

ANDRÉ KAZUO ISHIKAWA

**CARTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA APLICADA AO
PLANEJAMENTO URBANO DA REGIÃO DO
CÓRREGO BERTINI, MUNICÍPIO DE AMERICANA -
SP**

Rio Claro – SP
2009

ANDRÉ KAZUO ISHIKAWA

**CARTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA APLICADA AO
PLANEJAMENTO URBANO DA REGIÃO DO
CÓRREGO BERTINI, MUNICÍPIO DE AMERICANA -
SP**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de
Formatura do Curso de Graduação em Engenharia
Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências
Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como
parte das exigências para o cumprimento da disciplina
Trabalho de Formatura no ano letivo de 2009.*

Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Rio Claro – SP
2009

628.092 Ishikawa, André Kazuo
I79c Carta geológico-geotécnica aplicada ao planejamento urbano da
região do córrego Bertini, município de Americana - SP / André Kazuo
Ishikawa. - Rio Claro : [s.n.], 2009
55 f. : il., figs., tabs., fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

1. Engenharia ambiental. 2. Carta geológico-geotécnica. 3.
Planejamento urbano. 4. Cartografia geotécnica. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS pelo dom da vida, pela saúde e força para superar as barreiras.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe (*in memoriam*) a quem devo muito amor e respeito, por ser a pessoa que mais acreditou e me apoiou durante toda a minha caminhada.

A meus irmãos e ao meu pai que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Ao amigo e orientador, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, pelo apoio, amizade, orientação, estímulo na elaboração do presente trabalho e pelo tempo despendido na leitura e correção do mesmo.

Aos meus amigos de república e ao pessoal da 3ª turma de Engenharia Ambiental, pela amizade e companheirismo durante os anos de graduação.

RESUMO

O presente trabalho teve como foco a aplicação de uma carta geológico-geotécnica ao planejamento urbano da região do córrego Bertini, área de expansão territorial do município de Americana (SP), uma cidade de médio porte do interior de paulista, com grande potencial para crescimento industrial e residencial. Para tal, baseou-se na metodologia criada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, na elaboração de cartas geológico-geotécnicas que visam expor as potencialidades e restrições do solo. Das análises das características semelhantes do solo, como a geologia, geomorfologia, declividade, ensaios geotécnicos e do atual uso e ocupação do solo foi possível reconhecer quatro unidades geotécnicas. As unidades I e III que estão relacionadas às áreas de topo e das vertentes côncavas e convexas da área de estudo, mostraram ser localidades de baixa restrição à ocupação. No entanto as unidades II e IV, alocadas respectivamente, na planície de inundação do Rio Piracicaba e as margens do Córrego Bertini e em algumas de suas drenagens, evidenciaram uma zona de maior restrição, devido a proximidade com os corpos de água e às drenagens que proporcionam maiores declives.

Palavras chave: Carta Geológico-Geotécnica, Cartografia Geotécnica, Americana, Planejamento Urbano.

ABSTRACT

This paper focuses on the implementation of a geological and geotechnical mapping to the planning of the region stream Bertini, territorial expansion area of the municipality of Americana (SP), a medium-sized city in the countryside of Sao Paulo state, with great potential for growth industrial and residential. To this end, based on the methodology established by the Institute for Technological Research, the charters geological and geotechnical aimed at exposing the capabilities and limitations of the soil. The analysis of similar soil characteristics such as geology, geomorphology, slope, geotechnical testing and the current use and land cover was possible to recognize four geotechnical units. The units I and III are related to areas of top and concave and convex parts of the study area, shown to be sites of low occupancy restriction. However the units II and IV, respectively allocated in the floodplain of the Piracicaba River and the banks of the stream Bertini and some of its drainage, showed a more restricted area due to proximity to water bodies and drainages that offer higher slopes.

Keywords: Geological-Geotechnical Mapping, Geotechnical Mapping, Americana, Urban Planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Limite da área de estudo, bairros e indústrias do local	18
Figura 2. Foto da empresa White Martins Gases Industriais localizada às margens da Av. Nicolau João Abdalla.	19
Figura 3. Foto da Goodyear Pneus às margens da Rodovia Anhangüera.	19
Figura 4. Foto da Hyousung Corporation às margens da Av. Nicolau João Abdalla.	20
Figura 5. Rio Piracicaba na porção norte da área de estudo.	20
Figura 6. Imagem do Córrego Bertini.	21
Figura 7. Execução da sondagem a percussão (SP-15) próxima à empresa White Martins	25
Figura 8. Detalhe de fragmentos de solo arenoso fino retirado no ponto de sondagem SP-15	26
Figura 9. Afloramento de arenito fino com matriz siltosa Formação Itararé (Unidade Superior – PCis I), às margens da Avenida Nicolau João Abdalla	26
Figura 10. Afloramento de arenito fino da Formação Itararé (Unidade Média – PCis I), às margens da Avenida Nicolau João Abdalla	27
Figura 11. Detalhe do afloramento citado na figura anterior, onde se pode observar arenito fino de coloração bege, levemente avermelhada, com laminação plano paralela	27
Figura 12. Detalhe da área de vertentes convexa e côncava (indicadas na foto) próximo a Av. Nicolau João Abdalla	30
Figura 13. Vista da Av. Nicolau João Abdalla de onde se pode ter uma visão das classes de relevo existentes	31
Figura 14. Presença de pequenos processos erosivos na Unidade IV, em área de APP do Córrego Bertini	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas das Sondagens SPT – <i>Standard Penetration Test</i> e as unidades litológicas na qual cada uma delas esta alocada	24
Tabela 2. Coordenadas das sondagens e Nível de Água (N.A.) encontrado	34
Tabela 3. Caracterização das Unidades Geotécnicas encontradas na área da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bertini	38

ANEXOS

Anexo A. Mapa Geológico da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bertini – Americana (SP), na escala 1:16.000	43
Anexo B. Mapa Geomorfológico da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bertini – Americana (SP), na escala 1:16.000	44
Anexo C. Boletins das Sondagens – <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	45

APÊNDICES

Apêndice A. Mapa de declividade da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bertini – Americana (SP), na escala 1:16.000	46
Apêndice B. Carta Geológico-Geotécnica da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bertini – Americana (SP), na escala 1:10.000	47

