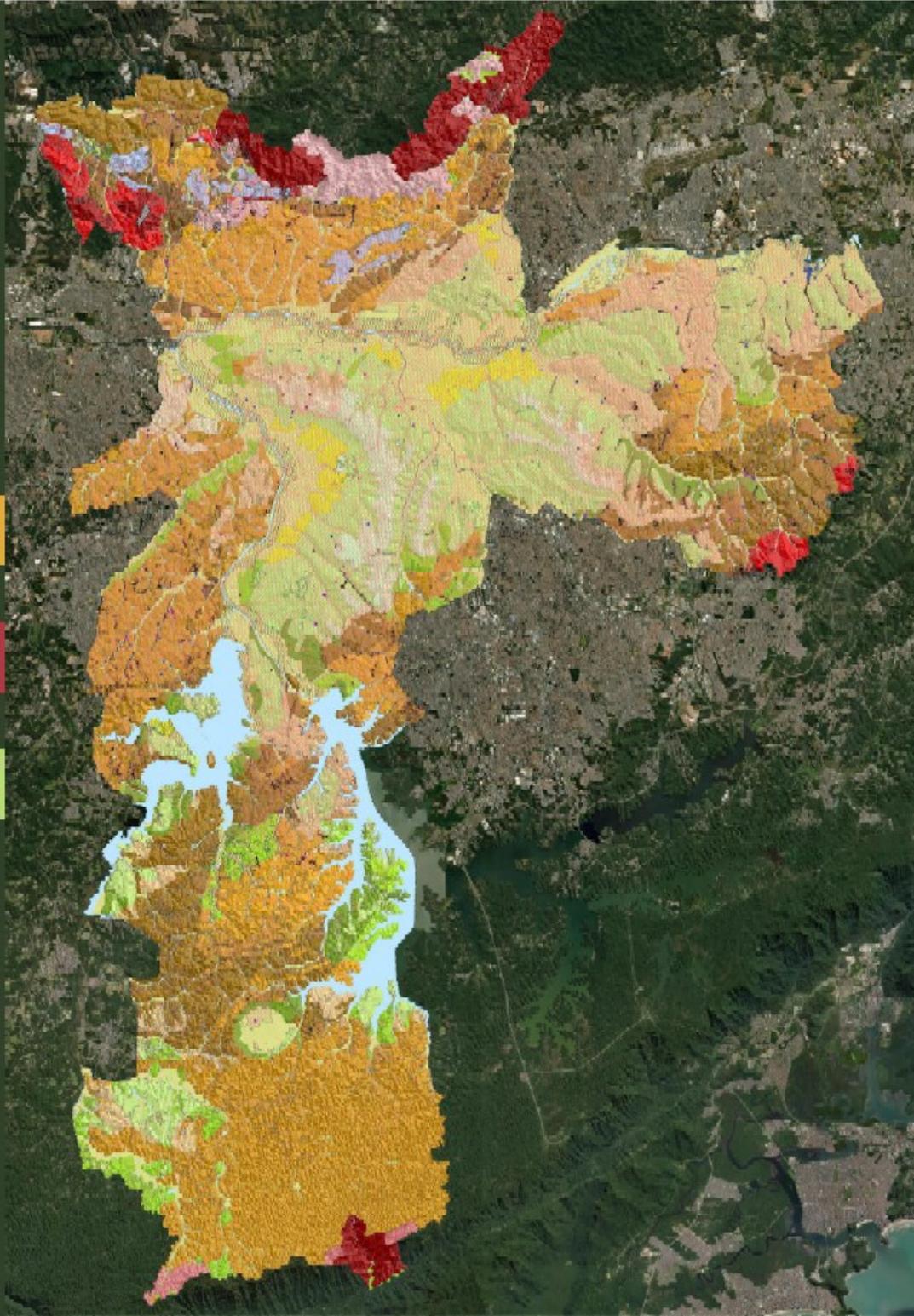


Guia de Utilização

# Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de São Paulo/SP



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Guia de utilização [livro eletrônico] : carta  
geotécnica de aptidão à urbanização do  
município de São Paulo, SP / coordenação  
Omar Yazbek Bitar , Patricia Marra Sepe. --  
São Paulo : Instituto de Pesquisas  
Tecnológicas do Estado de São Paulo :  
Prefeitura Municipal de São Paulo, 2024. --  
(IPT publicação ; 3059)  
PDF

Bibliografia.  
ISBN 978-65-5702-025-8

1. Cartografia geológica 2. Geotécnica  
3. Urbanização I. Bitar, Omar Yazbek.  
II. Sepe, Patricia Marra. III. Série.

24-207625

CDD-624.15

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Geotecnia ambiental : Tecnologia 624.15

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Tarcísio de Freitas  
Governador

**Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação**

Vahan Agopyan  
Secretário

**Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo**

Liedi Legi Bariani Bernucci  
Diretora Presidente

Adriano Marim de Oliveira  
Diretor de Operações

Anderson Ribeiro Correia  
Diretor de Novos Negócios, Inovação e IPT Open

Fabrcio Araújo Mirandola  
Diretor de Estratégia e Relações Institucionais

Flávia Gutierrez Motta  
Diretora Financeira Administrativa

Sofia Júlia Alves Macedo Campos  
Diretora de Unidade: Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente

**PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO**

Ricardo Nunes  
Prefeito

**Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento**

Marcos Duque Gadelho  
Secretário

**Secretaria Municipal de Subprefeituras**

Alexandre Modonezi de Andrade  
Secretário

**Secretaria Municipal de Segurança Urbana**

Elza Paulina de Souza  
Secretária



## EQUIPE TÉCNICA

**INSTITUTO DE PESQUISAS  
TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO  
PAULO**

**PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO  
PAULO**

**Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente**

**Grupo de Trabalho Intersecretarial – GTI \***

**Coordenação:**

Omar Yazbek Bitar

**Coordenação:**

Patrícia Marra Sepe

**Elaboração:**

Airton Marambaia Santa  
Alessandra Cristina Corsi  
Alessandra Gonçalves Siqueira  
Ana Maria de Azevedo Dantas Marins  
Carlos Geraldo Luz de Freitas  
Cláudio Luiz Ridente Gomes  
Fausto Luis Stefani  
Fernando Fernandez  
Filipe Antonio Marques Falcetta  
Luiz Gustavo Faccini  
Nivaldo Paulon  
Omar Yazbek Bitar  
Priscila Ikematsu  
Priscila Taminato Hirata

**Acompanhamento e Colaboração:**

Patrícia Marra Sepe  
Luciana Pascarelli Santos  
Gabriel Santos da Mota  
Ernesto Massayoshi Sumi  
Daiane Katya Curti;  
Thaís Feitosa Trevisani

**Colaboração:**

Danilo Mizuta  
Francisco Adrião Neves da Silva  
Harmi Takiya  
Luciana Chakarian Kuada  
Malena D'Elio Otero  
Oswaldo Landgraf Jr  
Vitor César Nishimoto

**Colaboração:**

Carlos Tadeu de Carvalho Gamba  
Edna Baptista dos Santos Gubitoso  
Gerson Salviano Almeida Filho  
José Gabriel Araújo Alves  
José Luiz Albuquerque Filho  
Marcos Guimarães Twiaschor  
Maria Fernanda Rodrigues de Oliveira  
Mariana Hortelani Carneseca Longo  
Pedro Mastini Galve  
Priscilla Moreira Argentin  
Sofia Júlia Alves Macedo Campos  
Wesley Santos Silva  
Wilson Shoji Iyomasa  
Zeno Hellmeister Jr.

\* Grupo de Trabalho  
SMUL/SMSUB/SMSU, criado pela  
Portaria Conjunta  
nº 057/2023/SMUL/SMSUB/SMSU.

## AGRADECIMENTOS

A todos os profissionais que, direta ou indiretamente, contribuíram no desenvolvimento dos trabalhos de elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão Urbanização do Município de São Paulo (CGAU-MSP), durante o ano de 2023, em especial a Alex Ubiratan Goossens Peloggia, Cleide Rodrigues, Hugo Cássio Rocha, Marcelo Denser Monteiro e Veridiana Teixeira de Souza Martins, bem como aos membros de equipes da PMSP participantes da Oficina de Atualização da Carta Geotécnica e, ainda, aos colegiados e grupos de trabalho da PMSP consultados no período. Registram-se também os agradecimentos especiais aos técnicos e pesquisadores que participaram da elaboração da Carta Geotécnica em sua versão anterior, no início da década de 1990, que se constituiu em base essencial aos trabalhos de atualização sintetizados neste Guia de Utilização.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>3. ÁREA CARTOGRAFADA E ESCALA</b>	<b>2</b>
<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>3</b>
<b>5. PRODUTOS GERADOS</b>	<b>6</b>
<b>6. MAPAS TEMÁTICOS INTERMEDIÁRIOS</b>	<b>8</b>
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
<b>7. ZONEAMENTO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS</b>	<b>21</b>
<b>8. ENSAIOS GEOTÉCNICOS APLICÁVEIS</b>	<b>24</b>
<b>9. CARTA SÍNTESE DE APTIDÃO GEOTÉCNICA</b>	<b>25</b>
<b>10. UTILIZAÇÃO DA CGAU-MSP NO PLANEJAMENTO</b>	<b>28</b>
<b>11. LIMITAÇÕES AO USO DA CGAU-MSP</b>	<b>31</b>
<b>12. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>33</b>
<b>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR</b>	<b>35</b>
<b>APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS</b>	<b>37</b>
<b>APÊNDICE B – ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO LOCACIONAL PRÉVIA</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE C – GLOSSÁRIO</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE D – ILUSTRAÇÕES DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS</b>	<b>89</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Este Guia de Utilização é parte integrante da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de São Paulo/SP (CGAU-MSP). A elaboração da CGAU-MSP resulta de parceria entre a Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), no âmbito do Convênio SMUL N° 001/2022, firmado em 16/01/2023, visando atualizar a Carta Geotécnica do Município de São Paulo (CG-MSP) elaborada pela PMSP no início dos anos de 1990 com apoio do IPT (São Paulo (Cidade), 1994), adaptando-a ao formato preconizado na legislação vigente.

A cartografia geotécnica se constitui hoje como instrumento de base ao planejamento territorial e à gestão de riscos, sendo legalmente obrigatória aos municípios que apresentam áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos e hidrológicos correlatos, conforme a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC - Lei Federal 12.608/2012 - Brasil, 2012a). Em sua edição, a PNPDEC introduziu a exigência da cartografia geotécnica em outras normas legais, destacando-se:

- Lei Federal 6.766/1979 (Lei Lehmann- Brasil, 1979), onde se determina que os requisitos contidos na carta geotécnica de aptidão à urbanização devem ser atendidos em novos projetos de parcelamento do solo urbano;
- Lei Federal 10.257/2001 (Estatuto da Cidade- Brasil, 2001), na qual se estabelece que a identificação e o mapeamento de áreas de risco devem levar em conta as cartas geotécnicas; e
- Lei Federal 12.340/2010, indicando cinco requisitos aos municípios que possuem áreas suscetíveis a processos geológicos e hidrológicos que podem gerar impactos, para fins de acesso a recursos da União, a aplicar na gestão de riscos, entre os quais se encontra a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização (CGAU). Neste caso, a Lei explicita, em seu Art. 22 (Parágrafo 2º, item V), o requisito de *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* (Brasil, 2010).

No contexto internacional, salienta-se o Marco de Sendai 2015-2030 para Redução de Riscos e Desastres da Organização das Nações Unidas (ONU), que estabelece as ações prioritárias a adotar pelos países signatários no período. A primeira é a de ampliar a compreensão dos riscos, melhorando o conhecimento do território e dos múltiplos fatores que nele atuam, objetivando-se tanto reduzir os riscos existentes quanto evitar a criação de novos.

Assim, a cartografia geotécnica tende a contribuir no conhecimento do meio físico, auxiliando as ações municipais voltadas à prevenção e mitigação de riscos e de adaptação ao cenário de mudanças climáticas, nas áreas de planejamento, desenvolvimento urbano, obras de infraestrutura, habitação, meio ambiente, defesa civil e outras. Atende, ainda, ao Legislativo, Judiciário e, também, ao Ministério Público, na defesa dos interesses coletivos, bem como a empresas, organizações da sociedade e cidadãos em geral, propiciando o conhecimento acerca de potencialidades e limitações do meio físico, de modo a subsidiar políticas, planos, programas e projetos relacionados ao uso e ocupação do solo no território municipal.

## 2. OBJETIVOS

Este Guia visa auxiliar a utilização da CGAU-MSP por parte de técnicos com formação em distintas áreas do conhecimento, que atuam na PMSP e em empresas e organizações da sociedade, assim como pelo público em geral, apoiando o exercício da cidadania no território municipal. Sintetizam-se os critérios empregados na definição da área de abrangência espacial e da escala de mapeamento, procedimentos metodológicos adotados e produtos obtidos, para aplicação em atividades de planejamento territorial, licenciamento urbanístico-ambiental e gestão de riscos.

## 3. ÁREA CARTOGRAFADA E ESCALA

A área contemplada na elaboração da CGAU-MSP manteve a abrangência espacial da CG-MSP executada no início da década de 1990, correspondendo à totalidade do território municipal. Incluem-se, assim, além das zonas urbanas, as áreas grafadas como zona rural pelo Plano Diretor Estratégico (PDE - Lei 16.050/2014, alterada pela Lei 17.975/2023), conforme São Paulo (Cidade, 2023a), igualmente contempladas no novo zoneamento geotécnico gerado, sendo também propostas diretrizes e recomendações para adequada ocupação do meio físico em seus domínios, ainda que nelas não seja permitido o parcelamento do solo para fins urbanos.

Essa abordagem considera, assim, as especificidades do "rural paulistano", que vem sendo há décadas submetido a pressões continuadas pela dinâmica de expansão urbana no Município. A legislação de ordenamento territorial incidente (municipal e estadual) permite, em alguns locais da zona rural, a instalação de um conjunto de usos compatíveis e de suporte à vida cotidiana (como equipamentos públicos de pequeno porte de saúde e educação, pousadas, hotéis, comércio local, mineração e outros), para os quais se faz necessário atender a diretrizes e recomendações para sua implantação. Tem-se em conta, para isso, além das restrições legais, os fatores condicionantes inerentes aos meios físico e biótico. Dessa forma, a atualização da CGAU-MSP amplia o alcance territorial do instrumento em suas aplicações no Município de São Paulo, abrangendo tanto a zona urbana quanto a zona rural.

A escala geográfica de referência adotada na elaboração da CGAU-MSP é 1:10.000, ou seja, a mesma da edição anterior de 1994. A indicação dessa escala é corroborada também por discussões presentes em diversos fóruns e trabalhos técnico-científicos, nos quais se discute o desenvolvimento da cartografia geotécnica no País face aos propósitos introduzidos pela PNPDEC em 2012. A definição da escala 1:10.000 considera, ainda, a disponibilidade prévia do mapa geológico, na mesma escala e para a totalidade do território municipal, elaborado por ocasião da cartografia anterior.

Os arquivos digitais em formato *shapefile* do zoneamento geotécnico e do conjunto de cartas temáticas intermediárias deverão estar disponibilizados para acesso público na plataforma de dados oficiais do Portal GeoSampa da PMSP. Também estarão disponíveis, no mesmo Portal, o mapa integrado da CGAU-MSP, apresentado em escala reduzida (1:75.000), de modo a facilitar a visualização conjunta de seus principais componentes, bem como o manuseio e eventual impressão em papel, assim como este Guia, ambos em formato pdf.

#### 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em decorrência da PNPDEC, as cartas geotécnicas têm incorporado novos conceitos, definições e abordagens, incluindo-se, nesse contexto, além da denominação específica de *carta geotécnica de aptidão à urbanização*, explicitada na legislação, outros tipos de cartas geotécnicas associadas. Destacam-se a carta geotécnica de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações, referente ao mapeamento de áreas suscetíveis a processos geológicos e hidrológicos também previsto na legislação, assim como a carta geotécnica de risco ou carta de setorização de risco, contemplada em requisitos legais editados em âmbito federal, estadual e municipal para gestão das denominadas “áreas de risco”.

A carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações compreende dois conjuntos principais de processos do meio físico: processos associados à geodinâmica externa ou superficial (ou seja, processos geodinâmicos), que incluem deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrida de massa/fluxo de detritos; e processos hidrológicos, incluindo inundação, alagamento e enxurrada. Considera-se que os processos de inundação e de enxurrada estão associados a enchente, que se configura na fase inicial (quando a calha do leito regular do curso hídrico se encontra repleta ou cheia). Com isso, para os efeitos de elaboração da carta de suscetibilidade, o processo de enchente abrange os processos de inundação e enxurrada. Suscetibilidades a erosão (pluvial, fluvial e eólica) e a subsidências e colapsos de solo em áreas cársticas podem também ser incorporados a esse tipo de cartografia, a depender de avaliação em cada caso. A carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações foi elaborada para o Município de São Paulo pelo IPT e CPRM na escala 1:25.000 (IPT, 2015a), contemplando especialmente aqueles dois conjuntos principais de processos, sendo básica aos trabalhos de elaboração da CGAU-MSP.

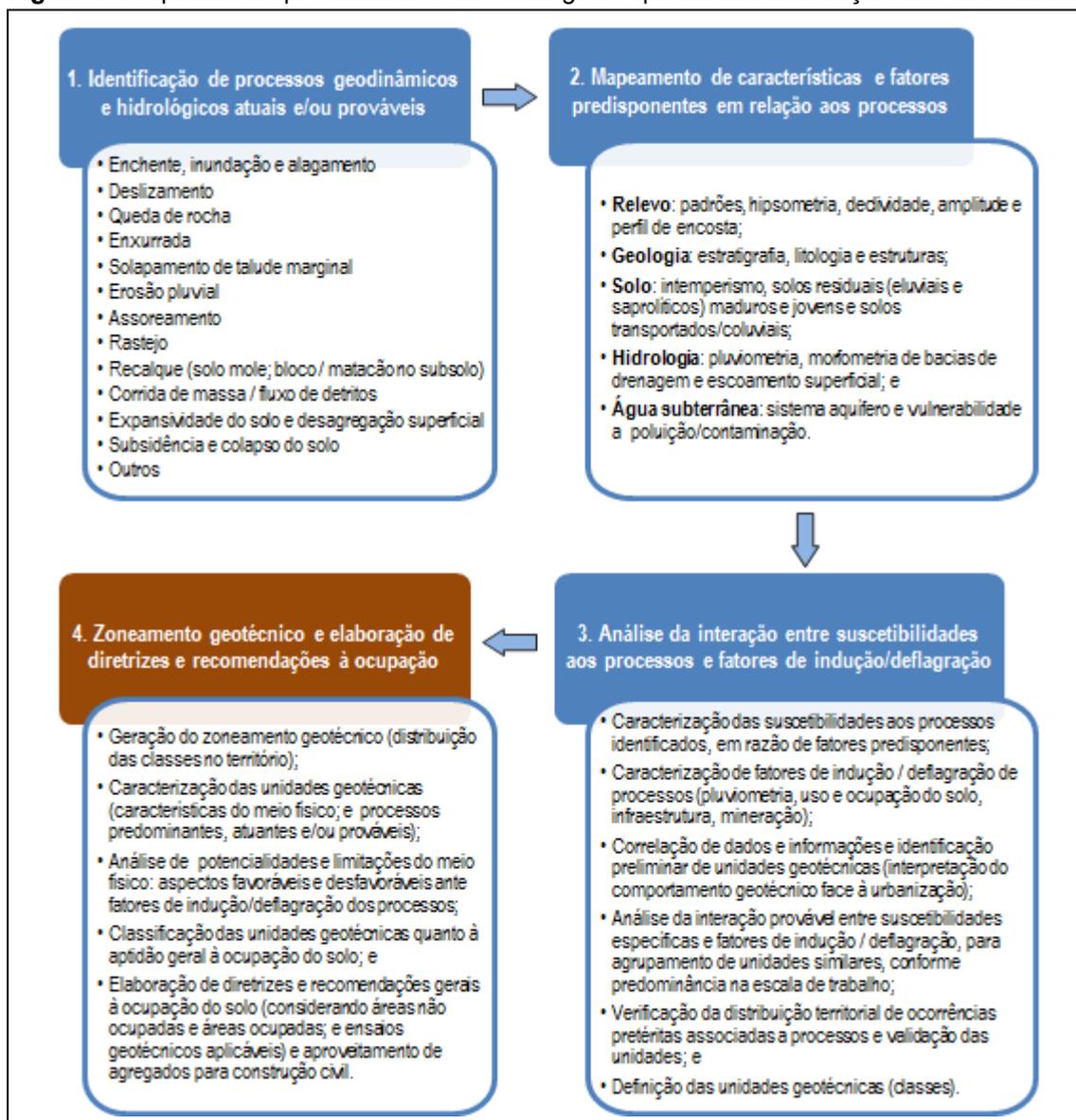
Na carta geotécnica de risco ou “carta de setorização de risco”, mapeiam-se as “áreas de risco”, classificando-as em distintos graus mediante análise da interação entre processos do meio físico e a ocupação instalada em um dado local, sendo comumente apresentada na escala 1:2.000 ou maior. No Município de São Paulo, os mapeamentos de setorização de riscos têm sido realizados desde a década de 1990, especialmente para as áreas de risco geológico (deslizamento de encosta e solapamento de margem de rio e córrego). Esses mapeamentos são atualizados continuamente pelas equipes da PMSP e disponibilizados no Portal GeoSampa (São Paulo (Cidade), 2018, 2023b).

A elaboração da CGAU-MSP se apoia em métodos e procedimentos propostos e difundidos no País para esse tipo de instrumento nos últimos anos, a partir da PNPDEC, conforme Diniz (2012), Sobreira e Souza (2013), Santos (2014), Batista *et al.* (2015), IPT (2015b), Canil *et al.* (2018), Antonelli *et al.* (2021), IPT (2022) e outros. Fundamenta-se, assim, em práticas desenvolvidas por diferentes instituições acerca do assunto, como universidades, institutos de pesquisa e outros órgãos, incluindo-se o IPT, que atua no tema desde a década de 1970 (Prandini *et al.*, 1995). Sem prejuízo de outros trabalhos consultados para elaboração da CGAU-MSP, considera-se a formulação contida em IPT (2015b), no sentido de que esse tipo de instrumento deve sintetizar as

características do meio físico (**geo**) e indicar soluções/medidas (**técnica**) para que as atividades de uso e ocupação do solo sejam realizadas de modo adequado, seguro e sustentável.

Para a elaboração da CGAU-MSP, partiu-se de um *modelo inicial orientador*, conforme IPT (2022), adaptado ao contexto e fundamentado na análise de processos geodinâmicos e hidrológicos verificados no território municipal, tendo em conta ocorrências registradas em seu histórico de urbanização (**Figura 1**).

**Figura 1-** Sequência de procedimentos metodológicos aplicada na elaboração da CGAU-MSP.



Fonte: adaptado de IPT (2022).

A abordagem geral segundo o referido *modelo* se constituiu como base metodológica aos trabalhos de cartografia executados, avaliando-se os fatores do meio físico predisponentes ao desenvolvimento dos processos identificados (relacionados especialmente ao relevo, geologia, solo, hidrologia e água subterrânea), assim como a interação desses processos com fatores de indução e/ou deflagração, com vistas à geração do zoneamento geotécnico e elaboração de diretrizes e recomendações gerais ao uso e ocupação do solo.

Na identificação de processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis, utilizaram-se dados de feições correlatas e de ocorrências registradas acerca de eventos pretéritos, referentes a deslizamentos, inundações, alagamentos e outros fenômenos associados ao meio físico, com base em IPT (2015a), São Paulo (Cidade, 1994, 2018, 2023b). Esses dois conjuntos de dados foram utilizados também na definição das unidades geotécnicas (UGs), em caráter indicativo, não esgotando a possibilidade de que outras feições e ocorrências possam ser obtidas e incluídas ao longo tempo, contribuindo, assim, para o aprimoramento das análises e atualização contínua da CGAU-MSP. Aterros e depósitos de acumulação de materiais diversos (solos, rochas, resíduos sólidos), taludes resultantes de cortes antropogênicos em encostas e localização de barragens, obtidos em caráter amostral, a partir dos levantamentos efetuados em São Paulo (Cidade, 1994), foram também analisados, tendo em vista a finalidade de subsidiar a compartimentação das UGs e a geração do zoneamento geotécnico a incluir em mapa integrado da CGAU-MSP. Dados e informações coletadas em campo, provenientes de experiências continuadas das equipes da PMSP e do IPT no Município ao longo das últimas décadas, foram também considerados como insumos aos trabalhos de atualização da cartografia geotécnica.

As características do meio físico nesse contexto se referem aos distintos horizontes ou camadas mais superficiais do solo/subsolo, onde ocorre a maior parte das interações com a ocupação e as consequentes alterações nos processos geodinâmicos e hidrológicos. Consideram-se, assim, os horizontes ou camadas de solos residuais mais próximos à superfície (solo eluvial, resultante da evolução de processos pedogenéticos superficiais; e solo de alteração de rocha/solo saprolítico, resultante da evolução de processos de intemperismo físico-químico), assim como níveis inferiores de rocha alterada e rocha sã quando próximos à superfície e, ainda, áreas com solos e materiais transportados (colúvio/tálus) e sedimentos aluviais.

A partir da definição da abordagem geral (focalizando-se a interação entre processos do meio físico e ocupação do solo) e dos procedimentos metodológicos (seguindo-se o referido *modelo*), desenvolveram-se, no decorrer do ano de 2023, as seguintes etapas e atividades gerais de trabalho: Organização das equipes do IPT e PMSP; Discussão dos critérios a serem adotados nos trabalhos; Avaliação e atualização dos dados digitais provenientes da CG-MSP, elaborada em 1994; Seleção, análise e inclusão de novos dados digitais disponíveis; Geração de mapas temáticos intermediários; Cruzamento dos dados e geração do zoneamento geotécnico preliminar; Organização da base de dados digitais; Reuniões periódicas concomitantes ao andamento dos trabalhos entre as equipes e com especialistas convidados; Oficina com técnicos de diversas secretarias e empresas da PMSP, potenciais usuários da CGAU-MSP; Apresentação dos resultados preliminares para o Conselho Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CADES) e para o Grupo de Trabalho do Plano Preventivo de Chuvas de Verão (GT-PPCV), coordenado pela Secretaria Executiva de Mudanças Climáticas da PMSP; Revisão do conteúdo do Quadro-Legenda; Elaboração deste Guia; Organização final da base de dados digitais; e Inclusão dos dados no Portal GeoSampa/PMSP para acesso público.

## 5. PRODUTOS GERADOS

A CGAU-MSP é composta pelos seguintes produtos principais, parte dos quais encontram-se incluídos no mapa integrado que abriga o zoneamento geotécnico e apresentado mais adiante neste Guia de Utilização (ver item 7):

- **Mapa integrado da CGAU-MSP:** produto cartográfico de integração dos principais componentes da CGAU-MSP, contendo os mapas temáticos intermediários, o zoneamento geotécnico gerado na compartimentação do território em unidades geotécnicas e o quadro-legenda simplificado;
- **Mapas temáticos intermediários:** compreende o conjunto de mapas e/ou esboços temáticos intermediários utilizados como base aos trabalhos de cartografia geotécnica, sendo compilados, adaptados e/ou elaborados no âmbito do processo de execução da CGAU-MSP. São eles: Hipsometria; Declividade; Geologia, Relevo; Solos; Aquíferos e vulnerabilidade a contaminação; Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações; Suscetibilidade a escoamento superficial; Tendência pluviométrica; Uso e ocupação do solo; Agregados para construção civil; e Áreas protegidas e restrições à ocupação;
- **Zoneamento geotécnico:** produto cartográfico apresentado no mapa integrado da CGAU-MSP, sendo resultante da compartimentação geotécnica efetuada a partir do cruzamento e análise de dados e informações contidos nos mapas temáticos intermediários e da espacialização das UGs. Dados de relevo sombreado e imagens de satélite recentes acompanham o zoneamento geotécnico no mapa integrado, ambos incluídos como planos de fundo, entre outros elementos cartográficos convencionais (limite municipal; área urbanizada/edificada extraída do mapa de *Uso e ocupação do solo*; massa d'água; curso hídrico; e sistema viário).

