

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Geociências

DEDALUS - Acervo - IGC



30900032378

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DO MUNICÍPIO DE ITANHAÉM - SP
ATRAVÉS DA METODOLOGIA DE ANÁLISE INTEGRADA**

Monografia de Trabalho de Formatura
(TF-14/31)



Roberto Tadao Pinho Sakate

Orientador: Edilson Pissato

São Paulo – SP

2014

TF
S158
RTP.m

TF
S158
RTP m

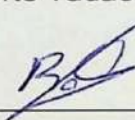
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Geociências

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DO MUNICÍPIO DE ITANHAÉM - SP
ATRAVÉS DA METODOLOGIA DE ANÁLISE INTEGRADA**

Monografia de Trabalho de Formatura
(TF-14/31)

Roberto Tadao Pinho Sakate



Orientador: Edilson Pissato



São Paulo – SP

2014

RESUMO

A ocupação em áreas inadequadas sem um devido planejamento deixa a população desprotegida em relação a processos geológicos, como erosão, movimentos de massa, inundação, etc. O mapeamento geotécnico é uma ferramenta que através da caracterização e análise dos componentes do meio físico, nos fornece medidas orientativas e corretivas quando existe uma interação negativa entre meio físico e ocupação. Dentre os tipos de metodologias existentes no mapeamento geológico-geotécnico, optou-se pela metodologia de análise integrada, pois em relação às metodologias multi-temáticas, a análise integrada apresenta vantagens em termos de custo, tempo e aplicabilidade. A análise integrada foi realizada através de fotografias aéreas, com o objetivo de realizar a compartimentação da área de estudo em unidades fisiográficas. A caracterização geotécnica foi realizada com base nas unidades previamente compartimentadas. O trabalho foi realizado no município de Itanhaém – SP e teve como principal objetivo a confecção de uma carta geotécnica na escala 1:50.000, visando auxiliar no planejamento urbano e territorial da região.

Palavras-chave: Mapeamento geotécnico; Análise integrada; Itanhaém.

ABSTRACT

The unsuitable areas occupation, with no planning, leaves the population unprotected about geological processes, such as erosion, mass movements, flooding, etc. When there is a negative interaction between the physical environment and occupation, the geotechnical mapping tool provides the necessary guides and adjustment, through the analysis and characterization of the components of the physical environment. Among the existents methodologies types in the geological - geotechnical mapping, I opted for the metodologie of integrated analysis, because compared to multi-thematic methodologies, integrated analysis has advantages, like cost, time and applicability. The integrated analysis was performed by aerial photographs, with the purpose of performing the compartmentalisation of the study area into physiographic units. The geotechnical characterization was performed based on previously compartmentalized units. This work was made in the city of Itanhaém - SP and the main purpose was create a geological data, at 1:50,000 scale, to help the urban and territorial plannig of the city.

Keywords: geotechnical mapping; photogeology; integrative approach; Itanhaém.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	2
3.1 Localização	2
3.2 Geomorfologia	3
3.3 Geologia	5
3.4 Pedologia	9
3.5 Clima	10
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	11
4.1 Processos geológicos	11
4.2 Perfil de alteração tropical	15
4.3 Mapeamento geotécnico	18
5. MATERIAIS E MÉTODOS	21
5.1 Pesquisa bibliográfica	22
5.2 Coleta e organização do material cartográfico	22
5.3 Fotointerpretação	23
5.4 Trabalho de campo	25
5.5 Caracterização geotécnica	25
5.6 Elaboração do relatório final e mapa de unidades geotécnicas	27
6. RESULTADOS	27
6.1 Mapa de declividades	27
6.2 Unidades geotécnicas	28
7. CONCLUSÕES	39
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Mapa de localização dos municípios da Baixada Santista, com destaque para o município de Itanhaém.....	3
Figura 02 – Perfil com a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo.....	4
Figura 03 – Mapa geomorfológico do município de Itanhaém.....	5
Figura 4 – Unidade do Cinturão Ribeira.....	6
Figura 5 – Modelo das transgressões do mar na região costeira do Brasil.....	8
Figura 6 – Mapa geológico do município de Itanhaém.....	9
Figura 7 – Gráfico com pluviosidade média anual em Itanhaém, no período de 1981 a 1999.....	11
Figura 8 – Principais tipos de escorregamento.....	14
Figura 9 – Processos de queda, rolamento e tombamento de blocos.....	15
Figura 10 – Fluxograma indicando os tipos de solos.....	16
Figura 11 – Perfil de intemperismo em solos tropicais.....	17
Figura 12 – Fluxograma das etapas realizadas no projeto.....	22
Figura 13 – Mapa de declividade do município de Itanhaém.....	28
Figura 14 - Mapa com a divisão das unidades geotécnicas.....	30

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos principais grupos de processos relacionados à movimentos de massa em ambientes tropicais.....	13
Quadro 2 – Definições frequentemente utilizadas em mapeamento geotécnico.....	19
Quadro 3 – Correlação entre grupo de escalas e suas finalidades.....	20
Quadro 4 – Materiais coletados e suas respectivas fontes.....	23
Quadro 5 – Procedimentos utilizados nas análises das fotos aéreas.....	24
Quadro 6 – Classes de escoamento superficial/infiltração.....	26

ÍNDICE DE FOTOS

1. INTRODUÇÃO

Foto 1 – Vista para as rochas pertencentes às escarpas da Serra do Mar	31
Foto 2 – Rocha cataclástica localizada na base das escarpas.....	31
Foto 3 – Afloramento de gnaiss no corte da estrada	32
Foto 4 – Afloramento de gnaiss no chão da estrada	32
Foto 5 – Blocos rolados de gnaiss e feições de escorregamento na borda de morro litorâneo.....	33
Foto 6 – Blocos gnáissicos rolados na borda da estrada	33
Foto 7 – Afloramento de gnaiss com perfil de alteração visível.....	34
Foto 8 – Morrote litorâneo composto por rocha gnaiss-migmatítica	34
Foto 9 – Detalhe do gnaiss com feições migmatíticas.....	34
Foto 10 – Sedimentos pertencentes à Formação Pariquera-Açu	35
Foto 11 – Formação Cananéia, com detalhe para crosta laterizada.	36
Foto 12 – Formação Cananéia com indícios de erosão na borda da linha de drenagem	36
Foto 13 – Detalhe da região de mangue, próximo ao Rio Itanhaém.....	36
Foto 14 – Erosão costeira em sedimentos marinhos litorâneos	37
Foto 15 - Erosão costeira em sedimentos marinhos litorâneos	37
Foto 16 – Planície de inundação.....	38

Esta obra tem por finalidade a divulgação dos aspectos geológicos e ambientais do município de São Paulo. O município de São Paulo tem seu desenvolvimento econômico ligado à proximidade do município de São Paulo e ao litoral paulista do Estado, a partir da construção da RSC e do litoral.

Em 2002 ocorre a inauguração da RSC pela de São Paulo com o objetivo de promover a distribuição da RSC para o litoral paulista. Em São Paulo, a RSC é considerada uma das principais fontes de renda para o município. Entre as atividades econômicas desenvolvidas estão a agricultura de base, os serviços, a indústria e o comércio. A RSC é considerada uma das principais fontes de renda para o município de São Paulo e para o litoral paulista.

A RSC é considerada uma das principais fontes de renda para o município de São Paulo e para o litoral paulista. A RSC é considerada uma das principais fontes de renda para o município de São Paulo e para o litoral paulista. A RSC é considerada uma das principais fontes de renda para o município de São Paulo e para o litoral paulista.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da urbanização, áreas inadequadas para ocupação estão sendo ocupadas sem um devido planejamento. As ocupações em áreas inadequadas geram situações de desequilíbrio entre o meio ambiente e a ocupação urbana, e tornam as áreas suscetíveis a eventos geodinâmicos como erosão, movimentos de massa, inundação, etc (Tinós, 2011).

O mapeamento geotécnico é uma ferramenta que através da caracterização e análise dos componentes do meio físico, nos fornece medidas orientativas e corretivas quando existe uma interação negativa entre meio físico e sua ocupação. Existem diversas metodologias de mapeamentos geotécnicos, que podem ser divididas em dois grandes grupos: Métodos de análise multi-temática e métodos de análise integrada (Ross, 1995).

Dentre as opções, para a realização deste projeto foi escolhido o método de análise integrada, pois se trata de uma metodologia em que os elementos ambientais, como formas de relevo, substrato rochoso, perfis de alteração de solo entre outros, são analisados integradamente, com a elaboração de um único produto cartográfico. Com relação às metodologias de análise multi-temática, os métodos relacionados à análise integral são considerados mais econômicos em termos de custo, tempo e aplicabilidade (Tinós, 2011).

O projeto foi desenvolvido no município de Itanhaém, localizado no Estado de São Paulo, mais precisamente na região metropolitana da Baixada Santista, à sudoeste do município de São Paulo. O município de Itanhaém tem seu desenvolvimento econômico ligado à proximidade ao município de São Paulo e ao complexo portuário de Santos, a construção civil e ao turismo.

Em 2002 houve a inauguração da 2ª pista da Rodovia dos Imigrantes, e em 2006 ocorreu a duplicação da Rodovia Padre Manuel da Nóbrega, as duas principais vias de acesso ao município. Estas obras aliado ao crescimento populacional geram a expectativa de que nos próximos anos o número de pessoas habitando a cidade aumente consideravelmente gerando um maior adensamento urbano e fazendo com que áreas não adequadas possivelmente sejam ocupadas, deixando parte da população em risco.

As regiões litorâneas são ambientes extremamente dinâmicos, estando em constante mutação e suscetíveis à grandes catástrofes naturais. As formas de relevo presentes nestas regiões, aliadas aos altos índices pluviométricos fazem com que estas regiões sofram frequentemente com processos geológicos, tais como erosão fluvial (continental), erosão praial (costeira), deslizamentos, inundações entre outros (MENQUINI, 2004).

2. OBJETIVOS

Este projeto tem como objetivo principal a elaboração de uma carta geotécnica na escala de 1:50.000 do município de Itanhaém (SP), através da análise integrada dos componentes do meio físico a partir de fotografias aéreas. Esta carta indicará as potencialidades e limitações das unidades geotécnicas, com o objetivo de auxílio para o planejamento urbano do município.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

3.1 Localização e vias de acesso

O município de Itanhaém está localizado no litoral Sul do Estado de São Paulo, e compõe a subdivisão político administrativa denominada de Região Metropolitana da Baixada Santista, que também é composta pelos seguintes municípios: Bertioga, Guarujá, Santos, Cubatão, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá e Peruíbe.

Dentre os municípios da Baixada Santista, Itanhaém é o que comporta a maior área, com cerca de 600 km². Seus limites geográficos são 23°55' e 24°15'S e 46°48' e 46°54'W, tendo como municípios vizinhos São Paulo, Juquitiba, São Vicente, Mongaguá, Pedro de Toledo e Peruíbe. A partir do município de São Paulo, o principal acesso para Itanhaém é através do Sistema Viário Anchieta-Imigrantes integrado a Rodovia Padre Manuel da Nóbrega. A localização o município de Itanhaém está representada na Figura 01.

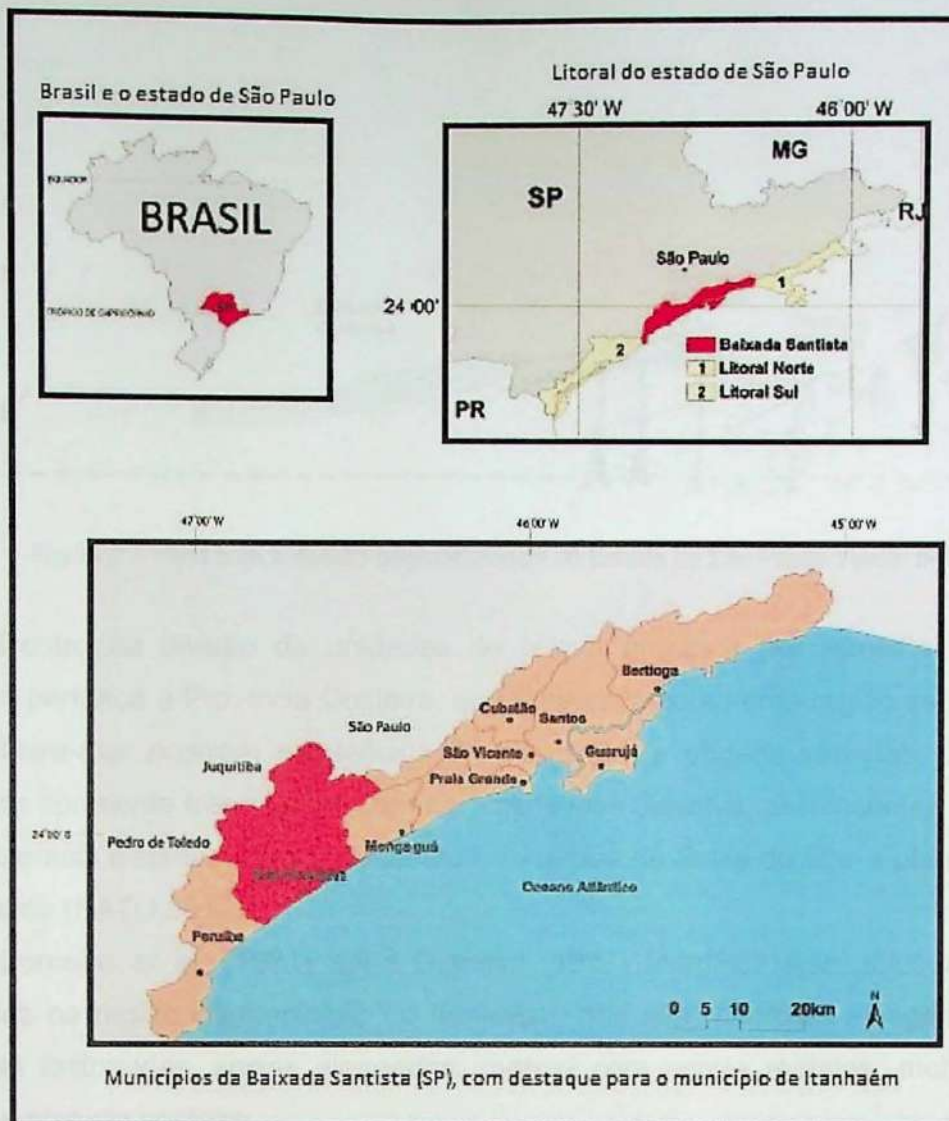


Figura 1 - Mapa de localização dos municípios da Baixada Santista (SP), com destaque para o município de Itanhaém.

3.2 Geomorfologia

A geomorfologia do estado de São Paulo pode ser dividida em cinco províncias: Província Costeira, Planalto Atlântico, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental, conforme o perfil mostrado na figura 2 (IPT, 1981). A área de estudo abrange duas grandes províncias: Província Costeira e o Planalto Atlântico.