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS E PRODUTOS A SEREM OBTIDOS.....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1 Conceitos e Aplicações das Cartas Geotécnicas.....	11
3.2 Tipos de cartas geotécnicas	12
3.3 Metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT	13
4. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO	15
4.1 Levantamento Bibliográfico e Análise de Mapas Temáticos e Fotografias Aéreas.....	15
4.2 Estabelecimento Preliminar das Unidades Geotécnicas.....	15
4.3 Análise das Sondagens – SPT (<i>Standard Penetration Test</i>).....	16
4.4 Elaboração Final da Carta Geológica-Geotécnica.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5.1 Caracterização da Área de Estudo	17
5.1.1 Localização e descrição da área.....	17
5.1.2 Geologia regional	21
5.1.3 Geologia local.....	22
5.1.4 Geomorfologia regional.....	27
5.1.5 Geomorfologia local	28
5.1.6 Declividade	31
5.2 Unidades Geotécnicas.....	33
5.2.1 Unidade I	34
5.2.2 Unidade II.....	35
5.2.3 Unidade III.....	35
5.2.4 Unidade IV	36
5 CONCLUSÕES	39
6. CONCLUSÕES	39
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

O uso e ocupação inadequados do solo, devido às falhas ou inexistência de planejamento territorial, refletem a realidade de grande parte dos municípios brasileiros que não determinam as melhores áreas para seu desenvolvimento urbano, ficando estes, condicionados ao crescimento desordenado podendo desencadear inúmeras problemáticas econômicas, sociais e ambientais. Outro agravante deste tipo de ocupação é o desenfreado aumento populacional observado nas últimas décadas.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), a população urbana da região Sudeste passou de 48% na década de 1950 para 91% registrado no último censo demográfico realizado no ano 2000. Levando em consideração os dados apresentados para todas as regiões, o crescimento urbano é ainda mais acentuado, passando de 36% para 81% durante o mesmo período.

No município de Americana a população está inserida quase que totalmente nas áreas urbanas. Já na década de 1940, o município detinha 99,79% de sua população em área urbana, tendo praticamente mantido essa percentagem de acordo com a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2007), no entanto, a área urbanizada passou de 10 km² para 86 km² durante o mesmo período (PREFEITURA DE AMERICANA, 2009).

A associação da rápida expansão da população urbana, com a inexistência ou um inadequado planejamento territorial tende a acarretar indesejados reflexos na qualidade de vida de boa parte da população de alguns municípios brasileiros. Existem inúmeros exemplos da mal sucedida ocupação, bem como os prejuízos ocasionados pela escolha errada de locais para instalação de empreendimentos, descrevendo graves desequilíbrios ambientais decorrentes.

Alguns instrumentos são muito importantes no auxílio de um planejamento urbano adequado, norteando as melhores áreas em função dos usos a serem destinados. Um destes instrumentos, que envolve algumas características do meio físico, é a Carta Geológico-Geotécnica que traz importantes informações com o objetivo de auxiliar não somente no planejamento, mas também na execução de obras civis e na conservação do meio ambiente.

A carta Geológico-Geotécnica congrega os resultados analisados dos aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, das intervenções do meio ambiente no solo e ensaios geotécnicos, fornecendo desta forma, subsídios para interpretação de dados do meio físico, visando definir as melhores condições de uso do solo e auxiliando no planejamento decorrente da urbanização.

De um modo geral, as administrações públicas têm apresentado ações corretivas e emergenciais atuantes nos problemas enfrentados nos núcleos urbanos, sendo que esta alternativa tenderá a reduzir gradativamente este tipo de ação, até que se possa ter uma atitude pró-ativa, focando as medidas de caráter preventivo, principalmente com o planejamento ordenado do desenvolvimento urbano.

Neste contexto, o presente trabalho focou-se na elaboração de uma Carta Geológico-Geotécnica da sub-bacia hidrográfica do Córrego do Bertini, município de Americana (SP), visando dar subsídio das características físicas desta área. E agregando informações a outros instrumentos utilizados na análise do meio físico visando um melhor planejamento de futuras ocupações.

2. OBJETIVOS E PRODUTOS A SEREM OBTIDOS

O presente estudo teve como objetivo principal aplicar uma Carta Geológico-Geotécnica ao planejamento territorial na porção norte do município de Americana (SP), na região do Córrego Bertini.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Estabelecer unidades geotécnicas, de modo a reunir características semelhantes do solo considerando os aspectos geológicos, geomorfológicos, intervenções antrópicas e análise dos dados de sondagens *SPT – Standard Penetration Test*;
- Identificar e analisar locais com ocorrência de processos geológicos atuantes, especialmente, erosão, movimentos de massa e inundações;
- Caracterizar o meio físico identificando suas potencialidades e restrições perante as necessidades enfrentadas pelo uso e ocupação do solo decorrente.

A carta Geológico-Geotécnica é o produto final deste estudo, reunindo todos os resultados obtidos durante os levantamentos, incluindo os perfis das sondagens observadas e os textos que caracterizam cada unidade geotécnica em função das potencialidades e possíveis restrições à ocupação existentes no local.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Conceitos e Aplicações das Cartas Geotécnicas

Na cartografia os termos carta e mapa são utilizados para documentos gráficos utilizados para as mais diversas finalidades, que reúnem informações pertinentes a um ou mais aspectos dos meios físico, biótico e antrópico. Estes termos são por muitas vezes utilizados como sinônimos, no entanto, de acordo com a definição de Zuquette (2004, p. 15), “Mapa é o registro de dados obtidos de um determinado aspecto do ambiente em questão, sem interpretação, e carta refere-se a um documento cartográfico com representação das informações, ou seja, das interpretações e associações dos dados contidos nos mapas”.

O autor exhibe que mapas são documentos gráficos que registram informações fundamentais do meio, e cartas são aquelas mais específicas que registram e dão subsídio à interpretação, sendo estas elaboradas a partir de atributos registrados nos mapas. Assim uma carta é na verdade um mapa mais detalhado e de maior escala. No âmbito da cartografia geotécnica, o autor faz-se das mesmas definições para os termos, carta geotécnica e mapa geotécnico.