Dados complementares, utilizados como insumos na definição das UGs, estão também apresentados no zoneamento geotécnico, destacando-se: feições associadas a processos do meio físico, compreendendo cicatriz de deslizamento, alagado, depósitos de acumulação de pé de encosta, campo de blocos rochosos e paredão rochoso, extraídas de IPT (2015a); ocorrência de carste (contexto de relevo e rochas carbonáticas, sujeitas a dissolução e formação de cavidades no subsolo e a consequentes subsidências e colapsos de solo em superfície), provenientes de cadastro da PMSP (São Paulo (Cidade), 2023b); e zonas com ocorrência de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), obtidas em São Paulo (Cidade, 1994).

Esses dados têm caráter amostral e indicativo acerca de levantamentos realizados e de associação com as UGs e não esgotam a possibilidade de que haja outros, que podem ser incluídos à medida que estejam disponíveis, devendo ser investigados quando do planejamento e implantação de eventuais projetos de engenharia para fins de ocupação do solo.

O zoneamento contém, ainda, áreas delimitadas por parte da PMSP para fins de estudos de setorização de risco geológico (referentes a deslizamento de encosta e solapamento de margem de rio e córrego), provenientes do Portal GeoSampa (São Paulo (Cidade), 2023b), igualmente utilizados de modo a propiciar sua contextualização em relação às UGs. Cabe observar

que os trabalhos de mapeamento para fins de setorização de risco se desenvolvem de maneira contínua pela PMSF, podendo ser periodicamente atualizados no mapa integrado da CGAU-SP;

- **Quadro-legenda simplificado:** produto apresentado de maneira resumida para as UGs delimitadas, contendo as características do meio físico predominantes (acerca de relevo, geologia, solo e água subterrânea) e os processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos), com suas correspondentes classes de suscetibilidade. As descrições contidas no Quadro-legenda simplificado decorrem basicamente da análise e interpretação dos dados e informações contidos nos mapas temáticos intermediários, podendo sempre ser complementadas. Dados e informações adicionais, assim como diretrizes e recomendações gerais para a segurança do uso e ocupação do solo e, também, para o aproveitamento de agregados para a construção civil, estão citados em tópico mais adiante, no item 5 deste Guia (ver Descrição das unidades geotécnicas - UGs);
- **Guia de Utilização:** produto que corresponde ao presente documento, baseando-se em formatos como os de IPT (1990, 2022). Sintetizam-se os trabalhos realizados e os produtos obtidos, bem como as orientações gerais para utilização da CGAU-MSP em suas aplicações ao uso e ocupação do solo e ao aproveitamento de agregados para construção civil;
- **Carta Síntese:** produto cartográfico de síntese (ver item 9), elaborado de acordo com interpretação do comportamento geotécnico predominante em cada UG definida no zoneamento, face à ocupação e demais fatores de indução/deflagração de processos considerados nas análises. A Carta Síntese é apresentada em formato de visualização semaforizada (vermelho, amarelo e verde), com três classes correspondentes (respectivamente: baixa aptidão e/ou inapta; média aptidão; e alta aptidão), de modo a facilitar a comunicação quanto à aptidão geotécnica geral atribuída a cada UG. Contém, ainda, a sobreposição da classe de área urbanizada/edificada extraída do mapa temático de *Uso e ocupação do solo*, cuja incidência pode modificar a aptidão geotécnica indicada numa determinada zona (polígono), para mais ou para menos, quando analisada localmente, assim como os dados do mapa de *Áreas protegidas e com restrições à ocupação*;
- **Descrição das unidades geotécnicas (UGs):** além dos dados e informações expressos no Quadro-legenda simplificado, que acompanha o zoneamento geotécnico no mapa integrado da CGAU-MSP, acrescentam-se as informações sobre aspectos favoráveis e desfavoráveis, assim como as diretrizes e recomendações gerais para a segurança da ocupação do solo (incluindo-se breve lista de ensaios geotécnicos aplicáveis a projetos) e aproveitamento de agregados para construção civil. As diretrizes e recomendações são apresentadas de modo distinto a *áreas não ocupadas* (aplicáveis também a situações de mudança do tipo de ocupação) e a *áreas ocupadas*, buscando auxiliar na prevenção e gestão de eventuais problemas geotécnicos que possam ser encontrados, a depender da UG específica, em conformidade com os parâmetros legais vigentes (**APÊNDICE A**);
- **Roteiro para avaliação locacional prévia:** produto recomendado no âmbito dos trabalhos de atualização desenvolvidos e cuja finalidade é orientar a

avaliação locacional que deve ser realizada na fase de planejamento e licenciamento urbanístico-ambiental de novos empreendimentos de ocupação do solo e de eventuais intervenções especiais (como Operações Urbanas, Projetos de Intervenção Urbana - PIUs e outros). Aplica-se também a outros projetos com potencial impacto significativo na zona rural, tendo em vista o conhecimento prévio acerca das condições geotécnicas presentes na área de interesse e as informações correspondentes apresentadas na CGAU-MSP em face do local em questão (**APÊNDICE B**);

- **Glossário:** breve lista de termos técnicos utilizados neste Guia e na CG-MSP anterior, assim como outros. Cada termo tem seu significado descrito de forma sucinta. Os conceitos e definições correspondentes foram adaptados e simplificados a partir de publicações diversas (**APÊNDICE C**); e
- **Base de Dados Digitais:** produto consolidado ao final dos trabalhos, contendo os dados digitais gerados na elaboração da CGAU-MSP, organizados em Sistema de Informações Geográficas (SIG), de modo a ser disponibilizados no Portal GeoSampa para fins de acesso e utilização por parte das equipes municipais, assim como pelo público em geral.

Salienta-se que a utilização da CGAU-MSP, para as múltiplas finalidades às quais o instrumento se destina, pressupõe a leitura e análise do zoneamento geotécnico referente às UGs delimitadas sempre em conjunto com os demais componentes que o acompanham.

## 6. MAPAS TEMÁTICOS INTERMEDIÁRIOS

Os mapas temáticos intermediários foram elaborados de modo a fundamentar a análise dos fatores relacionados aos processos geodinâmicos e/ou hidrológicos identificados no território municipal, devendo também ser consultados e utilizados quando da aplicação da CGAU-MSP, em integração com o zoneamento geotécnico, tendo em vista os dados do Quadro-legenda simplificado e a descrição completa das UGs no **APÊNDICE A**.

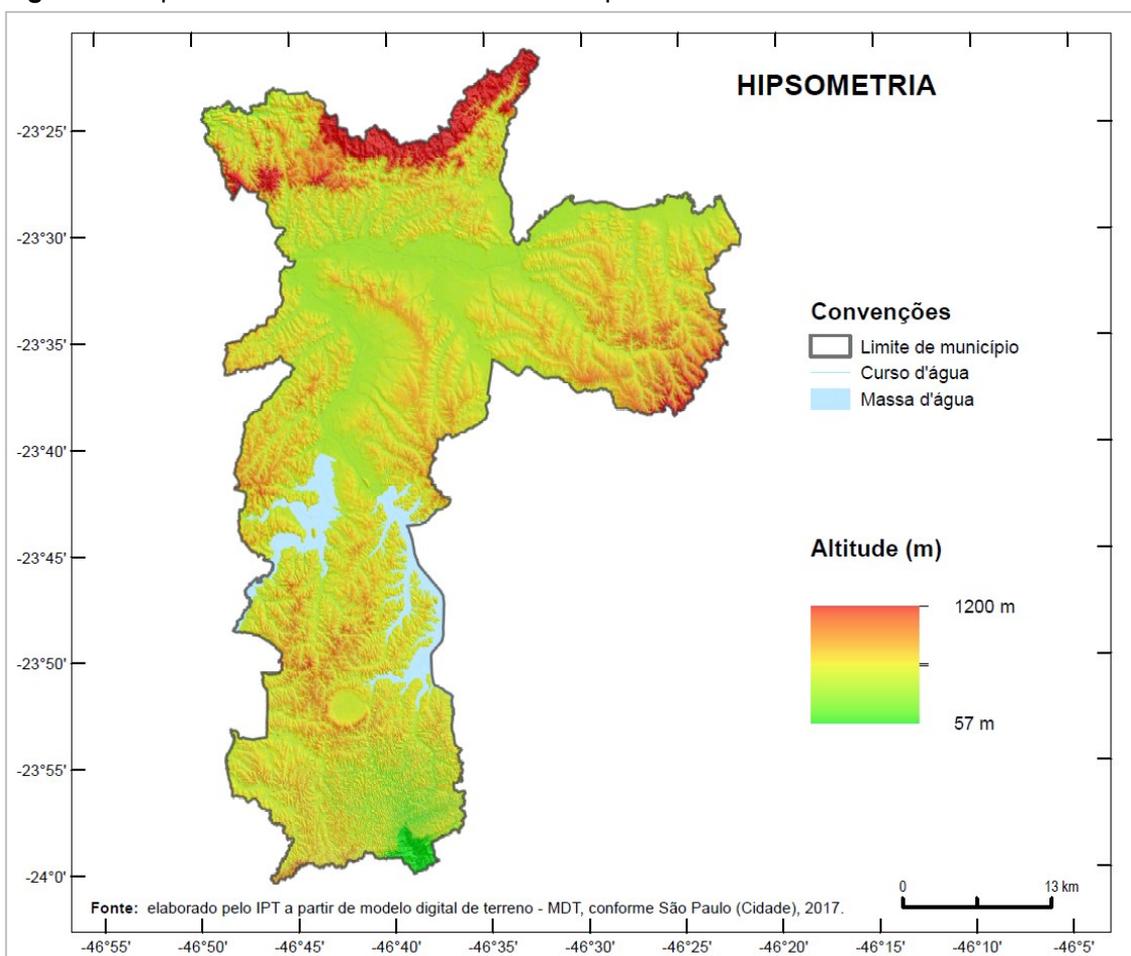
Parte dos mapas temáticos gerados foram inicialmente obtidos na escala geográfica de referência 1:25.000, a partir da *carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações* elaborada pelo IPT (2015a), sendo detalhados ou adaptados para a escala 1:10.000, conforme o caso e a utilidade em vista das finalidades da CGAU-MSP. Dessa forma, além dos mapas temáticos cartografados diretamente em escala 1:10.000, dispõem-se, também, de outros em escalas distintas, maiores ou menores, a depender do tema considerado e de suas variáveis envolvidas.

Apresenta-se, a seguir, um resumo de cada mapa temático intermediário elaborado. Os produtos cartográficos que serviram de base às atividades de compartimentação das UGs e geração do zoneamento geotécnico correspondem aos mapas de Geologia, Relevo e Solos. Nessas atividades, os demais mapas temáticos foram considerados de maneira complementar e auxiliar, sendo utilizados, ainda, na descrição das características de cada UG (**APÊNDICE A**). Os mapas de *Uso e ocupação do solo* e de *Áreas protegidas e restrições à ocupação* foram utilizados de forma direta na elaboração da Carta Síntese, apresentada neste Guia (ver item 9).

## 6.1 Hipsometria

Este mapa temático (**Figura 2**) mostra as variações de altitudes encontradas no território municipal, representadas pelas diferenças de cotas medidas em planta e distinguidas por meio da gradação de cores, correspondente aos diversos polígonos gerados. O mapa foi construído mediante utilização do *software* ArcGIS 10.6, por meio da técnica *Stretched*, onde a gradação de cores adotada se inicia com a cor verde para locais de menor altitude (conforme se observa em relação ao extremo sul do território municipal, onde se localiza a vertente inferior da serra do Mar, no sentido do litoral paulista), passando pela cor amarela em elevações moderadas (que dominam a maior parte do território), até alcançar a cor vermelha, atribuída a setores de maior cota (conforme se observa ao norte, na região da serra da Cantareira, que abriga as maiores altitudes do território municipal). O mapa foi elaborado com base em Modelo Digital de Terreno (MDT), gerado com resolução de 1 m, a partir de São Paulo (Cidade, 2017), este originalmente com resolução de 0,5 m. O mapa temático gerado foi utilizado no desenvolvimento de outros mapas intermediários, sendo incluído no mapa integrado da CGAU-MSP, que abriga o zoneamento geotécnico. No contexto da cartografia geotécnica, o produto elaborado tem a finalidade de auxiliar na definição dos padrões de relevo e na análise da correspondência com a dinâmica dos processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis.

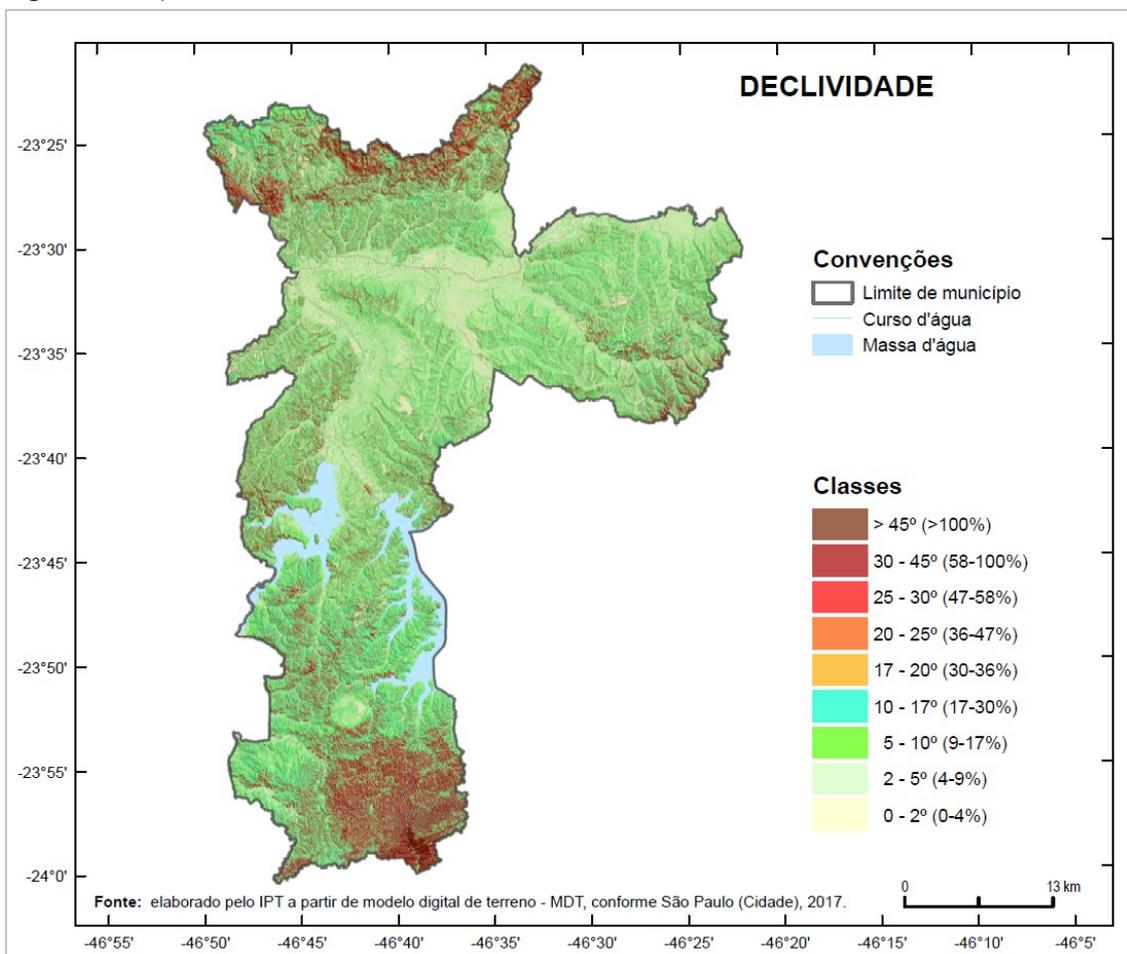
**Figura 2-** Mapa intermediário referente ao tema Hipsometria.



## 6.2 Declividade

Este mapa temático (**Figura 3**) apresenta a inclinação da superfície em relação à horizontal no território municipal, indicando a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses mesmos pontos, medida em planta. Sua dimensão pode ser expressa em graus (inclinação) ou em porcentagem (declividade, propriamente dita). Para os efeitos da CGAU-MSP utiliza-se, genericamente, o termo declividade. O mapa foi gerado a partir do MDT com resolução de 1 m, baseado em São Paulo (Cidade, 2017), utilizando-se o *software* ArcGIS 10.6, por meio da função *Slope*. Depois de gerada a declividade, efetuou-se a segmentação dos intervalos para as seguintes classes pré-definidas: 0 a 2°; 2 a 5°; 5 a 10°; 10 a 17°; 17 a 20°; 20 a 25°; 25 a 30°; 30 a 45° e >45°, indicando-se, entre parênteses, a correspondência com valores aproximados de porcentagem (%). Ampliam-se, assim, os intervalos contidos na versão anterior (São Paulo (Cidade), 1994), com parâmetros de referência presentes na legislação potencialmente incidente a empreendimentos em estudos geotécnicos diversos, encontrados na literatura técnico-científica do campo das geociências aplicadas, quanto a limiares para maior probabilidade de ocorrência de deslizamentos e processos correlatos. O produto elaborado tem a finalidade de auxiliar na definição dos padrões de relevo e na análise da correspondência com a evolução dos processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis.

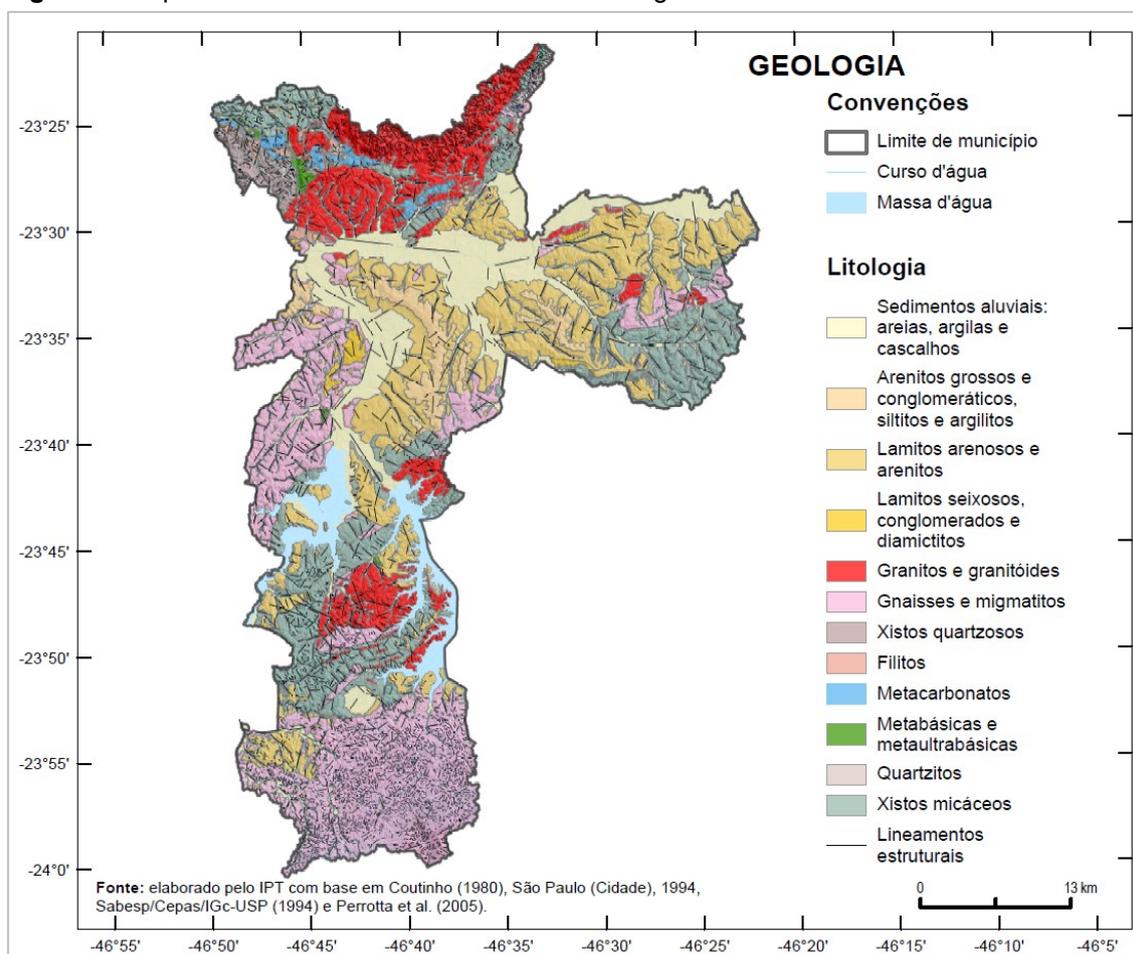
**Figura 3-** Mapa intermediário referente ao tema Declividade.



### 6.3 Geologia

Este mapa temático (**Figura 4**) revela a expressiva diversidade de litologias presentes no território municipal, abrangendo sedimentos aluviais (areias, argilas e cascalhos), rochas sedimentares (arenitos, siltitos, argilitos, lamitos, conglomerados e diamictitos) e rochas pré-cambrianas ou cristalinas (granitos, granitóides, gnaisses, migmatitos, xistos quartzosos, filitos, metacarbonatos, metabásicas, metaultrabásicas, quartzitos e xistos micáceos). Contém, ainda, a indicação de lineamentos estruturais, que correspondem a feições representativas de sistemas de falhas, zonas de cisalhamento, fraturas, juntas e outras descontinuidades associadas aos maciços identificados. A elaboração deste mapa temático partiu do mapeamento efetuado e utilizado na CG-MSP anterior, disponível na escala 1:10.000 (São Paulo (Cidade), 1994 e 2004), sendo ajustado localmente com base em trabalhos posteriores que apresentam dados digitais disponíveis e, ainda, em vista de discussões com geólogos da PMSP experientes em atividades de campo no Município. Os dados de lineamentos estruturais se baseiam em IPT (2015a), complementados com fotointerpretação e outras fontes. Dados de localização e caracterização de sondagens poderão ser incorporados posteriormente, em conjunto com informações sobre parâmetros obtidos em ensaios geotécnicos executados, a partir de informações disponíveis na PMSP e em outras fontes. O produto gerado é um dos principais temas utilizados na compartimentação das UGs.

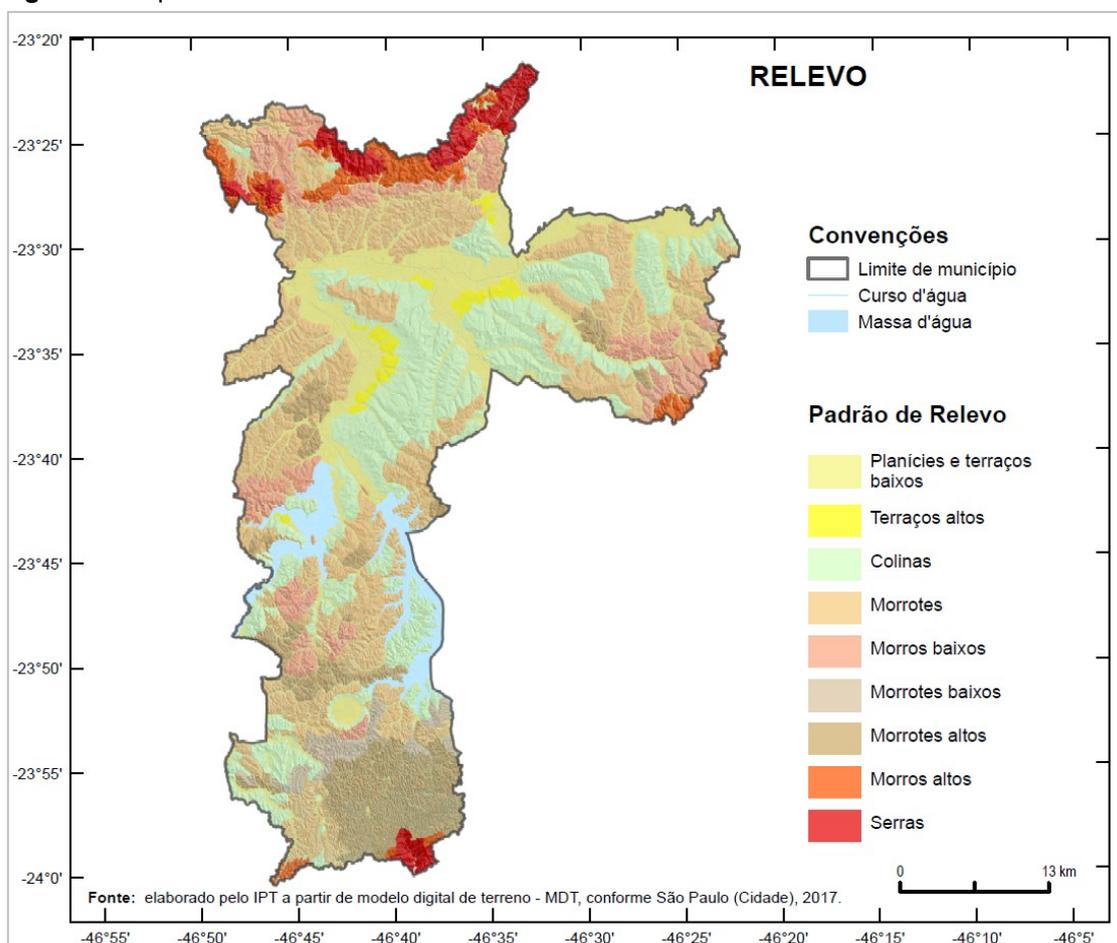
**Figura 4-** Mapa intermediário referente ao tema Geologia.



## 6.4 Relevo

Este mapa temático (**Figura 5**) ilustra a diversidade de formas e padrões de relevo identificados no território municipal, abrangendo planícies aluviais, terraços fluviais (baixos e altos), colinas, morrotes (baixos e altos), morros (baixos e altos) e serras. O mapa foi elaborado com base no trabalho em escala 1:25.000 de IPT (2015a), sendo então revisado para a escala 1:10.000, utilizando-se o MDT e o relevo sombreado gerados a partir de São Paulo (Cidade, 2017). Geraram-se o relevo sombreado, a declividade e a amplitude. O relevo sombreado foi construído por meio de técnica que propicia a visualização tridimensional da superfície, utilizando-se uma fonte de luz fictícia com um ângulo específico, acentuando-se sua declividade e a variabilidade da superfície de elevação. Essa representação foi adotada de modo a realçar as variações topográficas. As declividades e as amplitudes foram extraídas e classificadas em diferentes faixas, que representam a variedade de padrões de relevo e os processos geodinâmicos e hidrológicos associados. A amplitude é caracterizada pela altura relativa no âmbito da forma de relevo delimitada, onde amplitudes baixas estão geralmente relacionadas a processos de inundações e/ou alagamentos, enquanto amplitudes moderadas a altas vinculam-se a processos erosivos e movimentos gravitacionais de massa (deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrida de massa). O produto gerado é um dos principais temas utilizados na compartimentação das UGs.