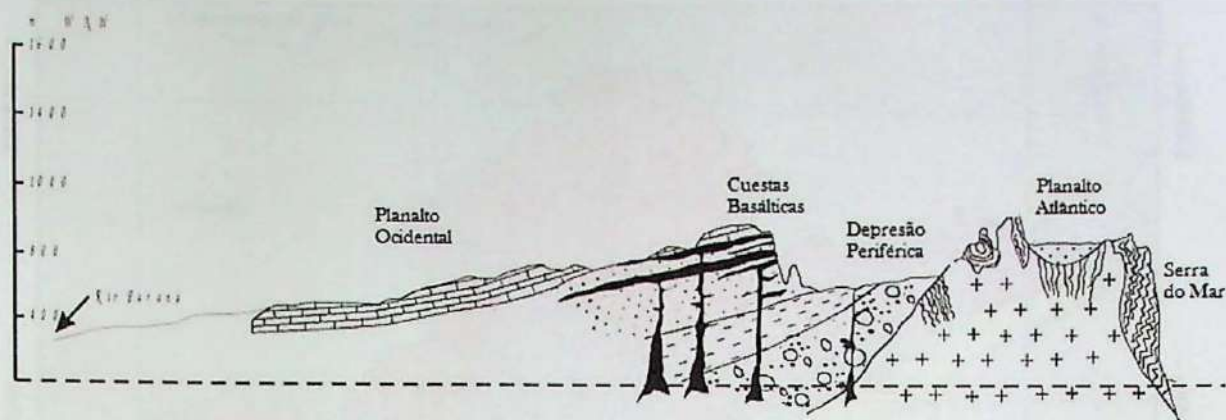


Figura 2 – Perfil com a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo. Fonte: IPT, 1981.

Dentro da divisão de unidades de relevo proposta por Almeida (1964), a área litorânea pertence à Província Costeira, que é definida como uma região serrana contínua e que a beira-mar ocorrem sequências de planícies de origens variadas. O município de Itanhaém apresenta três setores com características distintas, pertencentes a três sistemas geoambientais distintos: Planalto Atlântico, escarpas da Serra do Mar e planície sedimentar quaternária (SATO,2012).

Carneiro *et al.* (1981) *apud* Giannini (1987) identifica seis unidades geomórficas presentes na região do município de Itanhaém, que são: Morrotes alongados e espigões, escarpas festonadas, serras alongadas, morros com serras restritas, morrotes em meia laranja e planície costeira.

A parte setentrional do município, situada na Província Planalto Atlântico, apresenta relevo suavizado (morros e morrotes alongados), altitudes entre 715 e 900 metros e limita-se de forma brusca com as escarpas da Serra do Mar (Almeida, 1964).

Na zona central do município, em contato com o Planalto Atlântico, ocorrem as escarpas festonadas da Serra do Mar, pertencentes a Província Costeira e contém altitudes entre 600 e 800 metros, topos angulosos, vertentes retílineas e padrão de drenagem dendrítico. Os processos geológicos e tectônicos atuantes na formação desta forma de relevo tiveram início no Terciário e encontra-se em evolução até hoje (Almeida e Carneiro, 1998).

A planície litorânea é caracterizada por apresentar altitudes máximas de 4 metros, e estar localizada desde o mar até os pés da região serrana e trata-se de terrenos planos, baixos, drenados e com possibilidade de inundação (GIANNINI, 1987).

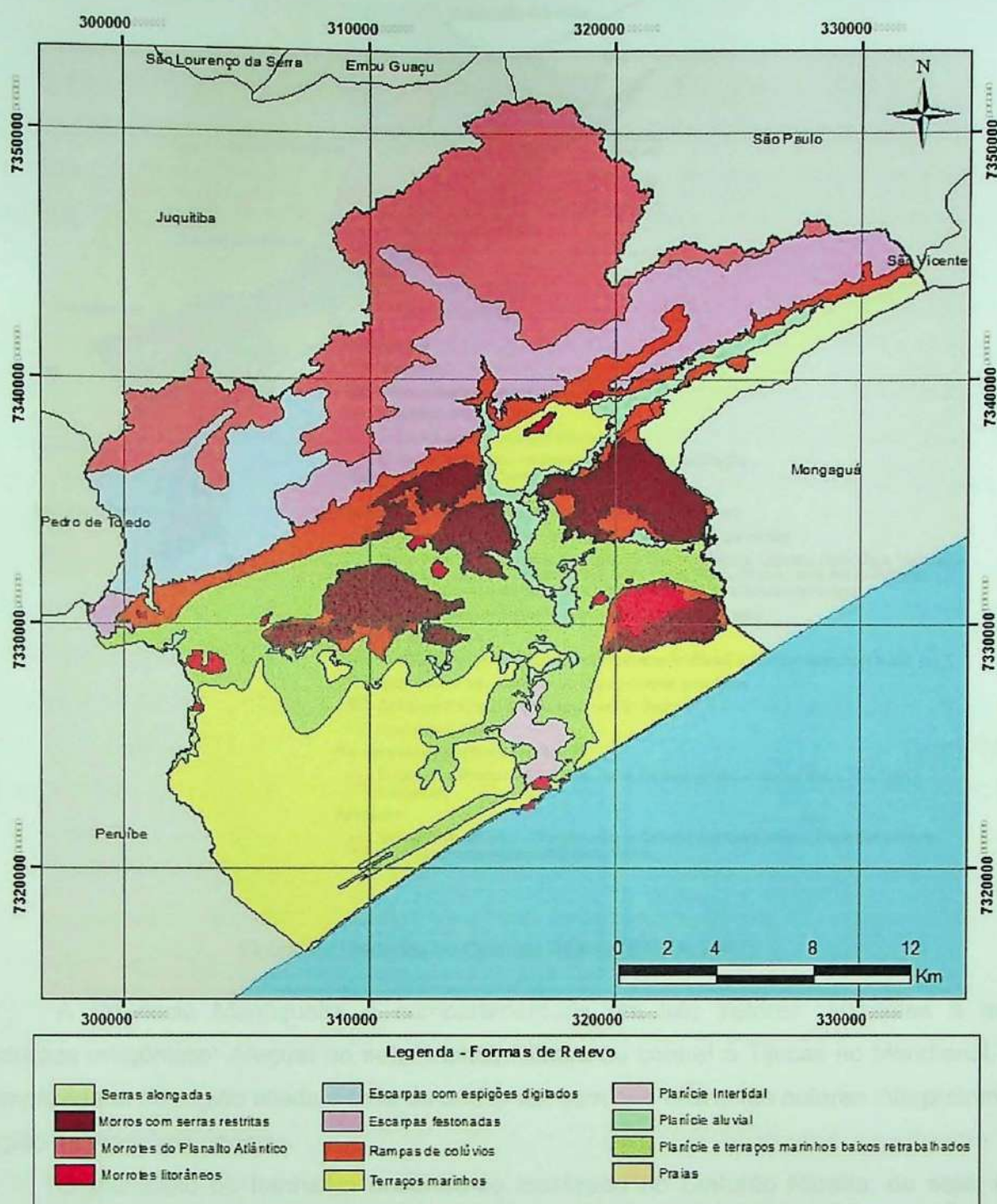


Figura 3 – Mapa geomorfológico do município de Itanhaém. Fonte: IPT, 2013.

3.3 Geologia

Dentro de um amplo contexto geológico, a área referente ao município de Itanhaém está inserida na Província Mantiqueira, que se trata de uma faixa ao longo da região costeira atlântica entre o sul da Bahia até o Rio Grande do Sul. A Província Mantiqueira é formada predominantemente por rochas pré-silurianas, e por pequenos corpos de diques de diabásio, intrusões alcalinas e coberturas terciárias-quaternárias (HASUI, 2012).

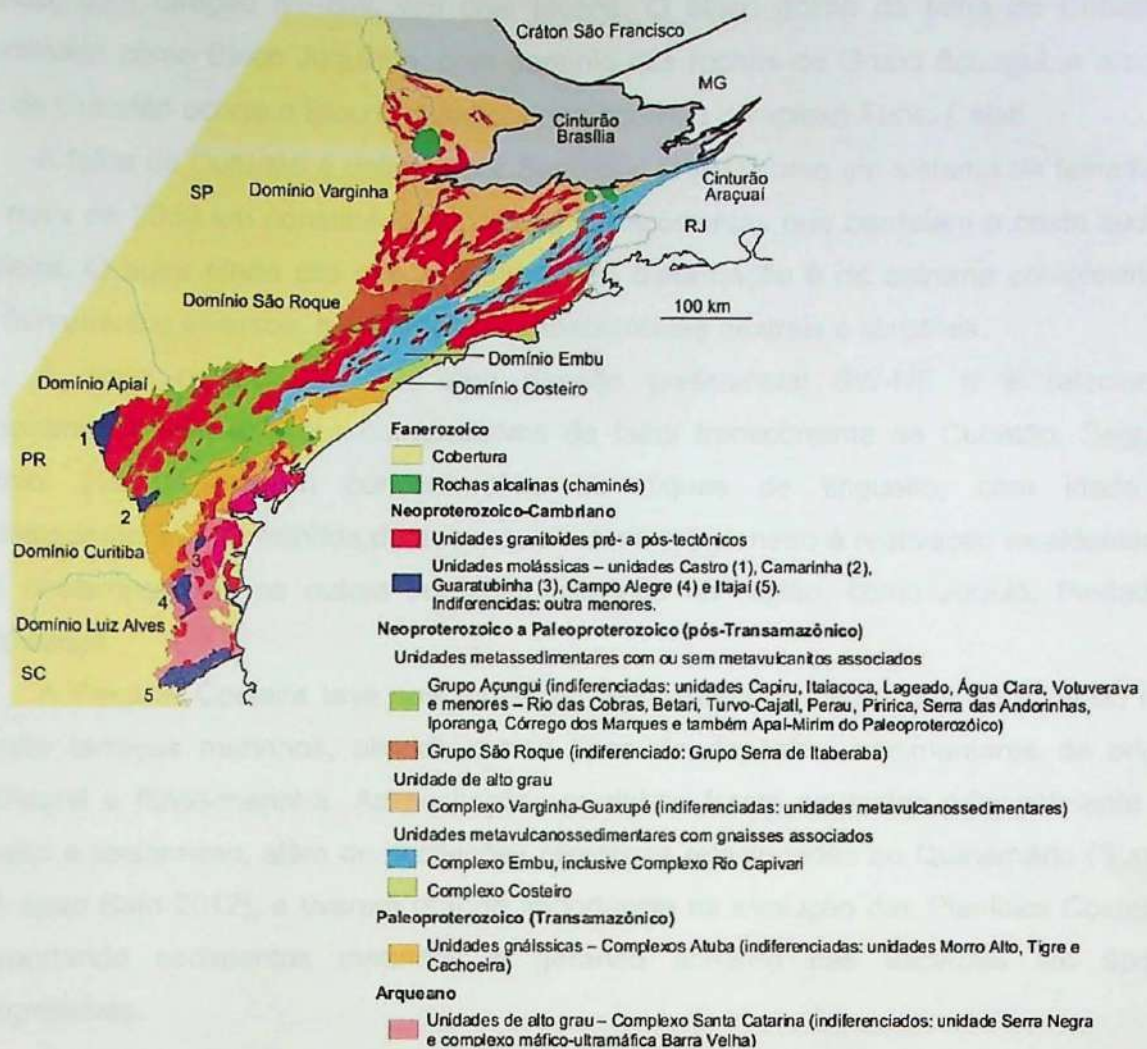


Figura 4 – Unidades do Cinturão Ribeira (HASUI, 2012).

A Província Mantiqueira é compartimentada em três setores referentes à três cinturões orogênicos: Araçuaí no setentrional, Ribeira no central e Tijuca no Meridional. A complexidade da região aliada à falta de dados faz com que diferentes autores interpretem a região de maneiras opostas.

O município de Itanhaém encontra-se localizado no Cinturão Ribeira, ou seja, na parte central da Província Mantiqueira. Segundo Hasui (2012), o cinturão Ribeira é composto pelos seguintes domínios: Varginha, Embu, Costeiro, São Roque, Apiaí, Curitiba, Paranaguá e Luís Alves. Dentre estes domínios, o município de Itanhaém abrange os domínios Embu e Costeiro.

De acordo com Tessler *et al.* (1996), o embasamento cristalino que ocorre em contato aos sedimentos pertencentes à Planície Costeira é de idade Pré-cambriana e de origem metamórfica, vinculados ao Complexo Costeiro e Grupo Açungui, que é composto basicamente por rochas metamórficas gnáissicas-migmatíticas, com intercalações de metassedimentos. Segundo o IPT (1986), o Complexo Costeiro é dividido pela falha de

Cubatão, com direção NE-SW, em dois blocos. O bloco acima da falha de Cubatão é denominado como Bloco Juquitiba, com domínio das rochas do Grupo Açungui, e a sul da falha de Cubatão ocorre o Bloco Costeiro, onde ocorre o complexo Turvo Cajati.

A falha de Cubatão é definida por Sadowski (1991) como um sistema de falhamento com mais de 2000 km constituído por falhas transcorrentes que bordeiam a costa sudeste brasileira. O autor ainda cita que a evolução da deformação é de extrema complexidade, com falhamentos inversos, e movimentos transcorrentes dextrais e sinistrais.

A zona cataclástica tem uma direção preferencial SW-NE e é relacionada principalmente com esforços compressivos da falha transcorrente de Cubatão. Segundo Giannini (1987), existem concentrações de diques de tinguaito, com idade de aproximadamente 130 milhões de anos, que estaria relacionado à reativação wealdeniana e seria contemporânea as outras intrusões alcalinas na região, como Juquiá, Piedade e Jacupiranga.

A Planície Costeira teve sua formação relacionada às oscilações do nível do mar, gerando terraços marinhos, aliados outros tipos de depósitos sedimentares de origem continental e flúvio-marinha. As oscilações marinhas foram causadas principalmente por eustasia e tectonismo, além de oscilações climáticas relacionadas ao Quaternário (Suguio, 2001 *apud* Sato 2012), e tiveram grande importância na evolução das Planícies Costeiras, transportando sedimentos marinhos e gerando abrasão nas escarpas em épocas transgressivas.

Os cordões litorâneos são importantes feições deposicionais que estão relacionados com as variações do nível do mar, pois são originados através de transgressões e regressões marinhas, além de outros fatores como declividade da plataforma, aporte de sedimentos, etc.

Segundo Suguio e Martin (1978), durante o período Quaternário houve duas transgressões marinhas, que foram nomeadas de Transgressão Cananéia e Transgressão Santista. A Transgressão Cananéia foi datada em 123.000 anos (Pleistoceno Superior), gerando terraços essencialmente arenosos. Esta transgressão correspondeu a uma elevação de 2 a 8 metros do nível do mar relativo à hoje (SUGUIO, 2001).

A datação da Transgressão Santista foi de aproximadamente 17.500 anos, e foi baseada em evidências geológica, biológicas e pré-históricas. O aumento do nível do mar foi de 4 a 5 metros, exibindo declividade suave em direção ao oceano (SUGUIO, 2012).

Suguio & Martin (1978) fizeram um modelo para a evolução da Planície Costeira, indicando seus eventos de transgressão e regressão marinha, desde 120.000 anos até os dias atuais, como mostra a figura 5.

