSTAB<sup>6</sup>. Apesar das limitações de dados disponíveis, o modelo permitiu contrapor o comportamento das diferentes litologias e, relacionando à topografia, categorizar as classes do modelo em diferentes níveis de suscetibilidade aos processos geodinâmicos. As classes de suscetibilidade associadas aos processos geodinâmicos foram definidas conforme os valores apresentados pela Tabela 3.

Condição de chuva	Descrição da classe	Suscetibilidade
Incondicionalmente estável e saturado	Incondicionalmente estável e saturado	Baixa
>400 mm/dia	Incondicionalmente estável e não saturado	Média
200-400 mm/dia	Estável e não saturado	Média
100-200 mm/dia	Instável e não saturado	Média
50-100 mm/dia	Instável e saturado	Média
0-50 mm/dia	Incondicionalmente instável e não saturado	Média
Incondicionalmente Instável e saturado	Incondicionalmente Instável e saturado	Alta

Tabela 3. Classes de suscetibilidade aos processos geodinâmicos

### 3.10. Restrições por outros condicionantes

Para além dos elementos analisados na elaboração da carta de suscetibilidade acima, existem condicionantes que por si só já configuram uma situação de ocupação não recomendada, como é o caso das áreas adjacentes às grandes obras de infraestrutura comuns aos centros urbanos (linhas de transmissão de energia elétrica, adutoras, oleodutos), áreas delimitadas como parques e reservas ambientais ou até mesmo áreas afastadas com ausência de infraestrutura e disponibilidade de serviços públicos. Entendendo que a carta geotécnica de aptidão à urbanização é uma ferramenta para auxiliar no planejamento e ordenamento do território, considerou-se fundamental destacar alguns desses aspectos.

Assim, na categoria de limitações associadas à importância ambiental, foram elaborados dois mapeamentos: um primeiro faz a espacialização das legislações que incidem sobre a área de estudo de forma a identificar os perímetros onde a ocupação e a edificação são totalmente vedadas - mapa de restrição legal à ocupação; e um segundo que, por meio de estudos ambientais já existentes, visa identificar áreas com alta prioridade para conservação - mapa de áreas prioritárias para conservação. Na categoria de limitações associadas à presença de risco tecnológico e estruturas de interferência, fez-se uso de informações disponibilizadas pelas prefeituras municipais e pelo governo do Estado de São Paulo para identificar e representar cartograficamente as principais obras de infraestrutura, pontos de contaminação do solo, áreas de mineração e de aterros sanitários presentes na área de estudo - mapa de estruturas de interferência e áreas contaminadas.

### 3.11. Elaboração da carta geotécnica de aptidão à urbanização

O conceito de aptidão à urbanização, considerando os processos do meio físico que desencadeiam situações de desastres, está baseado na caracterização dos terrenos a partir da suscetibilidade aos processos geológicos (movimentos gravitacionais de massa) ou hidrológicos (inundações) com a indicação de diretrizes para a ocupação, recomendações específicas, e áreas restritivas (PRANDINI et al., 1980; SOBREIRA E SOUZA, 2012). Sua aplicação está voltada para as áreas de expansão urbana dos municípios, incluindo áreas urbanas em consolidação e não

<sup>6</sup> SHALSTAB - *Shallow Landslide Stability Model* – modelo matemático utilizado para avaliação de estabilidade em solos rasos (MONTGOMERY e DIETRICH, 1994)



urbanizadas. Além dos parâmetros do meio físico, são levados em conta, na sua elaboração, outros condicionantes, como o estágio da cobertura vegetal e aspectos da legislação ambiental que definem restrições de uso e ocupação do solo.

A matriz de cruzamento para elaboração da carta geotécnica considerou as variáveis distintas dos processos que ocorrem nas planícies de inundação (zonas úmidas) e nas áreas de vertentes/encostas (áreas de ocorrências de processos geodinâmicos – deslizamentos e correlatos). O cruzamento das variáveis foi realizado a partir da aplicação de uma modelagem analítica de múltiplas variáveis, denominada Árvore de Decisão (*Decision Tree*).