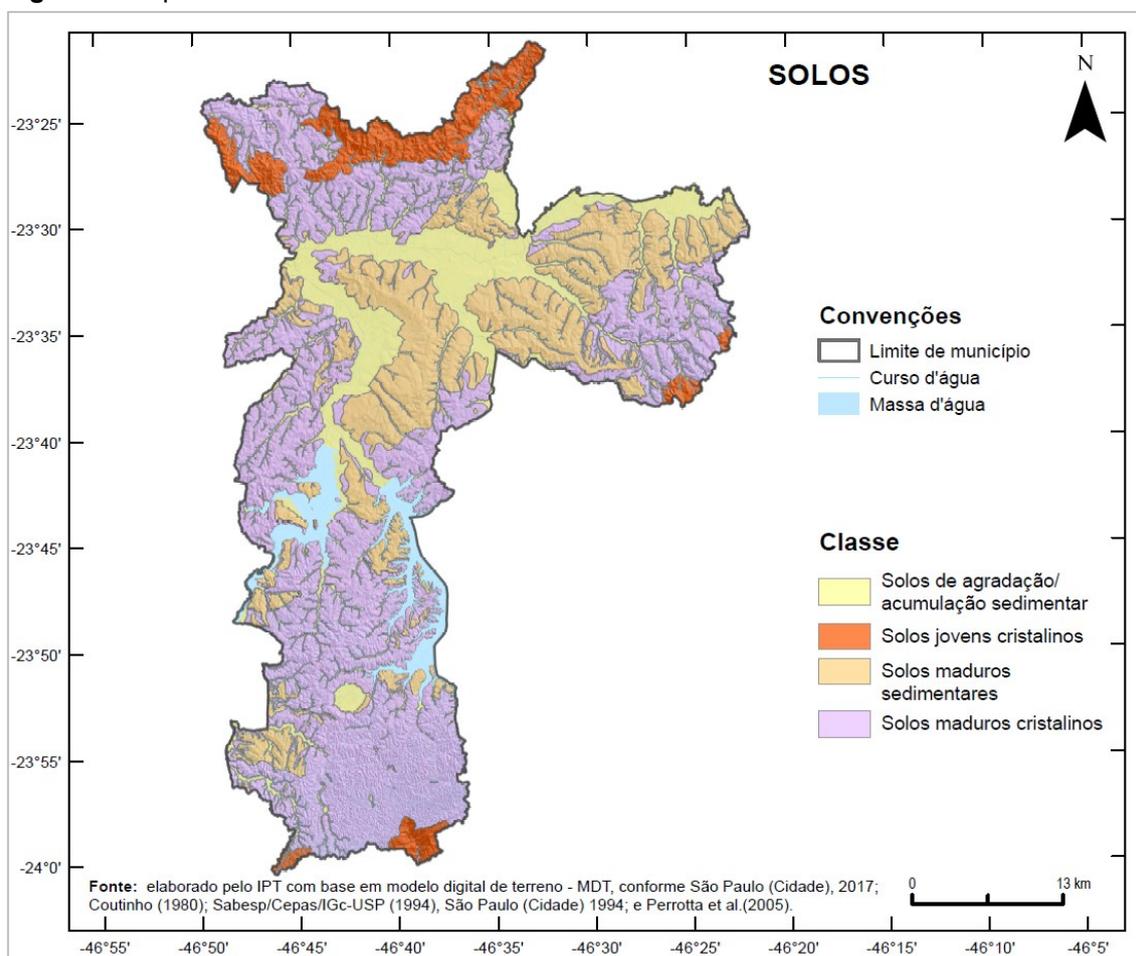
**Figura 5-** Mapa intermediário referente ao tema Relevo.



## 6.5 Solos

Este mapa temático (**Figura 6**) foi elaborado a partir dos mapas de Geologia e Relevo, considerando-se que a gênese e as categorias de solo se relacionam aos tipos litológicos e formas de relevo. Apoia-se no mapa pedológico regional (Rossi, 2017) e em Peloggia *et al.* (2018), para o agrupamento de categorias baseadas em formas de relevo e no grau de maturidade dos solos residuais. Solos de agradação ou acumulação sedimentar correspondem a superfícies geomórficas geradas em processos de elevação topográfica, por sedimentação ou aterramento antropogênico. No mapa de Relevo correspondem a planícies (contendo solos hidromórficos) e terraços (contendo solos hidromórficos e não hidromórficos) e, no de Geologia, a sedimentos aluviais. Solos de degradação referem-se a superfícies geomórficas formadas por erosão e movimentos gravitacionais de massa e, em função do relevo resultante, classificam-se de acordo com o grau de intemperismo, em jovens ou maduros, onde: solo residual jovem é constituído por minerais primários e secundários que mantêm características herdadas da rocha original (estrutura reliquiar), contendo blocos rochosos em sua massa, associando-se a morros altos e serras; e solo residual maduro, constituído por minerais secundários (transformados e neoformados) e primários que resistiram ao intemperismo, com granulação variável, geralmente homogêneo e estrutura porosa, associando-se a colinas, morrotes e morros baixos. O produto gerado é um dos principais temas utilizados na compartimentação das UGs.

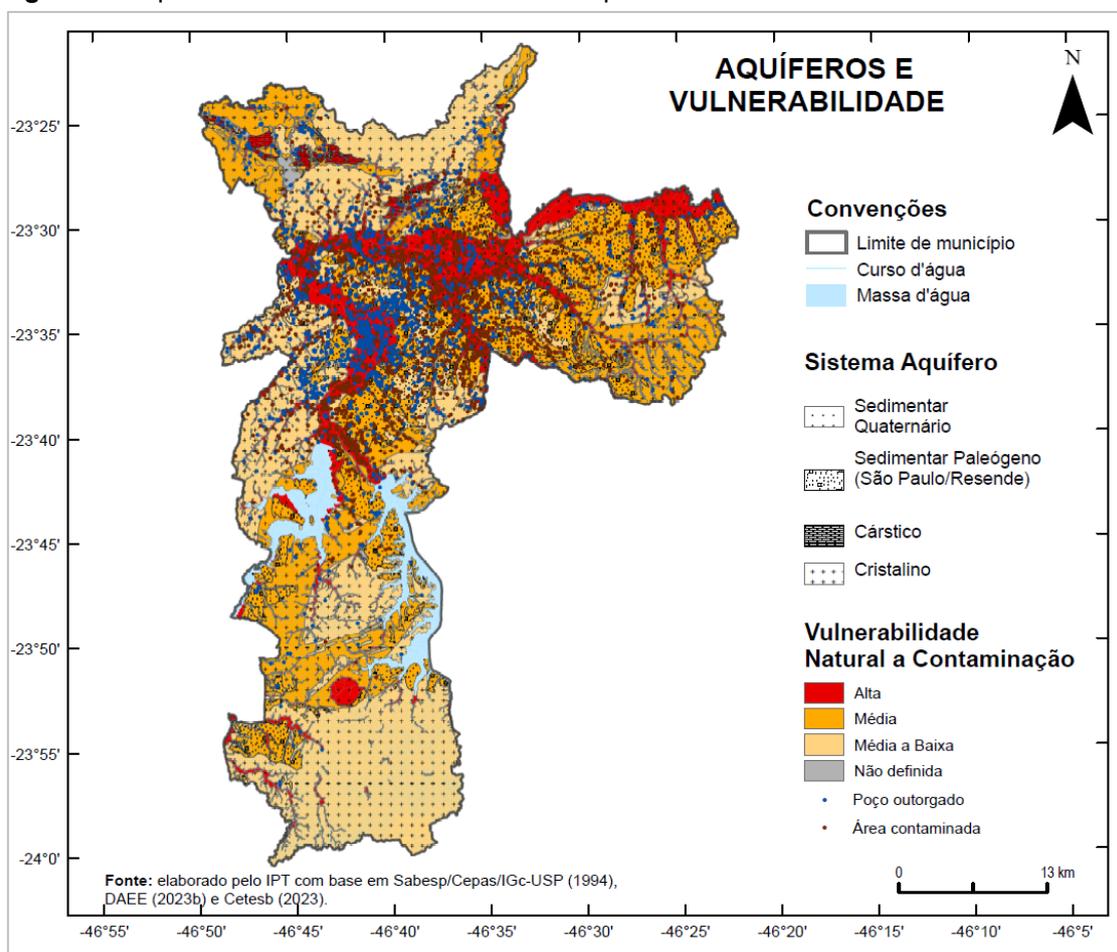
**Figura 6-** Mapa intermediário referente ao tema Solos.



## 6.6 Aquíferos e vulnerabilidade a poluição/contaminação

Este mapa temático (**Figura 7**) foi elaborado especialmente com base nos dados de geologia obtidos para esta CGAU-MSP. Indicam-se os principais sistemas aquíferos encontrados no território municipal: Sistema Aquífero Sedimentar Quaternário, abrangendo os sedimentos aluviais (areais, argilas e cascalhos); Sistema Aquífero Sedimentar Paleógeno, com litologias das Formações São Paulo e Resende; Sistema Aquífero Cárstico, conforme a litologia de metacarbonatos; e Sistema Aquífero Cristalino, contendo rochas cristalinas diversas (granitos, granitóides, gnaisses, migmatitos, xistos, filitos, metabásicas e quartzitos). Os sistemas estão acompanhados de estimativas de vulnerabilidade a contaminação, obtidas em Sabesp/Cepas/IGc-USP (1994), sendo classificadas em Alta, Média, Média a Baixa e Indefinida. Abrange, também, a localização de outorgas para a extração e aproveitamento de águas subterrâneas disponibilizadas pelo órgão responsável pela gestão de recursos hídricos (DAEE, 2023b) e de áreas contaminadas apontadas pelo órgão ambiental estadual (CETESB, 2023). O conhecimento sobre os poços e áreas contaminadas tende a subsidiar as análises acerca de potenciais interações com a ocupação do solo, devendo-se considerar, nesse âmbito, os parâmetros advindos de normas legais que estabelecem restrições e controles especiais à captação e uso das águas subterrâneas em localidades específicas. O produto gerado é um dos temas auxiliares à compartimentação das UGs.

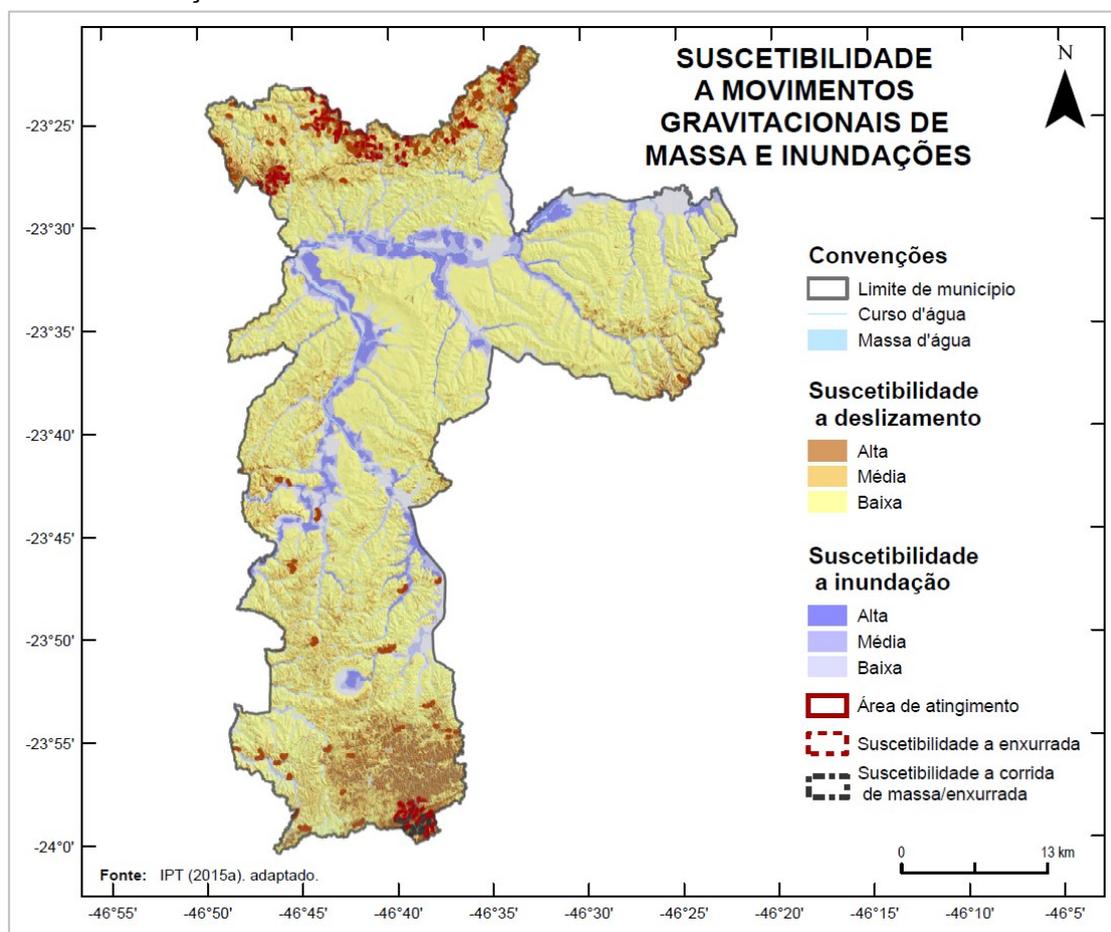
**Figura 7-** Mapa intermediário referente ao tema Aquíferos e Vulnerabilidade.



## 6.7 Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações

Este mapa temático (**Figura 8**) advém de mapa similar originalmente confeccionado em escala 1:25.000 (IPT, 2015a), apoiando-se no MDT gerado a partir de São Paulo (Cidade, 2017), para compatibilização das análises em 1:10.000. Indicam-se as suscetibilidades a dois conjuntos de processos: movimentos gravitacionais de massa (deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrida de massa/fluxo de detritos); e inundação e/ou alagamento e enxurrada. Nos casos de corrida de massa e enxurrada, a delimitação foi efetuada segundo bacias de drenagem com alta suscetibilidade, seja de forma integrada (considerando os dois processos) ou isolada (apenas em relação a enxurrada, relativamente mais frequente no território municipal). Para os demais processos distinguem-se as classes de Baixa, Média e Alta suscetibilidade. Agregam-se, ainda, os dados de análises acerca de prováveis áreas de atingimento em caso de eventos de deslizamento deflagrados por chuvas intensas e/ou extremas, considerando-se a amplitude das encostas em áreas não ocupadas. Em áreas ocupadas, as interações em curso tendem a modificar a indicação do alcance potencial, requerendo-se, assim, estudos em nível de detalhe. No caso de corrida de massa, as áreas de atingimento não estão apontadas, visto que se restringem ao sul e tendem a alcançar zonas situadas fora dos limites municipais, o que, contudo, deve ser objeto de atenção. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação das UGs.

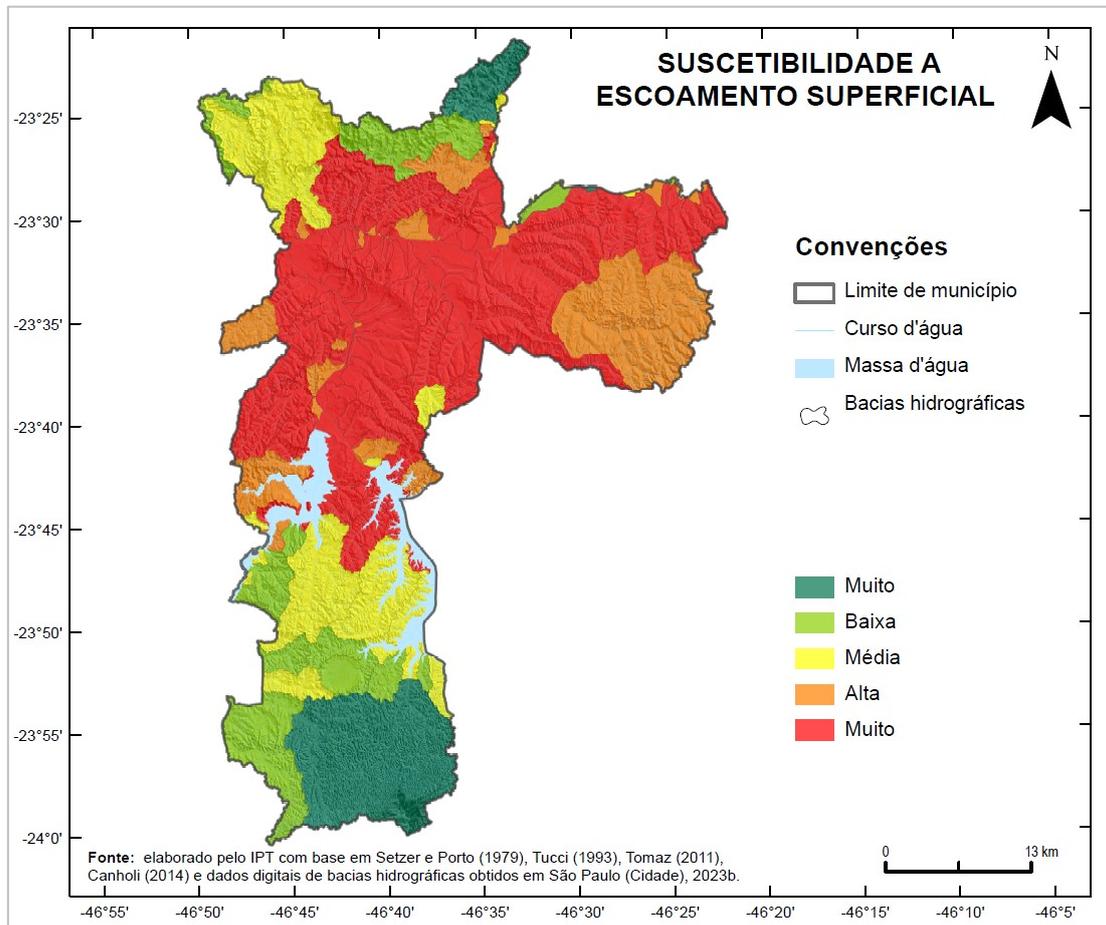
**Figura 8-** Mapa temático referente ao tema Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações.



## 6.8 Suscetibilidade a escoamento superficial

Este mapa temático (**Figura 9**) expressa a suscetibilidade ao escoamento superficial das águas pluviais nas sub-bacias hidrográficas, inseridas total ou parcialmente no Município e delimitadas em São Paulo (Cidade, 2023b). Baseia-se na espacialização do coeficiente de escoamento calculado para cada sub-bacia, hierarquizando-as segundo o grau de saturação de suas redes de drenagem. O cálculo do coeficiente de escoamento se fundamenta em três fatores: umidade antecedente do solo; tipo de solo; e uso e ocupação atual do solo. Os resultados agrupados para cada sub-bacia hidrográfica são apresentados em classes de suscetibilidade, com as respectivas diretrizes gerais à ocupação: em Muito Baixa, as sub-bacias devem ser protegidas, pois as condições naturais de drenagem se mostram muito preservadas, várias em área de mananciais hídricos; em Baixa, a urbanização começa a interferir na drenagem, devendo-se atentar para que essa situação não avance; em Média, nota-se que a urbanização provocou mudanças importantes e o adensamento urbano tende a agravar as inundações, devendo-se adotar medidas para conter as taxas de ocupação; em Alta, as bacias estão no limite de saturação das redes de drenagem e de sua capacidade de suporte, devendo-se restringir a ocupação e favorecer a infiltração; e em Muito Alta, as bacias mostram provável saturação das redes de drenagem, com raras áreas desocupadas, devendo-se implantar ações de controle do escoamento superficial. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação das UGs.

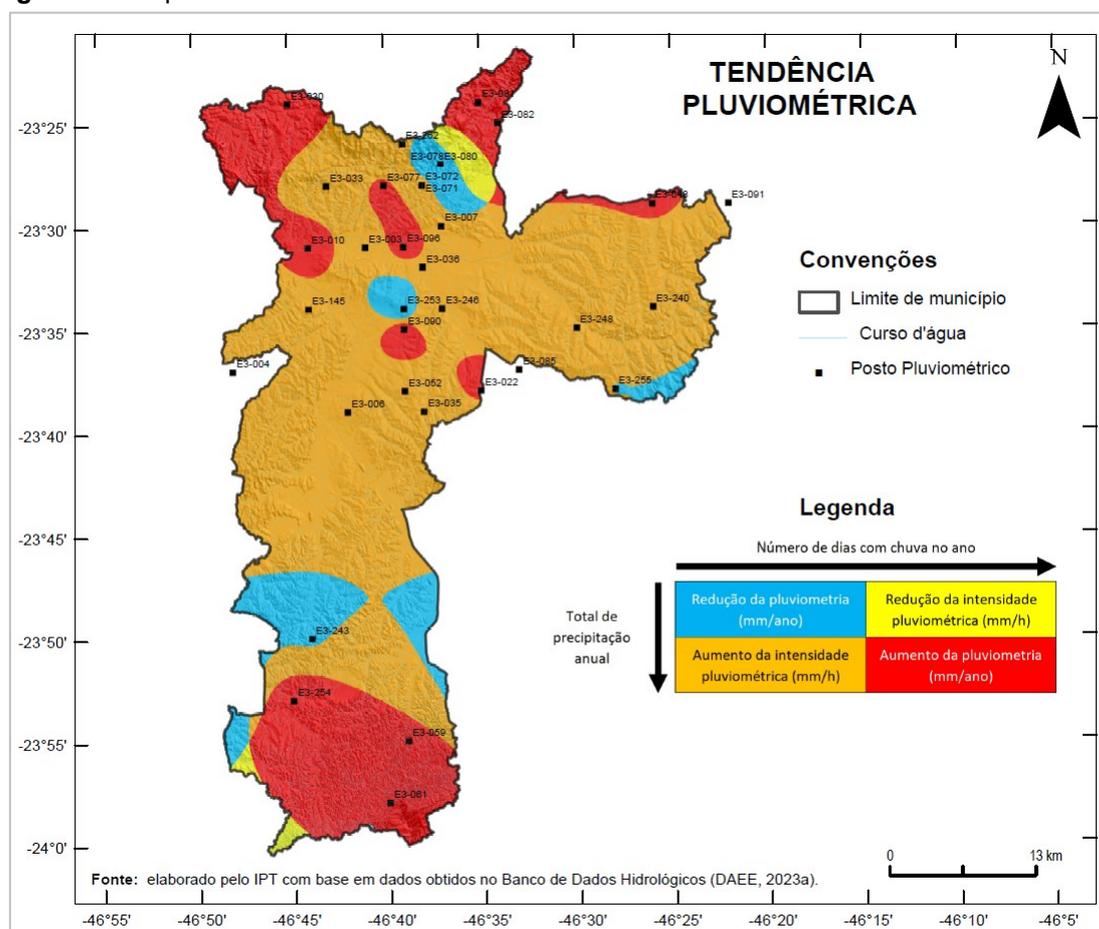
**Figura 9-** Mapa intermediário referente ao tema Suscetibilidade a Escoamento Superficial.



## 6.9 Tendência pluviométrica

Este mapa temático (**Figura 10**) ilustra tendências pluviométricas que podem ser esperadas em relação ao território municipal, tendo como base a análise de dados históricos de precipitação, obtidos em postos pluviométricos que são ou foram operados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2023a), situados na cidade e em suas proximidades. O tema se mostra relevante face ao contexto de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequentes) e o desafio de desenvolver as adaptações estruturais e não estruturais necessárias. Para a análise, priorizaram-se os dados de postos que operam atualmente e/ou que possuam série histórica igual ou superior a 20 anos de dados diários de chuva, sem interrupções. A análise de tendência pluviométrica foi feita de forma matricial, combinando-se o número de dias de chuva com o total precipitado, ambos na escala de tempo anual. A combinação desses fatores resultou em quatro classes: redução da pluviometria (mm/ano), em porções ao sul, centro, norte e leste; aumento da intensidade pluviométrica (mm/h), que pode afetar especialmente as áreas urbanizadas/edificadas, como se observa a leste e oeste; redução da intensidade pluviométrica (mm/h), aparentemente restrita a pequenas zonas ao norte e ao sul; e aumento da pluviometria (mm/ano), tendência esta na maior parte do sul e em zonas esparsas ao norte, centro e sudeste no território municipal. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação das UGs.

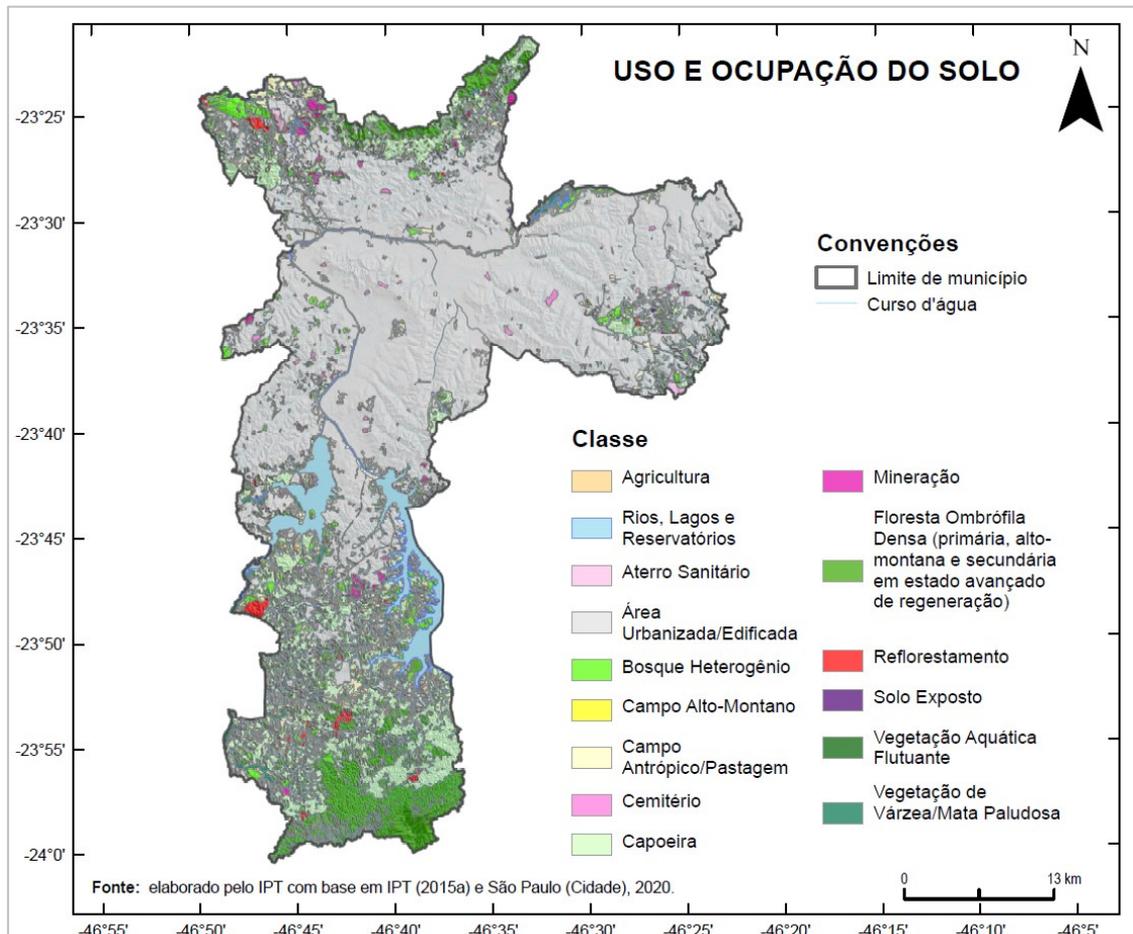
**Figura 10-** Mapa intermediário referente ao tema Tendência Pluviométrica.



## 6.10 Uso e ocupação do solo

Este mapa temático (**Figura 11**) abrange as formas de uso e ocupação do solo identificadas tanto em zona urbana quanto rural. A depender de sua localização, podem interagir e modificar os processos geodinâmicos e hidrológicos. A distribuição espacial das formas de uso constitui importante ferramenta em estudos de planejamento e gestão territorial. O mapeamento no âmbito da CGAU-MSP foi elaborado por meio da digitalização dos polígonos em tela, utilizando-se imagens disponíveis no *Basemap World Imagery*, do software ArcGis 10.6, assim como o banco de dados do *Google Earth*, que fornece imagens de alta resolução mais recentes. Os dados foram digitalizados com detalhamento compatível à escala 1:10.000. Para delimitar as classes que representam a cobertura vegetal, utilizou-se o mapeamento contido em São Paulo (Cidade, 2020, 2023b). A classe Área Urbanizada/Edificada (AUE) foi atualizada a partir do *shape* de mesmo nome obtido em IPT (2015a), salientando-se que não corresponde integralmente às áreas urbanas e rurais definidas na legislação. Nessa categoria de uso foram necessários ajustes, tanto em função do tempo decorrido desde o trabalho anterior quanto à distinção da escala geográfica de mapeamento. As demais categorias de uso e ocupação do solo foram reinterpretadas e verificadas diretamente em tela digital, considerando-se o emprego de métodos consolidados pelo IPT em trabalhos similares de mapeamento. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação das UGs.