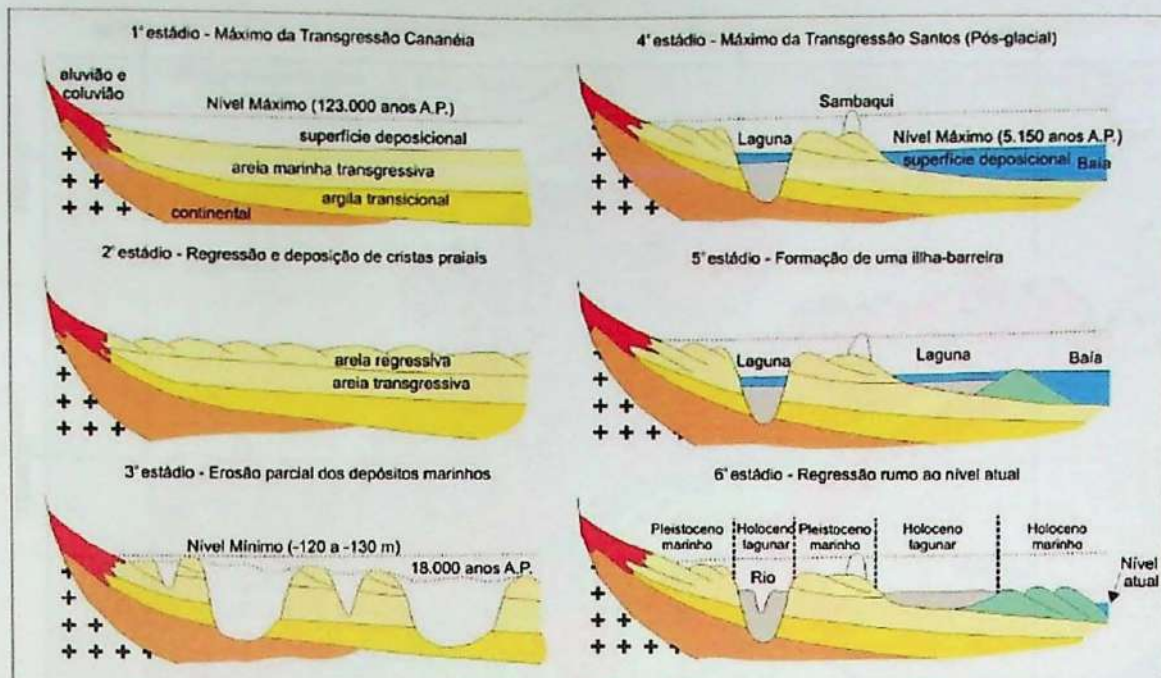


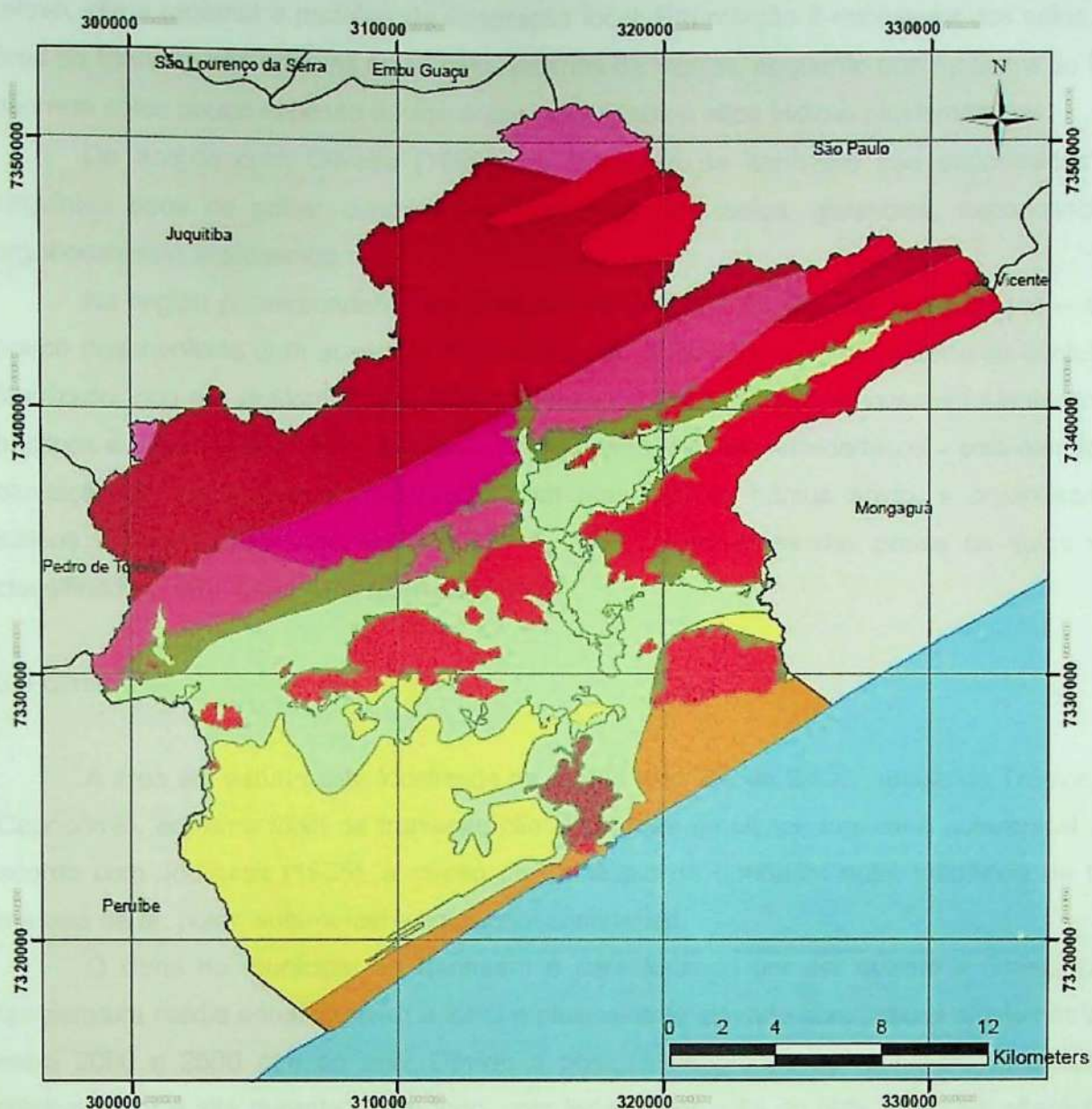
Figura 5 – Modelo das transgressões do mar na região costeira do Brasil. Fonte: Suguio e Martin, 1978.

No município de Itanhaém, as ocorrências das unidades geológicas proterozóicas correspondem ao embasamento cristalino e ocorrem principalmente na parte setentrional do município, com rochas pertencentes ao Complexo Embu, que é composto por gnaisses, migmatitos, xistos, metabásicas e quartzitos. Em contato com as rochas do Complexo Embu, nas escarpas da Serra do Mar ocorrem rochas da Zona Cataclástica, representadas por cataclasitos de origem milonítica e granítica (IPT, 2013).

As rochas pertencentes ao Complexo Costeiro aparecem localizadas a sul da falha de Cubatão, e estão distribuídas ao longo da Planície Costeira em diversos tipos de relevos, tais como serras restritas, morros e morrotes. As rochas desta unidade são representadas por gnaisses bandados com textura porfírica, migmatitos e augen-gnaisses.

A planície costeira de Itanhaém representa o resultado dos processos de sedimentação e erosão atuantes até os dias atuais. As unidades cenozóicas são representadas pelas formações Pariquera-Açu e Cananéia, além de mangues, areias marinhas litorâneas e depósitos flúvio-lagunares e de baías.

A Formação Pariquera-Açu ocorre na base dos morros e é composta por orto e paraconglomerados gerados por leques aluviais e sedimentos argilosos e arenosos atribuídos a depósitos fluviais e lacustres. Esta unidade é datada do Pleistoceno por Suguio (1985).



Legenda

CENOZÓICO	PROTEROZÓICO
 Sedimentos de mangue	 Cataclasitos de origem milonítica
 Areias marinhas litorâneas	 Cataclasitos de origem granítica
 Sedimentos flúvio-lagunares e de baías	 Unidade de xistos, localmente migmatíticos e quartzitos
 Areias marinhas litorâneas finas com níveis de minerais pesados e intercalações argilosas	 Unidade de gnaisses, migmatitos e metabásicas
 Areias médias a finas, com cascalheiras basais	 Unidade de gnaisses bandados e granito-gnaisse migmatítica

Figura 6 – Mapa geológico do município de Itanhaém. Fonte: IPT, 2013.

3.4 Pedologia

Os diferentes tipos de solo presente no município de Itanhaém tem seu desenvolvimento condicionado principalmente ao tipo de substrato rochoso, formas de

relevo, clima regional e padrões da vegetação local. Em relação à espessura dos solos, na área de Planalto são comuns solos com dezenas de metros, enquanto que na Serra do Mar ocorrem solos pouco espessos devido à alta declividade e altos índices pluviométricos.

De acordo com Oliveira (1999), no município de Itanhaém são encontrados os seguintes tipos de solos: cambissolos, neossolos, latossolos, gleissolos, espodossolos, organossolos e argilossolos.

Na região correspondente ao Planalto predominam os cambissolos háplicos – solo pouco desenvolvido com ausência do horizonte B, e latossolos – solo altamente evoluído, laterizado, rico em argilominerais. Nas escarpas da Serra do Mar só ocorrem cambissolos háplicos e na planície costeira são encontrados espodossolos ferrocárbicos – solo com forte eluviação de compostos aluminosos e com presença de húmus ácido, e organossolos sálicos órticos – solo orgânico (OLIVEIRA, 1999). Nas areias das praias os solos são classificados como neossolos quartzarênicos.

3.5 Clima

A área em estudo está localizada na região Sudeste do Brasil, abaixo do Trópico de Capricórnio, em uma faixa de transição climática entre os climas tropical e subtropical. De acordo com Journaux (1985), a região do município de Itanhaém sofre influência de três massas de ar: polar, subtropical e equatorial continental.

O clima no município de Itanhaém é caracterizado por ser quente e úmido, com temperatura média anual superior a 22°C e pluviosidade elevada com índices pluviométricos entre 2000 a 2500 mm ao ano. Devido à posição geográfica do município, a umidade relativa do ar é alta durante o ano todo, com índices por volta de 80% mas com alterações devido às brisas terrestres e marítimas (MENQUINI, 2004).

Segundo Sato (2012), a Serra do Mar atua como barreira para as massas de ar que chegam do oceano, este sendo um fator para a geração de chuvas torrenciais com fortes nebulosidades. A interceptação das massas de ar úmidas cria condições para as chamadas chuvas orográficas, que junto com as chuvas de convecção são os tipos de chuvas mais frequentes na região.

A distribuição das chuvas ao longo do ano é heterogênea, e os meses com maior frequência pluviométrica são os meses referentes às estações primavera e verão, como pode ser visto no gráfico abaixo (SIGRH, 2012). Nestes períodos de maior frequência pluviométrica são normais eventos catastróficos que causam prejuízos à população como deslizamentos de terra, inundações e erosão (MENQUINI, 2004).

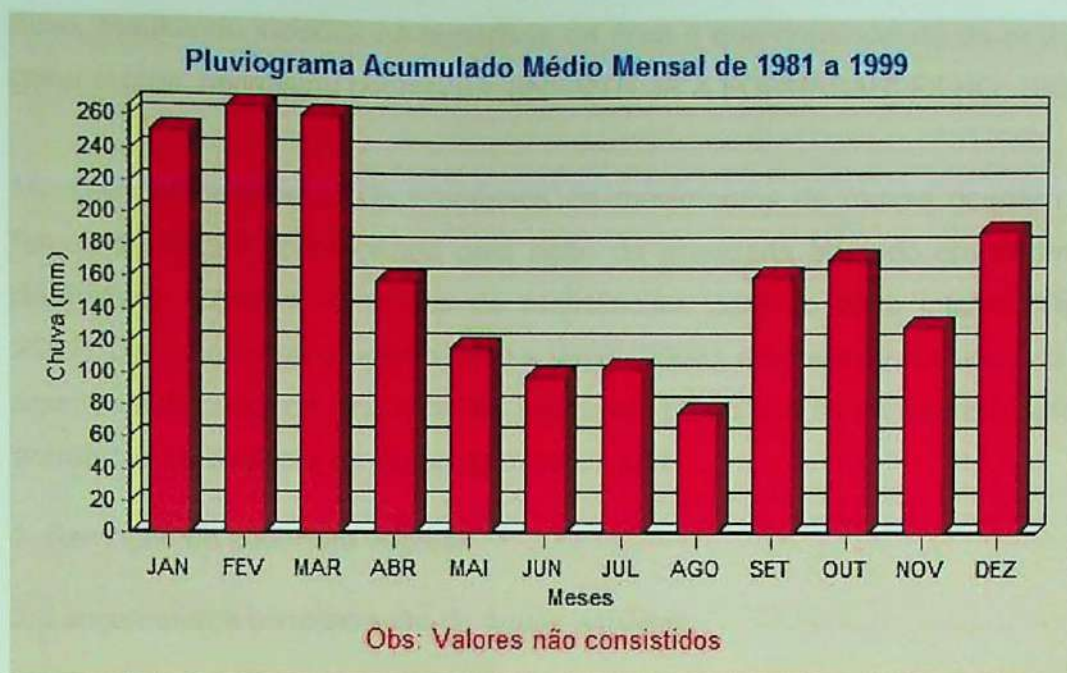


Figura 7 – Gráfico com pluviosidade média anual em Itanhaém de 1981 a 1999. Fonte: SIGRH, 2012.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

4.1 Processos do meio físico

O adensamento urbano é um fenômeno que ocorre em ritmo acelerado no Brasil, como mostra os dados estatísticos do IBGE (2010), em que a população urbana era de aproximadamente 31% em 1940, e passou a ser 81,2% no ano de 2000. Segundo Almeida & Freitas (1996), quando a ocupação urbana ocorre em áreas inapropriadas, sem o devido planejamento, o homem interfere diretamente na velocidade de ocorrência dos seguintes processos:

- Processos erosivos: A erosão é definida como o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas devido à ação da gravidade, água e organismos (plantas e animais). Os processos erosivos podem ser naturais e/ou geológicos, quando ocorrem em condições de equilíbrio com a formação do solo; ou acelerado/antrópico, quando a intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo sua recuperação natural (INFANTI JR & FORNASARI FILHO, 1998).

Dentre os diferentes tipos de erosão, aqueles que são causadas pela ação da água são classificados como erosão laminar e erosão linear. A erosão laminar é causada pelo escoamento difuso da água da chuva e resulta na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo. A erosão linear ocorre em linhas de

fluxo, resultando incisões na superfície da área e que dependendo do estágio pode gerar sulcos, ravinas ou boçorocas. (INFANTI JR & FORNASARI FILHO, 1998).