#### 4. RESULTADOS

Os resultados da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização de Itapecerica da Serra foram apresentados por um conjunto de cartas (além da própria carta de aptidão, de suscetibilidade, de compartimentos geológico-geomorfológicos, mapas de tipologias de urbanização do Município, de restrições legais e áreas prioritárias para conservação e de tendências à ocupação), por um quadro-legenda com diretrizes para parcelamento, uso e ocupação do solo e também por um Guia para uso da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização. Este Guia teve a intenção de expor, de forma clara, objetiva e com linguagem acessível aos usuários desta Carta, as informações referentes às características geomorfológicas, as potencialidades, as limitações dos terrenos quanto aos tipos de processos geodinâmicos e hidrodinâmicos predominantes, e as diretrizes e recomendações para a ocupação e uso do solo. As unidades geotécnicas estão divididas em Aptas, Aptas com Restrição e Inaptas, descritas em um quadro legenda. Acompanha também uma legenda específica para descrição do comportamento dos materiais de acordo com as litologias observadas na área de estudo. A escala de trabalho e de representação cartográfica adotada é a 1:10.000. A figura 3 mostra a Folha 4 (de 5) da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização de Itapecerica da Serra.

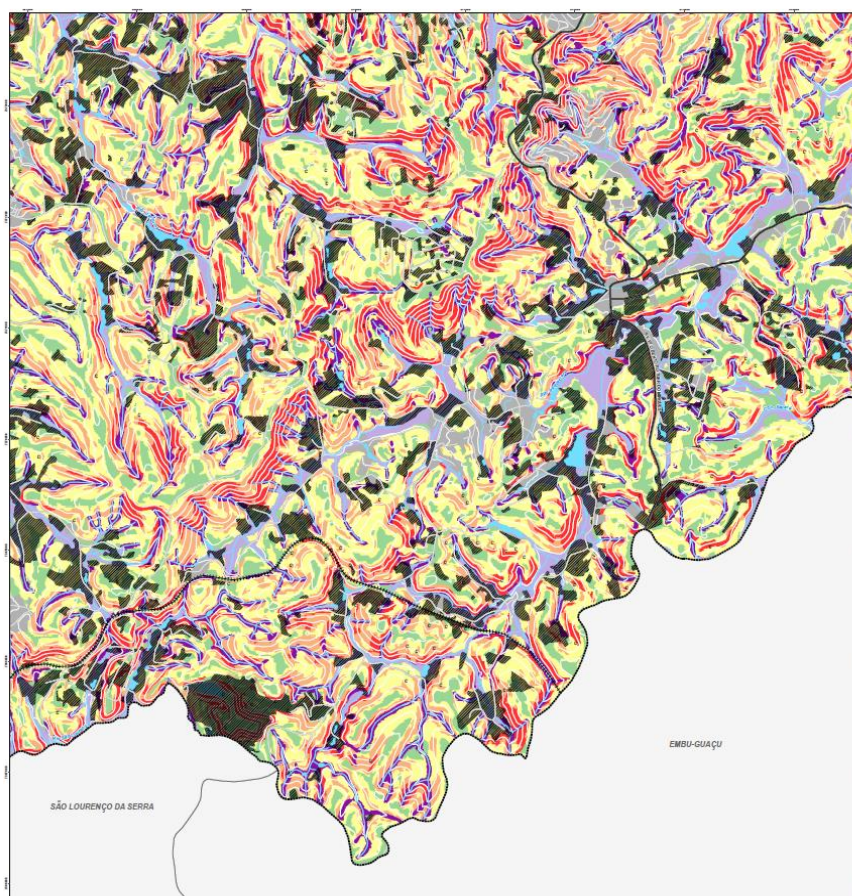


Figura 3. Layout de uma das cinco folhas da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização de Itapecerica da Serra.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados da carta (representação gráfica e quadro legenda) auxiliam no planejamento das intervenções em áreas de risco, na definição de novas áreas passíveis de ocupação com segurança ou para reforçar a não ocupação de determinadas áreas para fins de urbanização. Além do quadro-legenda, apresentam-se recomendações de alguns procedimentos gerais com relação às novas obras para áreas em processos de consolidação e urbanização.