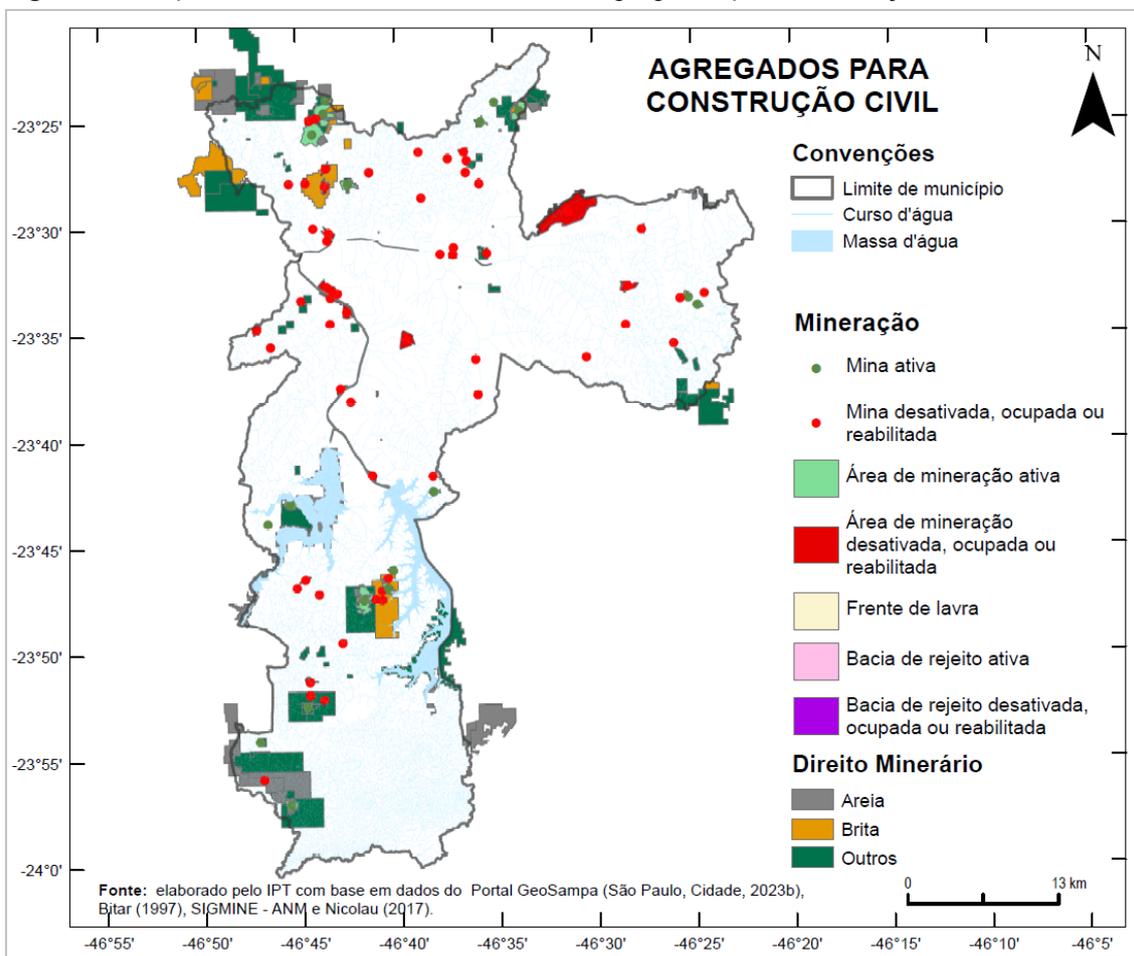
**Figura 11-** Mapa intermediário referente ao tema Uso e Ocupação do Solo.



### 6.11 Agregados para construção civil

Este mapa temático (**Figura 12**) é voltado aos agregados minerais que se destinam à construção civil. Contempla a diversidade de situações associadas às fases de planejamento, operação e desativação de minas, incluindo-se: minas ativas, minas desativadas (abandonadas, ocupadas ou reabilitadas), frentes de lavra e bacias de rejeito ativas e desativadas (abandonadas, ocupadas ou reabilitadas), identificadas conforme dados de trabalhos publicados, informações da PMSP e verificações em imagens de satélite. Acrescentam-se os dados sobre incidência de direitos minerários, que se mostram relevantes tendo em vista conflitos que poderão advir entre atividades de mineração e a ocupação do solo, referentes a agregados para construção civil (brita e areia) e outras substâncias (saibro, calcário e outros), conforme dados disponíveis na Agência Nacional de Mineração (ANM). As informações sobre atividades de mineração na elaboração da CGAU-MSP atendem a requisito legal da PNPDEC para o estabelecimento de diretrizes urbanísticas voltadas ao aproveitamento de agregados para construção civil, sendo particularmente importantes para a prevenção e gestão de eventuais conflitos de uso e ocupação do solo, tendo em conta as pressões continuadas exercidas pela dinâmica de expansão urbana no território municipal, no sentido das zonas periféricas, onde se encontram atividades de mineração. O produto gerado é um dos temas auxiliares utilizados na compartimentação das UGs.

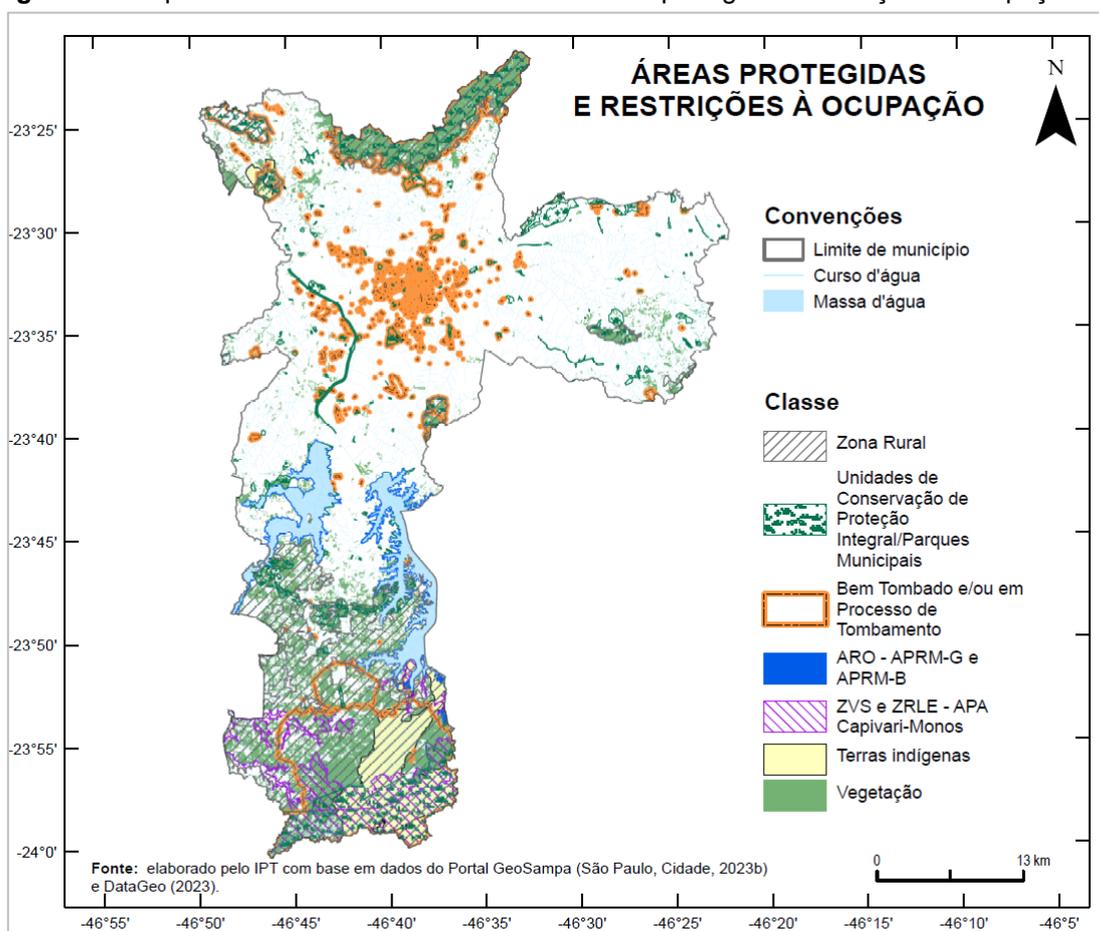
**Figura 12-** Mapa intermediário referente ao tema Agregados para Construção Civil.



## 6.12 Áreas protegidas e restrições à ocupação

Este mapa temático abrange o conjunto de áreas protegidas e com restrições à ocupação (**Figura 13**). Estão cartografadas áreas representáveis na escala de referência: a) Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI), abrangendo Parques Estaduais, Parques Naturais Municipais e a Reserva de Vida Silvestre Anhanguera; b) Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCUS), que incluem Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), e as zonas restritivas do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Capivari-Monos; d) Parques urbanos municipais e estaduais e lineares; d) Terras Indígenas; e) Áreas de Restrição à Ocupação (ARO), definidas pela legislação de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) da bacia hidrográfica do Guarapiranga (APRM-G) e do Reservatório Billings (APRM-B); f) Macroáreas definidas pelo PDE como zona rural; g) bens tombados ou em processo de tombamento; e h) áreas de ocorrência de vegetação, mapeadas pela PMSP (São Paulo (Cidade), 2020). Destaca-se que as zonas restritivas do Plano de Manejo da APA Municipal Bororé-Colônia e das APAS estaduais do Carmo, Iguatemi e Várzea do Rio Tietê não estão representadas pela não disponibilização de dados digitais. Áreas de Preservação Permanente (APPs) previstas no Código Florestal (Brasil, 2012b) e vegetação abrangida pela Lei da Mata Atlântica (Brasil, 2006), assim como entornos de bens tombados, zonas de UCs menores e com restrições, entre outras com reduzida expressão em área, não estão aqui cartografadas em razão da escala, devendo, contudo, ser consideradas em eventuais empreendimentos de ocupação. O produto gerado encontra-se na Carta Síntese, sobreposto à classificação das UGs.

**Figura 13-** Mapa intermediário referente ao tema Áreas protegidas e restrições à ocupação.



## 7. ZONEAMENTO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

As unidades geotécnicas (UGs) foram delimitadas a partir da identificação de processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos) e análise de seus fatores condicionantes. A abordagem com foco em processos do meio físico foi adotada também na versão anterior da CG-MSP, ocasião em que se considerou a compartimentação do território por meio da combinação de três intervalos de declividade e de dez tipos de maciços de solo e rocha, resultando em trinta compartimentos, somando-se, ainda, subunidades em domínio de sedimentos aluviais. Para a presente CGAU-MSP, considerou-se a suscetibilidade aos processos, assim como os fatores de indução e/ou deflagração (pluviometria, uso e ocupação do solo, infraestrutura, mineração), propiciando-se uma primeira compartimentação.

Diante da relevância dos processos condicionados pela diversidade de classes de padrões de relevo e de tipos litológicos no território municipal, assim como de solos, a compartimentação inicial resultou especialmente da análise integrada de padrões de relevo, litologia e grau de maturidade dos solos. O relevo se sobressai nesse contexto, dado que sintetiza o resultado dos processos atuantes no território. Ao todo, consideraram-se doze classes de litologia e nove de padrões de relevo, ponderando-se com a incidência de solos de acumulação sedimentar, solos residuais maduros e solos residuais jovens. Dado que parte do número de combinações possíveis não se manifesta no território municipal, obteve-se o total inicial de 64 unidades, onze das quais com reduzida expressão em sua área de abrangência (< 1km<sup>2</sup>).

Análise da interação provável entre suscetibilidades inerentes ao meio físico e fatores de indução e/ou deflagração dos processos foi executada na sequência, para fins de agrupamento de unidades similares, por meio de matriz de correlação, avaliando-se o provável comportamento geotécnico face à ocupação do solo. Assim, as classes de litologia e de relevo foram reagrupadas, considerando-se, ainda, a incidência de solos residuais maduros e jovens. Suscetibilidades a erosão pluvial foram interpretadas para cada unidade a partir de características dos solos residuais correspondentes e também contribuíram nessa atividade. Outros fatores e características contidos nos mapas temáticos intermediários foram incorporados às análises e considerados na compartimentação.

Ao final, definiu-se o total de vinte UGs. A nomenclatura adotada para as UGs é representada por algarismos romanos. Gerou-se, então, o zoneamento geotécnico, descrevendo-se cada UG quanto às características predominantes e processos atuais e/ou prováveis ante os fatores de indução e/ou deflagração, classificação geral de aptidão geotécnica, aspectos favoráveis e desfavoráveis e diretrizes e recomendações à ocupação do solo e ao aproveitamento de agregados minerais. Considerando os ajustes metodológicos efetuados na atualização, salienta-se que não há correlação direta entre os compartimentos da CG-MSP anterior e as UGs aqui definidas. Contudo, a partir da descrição sucinta de cada UG (**Quadro 1**), dados do **APÊNDICE A** e imagens ilustrativas (**APÊNDICE D**), podem ser obtidas evidências acerca de compatibilizações existentes, seja parcial ou até mesmo total, inclusive quando analisados localmente. Segue-se o mapa integrado da CGAU-MSP (**Figura 14**).

**Quadro 1- Descrição sucinta das Unidades Geotécnicas (UGs).**

<b>UG</b>	<b>Características, suscetibilidades e aptidão</b>
<b>I</b>	Áreas de sedimentos aluviais inconsolidados em planícies atuais e terraços fluviais baixos, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão. Predominam suscetibilidades altas a inundação e alagamento, assim como a enxurrada, erosão fluvial, solapamento de taludes marginais e assoreamento. Atingimento por MGM e recalque diferencial acentuado (associado ao adensamento de solos compressíveis por sobrecarga e/ou rebaixamento do nível d'água subterrânea) localizados. Vulnerabilidade alta a poluição/contaminação de aquífero subterrâneo.
<b>II</b>	Áreas de sedimentos aluviais inconsolidados em terraços fluviais altos, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades médias a inundação e alagamento eventuais. Atingimento por MGM e recalque (associados a solos compressíveis) localizados. Vulnerabilidade alta a poluição/contaminação de aquífero.
<b>III</b>	Áreas de arenitos, siltitos e argilitos e de solos residuais maduros, em colinas, geralmente de alta aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e a outros processos (erosão pluvial, desagregação superficial/empastilhamento e recalque). Suscetibilidades médias a erosão pluvial localizada. Vulnerabilidade média a poluição/contaminação de aquífero subterrâneo.
<b>IV</b>	Áreas de lamitos e arenitos e de solos residuais maduros, em colinas, geralmente de alta aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e a outros processos (erosão pluvial, desagregação superficial/empastilhamento e recalque). Suscetibilidades médias a altas a erosão pluvial localizada. Vulnerabilidade média a poluição/contaminação de aquífero subterrâneo.
<b>V</b>	Áreas de granitos e granitóides e de solos residuais maduros, em colinas, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e altas a erosão pluvial. Queda de rocha (em encostas naturais e taludes de corte) e recalque (associado a blocos/matacões no subsolo) localizados.
<b>VI</b>	Áreas de gnaisses e migmatitos e de solos residuais maduros, em colinas, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e médias a altas a erosão pluvial. Queda de rocha (em encostas naturais e taludes de corte) e recalque (associado a blocos/matacões no subsolo) localizados.
<b>VII</b>	Áreas de xistos e quartzitos e de solos residuais maduros em colinas, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e médias a altas a erosão pluvial. Queda de rocha localizada (em encostas naturais e taludes de corte).
<b>VIII</b>	Áreas de filitos e metabásicas e de solos residuais maduros, em colinas, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e médias a erosão pluvial. Queda de rocha localizada, em encostas naturais e taludes de corte.
<b>IX</b>	Áreas de metacarbonatos e solos residuais maduros argilosos, em relevo variado, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas e médias a deslizamento, assim como médias a erosão pluvial e médias a altas a subsidências e colapsos de solo associados a processos de carstificação no subsolo, induzidos por interferências e superexploração de água subterrânea. Queda de rocha localizada, em encostas naturais e taludes de corte.
<b>X</b>	Áreas de arenitos, siltitos e argilitos e de solos residuais maduros, em morrotes, geralmente de alta aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e a outros processos (erosão pluvial, desagregação superficial/empastilhamento e recalque). Suscetibilidades médias a altas a erosão pluvial localizada.
<b>XI</b>	Áreas de lamitos e arenitos e de solos residuais maduros, em relevo variado, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e a outros processos (desagregação superficial/empastilhamento e recalque) e baixa a alta a erosão pluvial.
<b>XII</b>	Áreas de granitos e granitóides e de solos residuais maduros, em relevo variado, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e altas a erosão pluvial. Queda de rocha (em encostas naturais e taludes de corte) e recalque (associado a blocos/matacões no subsolo) localizados.
<b>XIII</b>	Áreas de gnaisses e migmatitos e de solos residuais maduros, em relevo variado, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e médias e altas a erosão pluvial. Queda de rocha (em encostas naturais e taludes de corte) e recalque (associado a blocos/matacões no subsolo) localizados.
<b>XIV</b>	Áreas de xistos e quartzitos e de solos residuais maduros, em relevo variado, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e médias a altas a erosão pluvial. Queda de rocha localizada, em encostas naturais e taludes de corte.
<b>XV</b>	Áreas de filitos e metabásicas e de solos residuais maduros, em relevo variado, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades baixas a deslizamento e médias a erosão pluvial. Queda de rocha localizada, em encostas naturais e taludes de corte.
<b>XVI</b>	Áreas de granitos e granitóides e de solos jovens, em morros altos, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades médias e altas a deslizamento e altas a erosão pluvial. Queda de rocha (em encostas naturais e taludes de corte) e recalque (associado a blocos/matacões no subsolo) localizados.
<b>XVII</b>	Áreas de gnaisses e migmatitos e de solos residuais jovens, em morros altos, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades médias e altas a deslizamento e a erosão pluvial. Queda de rocha (em encostas naturais e taludes de corte) e recalque (associado a blocos/matacões no subsolo) localizados.
<b>XVIII</b>	Áreas de xistos e quartzitos e de solos residuais jovens, em morros altos, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades médias e altas a deslizamento e a erosão pluvial. Queda de rocha localizada, em encostas naturais e taludes de corte.
<b>XIX</b>	Áreas de filitos e metabásicas e de solos residuais jovens, em morros altos, geralmente de média aptidão. Predominam suscetibilidades médias e altas a deslizamento e médias a erosão pluvial. Queda de rocha localizada, em encostas naturais e taludes de corte.
<b>XX</b>	Áreas de litologia cristalina variada (com destaque aos granitos e granitóides) e de solos residuais jovens, em serras, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão. Predominam suscetibilidades médias a altas a erosão pluvial e altas a enxurrada e a MGM (deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrida de massa).

Fonte: IPT. Siglas: UG- Unidade Geotécnica; e MGM- Movimentos gravitacionais de massa.



## 8. ENSAIOS GEOTÉCNICOS APLICÁVEIS

Ensaio geotécnicos são comumente realizados em meio a estudos e investigações geotécnicas para fins de elaboração de projetos de uso e ocupação do solo, a depender das características de cada UG e de dados e informações adicionais a obter em escala local quanto às condições geológicas. Apontam-se, a seguir, os tipos de ensaios aplicáveis a cada UG, discutindo-se a importância da estruturação de um banco de dados no âmbito da PMSP acerca de sondagens e ensaios realizados no território municipal.

### Estudos, investigações e ensaios geotécnicos

Breve lista de ensaios geotécnicos aplicáveis a cada contexto encontra-se apresentada no **APÊNDICE A**, de acordo com a UG. Nos quadros em que esses ensaios estão listados (identificados da seguinte forma: *4 Diretrizes e recomendações: 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo*), indicam-se, também, quando pertinentes, os estudos e investigações de caráter geológico-geotécnico e hidrológico-hidráulico a realizar em nível básico ou de detalhe, conforme o caso, assim como estudos hidrogeológicos, geofísicos e outros complementares.

Tem-se o pressuposto de que o conhecimento prévio das condições do solo e subsolo em um determinado local é condição fundamental para elaboração de projetos de fundações e/ou de obras de contenção seguras e econômicas. Esse conhecimento prévio deve ser obtido por meio de estudos, investigações e ensaios geotécnicos apropriados ao contexto local, para determinar as propriedades e parâmetros dos materiais presentes no solo e subsolo.

Os ensaios geotécnicos podem ser de laboratório ou campo. Em casos específicos, podem-se utilizar retroanálises de rupturas de taludes ocorridas em solo, assim como de taludes em solo com evidências de ruptura iminente, restritas a situações onde ocorrem os mesmos tipos de solos, geometrias similares e condições de pressões neutras semelhantes, de modo a permitir a extrapolação de resultados.

### Organização de banco de dados

Considera-se a oportunidade de se organizar um banco de dados sobre sondagens e ensaios geotécnicos realizados no território municipal, no âmbito da PMSP. Esse banco de dados deve ter caráter orientativo, apoiando-se em casos de trabalhos de campo e de laboratório referentes a obras construídas ou em construção, propiciando-se a geração de parâmetros referentes a características geotécnicas do solo e subsolo em nível local nas distintas UGs.

Com base em números representativos de sondagens e ensaios geotécnicos realizados para cada UG, pode-se reunir um conjunto de dados e informações auxiliares ao pré-dimensionamento de projetos de engenharia. Cabe observar, contudo, que os projetos de engenharia deverão ser detalhados a partir de sondagens e ensaios locais, conforme normas de amostragem e condições de solicitação previstas. Nesse sentido, é possível valer-se também de correlações a obter entre ensaios de campo e de laboratório realizados, para estimativas de parâmetros de projetos de engenharia.

A partir de parâmetros associados a cada UG, pode-se, por exemplo, correlacionar valores de SPT (*Standard Penetration Test*), obtidos por meio de sondagens de simples reconhecimento do solo/subsolo, com os parâmetros de resistência ao cisalhamento ( $c$ =coesão e  $\phi$ =ângulo de atrito). Essa correlação pode ser utilizada em estudos de viabilidade técnico-econômica ou até mesmo em projetos básicos de obras.

A compilação de resultados de diferentes tipos de ensaios realizados em nível de escala local, com base em dados e informações de projetos básicos e/ou executivos submetidos à análise das equipes técnicas municipais, em função dos procedimentos legais e administrativos instituídos para as finalidades de autorização e licenciamento urbanístico-ambiental, pode se constituir em base para a composição e desenvolvimento do banco de dados. Esse banco deve contar com informações sobre ensaios realizados, bem como eventuais retroanálises que estejam disponíveis, subsidiando a definição e o aprimoramento da relação de investigações a solicitar em empreendimentos futuros, de acordo com a localização do projeto e UG correspondente.

Ressalta-se que a utilização dos parâmetros de resistência ao cisalhamento em projetos básicos de engenharia, a obter por meio do banco de dados, segundo uma mesma UG, requer a adoção de critérios técnicos que levem em conta a representatividade amostral dos ensaios realizados. Além disso, deve-se considerar a localização do ponto de estudo em relação aos locais que deram origem às informações, observando-se que, em face de prováveis incertezas quanto à representatividade desses parâmetros, torna-se recomendável utilizar os valores que tendem a atuar em prol de maior condição de segurança ao projeto em análise.

## 9. CARTA SÍNTESE DE APTIDÃO GEOTÉCNICA

O zoneamento geotécnico da CGAU-MSP se fundamenta especialmente em características de relevo, geologia e solos presentes no território municipal, considerando-se a avaliação do comportamento dos processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis frente à ocupação do solo. Assim, com base em dados e informações das UGs definidas, contidos no **APÊNDICE A**, pode-se efetuar a análise relativa para fins de classificação geral da aptidão geotécnica de cada UG, de acordo com os seguintes critérios básicos:

- Baixa aptidão e/ou inapta (cor vermelha), atribuída às UGs nas quais as características e processos do meio físico atuais e/ou prováveis se mostram predominantemente desfavoráveis à ocupação do solo;
- Média aptidão (cor amarela), atribuída às UGs nas quais as características e processos do meio físico atuais e/ou prováveis indicam certo equilíbrio entre aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação do solo; e
- Alta aptidão (cor verde), atribuída às UGs nas quais as características e processos do meio físico atuais e/ou prováveis se mostram predominantemente favoráveis à ocupação do solo.

O resultado obtido para cada UG está apresentado de acordo com a classe e as respectivas áreas de incidência no território municipal (**Quadro 2**).

**Quadro 2-** Classificação atribuída às Unidades Geotécnicas (UGs) quanto à aptidão geotécnica, com a respectiva área de abrangência no território municipal.

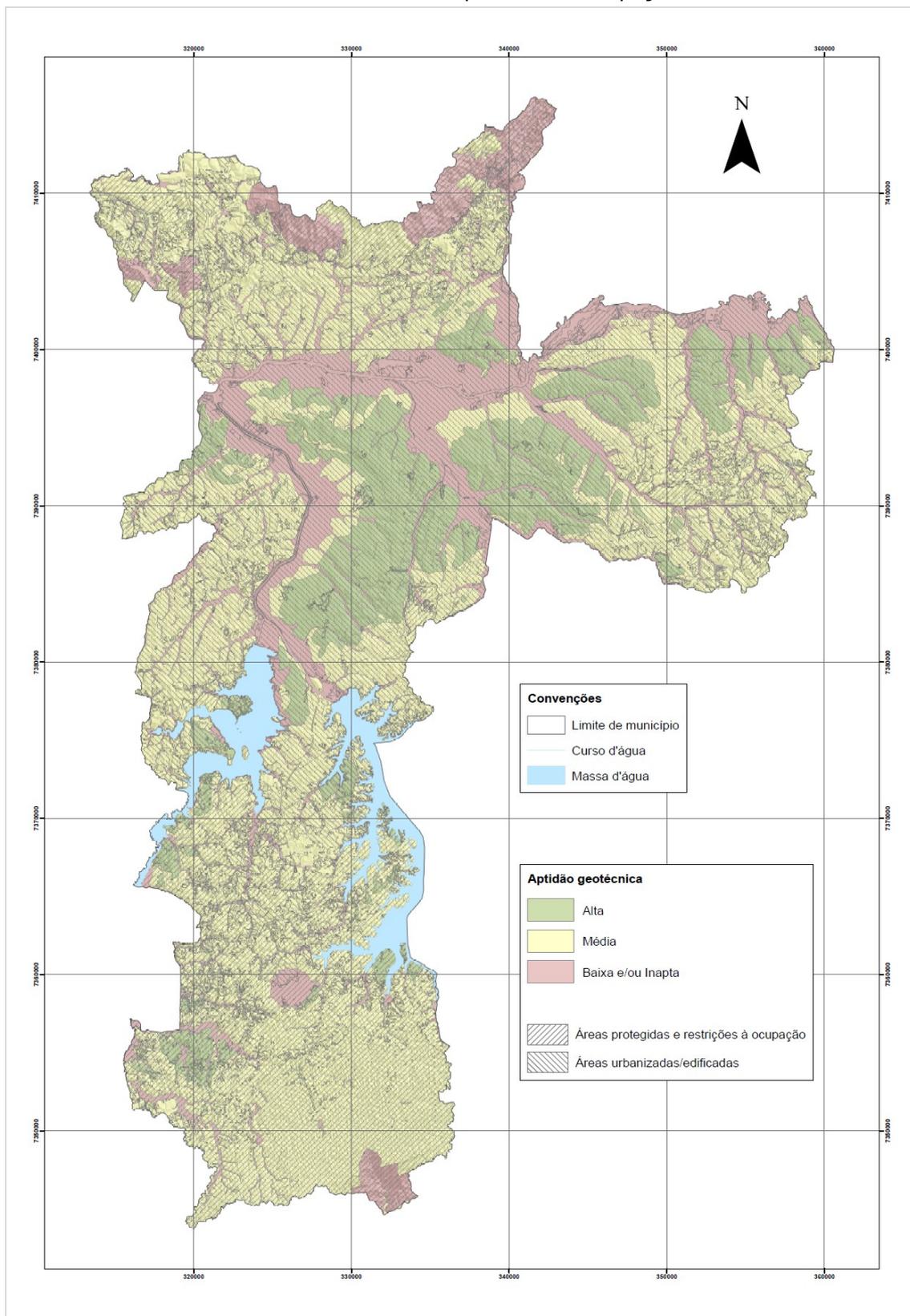
UG	Aptidão geotécnica			Área	
	Baixa e/ou Inapta	Média	Alta	Km <sup>2</sup>	%
I	X			311,00	20,36
II		X		23,18	1,52
III			X	30,01	1,96
IV			X	208,01	13,62
V		X		14,16	0,93
VI		X		16,97	1,11
VII		X		39,19	2,57
VIII		X		35,16	2,30
IX		X		0,86	0,06
X			X	18,62	1,22
XI		X		101,85	6,67
XII		X		112,47	7,36
XIII		X		296,92	19,44
XIV		X		197,60	12,94
XV		X		1,54	0,10
XVI		X		15,03	0,98
XVII		X		25,56	1,67
XVIII		X		5,47	0,36
XIX		X		18,81	1,23
XX	X			55,10	3,61
<b>Total</b>				1.527,54	100,00

Fonte: IPT.