- Movimentos de massa: Os processos de movimentos de massa ocorrem quando forças de tração condicionada pela ação da gravidade atuando em terrenos com declividade superam as forças de resistências, como o atrito interno (ROLDAN, 2011). De acordo com Augusto Filho e Virgili (2008), o homem é considerado o maior agente modificador da dinâmica das encostas, sendo que as principais interferências antrópicas causadoras de escorregamentos são:
 1. Remoção de cobertura vegetal;
 2. Lançamento e concentração de águas servidas;
 3. Vazamentos na rede de abastecimento, esgoto e presença de fossas;
 4. Execução de cortes com geometria inadequada (altura e inclinação);
 5. Execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação);
 6. Lançamento de entulho e lixo nas encostas;
 7. Vibrações produzidas por tráfego pesado, explosões, etc.

Segundo Augusto Filho (1992), em ambientes tropicais, nos quais as rochas e solos estão expostos a alto grau de intemperismo, os principais tipos de movimentos de massa são rastejos, escorregamentos, quedas e corridas. O quadro 1 apresenta as principais características destes tipos de processos.

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO, MATERIAL E GEOMETRIA
Rastejo (creep)	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada Geometria indefinida
Escorregamentos (slides)	Poucos planos de deslocamento Velocidades médias (m/h) a altas (m/s) Pequenos a grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis Planares - solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza Circulares - solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha - solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (falls)	Sem planos de deslocamento Movimentos tipo qued livre ou em plano inclinado Velocidades muito altas (vários m/s) Material rochoso Pequenos a médios volumes Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc Rolamento de matacão Tombamento
Corridas (flows)	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades médias a altas Mobilização de solo, rocha, detritos e água Grandes volumes de material Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Quadro 1 – Características dos principais grupos de processos relacionados a movimentos de massa em ambientes tropicais (AUGUSTO FILHO, 1992).

Os rastejos são movimentos de massa descendente, lento e contínuo, afetando desde os horizontes superficiais até profundidades maiores, em rochas alteradas/fraturadas. É necessário ter cuidado com a possibilidade de rastejos próximos à obras de grande porte, pois pode causar problemas em fundações de pilares de pontes, viadutos, etc (INFANTI JR E FORNASARI FILHO, 1998).

Os escorregamentos são movimentos rápidos de massa de solo ou rocha, e apresentam aumento de tensões ou queda de resistência em períodos curtos, ocasionando rupturas por cisalhamento. Existem diferentes tipos de escorregamento, que são classificados em função de sua geometria e da natureza do material (INFANTI JR & FORNASARI FILHO, 1998). A figura 8 mostra as classificações dos tipos de escorregamento.

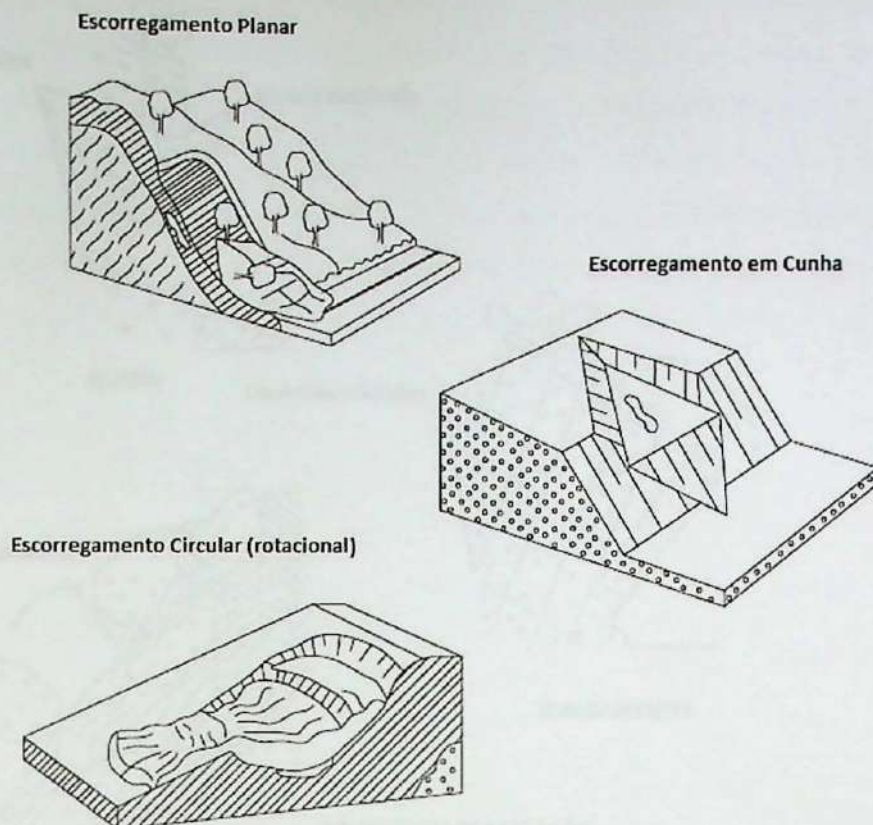


Figura 8 – Principais tipos de escorregamentos. Fonte: Infanti Jr & Fornasari Filho, 1998.

Os movimentos de blocos rochosos são deslocamentos cuja gravidade atua como principal fator e são classificados como queda, tombamento e rolamento. A queda de blocos ocorre em encostas verticais relacionadas à maciços fraturados, ocorrendo um deslocamento em queda livre, sem contato com a superfície.

O tombamento ocorre em áreas com encostas bastante abruptas, nas quais fragmentos de rochas desprendem-se do maciço através das descontinuidades do mesmo. A percolação de água nas fraturas do maciço é um dos causadores deste tipo de movimento de massa, fazendo com que ocorra enfraquecimento e conseqüentemente tombamento do bloco.

De acordo com Infanti Jr. & Fornasari Filho (1998), o rolamento de blocos ocorrem ao longo de encostas e são gerados pela perda de apoio (descaçamento) dos blocos rochosos. Em regiões serranas, como a Serra do Mar, este processo ocorre com frequência, principalmente em rochas ígneas e metamórficas. A figura 9 exemplifica cada tipo de movimento de blocos rochosos.

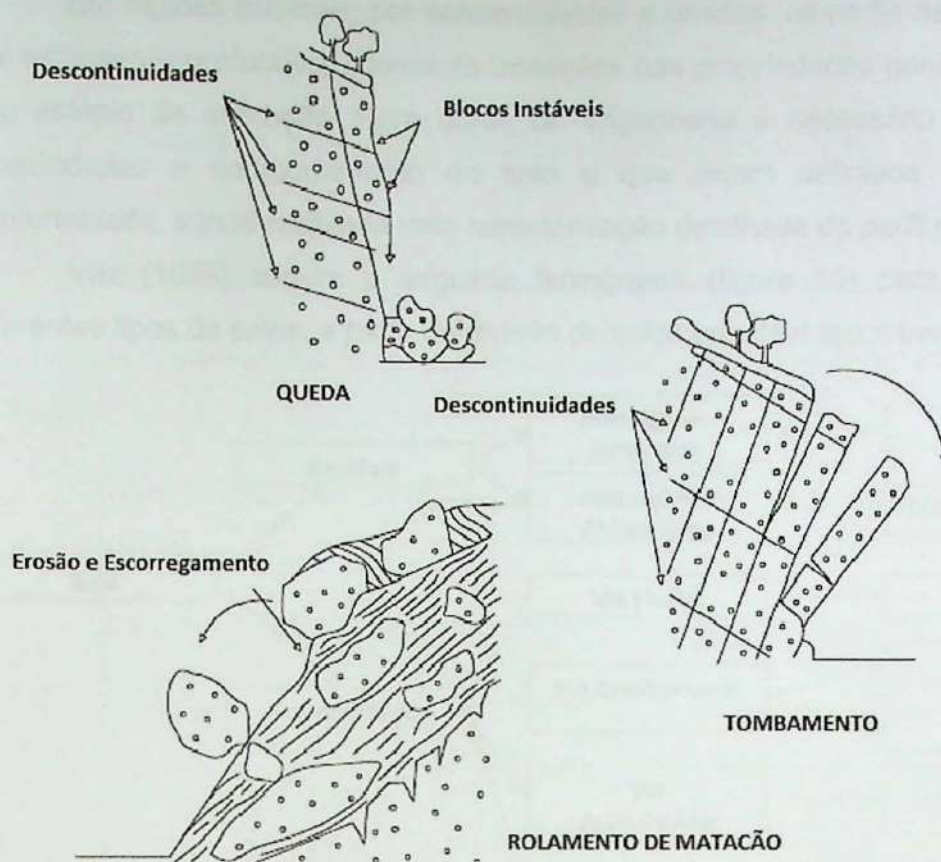


Figura 9 – Processos de queda, tombamento e rolamento de blocos Fonte: Infanti Jr & Fornasari Filho, 1998.

- **Inundação:** O processo de inundação corresponde ao extravasamento das águas de um determinado curso para suas áreas adjacentes, quando a vazão a ser escoada é superior à capacidade de descarga da calha (INFANTI JR & FORNASARI FILHO, 1998). Ocorrem em áreas de baixa elevação, e o homem atua diretamente neste processo, como por exemplo, nos sistemas de drenagem urbano, em que a canalização gera um trajeto menor para a água do que seria realizado na linha de drenagem natural.

A poluição dos rios e solos, além de gerar contaminação nas águas superficiais e subterrâneas da região, pode gerar assoreamento de drenagens quando associados aos sedimentos de erosão (NAKAZAWA, 1994).

4.2 Perfil de alteração tropical

Os solos são formados através da ação do intemperismo (decomposição e desagregação) e posteriormente ocorrem mudanças mineralógicas e estruturais relacionadas à pedogênese. O tipo de solo formado é condicionado principalmente pela litologia, pluviosidade, umidade, temperatura, evaporação, além de agentes biológicos.

Em regiões tropicais, por serem quentes e úmidas, os perfis de alteração costumam ser extensos e profundos, ocorrendo variações nas propriedades genéticas de acordo com seu estágio de alteração. Para obras de engenharia é necessário que se conheça as propriedades e comportamento do solo e que sejam definidos seus horizontes em conformidade, sendo realizada uma caracterização detalhada do perfil de alteração.

Vaz (1996) sugere o seguinte fluxograma (figura 10) para a identificação dos diferentes tipos de solos, a partir da divisão de solos em residuais e transportados.



Figura 10 – Fluxograma indicando os tipos de solo. Fonte: Vaz (1996).

Os solos residuais ou in situ são aqueles que se localizam em seus locais de origem e evolução. Este tipo de solo exibe horizontes bem definidos e são formados através da ação de intemperismo. Os dois tipos de solos residuais são:

- Solo eluvial: Camada superior do solo residual pode ser solo residual maduro ou solo laterítico e é homogêneo em relação a cor, granulometria e mineralogia.

- Solo de alteração: Camada que ainda se encontra sob ação da alteração intempérica. Tem como características a heterogenia em relação a cor, textura e mineralogia.

Os solos transportados são aqueles que sofreram erosão, transporte e deposição e encontram-se em locais distintos a aqueles de sua origem e evolução. Seus horizontes são dificilmente identificados. Segue abaixo sua principais formas de ocorrência:

- Aluviões: Materiais erodidos, retrabalhados que sofreram transporte por cursos d'água e se depositam em leitos e margens de drenagens. Podem também ser depositados em fundos ou margens de lagos.

- Terraços Fluviais: Aluviões antigos em que o nível e base da antiga drenagem encontrava-se mais elevado que o atual.
- Coluviões: Materiais erodidos transportados pela gravidade, constituído exclusivamente por solo.
- Tálus: Iguais aos coluviões, com presença de blocos rochosos.
- Sedimentos Marinheiros: Materiais retrabalhados pela ação de ondas e marés em ambientes de praia e manguezais.
- Solos Eólicos: São gerados a partir do transporte e retrabalhamento de areias por ação dos ventos.

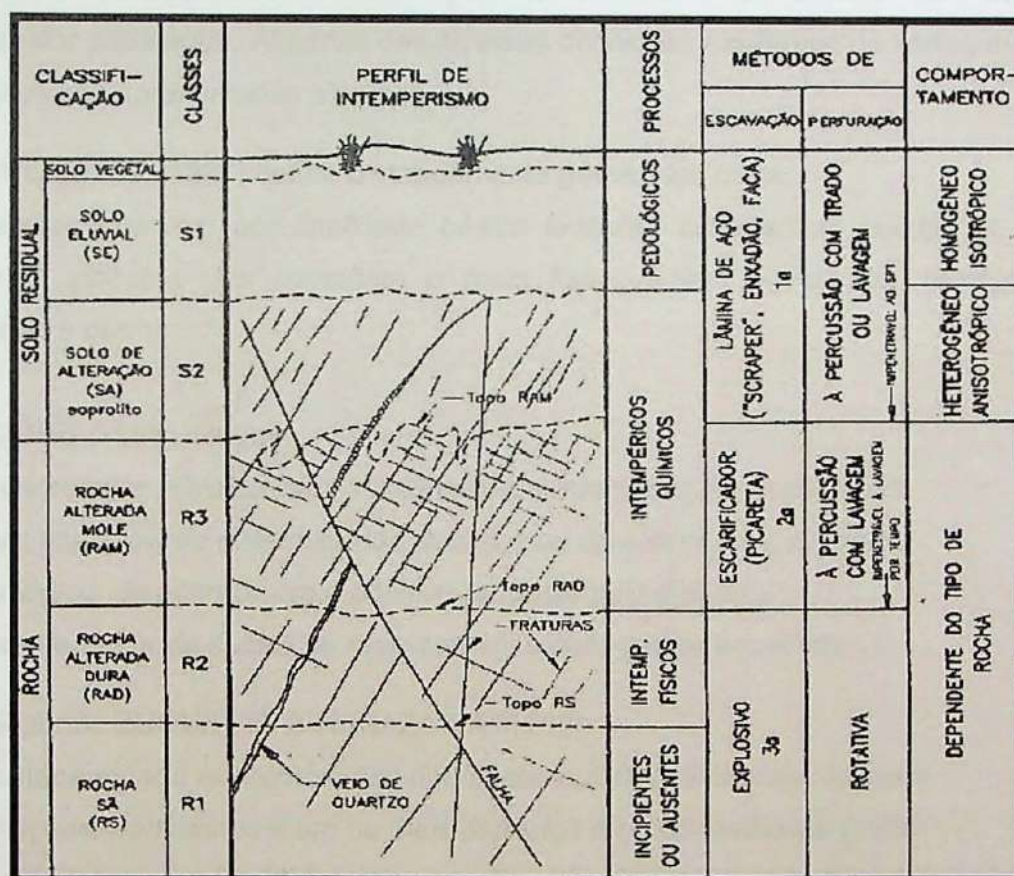


Figura 11 – Perfil de intemperismo em solos tropicais. Fonte: Vaz, 1996.

Segundo Vaz (1996), as três classes de rochas presentes em perfis de alteração são: Rocha Alterada Mole (RAM), Rocha Alterada Dura (RAD) e Rocha Sã (RS). O horizonte Rocha Alterada Mole (RAM) é representado pela porção superior das classes de rocha, apresenta os minerais descoloridos e alterados e pode ser escavado manualmente. O horizonte intermediário é o Rocha Alterada Dura (RAD), que tem como característica os minerais estarem levemente alterados, geralmente em fraturas. Dentro deste horizonte é necessário explosivos para desmonte. A porção inferior é composta pelo horizonte Rocha

Sã (RS), que se diferencia do horizonte acima apenas em relação à alteração dos minerais, já que nesta categoria os minerais apresentam-se muito poucos ou sem alteração.