Em contrapartida Cerri *et al* (1996) apud Zaine (2000, p. 19) destaca que:

“[...] uma carta geotécnica embute necessariamente, uma interpretação no estabelecimento dos limites espaciais de determinada(s) característica(s) ou atributos(s) do meio físico geológico ante o objetivo do trabalho, independentemente da escala de representação cartográfica escolhida”.

Sendo assim a elaboração de cartas e/ou mapas geotécnicos também dependem do toque pessoal do profissional elaborador, e não somente do nível de detalhamento proveniente de uma escolha da escala de representação gráfica. Para o presente trabalho as definições de carta e mapa geotécnico serão utilizadas indistintamente, uma vez que esta análise não corresponde aos objetivos do trabalho.

As cartas geotécnicas, segundo Cerri *et al* (1990) apud Zaine (2000), visam atingir as mais diversas finalidades, como a melhor utilização do espaço físico disponível, melhoria na proteção dos recursos naturais, estabelecimento de critérios técnicos para a expansão da ocupação e a recuperação de áreas degradadas por ocupação desordenada, podem garantir a segurança de edificações e orientar estudos específicos para obras de engenharia. As cartas geotécnicas podem ser classificadas conforme sua finalidade e seu nível de detalhamento desejado (CERRI *et al* apud ZAINÉ, 2000, p. 38):

- Genéricas: caráter apenas indicativo e orientador, subsidiando assim, o planejamento do uso e ocupação do terreno;
- Específicas: determinadas e restritas, impondo a projetos, formas mais adequadas de uso e ocupação do solo e/ou a necessidade de determinados tipos de obras de engenharia.

O país detém hoje cerca de 165 milhões de habitantes residentes em áreas urbanas (IBGE, 2009), e é neste cenário que as cartas geotécnicas podem ser um instrumento importante, quando o assunto é a melhor utilização do espaço físico dentro das cidades. No caso da cidade de Americana, uma cidade de médio porte com cerca de 200 mil habitantes e ainda um vasto território a ser ocupado, cerca de 45 km² de área disponível (PREFEITURA DE AMERICANA, 2009), a aplicação deste tipo de instrumento seria de grande valia para o município, uma vez que este se caracteriza por ser um grande pólo industrial e têxtil com grande potencial de crescimento urbano.

3.2 Tipos de cartas geotécnicas

No Brasil existem diversos trabalhos desenvolvidos no ramo da cartografia geotécnica, um destes importantes estudos é o desenvolvido pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, que elaborou trabalhos baseados em problemas específicos, relativos ao meio físico e voltado para solução rápida. Como resultado destes estudos, o IPT, que se baseia na metodologia de Prandini *et. al.* (1995) apud Zuquette (2004), obteve produtos cujas denominações foram agrupadas da seguinte forma:

- a) *Cartas geotécnicas propriamente ditas* – expõe limitações e potencialidades dos terrenos e definem diretrizes de ocupação para um ou mais usos do solo;
- b) *Cartas de risco* – destacam a avaliação de dano potencial à ocupação, diante de uma ou mais características ou fenômenos naturais ou induzidos por essa mesma ocupação;
- c) *Cartas de suscetibilidade* – têm gradações de probabilidade de desencadeamento de um ou mais fenômenos naturais ou induzidos pela ocupação;
- d) *Cartas de atributos ou de parâmetros* – limitam-se à distribuição espacial de uma ou mais características do terreno.

Existem ainda outros trabalhos que definem termos a serem empregados na denominação de diferentes tipos de cartas e/ou mapas geotécnicos, no entanto há similaridade entre muitos destes estudos apresentados, como os documentos cartográficos citados por Zaine (2000) denominados por Bitar *et al.* (1992) como “Carta geotécnica convencional”, por Cerri (1990) como “Carta geotécnica clássica”, e por Zuquette (1987) e Aguiar (1994) como “Mapa geotécnico”.

3.3 Metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT

O presente estudo teve como base a metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (NAKAZAWA *et al.*, 1991 e PRADINI *et al.*, 1995 apud ZAINÉ, 2000) para elaboração de uma carta geotécnica propriamente dita, por esta ter como objetivo expor as potencialidades e limitações dos terrenos, norteando o uso e ocupação do solo.

A metodologia do IPT propõe um método que tem como finalidade caracterizar o meio físico (uso e ocupação, dinâmica dos processos, recursos e problemas), identificando causas e conseqüências de problemas existentes ou esperados. Zaine (2000, p. 34) descreve que tal metodologia esta fundamentada em:

• **Mapeamento e compartimentação:**

1. estabelecimento das características do meio físico e seus processos;
2. obtenção de informações geográficas, dando ênfase ao intemperismo;
3. homogeneização da área em próprias e perigosas e os principais usos e ocupação.

Conforme Pradini *et al* (1995) apud Zaine (2000, p. 34), a metodologia adotada pelo IPT segue os seguintes procedimentos:

• **Formulação de uma hipótese/modelo inicial orientador:** identificação objetiva dos recursos e problemas existentes ou esperados, pelo conhecimento da dinâmica da ocupação local; envolve o conhecimento das solicitações e transformações inerentes às formas de uso do solo, e dos elementos fundamentais dos processos e comportamentos da geologia, geomorfologia e da geotecnia local; este proporciona um esboço fisiográfico primário dos terrenos, do ponto de vista de seu uso, resultando em um primeiro ensaio de compartimentação ante os problemas e recursos esperados;

- **Análise fenomenológica e de desempenho:** análise e identificação das causas e do desenvolvimento dos fenômenos ou situações geradoras dos problemas previamente detectados, estabelecendo as características fisiográficas de interesse para a ocupação;

- **Mapeamento e compartimentação:** estabelecimento das principais evidências acessíveis à investigação das características de interesse, fixando critérios de correlação, extrapolação e interpolação das diversas áreas de conhecimento, resultando na configuração espacial da distribuição de tais características. Orientação das informações e expressões geográficas das características de interesse, através de operações de coleta e análise das informações; reconhecimento/mapeamento, por sensoriamento remoto, levantamentos de campo, investigações laboratoriais e in situ; compartimentação homogênea, segundo a maior probabilidade de ocorrência de problemas, ou as características de interesse, ou as unidades homogêneas, quanto à aptidão a determinada forma de uso e ocupação, bem como a minimização de possíveis efeitos;

- **Representação:** apresentação dos resultados de modo a facilitar o acesso ao público interessado.