## 6. REFERÊNCIAS

- BITAR, O. Y. (Coord). Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000: nota técnica explicativa. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.
- BITAR, O. Y.; FREITAS, C.G.L. de; SEPE, P. M.. Cartografia geotécnica, plano diretor e prevenção de desastres. *Téchne*, v. 20, n.180, p. 68-74, mar., 2012.
- CANIL, K.; NOGUEIRA, F.R. ; MORETTI, R.S.; FUKUMOTO, M. M. ; RAMALHO, P. C. ; POLLINI, P. B. ; REGINO, T. M. ; GOMES, A. H. . O processo interativo na elaboração da carta geotécnica de aptidão à urbanização e sua aplicação ao planejamento e gestão territorial do município de São Bernardo do Campo, SP.. In: III Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana, 2016, São Paulo. Anais... São Paulo, SP: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. v. 1. p. 1-7.
- CARDOSO, M. M.; FRITSCHY, B. A. Revisión de la definición de espacio rururbano y sus criterios de delimitación. *Contribuciones. Científicas*, v. 241, p. 27-39, 2012.
- COUTINHO, R. Q. (coord. Geral e org.). Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais. Brasília, Ministério das Cidades/GEGEP/UFPE. 2013.
- DINIZ, N. C.; FREITAS, C. G. L. (coord.). Carta Geotécnica. In: COUTINHO, R. Q. (coord. Geral e org.). Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais. Brasília, Ministério das Cidades/GEGEP/UFPE. 2013. Cap. 7, 39 p.
- IGC – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. Relatório de verificação dos produtos e geração do modelo digital de terreno (MDT) do projeto do Estado de São Paulo. 2017. Disponível em: [http://geoportal.igc.sp.gov.br/download\\_temporario/zxcer/XZXXZXXZZX11a\\_l.pdf](http://geoportal.igc.sp.gov.br/download_temporario/zxcer/XZXXZXXZZX11a_l.pdf). Acesso em: 19 jan 2018.
- INAU – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (Mato Grosso) (Ed.). Definição e classificação das áreas úmidas (AUs) brasileiras: Base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. Cuiabá, 2013. 67 p. Disponível em: <[http://www.inau.org.br/classificacao\\_areas\\_umidas\\_completo.pdf](http://www.inau.org.br/classificacao_areas_umidas_completo.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2017.
- MARCOTULLIO, P. J.; SOLECKI, W. What is a city? An essential definition for sustainability. In: Boone C., Fragkias M. (eds) *Urbanization and Sustainability. Human-Environment Interactions*, vol 3. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013, p. 11-25.
- MONTGOMERY, D.R.; DIETRICH, W.E. A Physically-Based Model for Topographic Control on Shallow Landsliding. *Water Resources Research*, v. 30, n. 1, 1994, pp. 1153-1171.
- NOGUEIRA, F.R.; CANIL, K. (coord.) Carta geotécnica de aptidão à urbanização: instrumento de planejamento para prevenção de desastres naturais nos municípios de Caieiras, Itapeverica da Serra, Itapevi e Santana de Parnaíba, Estado de São Paulo. Santo André: Universidade Federal do ABC. Relatório Final. 2017. 133p.
- PRANDINI, F. L. et al. Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana. São Paulo: IPT, 1980. 31 p. 1 mapa. (Publicação IPT, 1.135).
- PRANDINI, F. L., et. al. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: BITAR, O. Y. Curso de Geologia de Engenharia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: ABGE, 1995.
- RENNÓ, C. D., NOBRE, A. D., CUARTAS, L. A., SOARES, J. V., HODNETT, M. G., TOMASELLA, J., WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, n. 9, 2008, pp. 3469-3481.
- SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, v.2, n.1, 2012. p. 79-97