4.3 Mapeamento geotécnico e análise integrada

É fundamental que se tenha conhecimento básico sobre as características do meio físico quando se deseja que o planejamento urbano seja realizado de maneira adequada. As informações geotécnicas contribuem na análise das limitações e fragilidades relacionadas às atividades antrópicas, orientando medidas preventivas e corretivas para minimizar possíveis danos ambientais (OLIVEIRA, 2004).

Existem diversas definições relacionadas a mapeamento geotécnico, porém não existe um consenso, sendo as definições determinadas de acordo com as práticas realizadas por cada autor. Algumas das diversas definições existentes de cartas e/ou mapas geotécnicos são apresentadas a seguir:

ZUQUETTE (1987) define o mapeamento geotécnico como *"um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros...."*.

CERRI (1996) diz que *"A carta geotécnica envolve, necessariamente, a interpretação na definição dos limites espaciais de determinados atributos ou características do meio físico geológico, de acordo com o objetivo proposto pelo trabalho, independentemente da escala de representação cartográfica escolhida..."*.

Segundo ZUQUETTE & NAKAZAWA (1998): *"o termo mapa e carta referem-se aos documentos cartográficos que reúnem as informações, pertinentes a um ou mais aspectos do meio ambiente (meio físico, meio biótico e meio antrópico) e que são utilizados pelos usuários para as mais diversas finalidades"*.²²

Os termos mapa e carta quando relacionados à geotecnia são frequentemente utilizados como sinônimos. Segundo Zuquette E Nakazawa (1998), estes termos têm sentidos cartográficos diferentes, com o termo mapa sendo utilizado para o documento que registra informações à respeito de determinado aspecto do meio físico e o termo carta para o documento cartográfico que apresente interpretações de informações contidas nos mapas. Aguiar (1994) diferenciou estes termos, como mostra o quadro 2.

TERMO	CONCEITO
Mapa	Representação gráfica dos atributos do meio físico em determinada escala, sem análise interpretativa.
Carta	Diferencia-se do anterior por incluir análise interpretativa, destinada a fins práticos da atividade humana.
Atributo	Característica qualitativa ou quantitativa, que identifica o componente de um sistema observado.
Mapeamento Geotécnico	Conjunto de processos sistemáticos de investigação de atributos, imprescindíveis ao estabelecimento de unidades geotécnicas e passíveis de representação em documentos cartográficos.
Cartografia Geotécnica	Distinta do mapeamento geotécnico por apenas estabelecer as unidades geotécnicas, com base em levantamentos executados anteriormente, sem a etapa de investigação.

Quadro 2 – Definições frequentemente utilizadas em mapeamentos geotécnicos (AGUIAR, 1994)

Em relação aos objetivos das cartas geotécnicas, Cerri (1990) classifica as cartas em função do tipo e nível de detalhamento, podendo ser divididas em:

- Genéricas: Tem como finalidade indicar e orientar, subsidiando o planejamento do uso e ocupação urbana.
- Específicas: São determinísticas e restritivas, impondo condições de projeto, associado a um determinado uso e ocupação do solo.

De uma forma geral, pode-se dizer que as cartas geotécnicas genéricas e específicas tem as seguintes finalidades:

- Servir como subsídios à elaboração de projetos voltados ao planejamento e gerenciamento do uso e ocupação do solo;
- Oferecer subsídios a estudos de impacto ambiental;
- Impor ou sugerir restrições à ocupação de áreas de riscos geológicos;
- Contribuir na definição de locais mais adequados, nos cuidados e estudos específicos para implantação de obras de engenharia;
- Ajudar na estimativa ou mesmo na redução dos custos de implantação dos empreendimentos;
- Colaborar no estabelecimento de critérios técnicos para eficientes sistemas de manutenção das obras de engenharia.

Conforme Prandini *et. al.* (1995), as cartas e/ou mapas geotécnicos permitem rever o desempenho da interação entre a ocupação e o meio físico, além dos próprios conflitos entre as formas de uso territorial, orientando medidas preventivas e corretivas, com o objetivo de minimizar gastos e riscos nos empreendimentos de uso do solo.

Em mapeamentos geotécnicos, a escolha da escala deve ser feita a partir da necessidade e finalidade do trabalho, além da análise da complexidade das estruturas geológicas. Zuquette (1987) divide os produtos geotécnicos em três grupos. O quadro 3 mostra estes três grupos com suas respectivas finalidades.

- I. Menores que 1:100.000 (Escala Geraís)
- II. Entre 1:100.000 e 1:25:000 (Escala Regionais)
- III. Maiores que 1:25:000 (Escala Semi-Detalhadas)

GRUPO	FINALIDADE
Escala Geraís	Orientar o planejamento de áreas extensas e selecionar áreas específicas para a realização de futuros mapeamentos geotécnicos em escalas mais detalhadas. Destacando-se para esse estudo os seguintes atributos: condições geomorfológicas, materiais, ocupação atual e dados climáticos.
Escala Regionais e Semi-detalhadas	Tem como objetivo auxiliar na ocupação das diversas áreas, obtendo uma melhor forma de ocupação. A diferença básica entre as duas escalas está na função do maior ou menor nível de detalhamento, mantendo os mesmos atributos nos dois níveis. Em escalas maiores que 1:50.000 os grupos considerados são: materiais inconsolidados, geomorfologia, material rochoso, águas superficiais e subterrâneas, fatores climáticos e ação antrópica.

Quadro 3 – Correlação entre grupo de escalas e suas finalidades (CERRI et. al, 1996)

As cartas geotécnicas são divididas em dois grupos com diferentes tipos de abordagens para início da pesquisa. O primeiro grupo é o que utiliza a abordagem integrada, que tem como característica a geração de um único produto cartográfico que integra os diversos elementos ambientais, tendo como referencial padrões de fisionomia do relevo (ROSS, 1995).

O segundo grupo utiliza uma abordagem multi-temática, que tem como referencial diversos produtos cartográficos (geologia, geomorfologia, pedologia, etc) que posteriormente são sobrepostos visando a geração do mapa geotécnico (ROSS, 1995). A análise integrada tem vantagens de custo e tempo sobre a análise multi-temática e tem sido cada vez mais utilizada para cartas de planejamento urbano (TINOS, 2011).

Segundo Tinós (2011), a análise integrada esta diretamente relacionada ao método de avaliação de terrenos, que se baseia no reconhecimento, interpretação e análise de feições do relevo (*landforms*). Este método é considerado por Lollo (1995) como o mais útil para o levantamento das condições do meio físico para uso e ocupação do solo.

De acordo com Zuquette e Gandolfi (2004), este método pode ser realizado através de dois tipos de enfoques. O primeiro é o enfoque fisiográfico, no qual as delimitações de feições do terreno são realizadas a partir de características geomorfológicas, tais como

inclinação de vertentes, amplitude de relevos, formas topográficas e rede canais em observações de fotos aéreas e visitas a área de trabalho.

O segundo tipo de enfoque é o paramétrico, que tem como objetivo a delimitação de áreas através das medidas de parâmetros características das formas de terreno (TINOS, 2011). A autora ressalta que, em alguns casos, é interessante a combinação de ambos os enfoques em determinados tipos de aplicação.

Outro método frequentemente utilizado em metodologias de análise é o sistema de relevos, que tem como objetivo a distinção de áreas nas quais as características físicas (solos, vegetação, topografia) sejam diferentes das áreas adjacentes. Estes fatores são relacionados com geomorfologia, geologia e clima. Um exemplo de trabalho realizado utilizando este método foi o Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo, realizado por Ponçano *et al.* (1979), no qual o autor utilizou uma subdivisão em províncias, zonas e subzonas.

A compartimentação fisiográfica pode ser resumida como a divisão de uma área em partes que contenham aspectos fisiográficos similares internamente e distintas às áreas adjacentes. A escala escolhida irá definir a forma de análise de ocorrência dos elementos fisiográficos através de níveis hierárquicos (OLIVEIRA, 2004).

Uma característica da compartimentação fisiográfica segundo Vedovello (1993) é que não há necessidade da análise de todos os elementos do meio físico, pois como este método parte do princípio que existe uma correlação natural entre os elementos constituintes do meio físico, é possível que a compartimentação das unidades fisiográficas seja realizada com a análise de um ou alguns dos elementos fisiográficos.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da presente pesquisa, inicialmente foi adotada uma primeira fase visando a organização geral do projeto, englobando etapas de coleta de material bibliográfico, material cartográfico e fotos aéreas. Ainda na primeira fase foi realizada a caracterização da área de estudo e a fundamentação teórica metodológica. Na fase seguinte do projeto foram realizadas atividades referentes à fotointerpretação, trabalhos de campo e caracterização geotécnica das unidades fisiográficas. Na fase final foi realizada a confecção do relatório final e do mapa geológico geotécnico, conforme o fluxograma a seguir (Figura 12).



Figura 12 – Fluxograma das etapas realizadas no projeto.

5.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa consistiu no levantamento do material publicado referente ao tema principal proposto neste trabalho. Nesta etapa do trabalho foi realizado o levantamento e seleção do material disponível principalmente nas bibliotecas localizadas na Universidade de São Paulo-SP e nos acervos da Internet. Em acervos na internet destacam-se os da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP e Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, nos quais foram coletados um número significativo de teses relacionadas a mapeamento geotécnico.

De todo o material pesquisado, os seguintes temas tiveram prioridade nas pesquisas: cartografia geotécnica, mapeamento geológico-geotécnico, análise integrada, compartimentação fisiográfica, metodologias de fotointerpretação, geomorfologia, perfil de alteração tropical, processos do meio físico e aspectos para caracterização do município de Itanhaém.

A revisão bibliográfica serviu como base para todas as etapas, sendo realizada durante todo o trabalho, principalmente para a compreensão e conclusão a respeito da compartimentação fisiográfica e confecção do mapa geológico-geotécnico.

5.2 Coleta e organização do material cartográfico

Nesta etapa foram coletados e organizados todos os materiais relacionados à cartografia e a fotointerpretação. Os materiais coletados foram mapas, bases cartográficas e fotografias aéreas na escala 1:25:000 disponibilizadas pela EMPLASA em seu sítio eletrônico. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT colaborou cedendo grande parte do material digitalizado, como mapas e bases cartográficas. O material coletado foi digitalizado e organizado em um banco de dados do software ArcGis 10.0 para prosseguimento do

trabalho. O quadro 4 mostra a relação de todos materiais cartográficos armazenados e utilizados ao longo do trabalho.

	Tipo	Nome	Fonte	Escala
Bases Topográficas	Folha Topográfica	Itanhaém (SG-23-V-A-III-1)	Instituto Geográfico e Geológico (IGG) - 1972	1:50.000
		Mongaguá (SG-23-V-A-III-2)	Instituto Geográfico e Geológico (IGG) - 1971	1:50.000
		Embu-Guaçu (SF-23-Y-C-VI-3)	Instituto Geográfico e Geológico (IGG) - 1971	1:50.000
		Riacho Grande (SF-23-Y-C-VI-4)	Instituto Geográfico e Geológico (IGG) - 1971	1:50.000
Contexto Regional	Mapa Geológico de Itanhaém (compilação)		IPT - 2013	1:50.000
	Mapa Geológico do Estado de São Paulo		CPRM - 2005	1:750.000
	Mapa Geológico do litoral de São Paulo		SUGUIO, K. & MARTIN, L	1:100.000
	Mapa Pedológico do Estado de São Paulo		OLIVEIRA - 2009	1:500.000
	Mapa Geomorfológico de Itanhaém		IPT - 2013	1:500.000
	Mapa de águas subterrâneas do Estado de SP		DAEE/IG/IPT/CPRM	1:1.000.000
Fotografias aéreas	Ortofotos	SF-23-Y-C-VI-3-SO	Emplasa - 2010/2011	1:25.000
		SF-23-Y-C-VI-3-SE	Emplasa - 2010/2011	1:25.000
		SF-23-Y-C-VI-4-SO	Emplasa - 2010/2011	1:25.000
		SG-23-V-A-III-1-NO	Emplasa - 2010/2011	1:25.000
		SG-23-V-A-III-1-NE	Emplasa - 2010/2011	1:25.000
		SG-23-V-A-III-2-NO	Emplasa - 2010/2011	1:25.000
		SG-23-V-A-III-1-SO	Emplasa - 2010/2011	1:25.000
		SG-23-V-A-III-1-SE	Emplasa - 2010/2011	1:25.000
		SG-23-V-A-III-2-SO	Emplasa - 2010/2011	1:25.000

Quadro 4 – Materiais coletados com suas respectivas fontes.

5.3 Fotointerpretação

A fotointerpretação foi realizada através da análise de ortofotos na escala 1:25.000 disponibilizadas no sítio eletrônico da Emplasa. Na divisão dos compartimentos fisiográficos, considerou-se homogêneos os compartimentos que os elementos texturais fossem constantes na área e diferente das regiões adjacentes.

A sequência de procedimentos para a análise das fotos aéreas foi baseada no quadro 5, proposta por Zaine (2011), sendo gerado um mapa preliminar de compartimentação fisiográfica.

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km ²)	Média (5 a 30/10 km ²)	Alta (> 30/ km ²)
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa)	Média	Alta
Propriedades a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES (informações interpretadas por esta análise)	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; >5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)
2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m)	Média (100 a 300 m)	Grande (> 300 m)
	b) Declividade	Baixa (0-15%)	Média (15-30%)	Alta (>30%)
	c) Forma da encosta/vertente	Convexa	Côncava	Retilínea
	d) Forma do vale	Aberto		Fechado
	e) Forma do topo	Aplainado	Arredondado	Angulosos
Propriedade a ser interpretada	Solubilidade	Não solúvel		Solúvel
	Resistência à erosão natural	Baixa	Média	Alta
APLICAÇÕES (informações interpretadas por esta análise)	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial à erosão linear	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
	Potencial à movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a alto	Alto
3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES		
Elementos de análise	Linhas de ruptura de declive, lineações e alinhamentos de relevo e traços de fratura			
Critérios de análise	a) Tropia	Pouco orientada	Orientada	Muito orientada
	b) Assimetria de relevo	Assimétrico	Pouco assimétrico	Simétrico
	c) Regra dos Vs	Mergulho para montante	Mergulho para jusante	Vertical a sub
	d) Sinuosidade da drenagem	Mistos	Retilíneos não paralelos/espaçados	Retilíneos paralelos/adensados
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espaçados	Adensados
	Composição e estrutura	Baixo	Médio	Alto
	Plasticidade/ruptibilidade	-	Rúptil	Dúctil
	Grau de fraturamento	Homogêneo	Mistos	Heterogêneo
	Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta
APLICAÇÕES (informações interpretadas por esta análise)	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta

Quadro 5 – Procedimentos utilizados nas análises das fotografias aéreas proposta por Zaine (2011).

5.4 Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado com o objetivo de identificar e delimitar os limites das unidades geológico-geotécnicas com auxílio da compartimentação fisiográfica. Os pontos foram selecionados baseados na necessidade de se obter informações de determinada unidade. O município de Itanhaém tem área total de aproximadamente 600 km² e grande parte do município encontra-se inacessível e coberta por vegetação. Estes fatores fizeram com que os pontos de campo ficassem restritos a áreas em que era possível o acesso, basicamente na Planície Costeira, não abrangendo todas as unidades geotécnicas.