Sigla: UG- Unidade Geotécnica.

A partir da classificação atribuída a cada UG, pode-se configurar a Carta Síntese de aptidão geotécnica, apresentada em formato de visualização semafórico. Nela, encontram-se sobrepostos os dados do mapa de *Áreas protegidas e restrições à ocupação*, visando facilitar a percepção acerca de limitações institucionais. Acrescentam-se as *áreas urbanizadas/edificadas* (extraídas do mapa de *Uso e Ocupação do solo*), de modo a identificar locais onde as interações entre a ocupação e o meio físico podem estar modificando as suscetibilidades aos processos considerados, para mais ou para menos, requerendo-se análise localizada. Destaca-se que as APPs e outras áreas com menor expressão territorial não estão aqui cartografadas, em razão da escala reduzida de representação, devendo, contudo, ser mapeadas e consideradas em eventuais iniciativas e projetos de ocupação do solo. (**Figura 15**).

**Figura 15-** Ilustração da Carta Síntese de aptidão geotécnica do Município de São Paulo/SP. Incluem-se os dados da classificação geral atribuída a cada Unidade Geotécnica, bem como os do mapa temático de *Áreas protegidas e restrições à ocupação*, indicando-se também a classe de áreas urbanizadas/edificadas extraída do mapa de *Uso e ocupação do solo*.



Fonte: IPT.

## 10. UTILIZAÇÃO DA CGAU-MSP NO PLANEJAMENTO

Tendo-se em conta o zoneamento geotécnico da CGAU-MSP, bem como a descrição detalhada das UGs (**APÊNDICE A**), cujo conhecimento prévio é essencial à aplicação do instrumento, seguem-se considerações gerais sobre possibilidades de utilização em atividades de planejamento. Convém observar que as considerações têm caráter ilustrativo, não esgotando as múltiplas possibilidades de utilização. As considerações são apresentadas de acordo com as aplicações básicas esperadas: macrozoneamento do território municipal; zoneamento do uso e ocupação do solo; obras, intervenções e empreendimentos; e aproveitamento de agregados para construção civil.

### No macrozoneamento do território municipal

A CGAU-MSP abrange a totalidade do território municipal e, assim como verificado em relação à CG-MSP anterior, deve também ser utilizada como subsídio à formulação de leis, decretos e normas correlatas, além de futuras revisões, voltadas ao ordenamento territorial. Além do zoneamento geotécnico, os mapas temáticos intermediários gerados tendem também a subsidiar as discussões a respeito, assim como na definição e abrangência das macrozonas estabelecidas, considerando-se as características associadas a cada UG.

As diretrizes e recomendações gerais da CGAU-MSP foram desenvolvidas para aplicações potenciais a duas situações básicas quanto às condições vigentes ou pretendidas em termos de uso e ocupação do solo: áreas não ocupadas; e áreas ocupadas. Com isso, as diretrizes e recomendações podem orientar a ocupação em áreas de baixas suscetibilidades a processos do meio físico (que correspondem a áreas classificadas como de alta aptidão geotécnica à ocupação), assim como o estabelecimento de políticas específicas de proteção ambiental para áreas de altas suscetibilidades (que correspondem a áreas inaptas e/ou de baixa aptidão geotécnica à ocupação).

A delimitação da Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana (MEQU) vigente, ou a que vier a substituí-la, por exemplo, pode se fundamentar na distribuição das áreas de baixa suscetibilidade aos processos do meio físico, de modo a se evitar o fomento à ocupação em localidades de alta suscetibilidade, nas quais os problemas geotécnicos tendem a ocorrer de maneira relevante.

De modo similar, a discussão a respeito de novas delimitações e diretrizes para a atual Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental (MPRA) poderá também se utilizar, não só do zoneamento geotécnico, mas também dos mapas temáticos, em especial, os de suscetibilidade, fundamentando ações de recuperação e preservação de áreas que devem merecer proteção especial, incluindo-se a criação de novas unidades de conservação e a implementação de políticas de incentivo à preservação ambiental, associadas ao uso sustentável dessas áreas.

No caso de áreas rurais, inseridas na MPRA, a CGAU-SP poderá fornecer subsídios para novos estudos, tendo em vista a ocorrência de áreas de alta suscetibilidade aos processos mapeados, em face das dinâmicas territoriais que venham a ser analisadas e consideradas no macrozoneamento em relação a atividades situadas nesse contexto.

## No zoneamento do uso e ocupação do solo

A aplicação da CG-MSP anterior, como subsídio para a formulação da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo (LPUOS) no Município, tem sido constatada desde o início da década de 2000, incluindo a recente revisão aprovada acerca da LPUOS, contendo diretrizes e restrições a serem observadas para as distintas zonas de uso. Assim, a CGAU-MSP deve ser utilizada para orientar a aplicação dessa norma legal, bem como para subsidiar futuros procedimentos de revisão da LPUOS a desenvolver e, ainda, para a proposição de projetos de intervenção urbana - PIUs e de Operações Urbanas Consorciadas.

Nesse contexto, a CGAU-MSP, compreendendo a descrição das Unidades Geotécnicas (UGs) e a Carta Síntese de aptidão geotécnica à ocupação, ambas incluídas neste Guia, respectivamente no **APÊNDICE A** e no item 9, pode se constituir em subsídio fundamental a esses futuros procedimentos e novas proposições, tendo em vista o conjunto de seus componentes, sem prejuízo de estudos adicionais que devem considerar a análise dos demais mapas temáticos intermediários.

Em procedimentos futuros de revisão da LPUOS, a CGAU-MSP deve subsidiar não só a delimitação das zonas de uso, mas também orientar a definição de parâmetros urbanísticos e ambientais, recomendando-se a ocupação preferencial em áreas de baixas suscetibilidades aos processos considerados, ou seja, em áreas de alta aptidão, assim como a restrição, conservação ou mesmo proteção especial em áreas de baixa aptidão e/ou inaptas. A conservação ambiental e seu incremento em áreas de baixa aptidão geotécnica tende a contribuir também ao desenvolvimento de estratégias de adaptação a mudanças climáticas, tendo em vista a função exercida pela biota na redução de gases de efeito estufa acumulados na atmosfera.

Além de ocorrências localizadas e pontuais de áreas com restrições ambientais, como unidades de conservação, parques e outras, que tendem a apresentar limitações à ocupação do solo, há que se salientar a significativa expressão territorial de áreas com vegetação, que devem ser consideradas para fins de avaliação de iniciativas futuras de ocupação. Dessa forma, mesmo as áreas classificadas como de alta aptidão geotécnica poderão ter restrições à ocupação em razão da presença significativa de vegetação e da incidência de outros aspectos restritivos, mapeáveis apenas em nível local.

## Nas obras, intervenções e empreendimentos

No caso de obras, intervenções e empreendimentos diversos, referentes ao uso e ocupação do solo, deve-se primeiramente reunir evidências que propiciem subsidiar a tomada de decisão quanto à deflagração ou não dos estudos de viabilidade necessários ao planejamento da implantação de uma determinada iniciativa. Com isso, em caso afirmativo, pode-se prosseguir no desenvolvimento de anteprojeto ou projeto conceitual de engenharia, bem como nos estudos ambientais correspondentes, conforme requeridos para fins de autorização municipal e licenciamento urbanístico-ambiental.

Para tal, recomenda-se a realização de *avaliação locacional prévia* (ver Roteiro no **APÊNDICE B**), uma vez que o foco das análises a realizar deve

estar inicialmente voltado às condições geológicas inerentes ao local de interesse. As atividades correlatas estão discutidas no Roteiro citado e envolvem: localização do empreendimento na CGAU-MSP; identificação da UG correspondente; análise dos dados e informações contidas na CGAU-MSP; verificação de campo e levantamento complementar; análise integrada em vista das condições geológicas; e elaboração e apresentação de parecer técnico final contendo as conclusões e recomendações.

Os resultados principais da *avaliação locacional prévia* objeto do Roteiro sugerido devem ser expressos de maneira sintética na parte de conclusões e recomendações a incluir no referido parecer a emitir, indicando-se uma dentre três possibilidades: as condições geológicas do local propiciam abrigar o empreendimento pretendido, podendo-se apensar, caso necessário, uma lista de recomendações de estudos complementares e investigações geológico-geotécnicas e ensaios a realizar em nível de detalhe, para maior segurança do uso e ocupação do solo; ou as condições geológicas do local não favorecem a instalação do empreendimento pretendido, desaconselhando-se sua implantação; ou a não possibilidade de se obter um parecer conclusivo, devendo-se, nesse caso, mencionar as investigações e os estudos complementares que se julguem necessários a uma melhor definição quanto às condições geológicas presentes no local.

Ainda no contexto da ocupação urbana, tendo-se em conta a possibilidade de regularização fundiária em projetos voltados à urbanização de assentamentos precários, os dados e informações contidos na CGAU-MSP poderão subsidiar a elaboração dos estudos técnico-ambientais requeridos nessas situações, assim como os trabalhos continuados de setorização de riscos.

### **No aproveitamento de agregados para construção civil**

No caso de aproveitamento de agregados, como areia e brita para construção e pavimentação, além de saibro para aterro/material de empréstimo e rochas carbonáticas, a utilização da CGAU-MSP (por meio da identificação de UGs correspondentes a cada tipo de material) deve considerar a incidência de títulos de direitos minerários, conforme processos em andamento na Agência Nacional de Mineração (ANM), assim como instalações em campo relacionadas à extração de agregados minerais, como minas ativas, minas desativadas, bacias e barragens de rejeito e outras situações.

Essa análise deve ser realizada no sentido de verificar potenciais conflitos de uso que poderão ocorrer em relação a iniciativas de ocupação do solo em áreas onde aquelas atividades estejam implantadas e/ou em condições a implantar e, ainda, em vista de locais que devem ser objeto de recuperação ambiental. Descaracterização de barragens deve ser incluída na análise.

Em extrações pretéritas, particularmente onde se constatem processos avançados de instabilização e degradação do ambiente, afetando a urbanização e/ou conservação ambiental, espera-se a recuperação ambiental prévia desses locais e/ou a incorporação de medidas de estabilização na instalação de novos empreendimentos, mediante execução de planos específicos de reabilitação adequados às especificidades da respectiva UG.

## 11. LIMITAÇÕES AO USO DA CGAU-MSP

A elaboração da CGAU-MSP se desenvolveu em vista de dispositivos contidos na PNPDEC (Brasil, 2012) e legislação correlata, incluindo-se normas municipais vigentes, abrangendo a totalidade do território municipal. Apresentam-se diretrizes e recomendações gerais ao planejamento territorial e à gestão de riscos nesse contexto, buscando-se contribuir para a adequação da ocupação às características do meio físico e evitar a ocorrência de problemas geotécnicos e a criação de novas “áreas de risco”. Os produtos cartográficos gerados devem ser objeto de atualização periódica por parte da PMSP, recomendando-se sua utilização sempre em ambiente de SIG.

A escala de referência da CGAU-MSP é 1:10.000, sendo apresentada em mapa integrado na escala 1:75.000 para facilitar a visualização do zoneamento geotécnico com o Quadro-legenda simplificado e sua eventual impressão em papel. O Quadro-legenda simplificado contém dados e informações sobre características do meio físico e processos geodinâmicos e hidrológicos predominantes em cada UG, assim como a respectiva classificação quanto à aptidão geotécnica. Aspectos favoráveis e desfavoráveis e diretrizes e recomendações gerais ao uso e ocupação do solo estão no **APÊNDICE A** deste Guia, devendo ser sempre consultado nas aplicações da CGAU-MSP.

A delimitação das UGs no âmbito do zoneamento geotécnico é adequada à escala de mapeamento e pode apresentar variações significativas quando observada em campo, bem como alterações quanto à aptidão geotécnica correspondente devido a interações atuais com AUEs. Assim, qualquer uso da CGAU-MSP em outra escala que não seja a de referência pode resultar em conclusões inapropriadas acerca da aptidão geotécnica.

As UGs foram delimitadas com base em análises da interação do meio físico com os fatores de indução e/ou deflagração de processos (pluviometria, uso e ocupação do solo, infraestrutura, mineração). A infraestrutura considerada refere-se especialmente a intervenções restritas às porções mais superficiais do solo/subsolo, não contemplando obras subterrâneas de maior profundidade, que requerem estudos de detalhe para fins de caracterização dos maciços. A CGAU-MSP tem caráter orientativo, propiciando uma primeira aproximação ao conhecimento geotécnico em cada UG e não substitui a necessidade de investigações locais para projetos de engenharia, seja em nível conceitual, básico ou executivo, a cargo do empreendedor. O **APÊNDICE B** contém breve roteiro para *avaliação locacional prévia*, visando-se obter essa primeira aproximação e indicar as situações em que se deve buscar o detalhamento.

Na CGAU-MSP, não se incluem análises sobre a legislação aplicável em nível local, considerando-se o pressuposto de que a ocupação deva ser realizada sempre em conformidade com os requisitos vigentes em âmbito federal, estadual e municipal, em especial as normas ambientais, urbanísticas, regularização fundiária, proteção de mananciais hídricos, comunidades tradicionais, patrimônio, mineração, segurança de barragens e defesa civil. No caso da legislação ambiental, ressalta-se a importância da delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), bem como a observância das normas referentes ao licenciamento de empreendimentos e a autorizações para fins de supressão vegetal em escala de projeto de engenharia.

## 12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O zoneamento geotécnico foi gerado por predominância de características do meio físico e de comportamento esperado dos processos geodinâmicos e hidrológicos frente à ocupação, podendo apresentar variações em nível local, em razão da escala de mapeamento adotada (1:10.000). Assim, as diretrizes e recomendações apresentadas não devem substituir, sob qualquer hipótese, os estudos básicos e de detalhe a requerer em escala de projeto de engenharia.

Os resultados de síntese obtidos mostram a incidência de áreas com alta aptidão geotécnica em 17 % do território municipal, enquanto as de média correspondem a 59 % e as de baixa e/ou inapta a 24 %. A parcela de áreas com alta aptidão encontra-se ocupada em 90% de sua abrangência. Somando-se o montante protegido e com restrições à ocupação, tem-se um cenário em que a quase totalidade dessas áreas não mais se encontra disponível. Nas demais áreas, a ocupação afeta 52% das parcelas de média aptidão e 50 % das de baixa e/ou inapta. Dada a recomendação geral de evitar estas últimas, preveem-se situações em que, mantida a dinâmica de urbanização, qualquer iniciativa de ocupação do solo tende doravante a exigir atenção especial.

Os trabalhos de atualização da CGAU-MSP foram desenvolvidos com a expectativa de que a aplicação dos produtos gerados seja precedida de discussões a realizar no âmbito da PMSP, integrando-se as equipes técnicas das diversas secretarias municipais relacionadas ao tema. A interação com usuários externos e outros interessados também deve ser tratada nesse contexto, assim como a perspectiva de atualização continuada dos produtos. Considerando-se a importância dos processos geodinâmicos e hidrológicos em relação à dinâmica de urbanização no Município, pode-se recomendar a ampliação das equipes de geologia e de engenharia geotécnica nos quadros técnicos da PMSP, interagindo na aplicação da CGAU-MSP.

As cartas geotécnicas são instrumentos fundamentais para conhecimento do território e gestão integrada de riscos. Elas são requeridas hoje de maneira direta e indireta pela legislação federal. Cartas de suscetibilidade tendem a auxiliar no planejamento territorial e nas ações de prevenção; cartas de aptidão geotécnica apresentam diretrizes para que a ocupação se realize de maneira segura e sustentável; e cartas de setorização de risco fornecem as bases para a mitigação de riscos em nível local. Essas cartas estão hoje disponíveis no Município de São Paulo e devem ser utilizadas de maneira integrada.

Face ao Marco de Sendai 2015-2030 da ONU, cujos objetivos gerais envolvem reduzir riscos existentes e evitar a criação de novos, recomenda-se o apoio permanente aos órgãos municipais responsáveis pelo planejamento territorial e gestão integrada de riscos e desastres, para utilização das cartas elaboradas. Ainda, em vista das ações prioritárias estabelecidas no Marco, deve-se ampliar a compreensão dos riscos (mediante conhecimento do território e dos múltiplos fatores que nele atuam, como ameaças, suscetibilidades, perigos, eventos extremos, vulnerabilidades socioambientais e outros), fortalecer a governança frente ao risco de desastre (envolvendo governos, setor privado, comunidades afetadas e sociedade civil organizada), viabilizar os investimentos para mitigação de riscos existentes e aprimorar a preparação para a resposta e a recuperação em eventos severos.

## REFERÊNCIAS

- ANTONELLI, T. (org.) *et al.* **Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização**. Brasília, DF: CPRM, 2021. v. 2, versão1, 23 p.
- ÁVILA, I. G. de *et al.* A exigência e importância de laudos geológicos na implantação de novos loteamentos. *In: CONGRESSO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO*, 26, 1992, Praia Grande - SP. **Anais [...]**. Praia Grande: APM/Prefeitura Municipal de Praia Grande, 1992.
- BATISTA, P. H. L. *et al.* Carta geotécnica de aptidão à urbanização frente aos desastres: instrumento de suporte ao planejamento territorial com apoio do Ministério das Cidades. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL*, 15., 2015, Bento Gonçalves-RS. **Anais [...]**. São Paulo: ABGE, 2015.
- BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. 1997. 185 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- BITAR, O. Y. (coord.). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000**: Nota Técnica Explicativa. São Paulo: IPT; Brasília, DF: CPRM, 2014 (Publicação IPT 3016).
- BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 dez. 2006.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 abr. 2012a.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 maio 2012b.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 dez. 1979.
- BRASIL. Lei nº 10257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2001.
- BRASIL. Lei nº 12.340 de 01 de dezembro de 2010. Dispõe sobre as transferências de recursos da união aos órgãos e entidades dos estados, distrito federal e municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o fundo nacional para calamidades públicas, proteção e defesa civil; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 dez. 2010.
- CANIL, K.; FREITAS, C. G. L de; SOBREIRA, F. G.; COLLARES, E. G. Cartografia Geotécnica e Geoambiental. *In: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; MONTICELI, João Jerônimo (eds.). Geologia de engenharia e ambiental*. 2. ed. São Paulo: ABGE, 2018. v. 2., p. 422-437.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Áreas contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Cetesb, 2023. mapa. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areascontaminadas/Mapa.pdf>. Acesso em: 02 set. 2023.
- COUTINHO, J. M. V. **Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo (I: 100.000)**. São Paulo: Emplasa, 1980. mapa, 2 folhas.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de dados Hidrológicos**. São Paulo: DAEE, 2023. Disponível em: <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>. Acesso em 1 ago. 2023a.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Poço outorgado**. São Paulo: DAEE, 2023b. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/site/outorga/>. Acesso em: 12 set. 2023.
- DANTAS, M. E. (org.). **Biblioteca de padrões de relevo**: carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação. Rio de Janeiro: CPRM, [2016]. 54 p. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16589>.
- DATAGEO. **Sistema Ambiental Paulista**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/>. Acesso em: nov. 2023.
- DINIZ, N. C. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 29-77, 2012.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo. **Carta de aptidão física ao assentamento urbano, escala 1:50.000 - guia de utilização**. São Paulo: IPT/ Emplasa, 1990.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTAO DE SÃO PAULO. **Carta geotécnica do Estado de São Paulo**, escala 1:500.000. São Paulo: IPT, 1994. 2 v. (Relatório Técnico, 32.263).

- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Carta de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações no município de São Paulo/SP**. São Paulo: IPT/CPRM, 2015a. Disponível em <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15216>. Acesso: 10 ago. 2023.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia Cartas geotécnicas [livro eletrônico]**: orientações básicas aos municípios. São Paulo: IPT, 2015b. 28 p. (IPT, Publicação 3022).
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização, Cartas Geotécnicas de Risco em Nove Áreas e Curso de Capacitação em Caxias do Sul/RS**: Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de Caxias do Sul/RS. São Paulo: IPT, 2022. 231 p. (Relatório Técnico 165600-205).
- MACEDO, E. S.; BRESSANI, L. A. (org.). **Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo**. São Paulo: ABGE; ABMS, 2013. 88 p.
- OLIVEIRA, A. M. dos S.; MONTICELI, J. J. (Ed.). **Geologia de engenharia e ambiental**. São Paulo: ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. 3 v.
- NICOLAU, A. B. S. **Panorama atual da reabilitação de áreas mineradas na Região Metropolitana de São Paulo**. 2017. 54 f. Monografia (Trabalho de Formatura) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- PELOGGIA, A. U. G.; SAAD, A. R.; SILVA, R. V.; QUEIROZ, W. Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego Água Branca, Itaquaquecetuba (RMSP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, p. 245-265, 2018.
- PERROTTA, M. M. *et al.* **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:750.000. São Paulo: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2005. (Programa Geologia do Brasil).
- PRANDINI, F. L. *et al.* Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: BITAR, O. Y. (Coord.). **Curso de Geologia Aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. Cap. 4, p. 187-202.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo, revisado e ampliado**. Escala: 1:250.000. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118 p. il. color; mapas.
- SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas. Instituto de Geociências -USP. **Diagnóstico hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo**. Base hidrogeológica, escala 1:50.000. São Paulo: Convênio Sabesp/Cepas/IGc-USP, 1994. 115 p. mapas.
- SANTOS, A. R. dos. **Manual básico para elaboração e uso da Carta Geotécnica**. São Paulo: Rudder, 2014. 109 p.
- SÃO PAULO (Cidade). Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria Municipal de Planejamento. 1994. **Carta geotécnica do Município de São Paulo 1993-1994**. Relatório final do grupo técnico de detalhamento da carta geotécnica do município. Escala 1:10.000. São Paulo: PMSP/Sempla, 1994. 20 p.
- SÃO PAULO (Cidade). Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2004. **GEO Cidade de São Paulo**: panorama do meio ambiente urbano. São Paulo: SVMA/IPT, 2004. 206 p.
- SÃO PAULO (Cidade). Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Coordenadoria de Produção e Análise de Informação. 2017. **Modelo Digital de Terreno**. Portal GeoSampa. São Paulo: SMUL/ GEOINFO, 2017. Disponível em: [https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx). Acesso em: 11 abr. 2023.
- SÃO PAULO (CIDADE). Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. 2018. **Áreas de Risco Geológico no Município de São Paulo**. Informe Urbano nº 31, fevereiro de 2018. São Paulo, 10p. Disponível em: [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Informes\\_Urbanos/IU\\_Risco\\_2018\\_R EV.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Informes_Urbanos/IU_Risco_2018_R EV.pdf). Acesso em: 12 nov. 2023.
- SÃO PAULO (Cidade). Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Coordenação de Planejamento Ambiental. **Mapeamento Digital da Cobertura Vegetal do Município de São Paulo**. Relatório Final. São Paulo: SVMA, 2020. 112 p: il.; 30 cm.
- SÃO PAULO (Cidade). Lei nº 17.975, de 8 de julho de 2023. Dispõe sobre a revisão intermediária do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, aprovado pela Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014, nos termos da previsão de seu art. 4º. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 8 jul. 2023a.
- SÃO PAULO (Cidade). Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. 2023b. **Portal GeoSampa**. Disponível em: [https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx). Acesso em: em 12 nov. 2023.
- SETZER, J.; PORTO, R. L. L. Tentativa de avaliação de escoamento superficial de acordo com o solo e o seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico DAEE**, São Paulo, v. 2 n. 2, p. 82-135, 1979.
- SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. **Guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão urbanização frente aos desastres naturais**. Ouro Preto: UFOP; Brasília, DF: MCidades, 2013. 39 p. (Relatório 4).
- TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 592 p.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), 1993.

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Seminário: **Problemas geológicos e geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo. ABGE/ABAS/SBG. 1992. 294p.
- ABREU, A. E. S. de; AUGUSTO FILHO, O. **Mapeamento geotécnico para gestão municipal**. Geotecnia, n. 115, p. 45-80, mar. 2009.
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1., 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS; ABGE; PMRJ; SMO; GEORIO, 1992. v. 2, p. 721-733.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S. de; OGURA, A. T. (Org.). **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007. 176 p.
- BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P. **Geologia das Folhas Jacareí (SF.23-Y-D-II-3), Tremembé (SF.23-Y-B-V-4), Taubaté (SF.23-Y-D-II-2) e Pindamonhangaba (SF.23-Y-B-VI-3), Estado de São Paulo, Escala 1:50.000**. São Paulo: Convênio PRÓ-MINÉRIO/IPT, 1990.
- BITAR, O. Y.; FREITAS, C. G. L.; CAMPOS, S. J. A. M. Carta geotécnica de aptidão à urbanização: desafios à revisão do Plano Diretor Estratégico de São Paulo, SP. In: FÓRUM SP 21: Avaliação do Plano Diretor e da Política Urbana, 2022, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: [s. n.], 2022. 18 p. (Planejamento urbano e política ambiental-S5-T163).
- BITAR, O. Y.; FREITAS, C.G.L. de; SEPE, P.M. Cartografia geotécnica, plano diretor e prevenção de desastres. **Téchne**, edição 180, v. 20, p. 68-74, mar. 2012.
- BRASIL. Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 dez. 1973.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 jul. 2000.
- BRASIL. Lei No. 12.334, de 20 de setembro de 2010. Institui a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 set. 2010.
- BRESSANI, L. A.; COSTA, E. A da. Mapeamento geotécnico: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco e risco instalado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 14, 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABGE, 2013. 1 CD-ROM.
- CAMPOS, J. E.; FERREIRA, L. M. R.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; KAKAZU, M. C. Síntese do conhecimento hidrogeológico da bacia sedimentar de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2002. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22850>. Acesso em: 3 jan. 2024.
- CBH-AT - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Deliberação CBH-AT nº 1, de 16 de fevereiro de 2011**. Que estabelece áreas de restrição e controle para a captação e uso das águas subterrâneas no município de São Paulo, na região de Jurubatuba e dá outras providências. São Paulo: CBH-AT, 2011.
- CBH-AT - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Deliberação CBH-AT nº 139, de 15 de dezembro de 2021**. Rerratifica a Área de Restrição e Controle para a captação e uso das águas subterrâneas no município de São Paulo, na região de Jurubatuba e dá outras providências. São Paulo: CBH-AT, 2021.
- COUTINHO, R. Q. (Coord. e Org.). **Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais**. Recife: Ministério das Cidades; Universidade Federal de Pernambuco; Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies – GEGEP; DECivil, 2013. 376 p. (Documento Técnico).
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. DICART - Divisão de Cartografia. 2012. **Especificações básicas para a confecção da base cartográfica**. Rio de Janeiro: CPRM, 2012.
- CUNHA, M. A. *et al.* (coord.). **Manual de ocupação de encostas**. São Paulo: IPT, 1991. (Publicação IPT, 1831).
- EOS – EARTH OBSERVING SYSTEM. **NDVI FAQ: All you need to know about NDVI**. Artigo de 30 ago. 2019. Disponível em: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- FELL, R. *et al.* Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. **Engineering Geology**, v. 102, p. 83-111, 2008.
- FERNANDES, A. J. **O Complexo Embu no leste do Estado de São Paulo: contribuição ao conhecimento da litoestratigrafia e da evolução estrutural e metamórfica**. 1991. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991. 120 f.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: Pan American center for sanitary engineering and environmental sciences (CEPIS), 1988. 88 p.
- FREITAS, C. G. L. de. **Cartografia geotécnica de planejamento e gestão territorial: proposta teórica e metodológica**. 2000. 238 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- GODOY, A. M.; OLIVEIRA, M. A. F. de; HACKSPACHER, P. C.; VIEIRA, O. A. R. P.; MANZANO, J. C. Geologia e tectônica da região da folha topográfica de Juquitiba em 1:50.000, sudeste do Estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 37, n. 4, p.695-713, 2018.