4 MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

Para alcançar os objetivos propostos no trabalho, o método utilizado baseou-se na metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, na execução de mapeamento e cartografia geotécnica, de modo que as atividades realizadas foram divididas da seguinte forma.

4.1 Levantamento Bibliográfico e Análise de Mapas Temáticos e Fotografias Aéreas

A pesquisa bibliográfica levantou as principais características do meio físico da área, para correlacionar estes dados, entre eles a geologia, geomorfologia e as intempéries atuantes do meio no solo.

Para tanto, além da consulta ao acervo bibliográfico da biblioteca da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), campus de Rio Claro, foram utilizados mapas temáticos, como os mapas geológico e geomorfológico, fotografia aérea e cartas topográficas, visando à interpretação preliminar e confirmação de informações da área estudada. A seguir são relacionados os materiais cartográficos usados no trabalho:

- Carta Topográfica IGC Folha Rayon-Fibra S/A: SF-23-Y-A-V-1-SE-C, 1979 (articulação 71-94) – escala 1:10.000;
- Carta Topográfica IGC Folha Americana I: SF-23-Y-A-V-1-SE-D, 1979 (articulação 71-95) – escala 1:10.000;
- Carta Topográfica IGC Folha Americana II: SF-23-Y-A-V-1-SE-E, 1979 (articulação 72-94) – escala 1:10.000;
- Carta Topográfica IGC Folha Americana III: SF-23-Y-A-V-1-SE-F, 1979 (articulação 72-95) – escala 1:10.000;
- Mapa Geológico da Folha Limeira - escala 1:50.000 – ano 1980 (referência SF-23-M-IV-1), elaborado por Unesp/DAEE (1980);
- Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, na escala 1:1.000.000, elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo, no ano de 1981.
- Fotografia aérea na escala 1:30.000 (Obra-917 – Base S.A. – Faixa: 28A - Foto: 8816, de 07/08/05, latitude 22° 42' 36" S e longitude 47° 19' 00" W F.152.741)

4.2 Estabelecimento Preliminar das Unidades Geotécnicas

O estabelecimento preliminar das unidades geotécnicas foi feito pela análise dos resultados obtidos da etapa anterior, caracterizando as unidades de acordo com os seguintes atributos: características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas, declividade do terreno, cobertura de material inconsolidado, processos geológicos e problemas ambientais.

A finalidade foi a de formular um prévio exemplar, contendo as unidades geotécnicas, com o objetivo de orientar na identificação de problemas pré-existentes ou esperados na área estudada, pelo conhecimento da dinâmica local. Nesta etapa foram definidos os tipos de unidades e quais as suas características mais importantes para definir as áreas com maiores e menores restrições à ocupação.

4.3 Análise das Sondagens – SPT (*Standard Penetration Test*)

Com as unidades geotécnicas estabelecidas utilizou-se dos dados obtidos das sondagens *SPT – Standard Penetration Test*, tais como a profundidade do nível de água (N.A.), a geologia encontrada e a espessura das camadas de solo encontradas, para concretizar as características de cada unidade, uma vez que os dados deram subsídio mais detalhado para definição das unidades geológico-geotécnicas, realizando adequações ao modelo prévio estabelecido na etapa anterior.

4.4 Elaboração Final da Carta Geológica-Geotécnica

O produto final desta etapa foi a carta geológico-geotécnica na escala 1:10.000, juntamente com os perfis dos resultados geotécnicos analisados, os textos de caracterização de cada unidades geotécnica e a identificação de algumas limitações e potencialidades impostas pelo uso urbano do solo.

Para a elaboração da carta geológico-geotécnica utilizou-se dos mapas vetorizados no *software ArcGIS 9.2* (mapa geológico, geomorfológico e de declividade) e do cruzamento das informações destes mapas, juntamente com as informações de campo levantadas, foram então definidas as áreas que ilustravam as características do solo colhidas nas etapas anteriores. Gerando assim a carta no *software ArcGIS 9.2*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da Área de Estudo

5.1.1 Localização e descrição da área

O acesso dentro do município de Americana pode ser feito, a partir do centro da cidade, pelas Avenidas Bandeirantes, Carioba e, posteriormente, Nicolau João Abdalla. Também pode ser feita pelas Avenidas da Saudade e Paschoal Ardito até a Rodovia Anhanguera.

A área do presente estudo localiza-se na porção central do Estado de São Paulo, mais precisamente no município de Americana, localizado a 129 km da capital. A área tem cerca de 7 km² e está localizada ao norte do município, tendo a Rodovia Anhangüera como limite a leste, o Rio Piracicaba ao norte e as Vilas Margarida e Belvedere a oeste e a sul, respectivamente. O acesso à área em questão deve ser feito diretamente pela Rodovia Anhanguera (SP-330) até o trevo de acesso a Avenida Nicolau João Abdalla ou ainda, pela Rodovia dos Bandeirantes (SP-348) até o município de Santa Bárbara d'Oeste, onde pega-se a direita a Rodovia Luiz de Queiroz (SP-304) e, posteriormente, a Rodovia Anhanguera até o trevo citado anteriormente.

O acesso à localidade por dentro do município de Americana deve ser feito, a partir do centro da cidade, pelas Avenidas Bandeirantes, Carioba e, posteriormente, Nicolau João Abdalla, ou ainda, pode ser feito pelas Avenidas da Saudade e Paschoal Ardito até a Rodovia Anhanguera.

A área caracteriza-se por apresentar algumas indústrias, entre elas a Goodyear Pneus e a White Martins Gases Industriais, além de alguns bairros residenciais e áreas verdes. A **Figura 1** ilustra o limite da área de estudo e os principais bairros e indústrias.



Figura 1. Limite da área de estudo, bairros e indústrias do local.

Na área em questão existem algumas indústrias, como a White Martins Gases Industriais, Goodyear Pneus e a Hyosung (**Figura 2** a **Figura 4**), além de outras indústrias alocadas nos bairros próximos à mesma. As indústrias estão presentes em uma região de expansão industrial do município (presença de loteamentos industriais), no entanto também existem bairros residenciais dentro da área da sub-bacia e no seu entorno, em geral ao sul da área de estudo, entre eles os bairros Campo Verde, Vila Margarida e Vila Belvedere.