O Apêndice 1 mostra a relação dos pontos de campo, com suas respectivas coordenadas e breve descrição com as informações obtidas *in situ*. No trabalho de campo deu-se prioridade para a descrição e interpretação dos seguintes parâmetros:

I. Substrato rochoso – Identificação da rocha e suas propriedades (granulação, textura, estrutura, grau de faturamento e tipos de ocorrência (aflorante, sub-aflorante, *in situ*, em blocos, etc.)

II. Relevo – Forma e declividade do terreno, perfil esquemático e documentação fotográfica.

III. Solos – Composição, cor, granulometria, grau de coesão, espessura e distribuição espacial.

IV. Perfil de Alteração – Material alterado, composição e espessura de seus horizontes, perfil e documentação fotográfica.

V. Processos geológicos – Classificação e magnitude.

5.5 Caracterização geotécnica

Esta etapa foi realizada com objetivo de caracterizar as unidades fisiográficas de acordo com as propriedades e características geotécnicas consideradas básicas para a ocupação humana. As propriedades consideradas foram as seguintes:

I. Permeabilidade

A permeabilidade é a medida da capacidade de um material em transmitir fluídos, e é relacionada ao tipo de porosidade daquele material. As porosidades são classificadas em primária (intragranular), em materiais sedimentares, ou secundárias (fraturl) em rochas cristalinas (SOARES & FIORI, 1976 *apud* TINOS, 2011).

No município de Itanhaém, o contexto geológico indica rochas cristalinas e sedimentos quaternários, portanto optou-se por realizar as classificações de ambos os tipos de permeabilidade. As classes de permeabilidade foram definidas baseadas nas densidades de drenagem e grau de faturamento, como proposto por Zaine (2011).

II. Relação de escoamento superficial/infiltração

O escoamento superficial é definido como a água precipitada que permanece na superfície do terreno, podendo causar processos como erosão e inundação. A infiltração é definida como a passagem da água da superfície para o interior do terreno, sendo que rochas e solos com maior permeabilidade são os capacidade de infiltração. O quadro 6 indica as classes definidas para escoamento superficial/infiltração baseadas na permeabilidade e declividade das unidades.

Critérios	Classes de relação escoamento superficial/infiltração
Alta permeabilidade Baixa declividade	Baixa
Média permeabilidade Média declividade	Média
Baixa permeabilidade Alta declividade	Alta

Quadro 6 – Classes de escoamento superficial/infiltração.

III. Espessura do manto de alteração

O manto de alteração esta relacionado à litologia, formas das vertentes, extensão dos topos e declividade média. Em áreas em que a declividade é alta, são esperados solos mais rasos, sendo que em regiões mais aplainadas, os solos tendem a ser mais espessos. Nas unidades que não apresentam classificação de topos, tais como planície aluvial, terraços marinhos e mangue, a classificação da espessura do manto de alteração foi classificada como rasos, uma vez que a formação destes materiais não favorece a formação de solos espessos (MARETTI, 1998).

IV. Alterabilidade

Alterabilidade é definida como a suscetibilidade de solos e rochas à desagregação e alteração. Esta propriedade tem importância na ocupação urbana devido ao fato de que quanto maior o grau de alterabilidade das rochas, menor sua resistência mecânica, fazendo

com que áreas se tornem suscetíveis à processos de movimentos de massa (VEDOVELLO, 1993).

Os critérios utilizados para definição das classes de alterabilidade se restringiram às formas das encostas, sendo encostas convexas relacionadas à alterabilidade alta, encostas côncavas à alterabilidade média e encostas sem predominância de uma forma como alterabilidade baixa.

V. Grau de faturamento

O grau de fraturamento é analisado através da densidade de fraturas registradas em uma determinada área. A ocorrência de processos de movimentos de massa, tais como deslizamentos e quedas de blocos, esta relacionada à densidade, distribuição e arranjo espacial das fraturas (OKIDA & VENEZIANI, 1994 *apud* TINOS, 2011). No presente trabalho, esta análise restringiu-se às rochas cristalinas, excluindo unidades pertencentes à Planície Costeira, tais como sedimentos quaternários.

VI. Processos geológicos.

Os processos geológicos que foram analisados e classificados são referentes à dinâmica superficial e podem ser resumidos em escorregamentos, erosão/assoreamento e inundação. A classificação foi realizada em campo e também houve a interpretação de ocorrência dos processos em cada unidade.

5.6 Elaboração do relatório final e mapa de unidades geotécnicas

A última etapa foi dedicada à análise dos resultados gerados a partir do mapa de unidades fisiográficas e a caracterização geotécnica, além de conclusões obtidas durante o desenvolvimento desta pesquisa. Os objetivos finais foram a elaboração do relatório final e o mapa geotécnico aplicados a ocupação no município de Itanhaém.

6. RESULTADOS

6.1 Mapa de declividade

De acordo com De Biase (1970) *apud* Tinós, (2011), a carta de declividade é um documento básico para planejamento regional. Os mapas de declividade devem conter no máximo seis intervalos de classes, pois acima disso pode gerar confusão visual e perda de informações. No caso do município de Itanhaém, o mapa de declividade foi gerado com uma subdivisão de seis intervalos e teve como objetivo auxiliar na compartimentação das

unidades e elaboração da carta geotécnica. A figura 13 corresponde ao mapa de declividades de Itanhaém.

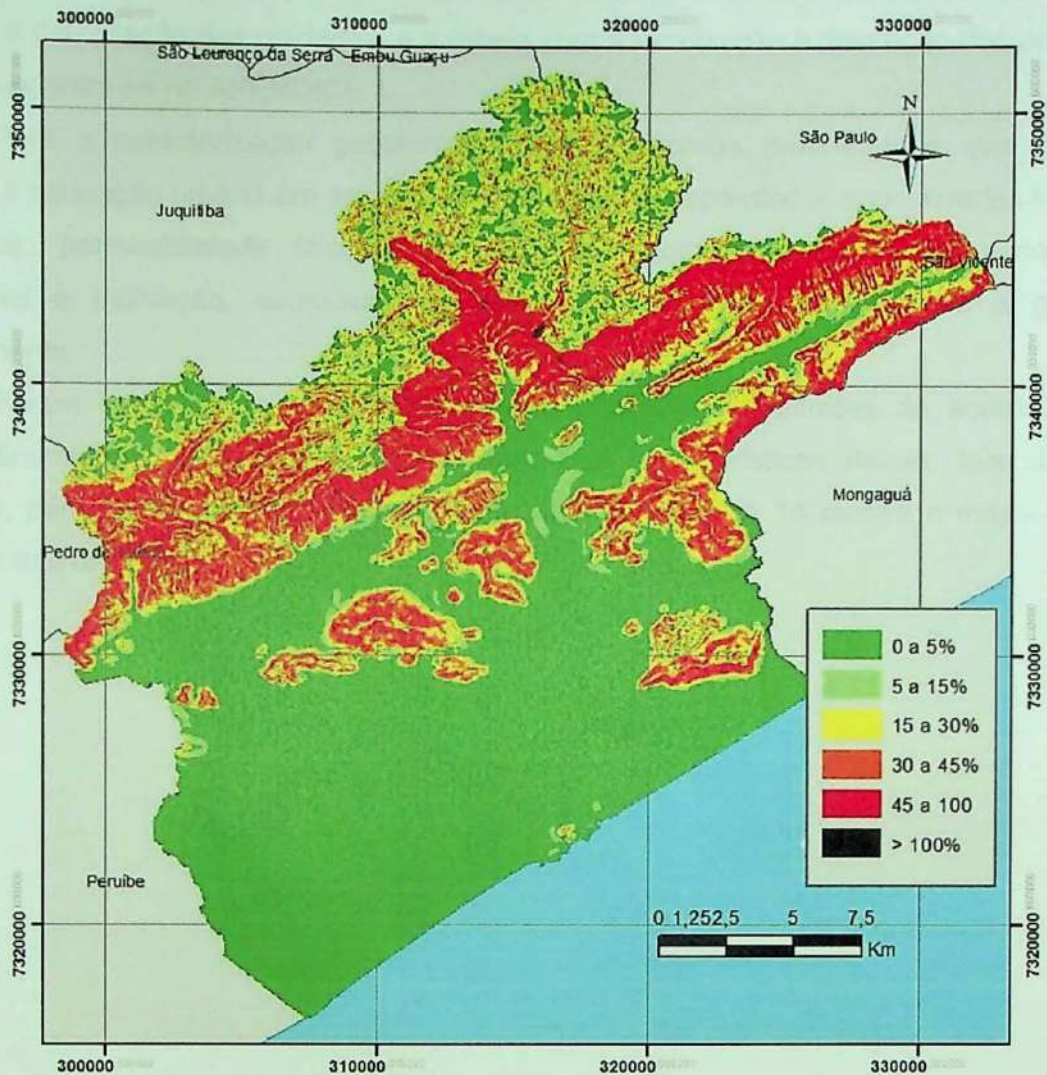


Figura 13 – Mapa de declividades do município de Itanhaém.

6.2 Unidades geotécnicas

As unidades geotécnicas foram delimitadas e caracterizadas com base na metodologia de fotointerpretação proposta por Zaine e citada no capítulo 5. Para as rochas cristalinas, localizadas no Planalto Atlântico, nas serras alongadas e morros e morrotes localizados na Planície Costeira a divisão teve como prioridade as diferenças nas feições de relevo vistas nas fotos aéreas. Como auxílio para delimitação das unidades foram utilizados mapas temáticos (geológico, geomorfológico, pedológico, etc).

Na Planície Costeira, com o predomínio de sedimentos quaternários e terraços marinhos, a divisão de unidades geotécnicas teve como embasamento principal os mapas temáticos. Estas unidades apresentam homogeneidade dos elementos de relevo e a análise

fotoaérea ficou restrita a poucos elementos, tais como densidade de drenagem e forma dos vales.

O trabalho de campo foi fundamental para a identificação e interpretação das características físicas e dos processos do meio físico das unidades fisiográficas. Esta etapa auxiliou a delimitação das unidades, e a tabela com a localização e descrição dos pontos de campo encontra-se no APÊNDICE 1.

Para a caracterização geotécnica foram priorizadas propriedades que tivessem relação à ocupação urbana em áreas inapropriadas. As propriedades consideradas foram as seguintes: permeabilidade fissural, permeabilidade intergranular, relação escoamento superficial e infiltração, espessura do manto de alteração, alterabilidade e grau de fraturamento.

Foram identificadas e delimitadas nove unidades geotécnicas de acordo com a compartimentação fisiográfica e análise de outras características físicas, tais substrato rochoso, perfil de alteração, hidrologia e declividade. A figura 14 mostra o mapa com as divisões das unidades:

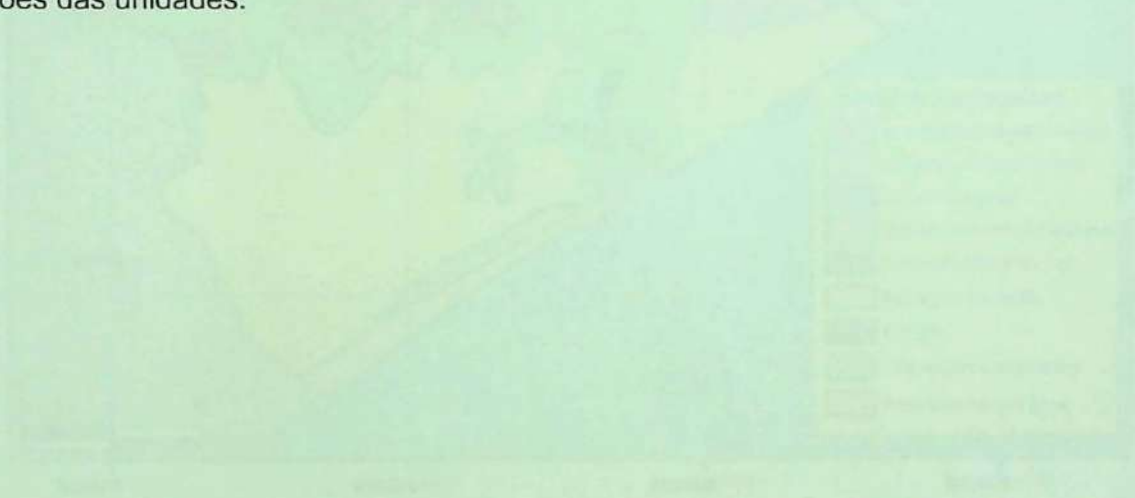


Figura 14 - Mapa com as divisões das unidades geotécnicas.

Unidade 1 - Morro do Brasil, Cordeiro

A unidade 1 está localizada na parte ocidental do município de Cordeiro, no bairro Serra da Velha, de Serra do Mar. Esta unidade pertence à classificação geotécnica Morro da Pimenta Altimosa e sua litologia é composta predominantemente por conglomerado arenoso com fragmentos de Conchas Grossas. Esta unidade está presente em uma área que é considerada como unidade de Produção Inteira, com intervenção de Pequenos Canais de Serviço de 100.