- HASUI, Y. **Geologia estrutural das rochas da Linha 4: Avaliação e síntese dos conhecimentos**. Relatório interno da Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô-SP. São Paulo, 1994. 27 p.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. Os granitos e granitóides da região de dobramentos sudeste dos estados de São Paulo e Paraná. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30., 1978, Recife. **Anais [...]**. Recife: SBG, 1978. v. 6, p. 2594-2608.
- MARTIN, M. A. B. **Geologia, petrografia e metamorfismo dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque a noroeste da cidade de São Paulo (SP)**. 2000. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- MELO, M. S.; PONÇANO, W. L.; MOOK, W. G.; AZEVEDO, A. E. G. Datações C14 em sedimentos da Grande São Paulo. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 1., 1987, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre, ABEQUA, 1987. p. 427-436.
- MONTEIRO, M. D.; GURGUEIRA, M. D.; ROCHA, H. C. Geologia da Região Metropolitana de São Paulo. *In: SEMINÁRIO TWIN CITIES - SOLOS DAS CIDADES DE SÃO PAULO E CURITIBA*. **Anais [...]**. São Paulo: ABMS, 2012. p.15-44.
- NAKAZAWA, v. a. (Coord.); FREITAS, C. G. L. de; DINIZ, N. C. **Carta geotécnica do Estado de São Paulo**, escala 1:500.000. São Paulo: IPT, 1994. 2 v. (Publicação IPT, 2.089).
- O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **GSA Bulletin**, v. 87, p. 1463-1469, 1976.
- PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. (Ed.). **Cartografia geotécnica e geoambiental: conhecimento do meio físico - base para a sustentabilidade**. São Carlos: Suprema Gráfica Editora, 2004. 582 p. il. (5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, São Carlos, 2004).
- PELOGGIA, A. U. G. Discussão sobre a atual cartografia geotécnica do município de São Paulo e suas possíveis aplicações. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 26, n.4, p. 315-319, dez. 1996.
- PONÇANO, W. L. (Coord.) et al. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. 2 v. (Publicação IPT, 1 183; Monografias, 5).
- 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. (Publicação IPT, 1 153).
- RICCOMINI, C. O. **Rift Continental do Sudeste do Brasil**. 1989. 256 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- RICCOMINI, C.; COIMBRA, A. M. **Geologia da Bacia Sedimentar de São Paulo**. Solos da Cidade de São Paulo. São Paulo: ABMS/ ABEF, 1992. p. 37-94.
- ROCHA, G. (coord.). **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. Nota Explicativa. São Paulo: DAEE/ IG/ IPT/ CPRM, 2005.
- RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; LUZ, R. A. da; VENEZIANI, Y.; SIMAS, I. T. H.; SILVA, J. de P. Antropoceno e mudanças geomorfológicas: sistemas fluviais no processo centenário de urbanização de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 105-123, 2019.
- SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 9866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 28 nov. 1997.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p.: il. color; mapas. 42x29,7 cm.
- SILVA, P. S. da. **O Complexo Embu na porção sudeste da folha Mauá (SF-23-Y-D-IV-1)**. 1992. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. doi:10.11606/D.44.1992.tde-26102015-131100. Acesso em: 15 jan. 2024.
- SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p.79-97, 2012.
- STABILE, R. A. et al. Análise de fatores condicionantes de instabilizações em encostas como subsídio para a modelagem estatística da suscetibilidade a deslizamentos. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL*, 14., 2013, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. São Paulo: ABGE, 2013. 1 CD ROM.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.
- TAKIYA, H. **Estudo da sedimentação Neogênico-Quaternário no município de São Paulo: caracterização dos depósitos e suas implicações na geologia urbana**. 1997. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- VASCONCELOS, C. S.; DEHLER, N. M.; YAMATO, A. A.; LOPES JUNIOR, I. **Projeto Jacupiranga e Rio Guarauá (escala: 1:50.000)**. Relatório final. São Paulo: CPRM/ Secretaria de Energia, 1999. 233 p.
- ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 190 p.

## **APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS**

## Unidade Geotécnica: I

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** planícies aluviais e terraços fluviais baixos, com amplitudes até 15 m e declividades até 3°;
- **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 hidromórficos (solos compressíveis) em planícies aluviais situadas ao longo de cursos hídricos e hidromórficos e não hidromórficos em terraços fluviais baixos; e
- **Água subterrânea:** nível estático aflorante a raso, com oscilações sazonais em planícies aluviais e variável entre raso e pouco profundo em terraços fluviais baixos; e pouco profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino e/ou sedimentar).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Inundação e alagamento periódicos;
- Enxurrada, erosão fluvial e solapamento de taludes marginais;
- Assoreamento;
- Recalque por sobrecarga e adensamento de solos compressíveis/solos moles em obras e aterros sobrepostos e/ou rebaixamento do nível d'água subterrânea;
- Atingimento por movimentos gravitacionais de massa gerados em áreas a montante; e
- Poluição/contaminação de solos e águas subterrâneas por efluentes e resíduos.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

- Aptidão geotécnica:**
- Áreas em contexto de planícies aluviais e terraços fluviais baixos, contendo sedimentos aluviais inconsolidados, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão.
- Aspectos favoráveis:**
- Perfuração para fins de investigação em solos/sedimentos pode ser executada por meio de sondagem a trado e/ou a percussão; e
  - Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos/sedimentos, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria), com eventual necessidade de escoramento do terreno escavado.
- Aspectos desfavoráveis:**
- Médias e Altas suscetibilidades a inundação e/ou alagamento, respectivamente até 2 m e entre 2 m e 5 m, em relação à borda da calha do leito regular do curso hídrico mais próximo;
  - Tendência de recalque diferencial acentuado em obras e aterros construídos sobre camadas de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), antigos meandros e *backswamps* (bacias restritas de decantação e acumulação de sedimentos finos);
  - Áreas sujeitas a atingimento por enxurrada em eventos de chuvas intensas e/ou extremas, em razão da cumulatividade do escoamento pluvial associada à impermeabilização excessiva do solo a montante e/ou a insuficiências/deficiências do sistema de drenagem;
  - Tendência de solapamento e ruptura de taludes marginais, por erosão fluvial progressiva;
  - Tendência de assoreamento em planícies e cursos hídricos, decorrente de erosão pluvial e carreamento continuado de sedimentos em microbacias de drenagem contribuintes;
  - Vulnerabilidade Alta das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo; e
  - Barragens de acumulação de água situadas a montante, com *dano potencial associado* Alto ou Médio, em vista de cenários de ruptura e/ou mau funcionamento das estruturas.

#### 4 Diretrizes e recomendações:

##### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

###### **Áreas não ocupadas:**

- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a inundação e/ou alagamento. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Preservar e proteger as margens dos cursos hídricos em razão da probabilidade de solapamento de taludes por erosão fluvial e formação de depósitos de assoreamento;
- Ocupação em áreas com ocorrência de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), sujeitos a recalque, requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes;
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente;
- Efetuar análise de perigo em caso de ocupação de zonas passíveis de atingimento por movimentos gravitacionais de massa e enxurradas que possam ser gerados em áreas situadas a montante; e
- Efetuar análise de perigo em caso de ocupação em zonas abrangidas por *manchas de inundação*, conforme previstas em estudos de *dam break* e planos de segurança de barragens requeridos para cenários de *dano potencial associado* Alto ou Médio.

###### **Áreas ocupadas:**

- Edificações pré-existentes podem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local, priorizando-se as áreas com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização;
- Preservar e proteger as margens de cursos hídricos em razão da probabilidade de solapamento de taludes por erosão fluvial e formação de depósitos de assoreamento;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento superficial das águas de chuva e a conseqüente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas; e
- Considerar o *dano potencial associado* em áreas situadas a jusante de barragens, em vista de cenários de ruptura, adotando-se medidas preventivas e de mitigação pertinentes.

###### **Ensaio geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro; Ensaio Vane Test ou Palheta para a determinação da resistência não drenada nos solos moles; Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

##### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Areia e cascalho passíveis de lavra eventual e localizada, em trechos restritos e de acumulação regular e contínua, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: II

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** terraços 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 (Formações São Paulo e Resende);
- **Solo:** solos de acumulação sedimentar, variando entre hidromórficos (solos compressíveis) e não hidromórficos em planícies/terraços antigos e não hidromórficos em terraços fluviais altos; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso, com oscilações sazonais em planícies/terraços antigos e variável entre raso e pouco profundo em terraços fluviais altos; e pouco profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino e/ou aquífero sedimentar).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Inundação e alagamento eventuais;
- Recalque por sobrecarga e adensamento de solos compressíveis/solos moles em obras e aterros sobrepostos e/ou rebaixamento do nível d'água subterrânea;
- Atingimento por movimentos gravitacionais de massa gerados a montante; e
- Poluição/contaminação de solos e águas subterrâneas por efluentes e resíduos.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de terraços fluviais altos, contendo sedimentos aluviais inconsolidados, geralmente de média aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos/sedimentos pode ser executada por meio de sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos/sedimentos, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria), com eventual necessidade de escoramento do terreno escavado.

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Baixas e Médias suscetibilidades a inundação e/ou alagamento, respectivamente entre 2 m e 5 m e acima de 5 m, em relação à borda da calha do leito regular do curso hídrico mais próximo;
- Tendência de recalque diferencial acentuado em obras e aterros construídos sobre eventuais camadas de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), antigos meandros e *backswamps* (bacias restritas de decantação e acumulação de sedimentos finos);
- Áreas sujeitas a atingimento por enxurrada em eventos de chuvas intensas e/ou extremas, em razão da cumulatividade do escoamento pluvial associada à impermeabilização excessiva do solo a montante e/ou a insuficiências/deficiências do sistema de drenagem;
- Tendência de solapamento e ruptura de talude em margem de curso hídrico, por erosão fluvial progressiva e assoreamento;
- Vulnerabilidade Alta das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo; e
- Barragens de acumulação de água situadas a montante, com *dano potencial associado* Alto ou Médio, em vista de cenários de ruptura e/ou mau funcionamento da estrutura.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação em áreas de Média suscetibilidade a inundações e/ou alagamento pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe. Ocupação em Baixa tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível básico;
- Preservar e proteger as margens dos cursos hídricos em razão da probabilidade de solapamento de taludes por erosão fluvial e formação de depósitos de assoreamento;
- Ocupação em áreas com ocorrência de solos compressíveis (solos moles; argilas orgânicas), sujeitos a recalque, requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes;
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente; e
- Efetuar análise de perigo em caso de ocupação em zonas abrangidas por *manchas de inundação*, conforme previstas em estudos de *dam break* e planos de segurança de barragens requeridos para cenários de *dano potencial associado* Alto ou Médio.

#### **Áreas ocupadas:**

- Edificações pré-existentes podem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local, priorizando-se as áreas com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização.
- Preservar e proteger as margens dos cursos hídricos em razão da probabilidade de solapamento de taludes por erosão fluvial e formação de depósitos de assoreamento;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento pluvial e a conseqüente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundações e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas; e
- Considerar o *dano potencial associado* em áreas situadas a jusante de barragens, em vista de cenários de ruptura, adotando-se medidas preventivas e de mitigação pertinentes.

#### **Ensaaios geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro; Ensaio Vane Test ou Palheta para a determinação da resistência não drenada nos solos moles; Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaaios de laboratório Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Areia e cascalho passíveis de lavra eventual e localizada, em trechos restritos, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: III

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, com amplitudes entre 40 m e 70 m e declividades  $< 5^\circ$ ;
- **Geologia:** arenitos grossos e conglomeráticos, siltitos e argilitos (Formação São Paulo - argilas vermelhas e variegadas);
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais e saprolíticos/solos de alteração), 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).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Baixa a Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Desagregação superficial e/ou empastilhamento do solo em taludes de corte (solos expansíveis); e
- Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de colinas, litologia de arenitos, siltitos e argilitos e solos residuais maduros, geralmente de alta aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente regular;
- Baixa suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos; e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Áreas suscetíveis a desagregação superficial e/ou empastilhamento, devido a camadas com solos expansíveis, sobretudo em taludes de corte com solo saprolítico/rocha alterada exposto a intempéries;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre camadas argilosas; e
- Vulnerabilidade Média das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível básico;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial e desagregação superficial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Drenar locais com surgência d'água em taludes de corte, visando melhorar as condições de estabilidade;
- Verificar a consistência e plasticidade dos solos, que podem dificultar sua utilização em obras de terra e na abertura de cavas;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial e à desagregação superficial em camadas com solos expansíveis; e
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaio geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (em caso de trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: IV

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, com amplitudes entre 40 m e 70 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** arenitos grossos e conglomeráticos, siltitos e argilitos (Formação Resende – litofácies argilosa/taguá); e lamitos seixosos, conglomerados e diamictitos (Formação Resende - litofácies arenosa);
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais 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).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Baixa a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Desagregação superficial e/ou empastilhamento do solo em taludes de corte (solos expansíveis); e
- Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de colinas, litologia de lamitos e arenitos e solos residuais maduros, geralmente de alta aptidão.

#### Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente regular;
- Baixa suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos; e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;

#### Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, com eventuais camadas calcíticas e eventuais matações no subsolo, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmante (materiais de 3ª Categoria);
- Médias e Altas suscetibilidades à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Áreas suscetíveis a desagregação superficial e/ou empastilhamento, devido a camadas com solos expansíveis, sobretudo em taludes de corte com solo saprolítico/rocha alterada exposto a intempéries;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre camadas argilosas; e
- Vulnerabilidade Média das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível básico;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial e desagregação superficial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Drenar locais com surgência d'água em taludes de corte, visando melhorar as condições de estabilidade;
- Verificar a consistência e plasticidade dos solos, que podem dificultar sua utilização em obras de terra e na abertura de cavas;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial e à desagregação superficial em camadas com solos expansíveis;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaaios geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (em caso de trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: V

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, com amplitudes entre 40 m e 70 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** granitos e granitóides;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de colinas, litologia de granitos e granitóides e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente irregular;
- Incidência provável de blocos/matacões rochosos no subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação, assim como gerar recalques diferenciais em obras e fundações;
- Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### Áreas não ocupadas:

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Drenar locais com surgência d'água em taludes de corte, visando melhorar as condições de estabilidade;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### Ensaio geotécnicos aplicáveis:

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: VI

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, com amplitudes entre 40 m e 70 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** gnaisses e migmatitos;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de colinas, litologia de gnaisses e migmatitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente irregular;
- Incidência provável de blocos/matacões rochosos no subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação, assim como gerar recalques diferenciais em obras e fundações; e
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaio geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: VII

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, com amplitudes entre 40 m e 70 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** xistos micáceos, xistos quartzosos e quartzitos;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais; e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de rocha (blocos imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de colinas, litologia de xistos e quartzitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente variando entre regular e irregular;
- Incidência provável de maciços de quartzito no solo/subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaio geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: VIII

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, com amplitudes entre 40 m e 70 m e declividades < 5°;
- **Geologia:** filitos, metabásicas e metaultrabásicas;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de rocha (blocos imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de colinas, litologia de filitos e metabásicas e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente variando entre regular e irregular;
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos a realizar em nível de detalhe;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaaios geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: IX

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** colinas, morrotes, morros baixos e morros altos, com amplitudes entre 40 m e 200 m e declividades entre 10° e 17°;
- **Geologia:** metacarbonatos;
- **Solo:** solos residuais argilosos maduros (eluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de metacarbonatos, com formação de cavidades no subsolo; e
- **Água subterrânea:** nível pouco profundo a profundo em solos residuais maduros e em epicarste (metacarbonato alterado); e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cárstico).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Média a Alta suscetibilidade a subsidências e colapsos de solo, associados a processos de carstificação no subsolo;
- Baixa a Média suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de rocha (blocos imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de relevo variado, litologia de metacarbonatos e solos residuais argilosos maduros, com ocorrências de cavidades no subsolo, geralmente de média aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Áreas suscetíveis a afundamentos, na forma de subsidências e colapsos de solo. Descarga e/ou ingresso concentrado de escoamento pluvial no solo em áreas com declividades baixas, rebaixamento antropogênico do nível d'água subterrânea e interceptação de estruturas geológicas tendem a induzir os processos cársticos e gerar abatimentos em superfície;
- Dificuldades de terraplenagem e fundação em razão da irregularidade do topo rochoso e eventuais cavidades no subsolo e, ainda, de bolsões com solos inconsistentes;
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Média suscetibilidade a deslizamento;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Vulnerabilidade Média a Baixa das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

#### 4 Diretrizes e recomendações

##### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

###### Áreas não ocupadas:

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe, incluindo-se: investigações sobre afundamentos no solo e cavidades cársticas no subsolo, com emprego de geofísica, interferometria e outros métodos; avaliação hidrogeológica e potencial interação com extração de águas subterrâneas; planejamento de sistema de drenagem para captação e controle do escoamento pluvial e impedimento de ingresso concentrado de água no solo; e orientações para exploração controlada de águas subterrâneas;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Prever a execução de sistema de drenagem e a implantação de revestimento vegetal, evitando-se a geração de áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial; e
- Prever a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição/contaminação do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero subjacente

###### Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Investigar afundamentos no solo e cavidades cársticas no subsolo, com emprego de geofísica, interferometria e outros métodos, assim como realizar avaliação hidrogeológica e de potencial interação da ocupação com extração de água subterrânea;
- Revisar os valores limites de vazão ( $m^3/h$ ) e regime operacional (h/dia) em poços tubulares instalados na circunvizinhança, mediante realização de ensaios específicos para delimitação do raio e/ou área de influência direta e previsão de monitoramento piezométrico, visando assegurar a estabilidade do nível d'água subterrânea;
- Ocupação em áreas de recarga associadas a poços tubulares instalados na circunvizinhança deve ser avaliada tendo em vista possíveis interferências em relação à qualidade das águas subterrâneas extraídas;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Redes enterradas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário pré-existentes devem ser inspecionadas continuamente, corrigindo-se eventuais vazamentos detectados;
- Reduzir a extensão e proteger áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, mediante execução de sistema de drenagem e implantação de revestimento vegetal; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de sistema de tratamento prévio e destinação adequada, evitando-se a poluição/contaminação do solo e subsolo.

###### Ensaio geotécnicos aplicáveis:

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

##### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: X

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morrotes, com amplitudes entre 60 m e 90 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** arenitos grossos e conglomeráticos, siltitos e argilitos;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais 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).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Baixa a Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Desagregação superficial e/ou empastilhamento do solo em taludes de corte (solos expansíveis); e
- Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de morrotes, litologia de arenitos, siltitos e argilitos e solos residuais maduros, geralmente de alta aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente regular;
- Baixa suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos; e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinhas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Áreas suscetíveis a desagregação superficial e/ou empastilhamento, devido a camadas com solos expansíveis, sobretudo em taludes de corte com solo saprolítico/rocha alterada exposto a intempéries;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre camadas argilosas; e
- Vulnerabilidade Média das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### Áreas não ocupadas:

- Ocupação tende a ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível básico;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial e desagregação superficial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Drenar locais com surgência d'água em taludes de corte, visando melhorar as condições de estabilidade;
- Verificar a consistência e plasticidade dos solos, que podem dificultar sua utilização em obras de terra e na abertura de cavas;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundações e alagamentos, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial à desagregação superficial em camadas com solos expansíveis;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### Ensaio geotécnicos aplicáveis:

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (em de trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XI

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morrotes, morros baixos, morrotes baixos e morrotes altos, com amplitudes entre 60 m e 110 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** lamitos arenosos e arenitos; e lamitos seixosos, conglomerados e diamictitos;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais 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).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Baixa a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Desagregação superficial e/ou empastilhamento do solo em taludes de corte (solos expansíveis); e
- Recalques diferenciais em aterros sobrepostos a camadas argilosas.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo variado, litologia de lamitos e arenitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente regular;
- Baixa suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos; e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, com eventuais camadas calcíficas e matacões no subsolo, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Dificuldades para implantação de vias de acesso e lotes em morrotes isolados;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Áreas suscetíveis a desagregação superficial e/ou empastilhamento, devido a camadas com solos expansíveis, sobretudo em taludes de corte com solo saprolítico/rocha alterada exposto a intempéries;
- Tendência de adensamento/recalque e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre camadas argilosas; e
- Vulnerabilidade Média das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

#### 4 Diretrizes e recomendações

##### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

###### Áreas não ocupadas:

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial e desagregação superficial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Drenar locais com surgência d'água em taludes de corte, visando melhorar as condições de estabilidade;
- Verificar a consistência e plasticidade dos solos, que podem dificultar sua utilização em obras de terra e na abertura de cavas;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

###### Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial e à desagregação superficial em camadas com solos expansíveis;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

###### Ensaio geotécnicos aplicáveis:

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (em caso de trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

##### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XII

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morrotes, morros baixos, morrotes baixos e morrotes altos, com amplitudes entre 60 m e 110 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** granitos e granitóides;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo variado, litologia de granitos e granitóides e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente irregular;
- Dificuldades para implantação de vias de acesso e lotes em morrotes isolados;
- Incidência provável de blocos/matacões rochosos no subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação, assim como gerar recalques diferenciais em obras e fundações;
- Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com eventual formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### Áreas não ocupadas:

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### Ensaio geotécnicos aplicáveis:

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XIII

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morrotes, morros baixos, morrotes baixos e morrotes altos, com amplitudes entre 60 m e 110 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** gnaisses e migmatitos;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos; e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento;
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de relevo variado, litologia de gnaisses e migmatitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente irregular;
- Dificuldades para implantação de vias de acesso e lotes em morrotes isolados;
- Incidência provável de blocos/matacões rochosos no subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação, assim como gerar recalques diferenciais em obras e fundações;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

#### 4 Diretrizes e recomendações

##### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

###### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

###### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

###### **Ensaio geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

##### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XIV

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morrotes, morros baixos, morrotes baixos e morrotes altos, com amplitudes entre 60 m e 110 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** xistos quartzosos, quartzitos e xistos micáceos;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de rocha (blocos imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de relevo variado, litologia de xistos e quartzitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria);
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente variando entre regular e irregular;
- Dificuldades para implantação de vias de acesso e lotes em morrotes isolados;
- Incidência provável de maciços de quartzito no solo/subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaio geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XV

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morrotes, morros baixos, morrotes baixos e morrotes altos, com amplitudes entre 60 m e 110 m e declividades entre 5° e 10°;
- **Geologia:** filitos, metabásicas e metaultrabásicas;
- **Solo:** solos residuais maduros (eluviais e saprolíticos), derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico atuantes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático raso a profundo em solos residuais maduros; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Baixa suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de rocha (blocos imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de relevo variado, litologia de filitos e metabásicas e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão;
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria); e
- Baixa suscetibilidade a deslizamento.

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente variando entre regular e irregular;
- Dificuldades para implantação de vias de acesso e lotes em morrotes isolados;
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Ocupação pode ser viável, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero sedimentar subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaaios geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XVI

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos, com amplitudes entre 140 m e 200 m e declividades entre 10° e 17°;
- **Geologia:** granitos e granitóides;
- **Solo:** solos residuais jovens, derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico incipientes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático pouco profundo em solos residuais jovens; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento;
- Queda de rocha (blocos/matacões no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de morros altos, litologia de granitos e granitóides e solos residuais jovens, geralmente de média aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente irregular;
- Incidência provável de blocos/matacões rochosos no subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação, assim como gerar recalques diferenciais em obras e fundações;
- Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Médias e Altas suscetibilidades a deslizamento;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaio geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XVII

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos, com amplitudes entre 140 m e 200 m e declividades entre 30° e 45°;
- **Geologia:** gnaisses e migmatitos;
- **Solo:** solos residuais jovens, derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico incipientes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático pouco profundo em solos residuais jovens; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Média e Alta suscetibilidade a deslizamento;
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### Aptidão geotécnica:

- Áreas em contexto de morros altos, litologia de gnaisses e migmatitos e solos residuais jovens, geralmente de média aptidão.

#### Aspectos favoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

#### Aspectos desfavoráveis:

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente irregular;
- Incidência provável de blocos/matacões rochosos no subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação, assim como gerar recalques diferenciais em obras e fundações;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Médias e Altas suscetibilidades a deslizamento;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
- Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### Áreas não ocupadas:

- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

#### Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### Ensaio geotécnicos aplicáveis:

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Brita passível de lavra localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas;
- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XVIII

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos, com amplitudes entre 140 m e 200 m e declividades entre 10° e 17°;
- **Geologia:** xistos quartzosos, quartzitos e xistos micáceos;
- **Solo:** solos residuais jovens, derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico incipientes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático pouco profundo em solos residuais jovens; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos, com geração de sulcos, ravinas e boçorocas;
- Média e Alta suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de rocha (blocos imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de morros altos, litologia de xistos e quartzitos e solos residuais jovens, geralmente de média aptidão.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente variando entre regular e irregular.
- Incidência provável de maciços de quartzito no solo/subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação;
- Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Médias e Altas suscetibilidades a deslizamento;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carreados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### **Áreas não ocupadas:**

- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

#### **Áreas ocupadas:**

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### **Ensaio geotécnicos aplicáveis:**

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XIX

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** morros altos, com amplitudes entre 140 m e 200 m e declividades entre 10° e 17°;
- **Geologia:** filitos, metabásicas e metaultrabásicas;
- **Solo:** solos residuais jovens, derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico incipientes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático pouco profundo em solos residuais jovens; e profundo a muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos):

- Média suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Média a Alta suscetibilidade a deslizamento, condicionado por estruturas dos maciços; e
- Queda de rocha (blocos imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

#### **Aptidão geotécnica:**

- Áreas em contexto de morros altos, litologia de filitos e metabásicas e solos residuais jovens, geralmente de média.

#### **Aspectos favoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
- Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).

#### **Aspectos desfavoráveis:**

- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotopercussivas/rotativas;
- Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
- Nível do topo rochoso geralmente variando entre regular e irregular;
- Média suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
- Médias e Altas suscetibilidades a deslizamento;
- Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

## 4 Diretrizes e recomendações

### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

#### Áreas não ocupadas:

- Não ocupar em áreas de Alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Ocupação em áreas de Média pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe;
- Não ocupar em áreas de cabeceira de drenagem, que devem ser mapeadas e protegidas;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Evitar a exposição de solos saprolíticos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Considerar, para os efeitos de estabilidade de taludes de corte, a orientação das fraturas e foliação das rochas, dado que podem indicar planos de fraqueza estrutural;
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

#### Áreas ocupadas:

- Ocorrências e/ou evidências de instabilização devem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequente);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

#### Ensaaios geotécnicos aplicáveis:

- Ensaaios de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaaios de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaaios de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Saibro (material de empréstimo/aterro) passível de lavra eventual e localizada, mediante práticas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante planos de reabilitação específicos.

## Unidade Geotécnica: XX

### 1 Características do meio físico predominantes:

- **Relevo:** serras, com amplitudes > 300 m e declividades entre 30° e 45°;
- **Geologia:** granitos, granitóides, gnaisses, migmatitos, xistos, quartzitos, metacarbonatos, filitos e metabásicas;
- **Solo:** solos residuais jovens, derivados de processos pedológicos e de intemperismo físico-químico incipientes em maciços de rochas cristalinas; e
- **Água subterrânea:** nível estático pouco profundo em solos residuais jovens; e muito profundo em maciço rochoso subjacente (aquífero cristalino).