Na localidade há também áreas verdes nas proximidades dos corpos de água (Rio Piracicaba e Córrego Bertini – **Figuras 5 e 6**) e alguns bairros residenciais. Nestes bairros há presença de ruas e avenidas pavimentadas, o que ocasiona a impermeabilização do solo, bem como se observa dentro de algumas plantas industriais. Ao norte da área encontra-se o Rio Piracicaba um dos três principais rios da bacia hidrográfica ao qual o município está inserido, a Bacia Hidrografia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ).



Figura 2. Foto da empresa White Martins Gases Industriais localizada às margens da Av. Nicolau João Abdalla.



Figura 3. Foto da Goodyear Pneus às margens da Rodovia Anhangüera.



Figura 4. Foto da Hyosung Corporation às margens da Av. Nicolau João Abdalla.



Figura 5. Rio Piracicaba na porção norte da área de estudo.



Figura 6. Imagem do Córrego Bertini.

5.1.2 Geologia regional

A geologia do Estado de São Paulo é formada pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná, depressão deposicional que cobre, aproximadamente 75% do território do Estado, e os outros 25% são cobertos pelo Planalto Atlântico, por rochas cristalinas pré-cambrianas e depósitos cenozóicos (MACHADO, 2005).

Na região do município de Americana ocorre em geral um grande domínio geológico de rochas sedimentares, de litologia mais branda, com baixas resistências mecânicas e de boa compactação (CETEC, 2000; SHS, 2006).

A Bacia Sedimentar do Paraná é representada na região do município de Americana pelos Grupos Tubarão (formações Itararé e Tatuí), Passa-Dois (formações Irati e Corumbataí), São Bento (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral).

Na classificação o Grupo Tubarão engloba as formações Itararé e Tatuí, que podem ser descritas da seguinte forma (CETEC, 2000; SHS, 2006):

- Formação Itararé (Neocarbonífero): é formada por arenitos de granulação variada, conglomerados e sedimentos mais finos: siltitos, folhelhos, ritmitos (varvitos) e tilitos, que são encontrados sobre as superfícies erosivas entalhadas nas rochas cristalinas. Apesar de essa Formação ser constituída, quase que inteiramente, por

sedimentos clásticos, localmente podem ocorrer finas camadas de carvão e de calcário.

- Formação Tatuí (Eopermiano): ocorre em uma faixa estreita que acompanha a Formação Irati (Grupo Passa Dois). A base desse pacote sedimentar apresenta relações de discordância com a Formação Itararé. É constituída com predominância por siltitos e arenitos finos (em parte concrecionados), e secundariamente ocorrem camadas de arenitos, calcários, folhelhos e sílex.

O Grupo Passa Dois é representado pelas formações Irati e Corumbataí (CETEC, 2000; SHS, 2006):

- Formação Irati (Neopermiano): encontrada numa estreita faixa recobrando a Formação Tatuí (Grupo Tubarão). É composta por siltitos, argilitos e folhelhos, além dos folhelhos pirobetuminosos em alternância rítmica com calcários e arenitos conglomeráticos na base.
- Formação Corumbataí (Neopermiano): composta por argilitos, folhelhos, silixitos, camadas de arenitos finos e siltitos com intercalações de bancos carbonáticos.

Já o Grupo São Bento compreende as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral (CETEC, 2000; SHS, 2006):

- Formação Pirambóia (Neotriássico): constituída por arenitos esbranquiçados, avermelhados e amarelados, médio a muito finos, síltico-argiloso, com grãos polidos e com intercalações de finas camadas de argilitos e siltitos, de estratificação cruzada ou plano-paralela.
- Formação Botucatu (Eojurássico): apresenta contatos concordantes ou transicionais com a Formação Pirambóia. Esta formação é constituída quase que inteiramente por arenitos avermelhados de granulação fina a média e alta esfericidade, exibindo estratificação cruzada de médio a grande porte. O ambiente de deposição destes arenitos é tipicamente desértico, com forte influência eólica.
- Formação Serra Geral é representada pelas rochas intrusivas (sills e diques) e pelas rochas vulcânicas. Ocorrendo em formas de derrame, os basaltos (rochas efusivas) possuem composição toleítica e coloração cinza a negra. Estão associados a essas rochas, principalmente em seus níveis inferiores, arenitos intertrapeanos da Formação Botucatu, além das rochas intrusivas (diabásio) na forma de sills e diques, com tendência a formar corpos pequenos e alongados orientados segundo a direção nordeste.

5.1.3 Geologia local

Para descrição da Geologia que ocorre na sub-bacia hidrográfica do Córrego Bertini, foi elaborado o Mapa Geológico (**Anexo A**), na escala 1:16.000 pelo *software* ArcGIS 9.2 com base na informação do Mapa Geológico da Unesp/DAEE (1980), na escala 1:50.000, além das informações obtidas das sondagens SPT (*Standard Penetration Test*). O seguinte mapa foi utilizado como base de informação:

- Mapa Geológico da Folha Limeira - escala 1:50.000 – ano 1980 (referência SF-23-m-IV-1), elaborado por Unesp/DAEE (1980);

No Mapa Geológico elaborado foram apresentadas as unidades geológicas encontradas na área da sub-bacia hidrográfica. Em toda extensão da área do estudo, foram encontradas duas unidades litológicas da Formação Itararé classificadas no Mapa Geológico elaborado pela Unesp/DAEE (1980), como PCis I (Unidade Superior) e PCim II (Unidade Média). Descritas da seguinte forma:

- Superior (PCis I): formada por arenitos finos a grosseiros e lamitos.
- Média (PCim II): constituída por arenitos finos, siltitos e lamitos.

Dos resultados obtidos das sondagens SPT (*Standard Penetration Test*), listadas na **Tabela 1** e plotadas no Mapa Geológico (**Anexo A**), alocadas em ambas as unidades litológicas da Formação Itararé, demonstraram a presença de areia fina e silte, variando de areno argiloso a argilo arenoso, de coloração variada (vermelha clara a escura, cinza clara ou amarela clara), além de algumas frações de argila nas camadas mais superficiais (solo de boa compactação), que variaram de poucos centímetros a alguns metros, atingindo espessura máxima de 2,90 metros na SP-08 (conforme os perfis das sondagens - **Anexo C**).