No processo de caracterização, esta unidade apresenta-se com litologia variável, com uma densidade de linhas de drenagem, resultando numa alta permeabilidade. As

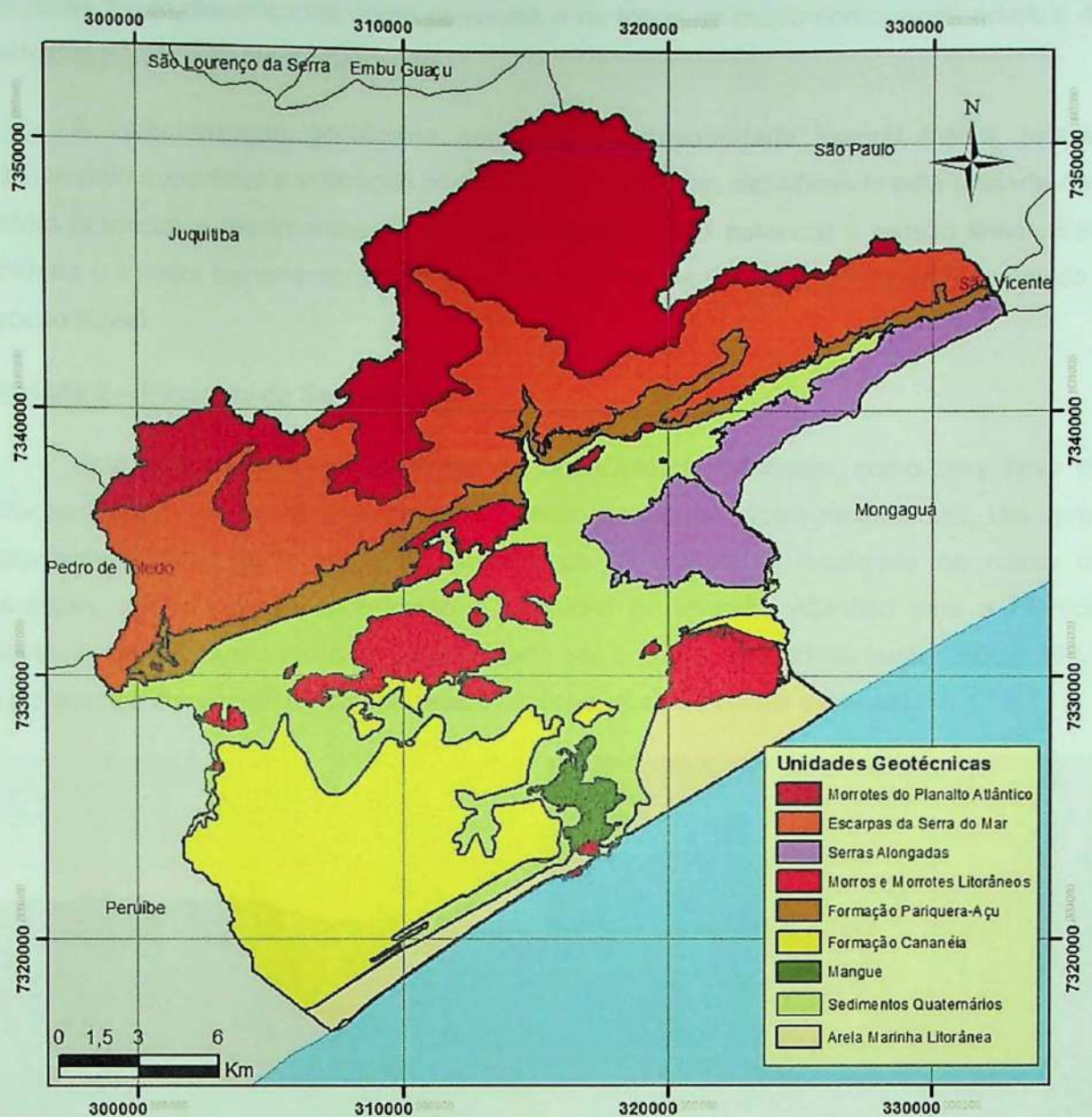


Figura 14 – Mapa com a divisão das unidades geotécnicas.

Unidade 1 - Morrotes do Planalto Atlântico

A unidade 1 está localizada na parte setentrional do município de Itanhaém, em contato com as escarpas da Serra do Mar. Esta unidade pertence à classificação geomorfológica Morrotes do Planalto Atlântico e sua litologia é composta principalmente por ortognaisses e granitóides pertencentes ao Complexo Embu. Esta unidade está presente em uma área que é classificada como unidade de Proteção Integral, com denominação de Parque Estadual da Serra do Mar.

No processo fotointerpretativo, esta unidade apresentou densidade textural alta, com alta densidade de linhas de drenagem, amplitude pequena (<100m) e declividade média. As

encostas foram classificadas como convexas e os topos de morro como arredondados. As camadas não apresentam orientação.

A caracterização geotécnica apresentou permeabilidade fissural média, relação escoamento superficial e infiltração alto e alterabilidade alta, classificando esta unidade com médio potencial a movimentos de massas e médio a alto potencial à erosão linear. Esta unidade é a maior transmissora de matéria para a Planície Costeira, principalmente devido a erosão fluvial.

Unidade 2 – Escarpas da Serra do Mar

Esta unidade situa-se ao longo do município de Itanhaém, como uma faixa de direção SW-NE, sendo caracterizada por conter rochas de origem metamórfica, tais como cataclasitos, milonitos e gnaisses migmatíticos. A unidade é localizada no relevo de escarpas, sendo caracterizado como a transição do Planalto Atlântico para a Planície Costeira. Outras características desta unidade são sua alta declividade (superiores a 30%), e a presença dominante de cambissolos háplicos, que são pouco espessos.



Fotos 1 e 2 – Vista para as escarpas a partir da Planície Costeira, e rocha cataclástica presente na base desta unidade.

Na análise das fotografias aéreas, esta unidade apresentou densidade textural média, amplitude grande, declividade alta, formas das encostas retilíneas, topos angulosos e orientação das camadas. A caracterização geotécnica indicou que esta unidade contém classificações altas para as seguintes características: permeabilidade fissural, relação escoamento superficial/infiltração, alterabilidade e grau de fraturamento.

Estas características, aliada ao alto índice pluviométrico da região, faz com esta unidade seja muito suscetível a processos geológicos de movimentos de massa, tais como rastejo, escorregamentos e quedas de blocos, sendo possível ver cicatrizes de

escorregamento no campo. Dentro desta unidade, uma área considerável está inserida no contexto de áreas de proteção ambiental – APA, impossibilitando uma possível ocupação.

Unidade 3 – Serras Alongadas

A área de ocorrência desta unidade é limitada ao leste do município de Itanhaém, com uma faixa que inicia no município e que tem continuidade no município vizinho de Mongaguá. O relevo é definido como Serras Alongadas e contém amplitudes locais médias a altas e declividade alta. A geologia é composta por gnaisses bandados e rochas migmatíticas de composição monzogranítica.



Fotos 3 e 4 – Afloramento de rocha gnáissica em corte na estrada, e detalhe da rocha no chão da estrada, detalhando a foliação gnáissica.

Esta unidade foi interpretada com densidade textural e amplitude média, declividade alta, encostas côncavas e retilíneas, topos angulosos e aplainados, vales fechados e pouco assimétricos. Esta interpretação gerou a seguinte inferência geotécnica: Permeabilidade fissural e grau de fraturamento altos.

Os processos geológicos com maior probabilidade de ocorrência são escorregamento e rastejo em áreas com solo mais extenso e rolamento e queda de blocos em áreas com solos menos espessos.

Unidade 4 – Morros e Morrotes litorâneos

A unidade 4 está distribuída ao longo da Planície Costeira na forma de morros e morrotes caracterizados por amplitudes dentro da faixa de 100 e 300 metros e declividade média-alta. Estes morros são sustentados por rochas pertencentes ao Complexo Costeiro, tais como gnaisses bandados com feições migmatíticas e textura porfirítica. As coberturas de solo são predominantemente coluvionares, argilo-arenosos e com coloração avermelhada.



Fotos 5 e 6 – Blocos de rochas e feições de escorregamento na base do morro com serra restrita, e blocos rolados na lateral da estrada..

A fotoanálise indicou densidade textural baixa-média, amplitude e declividade médias, forma dos topos côncavas arredondados e angulosos, vales fechados, tropia não orientada e encostas côncavas, convexas e retilíneas, estas em áreas mais íngremes. Estas classificações geraram as seguintes inferências geotécnicas: permeabilidades médias, grau de faturamento médio, alterabilidade média e espessura do manto de alteração médio.

Os processos geológicos geradores de instabilidades são quedas de blocos, principalmente em taludes de cortes, além de rastejos e escorregamentos em regiões com solos mais espessos e áreas com maiores declividades. Em áreas com solos expostos há a possibilidade de ocorrência de sulcos erosivos.

O perfil de alteração das rochas desta unidade é variado, tendo áreas com rochas sub-aflorante, e áreas com rochas aflorantes. Os solos são predominantemente coluvionares lateríticos, com profundidades dos topos rochosos rasos e com perfis de alteração bem definidos, como mostra a foto 7.



Foto 7 – Afloramento de gnaiss com perfil de alteração visível. A- Rocha sã; B- Rocha fraturada; C- Saprólito.



Fotos 8 e 9 – Morrote na zona urbana de Itanhaém exibindo blocos rolados e rocha gnáissica com feições migmatíticas.

Unidade 5 – Formação Pariquera-Açu

A unidade geotécnica 5 corresponde à formação Pariquera-Açu, localizada na borda das escarpas da Serra do Mar, junto às rampas colúviais. Esta unidade é composta por depósitos fanglomeráticos de leque aluviais, e é caracterizada por apresentar granodecrescência ascendente, variando de ortoconglomerados a areias.



Foto 10 – Formação Pariquera-Açu, indicando ciclos de deposições aluviais. Fonte: IPT, 2013.

A interpretação fotoaérea indicou como médias, a densidade textural, amplitude e declividade. A unidade tem topos arredondados, vales abertos, não apresenta orientação e é pouco assimétrica. A caracterização geotécnica indicou alto potencial à alterabilidade e média permeabilidade intergranular.

Dentre os processos possíveis, a erosão e a contaminação do aquífero são os que esta unidade é suscetível devido principalmente a permeabilidade intergranular.

Unidade 6 – Formação Cananéia

A unidade 6 esta praticamente toda presente na parte sudoeste do município de Itanhaém. Esta unidade apresenta relevo suavizado, com baixa densidade textural, amplitudes baixas e pouca declividade. A geologia é representada por sedimentos arenosos finos, com níveis de minerais pesados e intercalações argilosas. Também são comuns estratificações cruzadas, bioturbação e estruturas de sobrecarga.



Fotos 11 e 12 – Formação Cananéia, com areia creme na base, e parte superior laterizada. Processo de erosão na lateral da linha de drenagem.

Na caracterização geotécnica, tanto a permeabilidade intergranular quanto a alterabilidade deram altas, indicando que esta unidade é suscetível a contaminação dos aquíferos e a erosão linear.

Unidade 7 – Mangue

A unidade 7 corresponde ao mangue localizado na parte central da Planície Costeira, próximo ao mar. Esta unidade apresenta densidade textural média, com a presença do rio Itanhém em seu interior e amplitude e declividade baixas.

Na análise das fotografias aéreas, o mangue foi classificado com baixa relação de escoamento superficial/infiltração, alta alterabilidade e média permeabilidade intergranular. O processo geológico mais comum nesta unidade é a inundação, devido principalmente a média-alta densidade de drenagem na unidade.



Foto 13 – Detalhe da região de mangue localizado nas proximidades do Rio Itanhaém.

Os manguezais são definidos como Área de Preservação Permanente – APP, devido a função ambiental que exercem. Os mangues atuam diretamente na estabilização da linha de costa, controle da erosão por conta das raízes, retenção de sedimentos terrestres e filtro biológico, evitando o assoreamento e contaminação das águas costeiras. Uma parte da área urbana do município Itanhaém encontra-se sobre áreas de mangue, afetando diretamente.

Unidade 8 – Sedimentos Marinhos Litorâneos

Esta unidade pertence à unidade geomorfológica Planície Costeira e bordeia o mar em todo o limite sul do município. É constituída por sedimentos arenosos quartzosos, com granulação média e coloração amarelo-clara. Estes sedimentos apresentam relevo subhorizontais, com pequenas ondulações, amplitudes e declividades baixas.



Fotos 14 e 15 – Ilustração da ação das marés, causando erosão costeira em areias marinhas. Fonte: PMI (2012).

Dentre as propriedades geotécnicas, esta unidade apresenta alta permeabilidade intergranular e baixa relação de escoamento superficial/infiltração. Também apresenta baixa resistência à erosão costeira, que nesta unidade é o processo geológico com maior frequência, podendo causar graves problemas à população local. A área urbana de Itanhaém encontra-se em grande parte sobre esta unidade.

Unidade 9 – Sedimentos Quaternários (Flúvio lagunares e Terraços Marinhos)

A unidade 9 corresponde aos sedimentos quaternários flúvio-lagunares pertencentes à Planície Costeira. Estes depósitos quaternários foram gerados pela erosão das rochas cristalinas (gnaisses, migmatitos e granitos) encontradas nas áreas vizinhas à unidade. É constituída predominantemente por sedimentos argilo-siltosos com porções arenosas e intercalações de cascalho e matéria orgânica.

Seu relevo é suavizado, com baixas amplitudes e declividades, sendo classificado como planície e terraços marinhos baixos retrabalhados. Os solos são classificados como

hidromórficos e glei húmicos. A fotointerpretação indicou topos aplainados, vales abertos, topia não orientada e relevo assimétrico.

Dentre os processos geológicos com maior possibilidade de ocorrência estão à erosão fluvial, assoreamento, enchentes e inundações. Estes processos ocorrem próximos aos rios de maior porte, como o Rio Itanhaém.



Foto 16 – Área suscetível à inundação na unidade de terraços marinhos e sedimentos quaternários. Fonte: IPT, 2013.

7. CONCLUSÕES

A metodologia baseada na análise integrada dos elementos de relevo mostrou-se bastante eficaz para a elaboração final da carta geotécnica. O único produto gerado através dessa metodologia fez com que houvesse uma economia em termos de tempo e aplicabilidade, se comparado aos métodos multi-temáticos, nos quais os mapas deveriam ser sobrepostos, com a classificação de pesos para cada atributo. A utilização de mapas temáticos como auxílio na separação das unidades foi fundamental em áreas onde os elementos de relevo se comportavam de forma homogênea, impossibilitando a distinção dos mesmos.

A compartimentação das unidades resultou em nove unidades geotécnicas, abrangendo todo o município de Itanhaém. Cada unidade geotécnica foi caracterizada em relação à suscetibilidade aos processos geológicos, tendo a atividade antrópica relação direta com a velocidade de ocorrência destes processos.

Os processos de movimentos de massa, tais como deslizamentos, queda e rolamento de blocos são comuns em áreas em que houve desmatamento causado principalmente por ocupação urbana e atividades de mineração. Estes processos ocorrem em regiões com altas declividades e amplitudes, aliada ao alto índice pluviométrico da região. As unidades 1, 2, 3 e 4 estão suscetíveis a estes tipos de processos, sendo que a unidade 4 apresenta-se ocupada.

A erosão fluvial ocorre nas unidades geotécnicas 7 e 9, e a erosão costeira na unidade 8. Este processo é influenciado por desmatamento e pela ocupação urbana na área referente ao manguezal, sendo visível o avanço da urbanização na área referente ao mangue. O assoreamento de rios e drenagens menores é consequência da erosão, e este processo é visível no Rio Itanhaém, com bancos de areias ao longo de seu curso. A unidade 9 apresenta ocorrência de inundação, tendo interferência do homem na impermeabilização de áreas com alta densidade de drenagens.

Este trabalho foi realizado em uma escala classificada como regional (1:50.000) em mapeamentos geotécnicos, e o objetivo principal é auxiliar na ocupação das áreas, porém é recomendável que haja mapeamentos geotécnicos em escalas de maior detalhe visando a efetiva ocupação de determinada região. Para que a expansão urbana do município ocorra de forma segura é necessário que se tenha planejamento e acompanhamento ambiental, pois a ocupação de forma desordenada além de descaracterizar o ambiente natural, expõe a população à riscos sócio-econômicos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. DE. *Fundamentos geológicos do relevo Paulista*. Boletim do Instituto Geográfico Geológico, São Paulo, v. 41, p. 169-263, 1964.

ALMEIDA, M. C. J; FREITAS, C. G. L. *Uso do solo urbano: suas relações com o meio físico e problemas decorrentes*. In: I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE, 1, 1996, São Carlos. Anais..., São Carlos, 1996. p. 195 – 200.

AGUIAR, R.L. *Análise do mapeamento geotécnico nos processos de gestão ambiental: bases conceituais para aplicação no Distrito Federal (DF)*. 1994. 88p. Monografia - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo/USP, São Carlos - SP, 1994.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILLI, J.C. *Estabilidade de taludes* In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. cap. 15, p. 244-269, 1998.