### 2 Processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos)

- Média a Alta suscetibilidade a erosão pluvial em solos saprolíticos;
- Alta suscetibilidade a deslizamento e rastejo associado a depósitos de pé de encosta (colúvio/tálus)
- Recalques diferenciais pela ocorrência de blocos/matacões rochosos no subsolo;
- Queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte; e
- Corrida de massa e/ou enxurrada.

### 3 Aptidão geotécnica e aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação:

- Aptidão geotécnica:**
- Áreas em contexto de serras, litologia variada e solos residuais jovens, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão.
- Aspectos favoráveis:**
- Perfuração para fins de investigação em solos e rochas brandas pode ser executada por sondagem a trado e/ou a percussão; e
  - Escavabilidade boa para fins de terraplenagem em solos residuais, mediante técnicas manuais ou mecanizadas (materiais de 1ª Categoria); e moderada em rochas brandas, mediante escarificação (materiais de 2ª Categoria).
- Aspectos desfavoráveis:**
- Perfuração para fins de investigação em rochas alteradas duras e rochas sãs requer emprego de sondagens rotoperçussivas/rotativas;
  - Escavabilidade pode ser complexa em rochas alteradas duras e rochas sãs, requerendo-se geralmente o emprego de técnicas especiais de desagregação/desmonte (materiais de 3ª Categoria);
  - Nível do topo rochoso geralmente variando entre regular e irregular;
  - Incidência de blocos/matacões rochosos no subsolo tende a dificultar a perfuração e a escavação, assim como gerar recalques diferenciais em obras e fundações. Maciços de quartzito no solo/subsolo tendem a dificultar a perfuração e a escavação;
  - Média a Alta suscetibilidade à erosão pluvial em horizontes de solos saprolíticos. Erosão difusa e/ou linear/concentrada tende a ser acelerada/intensificada em superfícies expostas, com formação de sulcos e ravinas e depósitos de assoreamento a jusante;
  - Alta suscetibilidade a deslizamento e rastejo;
  - Tendência de recalque diferencial e de eventual ruptura de fundação em aterro construído sobre de blocos/matacões rochosos presentes no subsolo; e
  - Incidência de áreas suscetíveis a queda de rocha (blocos/matacões imersos no solo e/ou aflorantes), em encostas naturais e taludes de corte;
  - Incidência de bacias de drenagem suscetíveis à geração de corrida de massa e/ou enxurrada, com provável atingimento de áreas a jusante; e
  - Vulnerabilidade indefinida das águas subterrâneas a poluentes/contaminantes carregados pelo escoamento pluvial e/ou infiltração, em caso de lançamento de efluentes e resíduos sem tratamento prévio no solo e subsolo.

#### 4 Diretrizes e recomendações

##### 4.1 Para a segurança do uso e ocupação do solo:

###### Áreas não ocupadas:

- Não ocupar, incluindo-se zonas passíveis de atingimento por movimentos gravitacionais de massa gerados a montante;
- Ocupação para outros usos em áreas de suscetibilidade média à geração de movimentos gravitacionais de massa pode ser viável localmente, mediante estudos geológico-geotécnicos e medidas preventivas a realizar em nível de detalhe;
- Evitar a interferência em depósitos de acumulação de pé de encosta (tálus), em razão de dificuldades de escavação e fundação e de possíveis remobilizações dos materiais;
- Evitar a impermeabilização de extensas áreas de solo, em razão de provável incremento no volume e velocidade das águas provenientes do escoamento pluvial a montante, com conseqüente geração de enxurradas a jusante;
- Estocar e utilizar o horizonte superior composto de solos eluviais na cobertura final de áreas terraplenadas e na construção de aterros;
- Reduzir a extensão de áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial, mediante implantação de sistemas de drenagem e revestimento vegetal;
- Ocupação em áreas sujeitas a recalque requer estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos a realizar em nível de detalhe indicando-se as soluções de engenharia pertinentes, em conformidade com as características locais do solo/subsolo e com os parâmetros legais vigentes; e
- Prover a instalação de redes coletoras de efluentes e o gerenciamento dos resíduos a gerar, evitando-se a poluição do solo e subsolo. Não ocupar em áreas de recarga do aquífero fissural/fraturado subjacente.

###### Áreas ocupadas:

- Edificações pré-existentes podem ser objeto de análise de perigo e setorização de risco para fins de gestão local, priorizando-se as áreas com registros de ocorrências e/ou evidências de instabilização, assim como zonas passíveis de atingimento por movimentos gravitacionais de massa gerados a montante;
- Gerir a impermeabilização do solo a montante e no interior da ocupação, atenuando-se a cumulatividade do escoamento pluvial e a conseqüente geração de enxurrada;
- Revisar o desempenho da rede de drenagem pluvial no controle de inundação e alagamento, efetuando-se as adaptações estruturais e não estruturais necessárias face ao cenário de mudanças climáticas (previsão de eventos de chuvas intensas e/ou extremas, cada vez mais frequentes);
- Reduzir a extensão de superfícies em áreas com solos saprolíticos expostos à erosão pluvial;
- Evidências de recalque requerem estudos geológico-geotécnicos e hidrológico-hidráulicos em nível de detalhe, indicando-se as soluções de engenharia pertinentes às características locais do solo/subsolo, com a finalidade de estabilização do processo; e
- Efluentes e resíduos gerados devem ser objeto de tratamento prévio e destinações adequadas, evitando-se a poluição do solo, subsolo e águas subterrâneas.

###### Ensaio geotécnicos aplicáveis:

- Ensaio de campo *in situ*: Sondagem a percussão com medida de SPT a cada metro e rotativa (caso haja blocos e para o trecho em rocha); Ensaio de Piezocone com medida de poropressão (CPTu); e
- Ensaio de laboratório: Granulometria por peneiramento/sedimentação, Limites de consistência (LL e LP) ou Limites de Atterberg, Massa específica dos grãos, Teor de umidade, Massa específica, Ensaio de adensamento e Resistência ao cisalhamento (cisalhamento direto e triaxiais).

##### 4.2 Para o aproveitamento de agregados para construção civil:

- Não lavar; e
- Recuperar áreas degradadas por extrações pretéritas, mediante elaboração e execução de planos de reabilitação específicos.

## APÊNDICE B – ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO LOCACIONAL PRÉVIA

### 1. INTRODUÇÃO

Este Roteiro é parte integrante da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de São Paulo/SP (CGAU-MSP). Sua finalidade é subsidiar a realização de uma *avaliação locacional prévia* na fase de planejamento de novos empreendimentos de ocupação do solo no Município de São Paulo/SP, tendo em vista o conhecimento acerca das condições geotécnicas presentes na área de interesse e as informações correspondentes apresentadas na CGAU-MSP.

A CGAU-MSP foi elaborada na escala geográfica 1:10.000, abrangendo a totalidade do território municipal. Tem como base os métodos e procedimentos usuais na elaboração desse tipo de instrumento, os quais vêm sendo desenvolvidos e difundidos no País desde a edição da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC - Lei Federal 12.608/2012).

Este Roteiro é apresentado em formato para aplicação genérica, considerando-se o planejamento de um empreendimento hipotético, devendo ser adaptado e complementado a depender do caso específico a ser analisado, incluindo-se os aspectos legais e jurídicos aplicáveis. Sua utilização deve preceder os estudos iniciais de engenharia e ambientais comumente requeridos a empreendimentos, para fins de autorização e licenciamento urbanístico-ambiental, como loteamento, desmembramento, conjunto habitacional e outras iniciativas de urbanização e ocupação do solo com a finalidade de abrigar edificações residenciais ou mesmo instalações comerciais e industriais admitidas na zona em questão, em conformidade com as normas legais vigentes, considerando-se os dados e informações contidos na CGAU-MSP.

### 2. OBJETIVO

O objetivo deste Roteiro é o de subsidiar a realização de *avaliação locacional prévia* quanto às condições geotécnicas predominantes em determinado local, para fins de implantação de empreendimento de ocupação do solo, tendo-se em conta o contexto do meio físico. Visa-se gerar dados e informações que possam fundamentar a tomada de decisão acerca da deflagração ou não dos estudos de viabilidade subsequentes.

### 3. JUSTIFICATIVA

Considerando-se as características, diretrizes e recomendações expressas na CGAU-MSP e no seu Guia de Utilização, que apontam as potencialidades e também as limitações dos terrenos frente aos processos do meio físico que ocorrem no Município, salienta-se a importância de verificar previamente as condições geotécnicas inerentes ao terreno no qual se pretende instalar o empreendimento, de modo a que a decisão a ser tomada considere os conteúdos disponíveis na CGAU-MSP.

Em particular, devem-se avaliar os aspectos relacionados às suscetibilidades a processos do meio físico que possam se mostrar relevantes

a depender da localização pretendida, como deslizamento, erosão, queda de rocha, inundação e/ou alagamento, enxurrada e outros apontados na CGAU-MSP.

Cabe observar os dispositivos contidos na Lei Federal 6.766/1979 (conhecida como Lei Lehmann), que dispõem sobre o parcelamento do solo urbano no País, nos quais se estabelece que “*Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal*” e, ainda, que não será permitida a ocupação “*em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação*” (Artigo 3º, Parágrafo Único, inciso IV).

Conforme diversas orientações emitidas desde a edição da Lei Lehmann por entidades técnico-científicas e de fiscalização profissional com atuação nas áreas de engenharia e de geologia no País, essas condições geológicas devem ser verificadas previamente, mediante a execução de uma avaliação específica, aqui denominada de *avaliação locacional prévia*, a ser efetuada por profissional responsável devidamente habilitado, cujos resultados devem ser apresentados na forma de relatório, parecer ou laudo de caráter geológico-geotécnico (ÁVILA *et al.*, 1992).

#### **4. ATIVIDADES A REALIZAR**

Tendo-se em conta o zoneamento geotécnico contido na CGAU-MSP, que expressa a distribuição territorial das vinte unidades geotécnicas delimitadas no Município, bem como o Guia de Utilização que a acompanha, seguem-se as atividades recomendadas a considerar em relação à proposta de empreendimento em sua fase de planejamento.

Devem-se reunir evidências que propiciem fundamentar a tomada de decisão quanto à deflagração ou não de estudos de viabilidade a executar na sequência, necessários ao planejamento da instalação do empreendimento e, em caso positivo, ao desenvolvimento de anteprojeto ou projeto conceitual de engenharia e aos estudos ambientais pertinentes, conforme requeridos para fins de autorização municipal e licenciamento urbanístico-ambiental.

Informações gerais sobre as características do empreendimento pretendido podem ser úteis à realização da *avaliação locacional prévia*, mas não imprescindíveis, uma vez que o foco das análises a realizar nesse momento inicial deve estar voltado, principalmente, às condições geológicas inerentes ao local de interesse.

Apresenta-se, nos itens seguintes, a sequência de atividades recomendadas para realização da *avaliação locacional prévia*:

##### **a) Localização do empreendimento na CGAU-MSP**

A primeira atividade a considerar na *avaliação locacional prévia* é a localização do empreendimento no mapa integrado da CGAU-MSP e/ou na Base de Dados digitais correspondente, tendo-se como base o zoneamento geotécnico neles apresentado e a Carta Síntese de aptidão geotécnica contida no Guia de Utilização.

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto técnico final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

#### ***b) Identificação da UG correspondente***

Com a localização exata do empreendimento no mapa integrado da CGAU-MSP e/ou na Base de Dados digitais, o passo seguinte deve ser a identificação da Unidade Geotécnica (UG) correspondente, ou seja, a UG na qual se pretende instalar o empreendimento. Com isso, ter-se-á acesso ao conteúdo do Quadro-legenda simplificado e, no Guia de Utilização, à descrição completa das características, processos, diretrizes e recomendações relativas à UG em que o empreendimento pretende se localizar (**APÊNDICE A**).

Há que se atentar para o fato de que, em razão da escala de mapeamento (1:10.000), o traçado que delimita o contato entre diferentes unidades geotécnicas pode apresentar variações quando observado em nível local, no campo. Isso requer a confirmação prévia das características da UG em que o empreendimento deverá incidir, sobretudo em área de contato entre UGs, podendo eventualmente corresponder à UG vizinha.

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

#### ***c) Análise preliminar dos dados e informações contidos na CGAU-MSP***

A partir da identificação da UG correspondente, deve-se efetuar a análise preliminar do conjunto de dados e informações contidos no mapa integrado da CGAU-MSP e em seu Guia de Utilização, pertinentes ao local de interesse. Na ocasião, dados e informações adicionais eventualmente disponíveis em outras fontes de consulta poderão ser agregados à *avaliação locacional prévia* objeto deste Roteiro.

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto técnico final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

#### ***d) Verificação de campo e levantamento complementar de dados***

A partir da análise das características, diretrizes e recomendações identificadas em relação à UG correspondente, poder-se-á reconhecer e diagnosticar, em vistoria de campo, as condições específicas presentes no local de interesse. Na ocasião, dados e informações adicionais poderão ser obtidos em escala local, complementando-se o conhecimento a ser adquirido em relação às condições geológicas, sendo então incorporados à *avaliação locacional prévia* objeto deste Roteiro.

Entre os aspectos a verificar no local, encontram-se: as características do meio físico predominantes (relevo, geologia, solos e água subterrânea), os processos geodinâmicos e hidrológicos atuais e/ou prováveis (naturais e/ou antropogênicos), a classe de aptidão geotécnica contida (alta, média ou baixa) no Quadro-legenda simplificado e também no Guia de Utilização da CGAU-MSP, incluindo-se as áreas protegidas e com restrições à ocupação apontadas na Carta Síntese apresentada no mesmo Guia de Utilização e, ainda, os aspectos favoráveis e desfavoráveis à ocupação e as diretrizes e

recomendações gerais referentes a áreas não ocupadas e às áreas ocupadas. Ensaio geotécnicos de campo e de laboratório, apropriados às características da UG correspondente, como os listados no **APÊNDICE A** do Guia de Utilização, também podem ser propostos.

Recomenda-se, ainda, a utilização de Modelo Digital de Terreno (MDT), como disponível em São Paulo (Cidade, 2017), com verificação de fluxos superficiais naturais e/ou induzidos pelas intervenções/obras existentes, com curvas de nível que podem ser utilizadas para determinação das direções de escoamento superficial e, a partir da análise do escoamento, determinar os locais em que há necessidade de proteção dos solos. Convém também proceder ao mapeamento de feições de relevo e de estruturas geológicas, estas a partir da análise de lineamentos extraídos em imagens de satélite (sistemas de falhas, zonas cisalhadas, fraturas, juntas e outras descontinuidades).

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto técnico final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

#### **e) *Análise integrada acerca das condições geológicas***

Uma vez reconhecidas as características específicas inerentes ao local pretendido, bem como as diretrizes e recomendações relativas à UG correspondente, tanto em relação ao conteúdo da CGAU-MSP quanto ao levantamento de campo específico, o passo seguinte da *avaliação locacional prévia* deve ser a análise integrada de todos os dados e informações obtidos, procedendo-se, enfim, à elaboração dos resultados e discussões em vista das condições geológicas presentes no local.

Recomenda-se, ainda, realizar análise de alternativas preliminares para localização de eventuais lotes e instalação de redes de infraestrutura urbana a partir dos dados presentes na CGAU-MSP e do detalhamento das informações na região pretendida, a partir do mapeamento de geologia local e de lineamentos estruturais, posição aproximada do nível d'água subterrânea, MDT e linhas de fluxo, além de levantamento histórico e atual de eventuais feições incidentes na área.

Caso os resultados indiquem que as condições geológicas do local de interesse propiciam abrigar o empreendimento, deve-se incluir a discussão sobre eventuais medidas estruturais e não estruturais a desenvolver nos estudos de engenharia e ambientais subsequentes, assim como sobre ações de monitoramento dos processos do meio físico que possam ocorrer e ser alterados pela ocupação. Pode-se, ainda, caso se julgue necessário durante a execução das análises, recomendar estudos complementares e investigações geológico-geotécnicas, a realizar posteriormente em nível de detalhe, sejam diretas (a realizar principalmente por meio de escavações no solo/subsolo, utilizando-se equipamentos manuais e/ou sondagens mecanizadas) ou indiretas (a realizar principalmente por meio do emprego de métodos geofísicos), visando-se conferir maior segurança ao uso e ocupação do solo pretendido no local e em sua circunvizinhança.

Todos os resultados obtidos com a realização desta atividade deverão ser apresentados no produto técnico final esperado (ver item 5 deste Roteiro).

### **f) *Elaboração e apresentação das conclusões e recomendações***

Os resultados principais da *avaliação locacional prévia* objeto deste Roteiro devem ser expressos de maneira sintética na parte de conclusões e recomendações a incluir no produto técnico final (ver item 5 deste Roteiro), indicando-se uma dentre três possibilidades apresentadas a seguir:

- i) as condições geológicas do local propiciam abrigar o empreendimento pretendido, podendo-se apensar, caso necessário, uma lista de recomendações de estudos complementares e investigações geológico-geotécnicas a realizar em nível de detalhe, para maior segurança do uso e ocupação do solo; ou
- ii) as condições geológicas do local não favorecem a instalação do empreendimento pretendido, desaconselhando-se sua implantação; ou
- iii) não foi possível obter um parecer conclusivo, devendo-se, nesse caso, mencionar as investigações e os estudos complementares que se julguem necessários para melhor definição quanto às condições geológicas presentes no local.

Caso a conclusão da avaliação seja pela indicação de que as características dos terrenos favorecem a instalação do empreendimento no local pretendido, ou seja, pela alternativa “i”, em razão das condições geológicas identificadas, essa informação deve ser apresentada de forma clara e objetiva nesta parte do produto técnico final (ver item 5 deste Roteiro), de modo a não gerar dúvidas quanto ao prosseguimento da proposta e realização dos estudos de viabilidade de engenharia e ambientais pertinentes.

Do mesmo modo, caso a conclusão da avaliação seja pela indicação de que as características do meio físico não favorecem a instalação do empreendimento no local pretendido, ou seja, pela alternativa “ii”, em razão das condições geológicas identificadas, desaconselhando-se a edificação, essa informação deve ser igualmente apresentada de forma clara e objetiva, de modo a não gerar dúvidas quanto ao não prosseguimento da proposta, dadas as limitações do meio físico.

## **5. PRODUTO ESPERADO**

O produto esperado com a realização da *avaliação locacional prévia* objeto deste Roteiro compreende a apresentação de um relatório, parecer ou laudo de caráter geológico-geotécnico acerca das condições geológicas presentes no local pretendido, no qual devem ser apresentados os objetivos, métodos, resultados, discussões, conclusões e referências acerca das análises efetuadas, bem como as recomendações sobre eventuais estudos e investigações complementares que deverão ser efetuados pelo proponente, de modo a compatibilizar o empreendimento com as características inerentes ao meio físico, se este for o caso.

O produto final da avaliação deve incluir extratos descritivos e cartográficos de localização do empreendimento pretendido no âmbito da CGAU-MSP, bem como imagens, fotos e ilustrações adicionais obtidas em campo e à distância (sensoriamento remoto) em relação ao local de interesse, visando facilitar a compreensão acerca do contexto avaliado.

## APÊNDICE C – GLOSSÁRIO

Este breve glossário contém termos técnicos utilizados neste Guia de Utilização da CGAU-MSP e na CG-MSP anterior, bem como outros adicionados em razão de possível interesse na aplicação do instrumento. Cada termo tem seu significado descrito de forma sucinta, podendo se associar a outro contido neste mesmo glossário (nesse caso, grafado em *itálico*). Os conceitos e definições correspondentes foram adaptados e simplificados a partir de IPT (1990), São Paulo (Cidade, 1994), Brasil (2012a, 2012b), Macedo e Bressani (2013), Bitar *et al.* (2014), Santos (2014), IPT (2015b), Dantas (2016) e Oliveira e Monticeli (2018), com a finalidade exclusiva de auxiliar na utilização prática da CGAU-MSP.

- **Alagamento:** acúmulo temporário de água, decorrente de capacidade reduzida do *escoamento superficial* em áreas com baixa *declividade* e/ou deficiência do sistema de drenagem.
- **Aluvial:** referente ao processo de acumulação sedimentar e formação da *planície aluvial*, que resulta da evolução da dinâmica fluvial, gerando depósitos de cascalhos, areias, siltes e argilas. O tipo de depósito sedimentar formado é por vezes denominado de aluvião, alúvio ou aluvionar.
- **Ameaça:** fenômeno ou processo (ex.: *deslizamento*), cuja dinâmica evolutiva pode gerar consequências negativas (perdas e danos) em relação à ocupação e a elementos expostos.
- **Amplitude:** diferença entre cotas, medida do topo de uma elevação na paisagem até a sua base, em geral no vale. A amplitude não deve ser confundida com a altitude absoluta, que é medida em relação ao nível do mar.
- **Aquífero:** formação geológica que apresenta características de permeabilidade favoráveis ao armazenamento e circulação das águas subterrâneas.
- **Aquífero cárstico:** refere-se ao sistema *aquífero* presente em formações geológicas típicas de *carste*. Ocorre no Município de São Paulo em formações constituídas por *metacarbonato*.
- **Aquífero confinado:** corresponde ao *aquífero* submetido a pressões superiores à pressão atmosférica, cujo *nível d'água subterrânea* é denominado de *nível potenciométrico* ou piezométrico.
- **Aquífero cristalino:** refere-se ao sistema *aquífero* presente em formações geológicas de *rocha cristalina*. Denominado também como fissurado ou fraturado. Ocorre no Município de São Paulo em formações constituídas por *rocha cristalina*.
- **Aquífero livre:** corresponde ao *aquífero* submetido a pressões equivalentes à pressão atmosférica, cujo *nível d'água subterrânea* é denominado de *nível freático*.
- **Aquífero sedimentar:** refere-se ao sistema *aquífero* presente em formações geológicas sedimentares. No Município de São Paulo, ocorre em dois sistemas: *Quaternário*; e *Paleógeno*.
- **Aquífero suspenso:** denominação usualmente empregada para se referir ao caso particular de um *aquífero livre* que apresenta abrangência territorial e temporalidade restritas. Localiza-se sobre uma camada ou lente de menor permeabilidade ou impermeável, tendo seu *nível d'água subterrânea* acima daquele do sistema *aquífero* regional. É comumente encontrado em formações sedimentares e solos.
- **Área de empréstimo:** área na qual são extraídos materiais de natureza predominantemente terrosa, para utilização em obras e aterros.
- **Área de risco:** área ocupada por moradias e outros usos sob *ameaça* de um dado fenômeno ou processo (ex. *deslizamento*), cuja análise de *perigo* tenha indicado que a ocorrência de um evento correlato pode gerar perdas e danos, em termos de vidas e de bens materiais e patrimoniais.
- **Assoreamento:** processo de acumulação progressiva de sedimentos e materiais diversos em leito de curso hídrico, assim como em reservatórios e galerias, reduzindo as capacidades de vazão e armazenamento e contribuindo para o aumento na frequência de *inundação*.
- **Aterro:** refere-se ao material de maciço terroso ou de entulho artificial utilizado para nivelamento ou alteamento de um terreno ou área. Pode ser *aterro compactado* ou *aterro lançado*.
- **Aterro compactado:** corresponde ao *aterro* executado manualmente ou mecanicamente com a finalidade de assegurar maior resistência ao cisalhamento, devendo ser realizado em conformidade com normas técnicas vigentes e as boas práticas de engenharia.
- **Aterro lançado:** corresponde ao *aterro* executado sem a compactação adequada.
- **Bandamento:** aspecto de rochas com faixas alternadas e aproximadamente paralelas, compostas por diferentes minerais, texturas e cores.
- **Boçoroca:** feição erosiva onde a remoção de partículas e massas de solo ocorre aceleradamente pela ação conjunta das águas superficiais e subterrâneas. Geralmente formam escavações com paredes abruptas de vários metros de profundidade, dezenas a centenas de metros de comprimento e dezenas de metros de largura. Também chamada de *Voçoroca*.
- **Bota-fora:** área de deposição de materiais e resíduos diversos, provenientes de escavações e demolições. O termo é utilizado também para denominar esse tipo de material.
- **Cabeceira de drenagem:** feição de relevo onde geralmente se identifica a *nascente* de um curso hídrico, geralmente em forma de anfiteatro semicircular (ferradura) e com encostas íngremes, para as quais as águas de montante provenientes de infiltração no solo e *escoamento superficial* tendem a confluir e gerar instabilizações. O local da *nascente* e suas imediações é por vezes denominado *grotá*.

- **Capacidade de suporte:** característica de um maciço de rocha e/ou solo em relação ao seu comportamento quando submetido a uma carga, para fins de fundação em obras e aterros.
- **Carste:** contexto de relevo associado a rochas de composição carbonática, sujeitas a processos de dissolução e formação de cavidades no subsolo, que podem evoluir e se manifestar na forma de afundamentos em superfície. Pode se apresentar encoberto por camada de solo de espessura variada. A água, que outrora preenchia os poros ou condutos existentes, quando superexplorada, resulta em vazios que podem levar a instalação de processos de *subsidência* ou mesmo de *colapso de solo*.
- **Colapso de solo:** processo de afundamento súbito do solo em superfície, relacionado à dinâmica evolutiva de cavidades originadas no subsolo, geralmente em *carste* e antecedido de *subsidência*. Fenômeno no qual o solo perde volume rapidamente, causando o afundamento em superfície.
- **Colina:** relevo de degradação constituído por elevações pouco dissecadas, com vertentes convexas ou convexo-côncavas e topos amplos, com morfologia geral alongada ou arredondada em seus domínios.
- **Colúvio:** material transportado de um local para outro pela ação combinada da gravidade e das águas pluviais, depositado ao longo das encostas e contendo geralmente solos e fragmentos de rochas diversas, por vezes associado ao conceito de *tálus* (rampa de colúvio/tálus).
- **Concreção limonítica:** massa geralmente nodular ou esférica de dimensões variadas, contendo óxido de ferro hidratado e sílica, bastante endurecida, encontrada nos solos.
- **Conglomerático:** relativo à rocha ou sedimento composto por fragmentos mais ou menos arredondados com diâmetro superior a 2 mm.
- **Corrida de massa:** movimento gravitacional de massa com alta energia de transporte e alta capacidade destrutiva, caracterizado por fluxos concentrados de materiais diversos (blocos de rochas e troncos vegetais imersos em matriz contendo solos/sedimentos de diferentes granulometrias), provenientes de deslizamentos nas encostas e do retrabalhamento de depósitos antigos situados ao longo de cursos hídricos. O processo é também denominado como *fluxo de detritos*.
- **Corte:** processo de remodelamento da superfície topográfica de um maciço de solo ou rocha, por meio de *terraplenagem* e/ou desmonte rochoso, resultando em um *talude de corte*.
- **Declividade:** inclinação geral de uma superfície dada pela razão entre a diferença de altura e a distância na projeção horizontal entre dois pontos, medida em porcentagem ou graus.
- **Desagregação superficial:** processo também denominado de *empastilhamento*.
- **Desastre:** ruptura brusca ou gradual da dinâmica socioeconômica e/ou ambiental de uma região, decorrente de evento associado à ocorrência de um fenômeno ou processo com grande *severidade*. Resulta de evento adverso, de origem natural ou induzida pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis, gerando perdas e danos significativos.
- **Descontinuidade:** ruptura natural presente em maciços, gerando plano de menor resistência quando solicitado por obras. O termo coletivo é utilizado para abranger a maioria dos tipos de sistemas de falhas, zonas de cisalhamento, fraturas, juntas e outros.
- **Deslizamento:** movimento gravitacional de massa caracterizado por velocidade alta, sendo comumente deflagrado por chuvas intensas e concentradas em encostas com *declividade* e *amplitude* elevadas, segundo superfície de ruptura que pode ser planar (*deslizamento translacional*), circular (*deslizamento rotacional* ou *deslizamento circular*) ou em cunha (*deslizamento em cunha*), esta acompanhando planos de fragilidade ou *descontinuidade* estrutural dos maciços terrosos ou rochosos. É função do tipo de solo ou rocha, geometria do talude e condições de fluxo da água. O processo é também denominado de *escorregamento*.
- **Deslizamento rotacional:** tipo de *deslizamento* em que a superfície de ruptura adquire formato similar ao de um arco de círculo, ocorrendo geralmente em solos isotrópos e homogêneos mais espessos.
- **Deslizamento circular:** o mesmo que *deslizamento rotacional*.
- **Deslizamento em cunha:** tipo de *deslizamento* em que a massa de solo e rocha movimentada tem a forma aproximada de uma cunha.
- **Deslizamento induzido:** *deslizamento* cuja ocorrência apresenta evidências de influência ou relação direta com a ocupação.
- **Deslizamento natural:** *deslizamento* cuja ocorrência não apresenta evidências de influência ou relação direta com a ocupação.
- **Deslizamento planar:** tipo de *deslizamento* em que a superfície de ruptura é plana e quase paralela à superfície do *talude*.
- **Deslizamento translacional:** ver *ruptura translacional*.
- **Desplacamento:** quebra ou segmentação do corpo rochoso em placas ou lamelas, subparalelas entre si e à superfície do terreno.
- **Embasamento:** termo empregado para designar rochas mais antigas em relação a outras sobrepostas no tempo geológico. Quando referido a rochas cristalinas, constitui o *embasamento cristalino*, mas pode se referir a rochas sedimentares quando estas formam o embasamento de formações mais recentes que as recobrem.
- **Embasamento cristalino:** termo utilizado quando o *embasamento* é formado por rochas ígneas ou metamórficas, como granitos, gnaisses, xistos, filitos e outros tipos.