Ainda foram encontradas a intercalações das camadas de solo, confirmando assim a descrição apresentada por Cottas *et al* (1981) apud Lima (1997, p. 27), que descreve a unidade Itararé I como uma associação litológica bastante variável, com freqüentes intercalações de lamitos, arenitos finos, médios e mais raramente de arenitos grosseiros, e ainda a descrição dada pelo Mapa Geológico de Limeira, elabora pela Unesp/DAEE (1980), que descreve a PCis I como uma unidade formada por arenitos finos a grosseiros e lamitos.

A seguir é apresentada uma descrição sintética dos resultados destas sondagens:

- Camada de solo argiloso silto-arenoso, de coloração que varia de marrom a cinza e consistência entre muito mole (níveis mais superficiais). Essa camada tem profundidades entre 2,80m (SP-14) e 4,50m (SP-20).
- Camada de solo silto argiloso a pouco argiloso, e localmente com níveis arenosos, de coloração marrom a cinza e consistência média a dura. Apresentadas nas sondagens, com espessuras que variam de 2,20m (SP-13) a 4,00m (SP-18);
- Camada de solo arenoso de granulometria fina a muito fina, com matriz siltosa, coloração marrom e, em geral, compacta a muito compacta. Nessa camada é onde se localiza o impenetrável, o qual varia de 4,70m (SP-14) a 12,09m (SP-18). A espessura dessa camada antes do impenetrável está entre 0,40m a 4,60m.

De acordo com Souza Filho (1986) apud Lima (1997, p.31) na área existem também afloramentos de rochas intrusivas básicas formadas por diabásios principalmente em forma de sills e diques, ocorrendo muitas vezes na forma de blocos de matacões com tamanhos variáveis, podendo ser centimétrico a métrico, ou ainda em forma de blocos tabulares desenvolvendo encostas bastante resistentes. No entanto não foi encontrado nenhum tipo de afloramento destas rochas na área de estudo.

O solo da Formação Itararé (PCis I e PCim II), que ocupa toda a extensão da área da sub-bacia contém, de acordo com Lima (1997) uma associação litológica bastante variável, representada predominantemente por lamitos (associação de argila e silte) maciços e com seixos geralmente angulosos de extrema resistência como o quartzito e a gnaiss. Além da intercalação plano paralela dos arenitos finos, médios e grossos, que formam pacotes maciços e resistentes de solo.

Tabela 1. Coordenadas das Sondagens SPT – *Standard Penetration Test* e as unidades litológicas na qual cada uma delas esta alocada.

Sondagem N°	Coordenada UTM E	Coordenada UTM S	Unidade litológica – Formação Itararé	
			PCis I	PCim II
01	262.642	7.488.049	X	
02	262.482	7.488.408		X
03	262.337	7.488.494		X
04	262.256	7.488.750		X
05	262.303	7.488.281		X
06	262.037	7.488.433		X
07	262.096	7.487.999	X	
08	262.102	7.487.738	X	

Tabela 1. Coordenadas das Sondagens SPT – *Standard Penetration Test* e as unidades litológicas na qual cada uma delas esta alocada.

Sondagem N°	Coordenada UTM E	Coordenada UTM S	Unidade litológica – Formação Itararé	
			PCis I	PCim II
09	262.898	7.487.858	X	
10	261.797	7.488.086		X
11	261.697	7.488.194		X
12	261.575	7.487.818		X
13	262.335	7.487.691	X	
14	262.271	7.487.784	X	
15	262.327	7.487.814	X	
16	262.310	7.487.925	X	
17	262.403	7.488.173	X	
18	262.770	7.487.583	X	
19	262.345	7.488.005	X	
20	262.463	7.487.725	X	



Figura 7. Execução da sondagem a percussão (SP-15) próxima à empresa White Martins.



Figura 8. Detalhe de fragmentos de arenito fino retirado no ponto de sondagem SP-15.



Figura 9. Afloramento de arenito fino com matriz siltosa Formação Itararé (Unidade Superior – PCis I), às margens da Avenida Nicolau João Abdalla.



Figura 10. Afloramento de arenito fino da Formação Itararé (Unidade Média – PCis I), às margens da Avenida Nicolau João Abdalla.



Figura 11. Detalhe do afloramento citado na figura anterior, onde se pode observar arenito fino de coloração bege, levemente avermelhada, com laminação plano paralela.

5.1.4 Geomorfologia regional

A compartimentação geomorfológica do Estado de São Paulo compreende cinco províncias, sendo: Província Litorânea, Planalto Atlântico, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental (IPT, 1981).

A região do município de Americana está basicamente inserida em dois desses compartimentos presentes no Estado, denominados como, Depressão Periférica e Cuestas Basálticas, que podem ser descritos como (CETEC, 2000):

- Depressão Periférica: área localizada entre as Cuestas e o Planalto Atlântico é constituída por uma faixa de aproximadamente 50 km de largura, apresentando vales amplos e suaves. Esta província corresponde a uma faixa de ocorrência de seqüências sedimentares infra-basálticas paleozóicas e mesozóicas encontradas no Estado de São Paulo, incluindo áreas descontínuas de corpos intrusivos, sob a forma de diques e “sills” de diabásio, além de pequenas áreas de rochas pré-cambrianas que também são encontradas;
- Cuestas Basálticas: tidas como uma das mais marcantes formas do relevo paulista, são sustentadas por rochas basálticas da Formação Serra Geral e suportadas por rochas arenosas da Formação Botucatu.

O município de Americana encontra-se na Depressão Periférica, inserida na Zona do Médio Tietê, e é formada por rochas sedimentares da Formação Irati e Corumbataí, e intrusões basálticas da Formação Serra Geral (CETEC, 2000), no caso da área em questão ocorre também o afloramento da Formação Itararé.

Na área de domínio da Depressão Periférica e das Cuestas Basálticas o que predomina são as colinas amplas, colinas médias, morrotes alongados paralelos, morrotes alongados espigões e em algumas áreas, pequenos platôs basálticos, que são as mesas basálticas, feições que terminam em escarpas com relevos de transição do tipo encostas com *canions* locais ou escarpas festonadas (CETEC, 2000).