AUGUSTO FILHO, O. *Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica*. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas - COBRAE,1, 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. v.2, p.721-733.

CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O. & ZAINÉ, J.E. *Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, 1996, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, ABGE, v.2, 1996. p.537-548.

CERRI, L.E.S. *Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada as necessidades brasileiras*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. Anais... Salvador, ABGE, v.1, 1990. p.309-317.

EMPLASA. *Mapeia São Paulo. Fotos aéreas do Estado de São Paulo*. Disponível em: <http://www.mapeiasp.sp.gov.br>. Acesso em 01 de agosto de 2014.

INFANTI JR. N, FILHO. N. F. *Processos de Dinâmica Superficial*. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. cap. 9, p.131-152, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em 26 de agosto de 2014

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em 17 abr. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 1981, 94 p. Volume I.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. PREFEITURA MUNICIPAL DE ITANHAÉM - PMI. *Atlas ambiental do município de Itanhaém - 2012*. São Paulo: Imprensa Oficial, 2012. 92p: il.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Revisão do Plano Diretor e da legislação de uso do solo em Itanhaém, SP*. São Paulo: IPT, 2013. 2v. (Relatório Técnico 133240-205).

GIANNINI, P. C. F. *Sedimentação quaternária na planície costeira de Peruíbe Itanhaém (SP)*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 1987. 2v.

HASUI Y., CARNEIRO C.D.R., ALMEIDA F.F.M.de, BARTORELLI A. eds. 2012. *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. 900p. (Livro).

JOURNAUX, André. *Legende our une Carte de L'environnente et de sa Dynamique. Notes Techniques du MAB*, 16, UNESCO, 1985.

LOLLO, J. A. *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula Campinas*. 1995. 2 v. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MARETTI, C. C. *Exemplos de geologia aplicada a um processo de planejamento costeiro: cartas geológico-geotécnicas da região estuarino-lagunar de Iguape e Cananéia e da Ilha*

Comprida. 1998. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

MENQUINI, A. *Análise geoambiental da Baixada Santista: da ponta de Itaipu ao maciço de Itatins*. 2004. 2 v. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

NAKAZAWA, V. A. (coord.) *Carta Geotécnica do Estado de São Paulo – Escala 1:500.000*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1994. (Publicação IPT 2089).

OLIVEIRA, J.B.et al. *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo*. Campinas: Inst. Agrônomo, 1999. 4 mapas, color., 68cm x 98cm. Escala 1:500.000. Acompanha uma legenda expandida.

OLIVEIRA, T. A. de. *Compartimentação fisiográfica aplicada à avaliação de terrenos – subsídio ao planejamento territorial do município de Cananéia – SP*. 2004. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2004.

PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: Programa Geologia do Brasil - PGB, CPRM, 2005. Escala 1:750.000.

RODRIGUES, F. H. *Análise integrada aplicada ao mapeamento geológico-geotécnico na escala de 1:20.000 da Estrada de Castelhanos, Ilha Bela – SP*. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

ROLDAN, MATHEUS. HENRIQUE. *Mapeamento geológico-geotécnico do trecho da estrada na Serra de Itaqueri, Charqueada-SP*. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011, 72p.

ROSS, J.L.S. *Análise e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental*. Geografia, Rio Claro, v.9, n.1, p.65-75, 1995.

SADOWSKI, G. R. *A Megafalha de Cubatão no Sudeste Brasileiro*. Boletim IG-USP, Série Científica, vol 22: p. 15-28, 1991.

SATO, S.E. *Zoneamento geoambiental do município de Itanhaém - Baixada Santista (SP)*. 2012. 123 f. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro.

SUGUIO, K. *Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais. Passado + Presente = Futuro?*. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 2001. 366p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. *Formações Quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense*. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY. São Paulo. Comunicação... São Paulo: Sociedade brasileira de Geologia-SBG, 1978. 55p.

SUGUIO, K. et al. *Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira*. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, v.15, n.4, p.273-286, ago.1985.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. *Mapa geológico do litoral de São Paulo*. Escala 1:100.000. Folha de Itanhaém. São Paulo, Secretaria de Obras e Meio Ambiente/Departamento de Águas e Energia Elétrica. 1978b.

TINÓS, T.M. *Mapeamento geológico-geotécnico a partir de metodologia de análise integrada: ensaio de aplicação no município de Poços de Caldas - MG*. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

VAZ, L.F. *Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais*. Solos e Rochas, São Paulo, 19, (2): p.117-136, 1996.

VEDOVELLO, R. *Zoneamento geotécnico por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico - aplicação em expansão urbana*. 1993. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993.

ZAINE, J. E. *Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG*. Tese (Livre – docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2011.

ZUQUETTE, L. V. *Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta metodológica para as Condições Brasileiras*. 1987. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

ZUQUETTE, L. V.; NAKAZAWA, V. A. *Cartas de Geologia de Engenharia*. In: Oliveira, A.M. S.; Brito, S. N. A.; Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1998.

ZUQUETTE, L. V. *Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta metodológica para as Condições Brasileiras*. 1987. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

ZUQUETE, L. V., GANDOLFI, N. *Metodologia de mapeamento para áreas municipais*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1987. v.2 p.313-321.

DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE CAMPO

Ordem	Latitude	Longitude	Descrição
1	214634	7331430	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
2	214640	7331440	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
3	214646	7331450	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
4	214652	7331460	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
5	214658	7331470	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
6	214664	7331480	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
7	214670	7331490	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
8	214676	7331500	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
9	214682	7331510	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.
10	214688	7331520	Área na margem leste com alta declividade e com ocorrência de bromélias e gramíneas, bem como substratos rochosos e nas proximidades de rios. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte. Os frutos são de coloração vermelha brilhante de grande porte.

Apêndice I

DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE CAMPO

Ponto	Longitude	Latitude	Descrição
1	319434	7331335	Base do morro isolado com alta declividade e com ocorrência de processos geológico, tais como escorregamentos e movimentos de blocos. Os blocos rolados são gnaisses com evidências de migmatização. Os movimentos de massa provavelmente ocorreram recentemente.
2	317140	7335745	Saprólito de gnaiss bastante alterado. O relevo pertence a unidade serras alongadas, com amplitudes acima de 40 metros, com declividade alta. O perfil de solo é visível, com solo residual na parte superior, saprólito no meio e rocha alterada na base. Processos como escorregamento e queda de blocos é visível.
3	321978	7339387	Ponto localizado abaixo de uma ponte composto por sedimentos da Formação Pariquera-Açu e com evidências de erosão.
4	318170	7324370	Morrote isolado na parte urbana de Itanhaém, próximo ao centro da cidade. A litologia é composta por gnaiss-migmatítico e o afloramento apresenta apenas rocha, sem perfis de alteração. Há evidências de queda de blocos e blocos com até 1 metro rolados na rua.
5	317208	7323651	Ponto localizado na beira da avenida Wallace Arthur Skerrat, com morro isolado de composição gnaiss-migmatítica e com os horizontes de solo (rocha sã, rocha fraturada e saprólito) bem definidos. Há evidências de escorregamentos e queda de blocos na beira da avenida.
6	314755	7323883	Ponto localizado na beira da rodovia Padre Manuel da Nóbrega, composto por sedimentos pertencentes a formação Cananéia. Foram observadas feições erosivas e crostas lateríticas.
7	306971	7320132	Zona rural de Itanhaém com areias marinhas litorâneas na chão da estrada e sedimentos pertencentes à formação Cananéia na beira da estrada. A formação Cananéia apresenta erosão na borda de uma linha de drenagem.
8	323579	7332439	Ponto próximo ao limite de Itanhaém com Mongaguá. Área referente à planície flúvio-lagunar de Itanhaém, com indícios de inundação na planície aluvial.
9	317015	7324542	Área de mangue, próximo ao rio Itanhaém, com abundância de matéria orgânica e sedimentosa argiloso. Há indícios de inundação nas áreas ao redor do mangue.

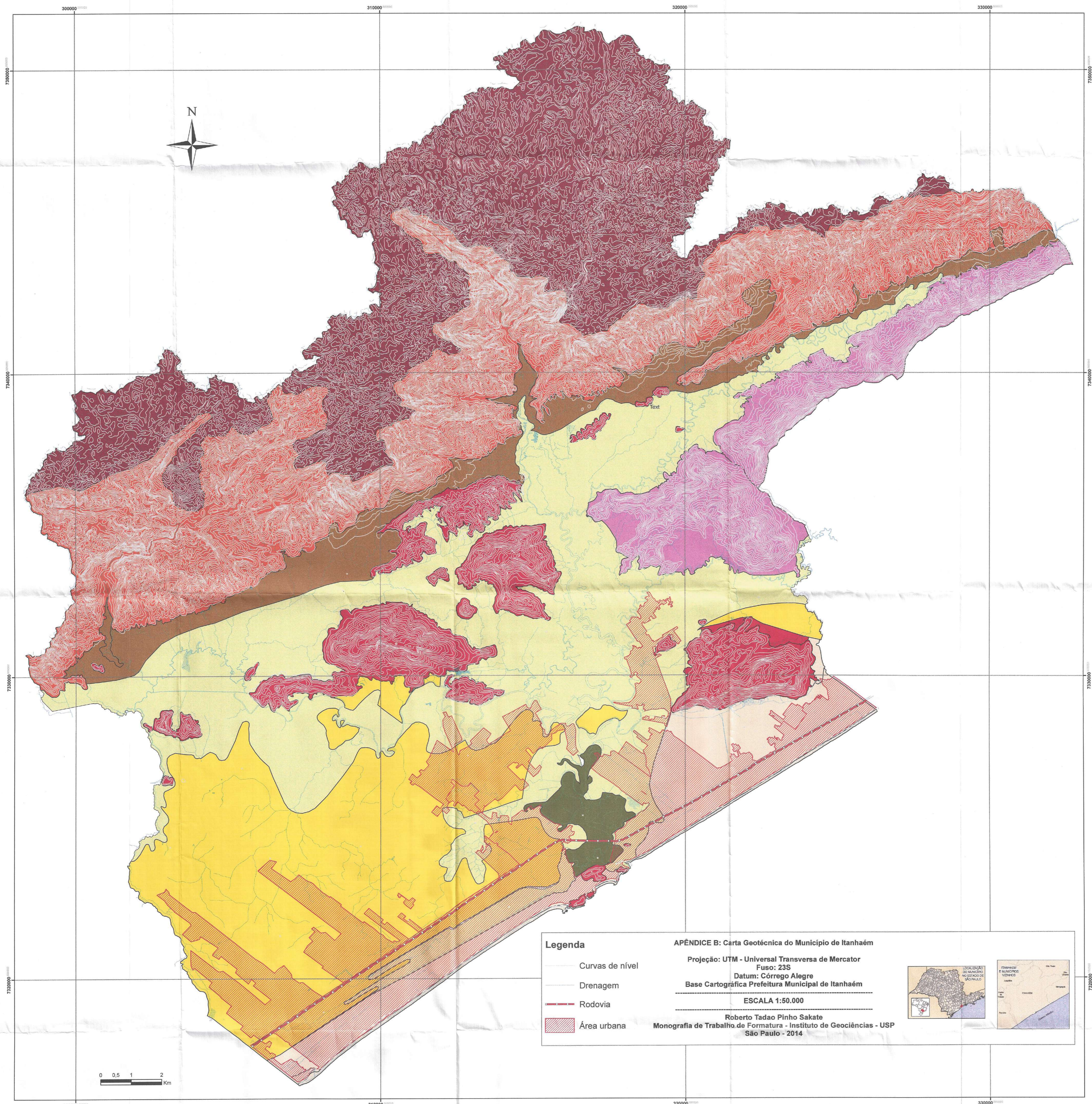
Apêndice II

CARTA GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DE ITANHAÉM

Carta Recorrida
MUNICÍPIO DE ITANHÉM

DOAÇÃO
IGC-USP
Data: 25/02/15

Carta Geotécnica do município de Itanhaém



Unidades Geotécnicas	Contexto Geológico e Geomorfológico	Fotoanálise								Caracterização Geotécnica						
		Densidade textural	Amplitude	Declividade média	Forma das encostas	Forma dos topos	Forma dos Vales	Trofia	Simetria	Permeabilidade Fissural	Permeabilidade Intragranular	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura do Manto de Alteração	Alterabilidade	Grau de Fraturamento	Processos Geológicos
1 - Formação Paranaíba Atlântico	Rochas Gnáissicas e Migmatitos em Morrotes do Planalto Atlântico	Alta	Pequena (0 a 100m)	Baixa a Média (<30%)	Convexa	Arredondados	Fechados	Não orientada	Assimétrico	Média	Baixa	Alta	Pequena	Alta	Médio	Escorregamentos
2 - Escarpas da Serra do Mar	Rochas Gnáissicas, Cataclastos e Milonitos em Escarpas	Média	Grande (>300m)	Alta (>30%)	Côncava/Retilínea	Angulosos	Fechados	Muito orientada	Assimétrico	Alta	Média	Alta	Média	Média	Alto	Queda de Blocos Rastejo Escorregamentos Erosão
3 - Serras Alongadas	Rochas Gnáissicas e Migmatitos em Serras Alongadas	Média	Média (100 a 300m)	Alta (>30%)	Côncava/Retilínea	Aplatinados/Angulosos	Fechados	Orientada	Muito Assimétrico	Alta	Média	Média	Média	Média	Alto	Queda de Blocos Rastejo Escorregamentos
4 - Morrotes e Morrotes Litorâneos	Rochas Gnáissicas e Migmatitos em Morrotes e Morrotes Litorâneos	Média	Média (100 a 300m)	Média (15-30%)	Côncava/Retilínea	Aplatinados/Angulosos	Fechados	Não orientada	Pouco Assimétrico	Média	Média	Média	Média	Média	Médio	Escorregamento
5 - Formação Pariqueira-Açu	Formação Pariqueira-Açu em depósitos nas bases de encostas	Média	Média (100 a 300m)	Média (15-30%)	Convexa	Arredondados	Abertos	Não orientada	Muito Assimétrico	-	Média	Média	Média	Alta	-	Erosão Contaminação do Aquífero
6 - Formação Cananéia	Formação Cananéia/Planície Costeira	Baixa	Pequena (0 a 100m)	Baixa (<5%)	-	-	Abertos	Não orientada	-	-	Média	Baixa	Grande	Alta	-	Erosão Contaminação do Aquífero
7 - Mangue	Mangue	Média	Pequena (0 a 100m)	Baixa (<5%)	-	-	Abertos	Não orientada	Muito Assimétrico	-	Média	Média	-	Alta	-	Inundação
8 - Sedimentos Marinheiros Litorâneos	Sedimentos Marinheiros Litorâneos/Planície Costeira	Baixa	Pequena (0 a 100m)	Baixa (<5%)	-	-	Abertos	Não orientada	-	-	Alta	Baixa	Grande	Média	-	Erosão costeira
9 - Sedimentos Quaternários	Sedimentos Quaternários em depósitos fluviolagunares e terraços marinhos	Baixa	Pequena (0 a 100m)	Baixa (<5%)	-	Aplatinados	Abertos	Não Orientada	Muito assimétrico	-	Alta	Baixa	Grande	Alta	-	Erosão Assoreamento Inundação/Enchente