- **Empastilhamento:** processo de fragmentação de um maciço terroso ou rochoso pela expansão e contração de seus componentes minerais, causado por ciclos continuados de umedecimento e ressecamento (alternância entre chuvas e estiagens), formando trincas na superfície exposta, que resultam em fragmentos centimétricos (pastilhas) do material original e que se desprendem do maciço. O processo é denominado também de *desagregação superficial*.
- **Enchente:** ou cheia, compreende o processo de enchimento do canal referente ao leito regular do curso hídrico, provocado geralmente por chuvas intensas, contínuas e abrangentes. Constitui o primeiro estágio do processo de *inundação*, este caracterizado pelo transbordamento do canal. A depender do volume e da velocidade das águas no canal, pode se configurar como *enxurrada*.
- **Enxurrada:** processo associado a *enchente* ou *inundação* brusca e de curta duração, com alta energia de transporte e alta capacidade de arraste. Ocorre em cursos hídricos e também em sistemas de drenagem urbana (enxurrada urbana).
- **Entulho:** material proveniente de uma demolição ou escavação.
- **Erodibilidade:** *suscetibilidade* do maciço terroso ao processo de *erosão*; propriedade dos maciços terrosos quanto a sua resistência aos processos erosivos.
- **Erosão:** processo decorrente de conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos responsáveis pelo modelado do relevo terrestre, que pode ser induzido e acelerado pelo uso e ocupação do solo. Compreende essencialmente a remoção de partículas ou massas de solo pelas águas de chuva (*erosão pluvial*), rios (*erosão fluvial*) e vento (*erosão eólica*).
- **Erosão em ravina:** processo erosivo em que a remoção de partículas do solo ocorre de forma acelerada pela concentração linear do *escoamento pluvial*. Constitui-se num estágio de *erosão pluvial* mais intenso e com maior profundidade que a *erosão em sulco*.
- **Erosão em sulco:** processo erosivo em que a remoção de partículas do solo ocorre pela concentração linear do *escoamento pluvial*, porém num estágio de *erosão pluvial* menos intenso e com menor profundidade que a *erosão em ravina*.
- **Erosão interna:** ver "*piping*".
- **Erosão laminar:** processo erosivo em que a remoção de partículas do solo ocorre pelo *escoamento pluvial* distribuído de modo mais uniforme sobre a superfície do terreno.
- **Erosão eólica:** *erosão* decorrente da ação do vento sobre a superfície dos solos e rochas.
- **Erosão fluvial:** *erosão* decorrente da ação do curso hídrico nos taludes marginais.
- **Erosão pluvial:** *erosão* decorrente da ação das águas de chuva sobre a superfície dos solos e rochas.
- **Escoamento pluvial:** refere-se ao escoamento das águas de chuvas sobre a superfície do solo. Quando o solo se encontra exposto ou desprotegido, pode causar *erosão* e outras consequências.
- **Escoamento superficial:** o mesmo que *escoamento pluvial*.
- **Escorregamento:** o mesmo que *deslizamento*.
- **Estrutura geológica:** feição típica de rochas metamórficas, caracterizada pela orientação mais ou menos paralela dos seus componentes minerais, principalmente os placóides (mica) e/ou prismáticos. Compreende *foliação* e *xistosidade*.
- **Filito:** rocha metamórfica com *foliação* notória, constituída por minerais micáceos orientados, com granulação muito fina (que o distingue de *xisto*).
- **Fluxo de detritos:** o mesmo que *corrida de massa*.
- **Foliação:** estrutura que consiste na orientação planar de minerais prismáticos e/ou placóides e/ou de agregados de minerais lenticulares.
- **Fatura:** tipo de descontinuidade ou ruptura presente em um maciço rochoso.
- **Friável:** propriedade dos materiais que se mostram facilmente desagregáveis com as mãos.
- **Gnaisse:** rocha metamórfica de granulação média a grossa, caracterizado pela orientação mais ou menos paralela dos seus componentes minerais, que é semelhante a do granito.
- **Granito:** rocha ígnea intrusiva composta basicamente por três minerais essenciais: quartzo, feldspato e mica, sendo possível a observação desses minerais a olho nu.
- **Grota:** associada ao contexto de *cabeceira de drenagem*.
- **Intemperismo:** conjunto de processos que ocasionam a alteração e decomposição físico-química das rochas, pela ação de agentes atmosféricos e biológicos. O produto desse processo de alteração das rochas corresponde ao *solo*.
- **Inundação:** processo iniciado com *enchente* e caracterizado pelo transbordamento das águas de um curso hídrico, extrapolando o leito regular e atingindo a *planície de inundação* atual ou área de *várzea*.
- **Jusante:** denominação dada a uma área situada abaixo da outra, tendo como referência a corrente fluvial. O oposto de *montante*.
- **Laterização:** processo característico de regiões intertropicais de clima úmido e estações secas e chuvosas alternadas, gerando remoção de sílica e enriquecimento dos solos em ferro e alumina.
- **Laterítico:** ou laterizado, refere-se ao material terroso submetido ao processo de *laterização*, adquirindo uma coloração avermelhada por causa da concentração do ferro.

- **Lençol freático:** termo geralmente utilizado para se referir ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero livre*.
- **Lençol freático suspenso:** ou "lençol suspenso", termo por vezes utilizado para se referir ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero suspenso*, que é um caso particular de *aquífero livre*.
- **Lente:** ocorrência de rocha ou solo sem continuidade lateral, possuindo variação de espessura e situada no meio de outra camada.
- **Linha de drenagem natural:** feição topográfica onde ocorre uma concentração do fluxo de água superficial, independente do fluxo ter caráter permanente ou não.
- **Litologia:** refere-se ao tipo de rocha.
- **Maciço:** massa de material (rocha ou solo) caracterizada conforme componentes e feições apropriadas, sendo definida segundo critérios de classificação geológico-geotécnicos.
- **Matacão:** bloco de rocha comumente arredondado, de diâmetro superior a 25 cm. É encontrado na superfície ou no interior do solo, sendo característico da alteração de rochas graníticas. No Município de São Paulo, o termo pode ser mais empregado para blocos de dimensão métrica.
- **Meandro:** feição característica da sinuosidade formada pelo curso do rio, muitas vezes em forma de semicírculo, encontrada em *planície aluvial*.
- **Metacarbonato:** rocha metamórfica, composta principalmente por minerais de composição carbonática.
- **Migmatito:** rocha que apresenta características metamórficas e ígneas, podendo ser predominantemente xistosa e com grandes veios e bandamentos de material granítico.
- **Mitigação:** refere-se ao conjunto de ações e medidas destinadas a reduzir a probabilidade de ocorrência de um evento danoso ou *desastre*, assim como da magnitude de suas consequências.
- **Montante:** denominação dada a uma área situada acima da outra, tendo como referência a corrente fluvial. O oposto de *jusante*.
- **Morro:** relevo de degradação constituído por elevações dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados. Considerando-se variações de *amplitude* e *declividade* em seus domínios, pode-se distinguir morro baixo e morro alto, este último podendo abrigar corpos de *tálus*.
- **Morroto:** relevo de degradação constituído por pequenos morros bastante dissecados, com vertentes retilíneas ou retilíneo-côncavas e topos arredondados, por vezes alinhados em cristas. Considerando-se variações de *amplitude* e *declividade* em seus domínios, pode-se distinguir morrote baixo, morrote e morrote alto.
- **Movimentos gravitacionais de massa:** conjunto de processos geodinâmicos que compreende principalmente *deslizamento*, *rastejo*, *queda de rocha* e *corrida de massa* ou *fluxo de detritos*.
- **Nascente:** local situado em *cabeceira de drenagem* ou em outro contexto morfológico onde aflora o *nível d'água subterrânea*, dando geralmente início a um curso hídrico perene ou intermitente, podendo ser pontual ou difuso.
- **Nível d'água subterrânea:** em *aquífero livre*, corresponde ao *nível freático*. Em *aquífero confinado* diz respeito ao *nível potenciométrico* ou piezométrico.
- **Nível dinâmico:** refere-se ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero*, medido a partir da superfície do solo, quando ocorre o bombeamento e/ou *rebaixamento do nível d'água subterrânea*. Contrapõe-se ao *nível estático*, que é medido em um poço ou escavação em repouso.
- **Nível estático:** refere-se ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero*, medido a partir da superfície do solo em um poço ou escavação em repouso. Contrapõe-se ao *nível dinâmico*.
- **Nível freático:** refere-se ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero livre*.
- **Nível freático suspenso:** refere-se ao *nível freático* de um *aquífero suspenso*, que é um caso particular de *aquífero livre*.
- **Nível potenciométrico:** refere-se ao *nível d'água subterrânea* de um *aquífero confinado*. Também denominado de nível piezométrico.
- **Paleógeno:** período geológico inicial da era Cenozoica, compreendido entre 66 e 23 milhões de anos atrás.
- **Perigo:** condição associada a uma *ameaça* com potencial para a geração de perdas e danos em uma dada área num determinado período de tempo; periculosidade ou perigosidade.
- **Piping:** movimento de partículas de uma massa de solo carregadas por percolação de água, provocando a abertura progressiva de canais dentro da massa de solo em sentido contrário ao do fluxo da água. É também conhecido como "erosão retroprogressiva" ou *erosão interna*.
- **Planície aluvial:** relevo de agradação, formado pela deposição de sedimentos de origem fluvial em terreno baixo e plano junto aos cursos hídricos, com declividade geralmente muito baixa e sujeito a *inundação* e *alagamento* periódicos.
- **Planície de inundação:** referente à *planície aluvial*.
- **Prevenção:** conjunto de ações de planejamento, de ordenamento territorial e de investimento destinadas a reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas e das populações e a evitar a ocorrência de acidentes ou de desastres ou a minimizar sua intensidade, por meio da identificação, do mapeamento e do monitoramento de riscos e da capacitação da sociedade em atividades de proteção e defesa civil.

- **Quartzito:** rocha de natureza metamórfica, composta essencialmente de quartzo. Corresponde a um arenito endurecido por processos metamórficos.
- **Quaternário:** período geológico atual da era Cenozoica, iniciado há cerca de 2,6 milhões de anos atrás.
- **Queda de rocha:** movimento geralmente abrupto de blocos e matacões rochosos, que se desprendem de encostas íngremes, paredões rochosos ou falésias. Envolve principalmente quedas livres, rolamentos, tombamentos e deslocamentos de rochas.
- **Rastejo:** movimento gravitacional de massa relativamente mais lento quando comparado a *deslizamento*, podendo envolver *colúvio* e/ou *tálus* em depósitos de sopé e/ou meia encosta e ser acelerado mesmo em terrenos com baixas declividades em decorrência de interferências diretas.
- **Ravina:** feição erosiva linear e pouca profunda no solo, decorrente do *escoamento pluvial* concentrado.
- **Rebaixamento do nível d'água subterrânea:** aumento da profundidade do *nível d'água subterrânea* em relação à superfície do solo, geralmente em decorrência de bombeamento e/ou extração de água subterrânea, podendo ocorrer também de forma natural.
- **Recalque:** deformação do solo, de direção essencialmente vertical, causada pelo deslocamento de suas partículas em decorrência de sobrecarga e/ou rebaixamento do nível d'água no subsolo.
- **Recalque diferencial:** tipo de *recalque* em que este não é uniforme em todos os pontos do aterro ou da fundação em um dado terreno.
- **Resiliência:** capacidade de uma comunidade exposta ao *perigo* e ao *risco* em recuperar-se o mais rápido possível das consequências de um evento danoso ocorrido ou de um *desastre*.
- **Risco:** uma medida da *ameaça* e das consequências em termos de perdas e danos que esta poderá causar em uma dada área num determinado intervalo de tempo. Envolve a avaliação da probabilidade de ocorrência do processo destrutivo, a identificação dos elementos que podem ser afetados por esse processo e a *vulnerabilidade* desses elementos. Quando caracterizado e qualificado o *risco*, a área em questão pode ser denominada de *área de risco*.
- **Risco geológico:** situação de *risco* associada a processos de *deslizamento* e *solapamento de talude marginal* de rios e córregos, assim como a outros processos (*subsidência* e *colapso de solo*, erosão, entre outros), podendo-se considerar a interação com processos hidrológicos (*enchente*, *enxurrada* e *inundação*).
- **Rocha:** agregado de minerais, podendo ser de natureza ígnea, metamórfica ou sedimentar.
- **Rocha básica/ultrabásica:** rocha de natureza ígnea composta essencialmente por minerais escuros.
- **Rocha cristalina:** rocha de natureza ígnea e/ou metamórfica.
- **Rocha granitóide:** nome genérico que engloba as rochas com granulação grosseira, pouca orientação dos seus componentes minerais e composição mineralógica semelhante aos granitos.
- **Ruptura translacional:** resultado de movimento gravitacional de massa que se desenvolve ao longo de superfície bem definida e com velocidade alta.
- **Ruptura translacional rasa:** corresponde à *ruptura translacional* que mobiliza pequenas espessuras de solo. Ocorre também em *aterro*.
- **Saibro:** material terroso extraído em *área de empréstimo*, composto geralmente por *solo de alteração* de rocha presente em horizontes inferiores do *solo residual*.
- **Sedimentos aluviais:** sedimentos depositados na *planície aluvial* por processos fluviais.
- **Sedimentos paleógenos:** materiais presentes em maciços sedimentares formados em bacias geológicas durante o período *Paleógeno*. Apresentam espessura e textura variadas (argilosa, siltosa, cascalhos, *conglomerático* e *concreção limonítica*), sendo comum a detecção de *lençol suspenso* e a ocorrência de *solo expansível*.
- **Serra:** relevo de degradação, com escarpas e encostas íngremes, vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, *amplitude* e *declividade* elevadas e topo de crista geralmente alinhada, abrigando depósitos de *colúvio* e *tálus* em seus domínios e em áreas de influência a *jusante*.
- **Setorização de risco:** compartimentação de uma área ocupada, segundo setores homogêneos identificáveis em imagens ou mapas e sujeitos a um dado processo, como *deslizamento*, que pode levar à destruição de uma ou mais moradias. Os setores são classificados de acordo com os graus de risco comumente atribuídos (muito alto; alto; médio; e baixo), podendo ser adotados outros tipos de classificação (ex.: muito alto; alto; e setor de monitoramento, este para englobar as situações de médio e baixo risco presentes na outra classificação mencionada).
- **Severidade:** capacidade de um evento para a geração de perdas e danos; magnitude do evento, podendo ser dimensionada pela intensidade, duração e abrangência.
- **Solapamento de talude marginal:** processo que ocorre em margem de rio e córrego, no qual a *erosão fluvial* atuante na porção inferior do talude deixa a parte superior sem sustentação, levando-a a desabar.
- **Solo:** material terroso encontrado naturalmente na superfície, podendo ser de origem inorgânica e/ou orgânica. Termo também utilizado no sentido geográfico, para se referir a determinado espaço.
- **Solo compressível:** solo que não apresenta resistência satisfatória ou suficiente para suportar as cargas ou solicitações provenientes do sistema estrutural de obras e edificações, repercutindo em deformações e ondulações em superfície. Denominado também de *solo mole*.

- **Solo de alteração:** *solo residual* em geral jovem ou pouco maduro, apresentando evidências da rocha original que se apresenta decomposta. Também denominado de *solo saprolítico*. Corresponde ao horizonte inferior do *solo residual*, abaixo do *solo eluvial* (horizonte superior, mais maduro).
- **Solo eluvial:** corresponde ao horizonte superior do *solo residual*, que se sobrepõem ao *solo de alteração* (horizonte inferior).
- **Solo expansível:** solo composto por minerais que se expandem frente ao aumento da umidade.
- **Solo hidromórfico:** solo formado por influência de processos fluviais de *alagamento* e secamento associados a cursos hídricos e *planície aluvial*.
- **Solo laterizado:** solo avermelhado ou amarelado, rico em ferro e alumínio na fração argila, com relativo ganho de resistência mecânica. Estágio intermediário do processo de laterização.
- **Solo mole:** solo formado pela deposição de sedimentos transportados por cursos hídricos, de consistência mole e compressível (*solo compressível*). Apresentam geralmente alta porcentagem de material orgânico (argilas orgânicas) e alto teor de umidade. Pode-se considerar que as áreas de maior ocorrência desse solo são aquelas onde existiram os meandros dos principais rios.
- **Solo residual:** solo derivado do *intemperismo* em rocha sã, formado no local onde ocorre a alteração (rocha alterada). Pode se subdividir em *solo residual* jovem ou maduro. Abrange o *solo eluvial* (horizonte superior, mais maduro) e o *solo de alteração* (horizonte inferior, mais jovem ou pouco maduro).
- **Solo superficial:** camada do solo da superfície do terreno natural, que suporta a vida vegetal. Geralmente é o solo mais laterizado.
- **Solo saprolítico:** corresponde ao *solo de alteração* de rocha.
- **Subsidência:** processo de afundamento lento do solo em superfície, relacionado à dinâmica evolutiva de cavidades no subsolo que pode culminar com o *colapso de solo* em superfície. É um processo comum em relevo de *carste*, mas pode ocorrer em outros contextos.
- **Sulco:** feição erosiva linear superficial no solo, decorrente do *escoamento pluvial* concentrado. Resulta da *erosão em sulco*.
- **Surgência de água:** fonte, *nascente* ou olho d'água aflorantes em superfície.
- **Suscetibilidade:** propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área, considerando-se os fatores predisponentes relacionados (meio físico: relevo, *litologia*, *solo* e outros).
- **Talude:** superfície inclinada do terreno. Os taludes podem ser naturais ou provenientes de obras de terraplenagem (*corte* ou *aterro*).
- **Talude de aterro:** superfície inclinada de um *talude* formado por *aterro compactado* ou *aterro lançado*.
- **Talude de corte:** superfície inclinada de um *talude* gerado por escavação direta no terreno.
- **Tálus:** material transportado de um local para outro, pela ação combinada da gravidade e das águas pluviais, contendo geralmente solos, blocos de rochas e troncos, podendo ser depositado ao longo das encostas e se assentar na forma de depósitos de acumulação em sopé ou pé de encosta (corpo de tálus), por vezes associado ao conceito de *colúvio* (rampa de colúvio/tálus).
- **Terra baixa:** ou terreno baixo, para designar a área dentro da *planície aluvial* contígua ao leito de um curso hídrico, recoberta por água nos períodos de cheia e transbordamento, onde se sedimentam as frações mais finas da lama transportada pela água esparramada. Compreendem as *backswamps*, que são bacias restritas de decantação e acumulação de sedimentos finos.
- **Terraço fluvial:** relevo de agradação em terreno plano e topograficamente alçado em relação à *planície aluvial* atual, menos sujeitos a *inundação*. Pode haver terraços fluviais baixos ou elevados, ambos sujeitos a *alagamento*.
- **Terraplenagem:** movimentação de terra envolvendo a execução de *corte* e/ou *aterro* de solos com a finalidade de preparar o terreno para a execução de uma obra.
- **Textura:** conjunto de características de forma, dimensão e arranjo dos elementos mineralógicos constituintes da rocha ou solo.
- **Tratamento primário:** termo genérico utilizado para se referir a cascalhamento, agulhamento, solo estabilizado e a outros métodos aplicáveis a leitos viários.
- **Várzea:** associado a *terra baixa*, agregando-se a biota e as condições hídricas que a caracterizam.
- **Voçoroca:** o mesmo que *Boçoroca*.
- **Vulnerabilidade:** condição de exposição física, social, econômica e/ou ambiental de pessoas, moradias, ecossistemas e outros elementos ante a ocorrência de evento adverso de origem natural ou induzido pela ação humana. Pode ser expressa pelo grau de perdas e danos associados aos elementos expostos (0 a 1): quanto maior o grau, maior a vulnerabilidade.
- **Xisto:** rocha de natureza metamórfica, com *foliação* pronunciada e cuja composição mostra abundância de minerais micáceos orientados, visíveis a olho nu.
- **Xisto micáceo:** *xisto* com predominância de micas em sua composição mineralógica.
- **Xisto quartzoso:** *xisto* que contém, em sua composição mineralógica, mica e quartzo em proporções variáveis, ora predominando um ora o outro, espaçadamente.
- **Xistosidade:** tipo de *foliação* que ocorre em rochas metamórficas, resultante do arranjo paralelo de grãos minerais placóides e elipsóides.

## **APÊNDICE D – ILUSTRAÇÕES DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS**

**UG I** - Área em contexto de relevo de planícies e terraços fluviais baixos e sedimentos aluviais inconsolidados, suscetível a inundação e alagamento periódicos, geralmente inapta ou de baixa aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Parelheiros - Acervo IPT).



**UG II** - Área com aterro parcial em contexto de relevo de terraços fluviais altos e sedimentos aluviais inconsolidados, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Jardim Ângela - Acervo IPT).



**UG III** - Área em contexto de relevo de colinas, litologia de arenitos, siltitos e argilitos e solos residuais maduros, geralmente de alta aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Alto de Pinheiros - Acervo IPT).



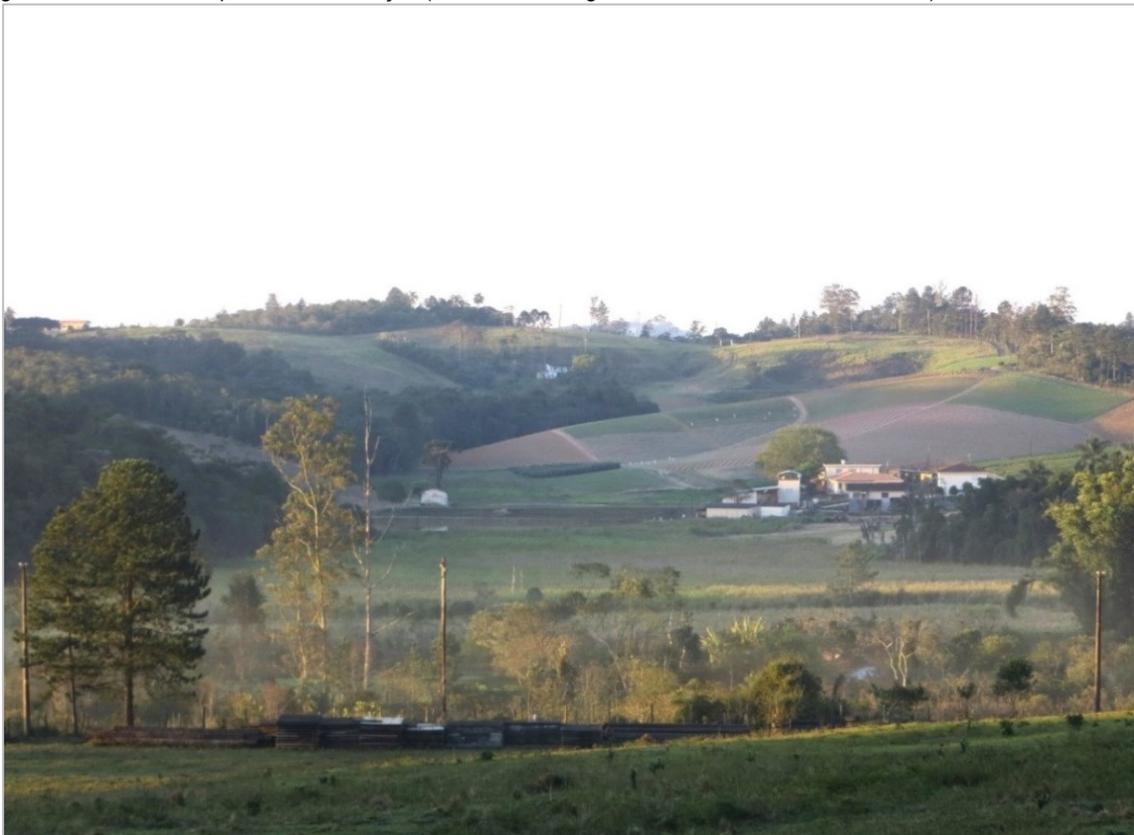
**UG IV** - Área em contexto de relevo de colinas, litologia de lamitos e arenitos e solos residuais maduros, geralmente de alta aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Marsilac - Acervo IPT).



**UG V** - Área em contexto de relevo de colinas, litologia de granitos e granitóides e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Grajaú - Acervo IPT).



**UG VI** - Área em contexto de relevo de colinas, litologia de gnaisses e migmatitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Marsilac- Acervo IPT).



**UG VII** - Área em contexto de relevo de colinas, litologia de xistos e quartzitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Jardim Ângela- Acervo IPT).



**UG VIII** - Área em contexto de relevo de colinas, litologia de filitos e metabásicas e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Anhanguera- Acervo IPT).



**UG IX** - Área em contexto de relevo variado, litologia de metacarbonatos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Anhanguera- Acervo IPT).



**UG X** - Área em contexto de relevo de morrotes, litologia de arenitos, siltitos e argilitos e solos residuais maduros, geralmente de alta aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Anhanguera- Acervo IPT).



**UG XI** - Área em contexto de relevo variado, litologia de lamitos e arenitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Anhanguera- Acervo IPT).



**UG XII** - Área em contexto de relevo variado, litologia de granitos e granitóides e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Jaraguá- Acervo IPT).



**UG XIII** - Área em contexto de relevo variado, litologia de gnaisses e migmatitos e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Marsilac - Acervo IPT).



**UG XIV** - Área em contexto de relevo de morros baixos, litologia de xistos e quartzitos e solos maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito do Iguatemi- Acervo IPT).



**UG XV** - Área em contexto de relevo variado, litologia de filitos e metabásicas e solos residuais maduros, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Jaraguá- Acervo IPT).



**UG XVI** - Área em contexto de relevo de morros altos, litologia de granitos e granitóides e solos residuais jovens, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Jaraguá- Acervo IPT).



**UG XVII** - Área em contexto de relevo de morros altos, litologia de gnaisses e migmatitos e solos residuais jovens, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Tremembé - Acervo IPT).



**UG XVIII** - Área em contexto de relevo de morros altos, litologia de xistos e quartzitos e solos residuais jovens, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Cidade Tiradentes – Acervo IPT).



**UG XIX** - Área em contexto de relevo de morros altos, litologia de filitos e metabásicas e solos residuais jovens, geralmente de média aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Anhanguera - Acervo IPT).



**UG XX** - Área em contexto de relevo de serras, litologia de granitos e granitóides e solos residuais jovens, geralmente inaptas e/ou de baixa aptidão à urbanização (Foto: local na região do distrito Anhanguera – Acervo IPT).



**IPT**

**Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
do Estado de São Paulo**

Av. Prof. Almeida Prado, 532

Cidade Universitária - Butantã - São Paulo - SP

CEP 05508-901

[twitter.com/iptsp](https://twitter.com/iptsp)

[youtube.com/IPTbr](https://youtube.com/IPTbr)

[facebook.com/iptsp](https://facebook.com/iptsp)

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

**Central de Relacionamento com o Cliente**

(11) 3767-4102 / 4456 / 4091

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