5.1.5 Geomorfologia local

Para caracterização geomorfológica da área de estudo foi elaborado um Mapa Geomorfológico (**Anexo B**), na escala 1:16.000 utilizando o *software* ArcGIS 9.2, considerando a interpretação de fotografia aérea na escala 1:30.000 (Obra-917 – Base S.A. – Faixa: 28A - Foto: 8816, de 07/08/05, latitude 22° 42' 36" S e longitude 47° 19' 00" W

F.152.741), observações de campo e usando informações do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981).

Considerando a classificação geomorfológica do IPT (1981), a área da sub-bacia do córrego Bertini está situada na unidade 212, que se refere a: Relevo de degradação, em planaltos dissecados, relevo colinoso, colinas amplas: onde predominam baixas declividades, até 15%, e amplitudes locais inferiores a 100 metros. Relevo de colinas amplas com predomínio de inteflúvios com área superior a 4km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. O município de Americana apresenta uma altitude média de 545 metros, sem grandes elevações geomorfológicas marcantes.

No entanto para elaboração do Mapa Geomorfológico (**Anexo 02**), considerou-se as seguintes classes de relevo local: Planícies de Inundação (Pi), Vertentes Retilíneas (Vr), Vertentes Côncavas (Vcv), Vertentes Convexas (Vcx) e Áreas Planas de Colinas Amplas (PL).

Todas essas classes ocorrem na área do estudo, possuindo as seguintes características:

- Planícies de Inundação (Pi): relevo associado à planície do Rio Piracicaba, em especial a sua Área de Preservação Permanente (APP). Não apresenta condições para ocupação urbana, devendo ser destinada para a preservação ambiental.
- Vertentes Retilíneas (Vr): ocorrem nos divisores de águas das subacias locais, entre as maiores cotas altimétricas, apresentando condições adequadas para ocupação urbana.
- Vertentes Côncavas (Vcv): abrangem as áreas no entorno de alguns pequenos afluentes do Rio Piracicaba e algumas drenagens, que compõe área do estudo. Estão associados a APP dessas drenagens e áreas adjacentes, onde há concentração maior de águas pluviais. E devido a essa maior umidade, há uma tendência de formar concentrações florestais mais intensas, em especial nas áreas que ainda não foram impactadas pela ocupação urbana. As áreas fora de APP apresentam possibilidade de ocupação urbana, contudo com atenção especial para a rede de drenagens de águas pluviais, que devem possuir medidas de controle de energia das mesmas.
- Vertentes Convexas (Vcx): recobre a maior parte da área da sub-bacia, apresentando declividades médias a baixas, mas com características adequadas à ocupação urbana. As águas pluviais têm uma maior velocidade de escoamento

superficial, confluindo para as áreas com vertentes côncavas e planícies de inundação.

- Áreas Planas de Colinas Amplas (PL): abrangem, principalmente, divisores de águas da sub-bacia, com as maiores cotas altimétricas. Ocorre ao sul da Av. Nicolau João Abdalla e à sudeste da área, apresentando ótimas condições de relevo para ocupação urbana, devido praticamente não haver a necessidade de terraplenagem.



Figura 12. Detalhe da área de vertentes convexas e côncavas (indicadas na foto) próximo a Av. Nicolau João Abdalla.



Figura 13. Vista da Av. Nicolau João Abdalla de onde se pode ter uma visão das classes de relevo existentes.

5.1.6 Declividade

Para o estabelecimento das classes de declividade, foi elaborado um mapa de declividade (**Apêndice A**) na escala de 1:16.000, para tal, utilizou-se os mapas vetorizados contendo as cotas topográficas da área de estudo, o que possibilitou a geração do mapa através do *Software* ArcGIS 9.2.

Como base para a vetorização das cotas topográficas foram utilizadas as cartas topográficas do IGC (1979):

- Carta Topográfica IGC Folha Rayon-Fibra S/A: SF-23-Y-A-V-1-SE-C, 1979 (articulação 71-94) – escala 1:10.000;
- Carta Topográfica IGC Folha Americana I: SF-23-Y-A-V-1-SE-D, 1979 (articulação 71-95) – escala 1:10.000;
- Carta Topográfica IGC Folha Americana II: SF-23-Y-A-V-1-SE-E, 1979 (articulação 72-94) – escala 1:10.000;

- Carta Topográfica IGC Folha Americana III: SF-23-Y-A-V-1-SE-F, 1979 (articulação 72-95) – escala 1:10.000;

As declividades foram estabelecidas em 4 classes, considerando a porcentagem de inclinação do terreno. Classificação esta baseada em Lima (1997), de acordo com as propostas apresentadas por Janjic e Stepanovic (1974), sendo aplicada principalmente em projetos de ocupação urbana.

As declividades mais baixas, com declives menores do que 5% estão relacionadas às planícies aluvionares do Rio Piracicaba, e as áreas de topo onde se pode encontrar as plantas industriais das empresas White Martins e Goodyear, além dos bairros Vila Bertini e Campo Verde.

As áreas de topo com declividade $< 5\%$ apresentam-se muito adequadas a ocupação urbana, devido a maior estabilidade do terreno, em geral já existem instalações de empresas de grande porte e indústrias locadas em loteamentos industriais, como é caso da Goodyear. No entanto a localização desta indústria pode também apresentar maiores riscos ambientais por estar locada nas proximidades de um divisor de águas, caso esta não tome as devidas precauções de segurança. Já na área da planície aluvionar do Rio Piracicaba, apesar do baixo declive, a ocupação nesta área não é adequada, já que a área está totalmente suscetível a inundações e processos erosivos.

Nesse contexto, foram obtidos os seguintes resultados de acordo com as classes de declividades em porcentagem (Verificar Mapa de Declividade – **Apêndice A**):

- 1- $D \leq 5\%$: ocupam a maior parte de toda a área de estudo, apresentando grandes zonas adequadas à ocupação urbana. Ocorrência de grande indústrias no local com a GoodYear Pneus.
- 2- $5 < D \leq 10\%$: essas áreas ocorrem distribuídas de forma geral em toda a sub-bacia hidrográfica do córrego Bertini, sendo que sua distribuição esta mais acentuada ao longo do córrego, nas áreas mais elevadas de vertentes côncavas em sua maioria. Também são áreas que apresentam condições muito adequadas para ocupação urbana
- 3- $10 < D \leq 20\%$: são as áreas cuja declividade está associada à proximidade com os cursos de água e drenagens distribuídas por boa parte da área de estudo. Por envolver este tipo de terreno, esta é a faixa de declive que abrange a Área de Preservação Permanente (APP) do Córrego e de grande parte das drenagens

existentes na área. A ocupação urbana nessas áreas pode ser efetuada, com atenção especial para o escoamento das águas pluviais.

- 4- $D > 20\%$: essa classe de declividade está distribuída ao longo do córrego de maneira não muito expressiva, já que não atinge grandes áreas do perímetro. Está relacionada ao leito das drenagens, próxima a algumas nascentes e a proximidade com a margem do córrego. Torna-se uma área não adequada à ocupação, devido a um declive relativamente alto e a um escoamento das águas pluviais muito intensos.

5.2 Unidades Geotécnicas

Para caracterização geotécnica da sub-bacia do córrego Bertini elaborou-se um Mapa Geotécnico da área (**Apêndice B**), na escala 1:10.000 utilizando o *Software* ArcGIS 9.2, englobando as informações obtidas nos levantamentos de campo, na interpretação de fotografia aérea na escala 1:30.000 (Obra-917 – Base S.A. – Faixa: 28A - Foto: 8816, de 07/08/05, latitude 22° 42' 36" S e longitude 47° 19' 00" W F.152.741), das sondagens à percussão, os níveis de água encontrados e as características das declividades do terreno, além de agregar os resultados dos Mapas Temáticos elaborados durante o desenvolvimento do presente estudo, ambos na escala 1:16.000:

- Mapa Geológico;
- Mapa Geomorfológico; e,
- Mapa de Declividade.

Na elaboração da Carta Geológico-Geotécnica da Sub-Bacia do Córrego Bertini foram estabelecidas quatro unidades geotécnicas, considerando os atributos apresentados na **Tabela 3**, que apresenta a caracterização das unidades geotécnicas da área em questão. No **Apêndice B** é apresentada a Carta Geotécnica da área do presente estudo, com a atribuição das referidas unidades e com a locação das Sondagens (SPT).

De acordo com as sondagens realizadas dentro da área da sub-bacia hidrográfica do córrego Bertini, os níveis de água encontrados variam de 2,75 metros (Sondagem N°. 04) próximo a várzea do Rio Piracicaba, na unidade PCim II (média) da Formação Itararé, até 10,20 metros (Sondagem N°. 18), observados nas sondagens localizadas nas áreas de topo, próximas à Avenida Nicolau João Abdalla que de acordo com o Mapa Geológico da

Unesp/DAEE (1980), corresponde à unidade PCis I (Superior). Destaca-se que das 20 sondagens somente em 7 poços foram encontrados o nível de água.

A **Tabela 2** mostra as coordenadas das sondagens e os níveis de água encontrados em metros de profundidade. No **Apêndice B**, na Carta Geológico-Geotécnica, estão plotadas as sondagens realizadas, com suas locações dentro da área da sub-bacia, bem como uma síntese da caracterização das unidades geotécnicas.

Tabela 2. Coordenadas das sondagens e Nível de Água (N.A.) encontrado.

Sondagem N°	Coordenada UTM E	Coordenada UTM S	N.A. (m)	Sondagem N°	Coordenada UTM E	Coordenada UTM S	N.A. (m)
1	262.642	7.488.049	-	11	261.697	7.488.194	-
2	262.482	7.488.408	6,30	12	261.575	7.487.818	-
3	262.337	7.488.494	-	13	262.335	7.487.691	-
4	262.256	7.488.750	2,75	14	262.271	7.487.784	-
5	262.303	7.488.281	-	15	262.327	7.487.814	5,25
6	262.037	7.488.433	5,00	16	262.310	7.487.925	-
7	262.096	7.487.999	-	17	262.403	7.488.173	7,80
8	262.102	7.487.738	-	18	262.288	7.488.169	10,20
9	262.898	7.487.858	-	19	262.345	7.488.005	-
10	261.797	7.488.086	-	20	262.245	7.488.102	10,00

5.2.1 Unidade I

A unidade geotécnica aqui classificada como Unidade I ocorre em geral nas áreas de topo da sub-bacia do córrego Bertini, alocadas nas Formações Itararé (em sua totalidade na unidade PCis I).

Apresenta solos profundos e com Níveis de Água (N.A.) encontrados nas sondagens acima de 10 metros de profundidade (SP-18), o que diminui muito a probabilidade de interceptação do N.A., além de apresentar alta estabilidade dos solos, uma vez que apresentam baixos declives (menores do que 5%), baixo escoamento superficial e baixa densidade de nascentes no local, tratando-se de uma área adequada à ocupação urbana.

Quanto ao uso e ocupação desta unidade, encontram-se grandes indústrias já instaladas, como a GoodYear Pneus, White Martins Gases Industriais e a Greiner Bio-One Brasil Produtos Médicos Hospitalares, além de pequenas empresas e oficinas mecânicas. Há ainda ocorrência de bairros residenciais, áreas institucionais de lazer e áreas verdes, alocadas mais ao Sul e Sudoeste da área. Cabe ressaltar que tanto nas áreas verdes, quanto em bairros residenciais não se identificou nenhum tipo de processo erosivo ou de movimentos de massa. Tratando-se de locais bem estáveis e com crescimento contínuo de plantas industriais (presença de loteamentos industriais) e de residências (noroeste do Bairro Campo Verde).

A Unidade I apresenta-se com grande potencial para o crescimento industrial por ser um local estratégico do ponto de vista comercial e físico, uma vez que está próxima à Rodovia Anhangüera e a outras empresas já instaladas. As áreas de topo detêm baixas variações de altitude permitindo menores gastos com serviços de terraplanagem.

5.2.2 Unidade II

Esta unidade está inserida na planície de inundação do Rio Piracicaba, com a presença de sedimentos aluvionares e coluvionares (areia e argilas inconsolidadas), caracterizando um solo pouco resistente.

O declive encontrado é menor que 5% e em uma das sondagens realizada no local, constatou-se que o nível de água ali encontrado é de cerca de 2,50 metros (SP-04) o que indica alta probabilidade de interceptação do N.A. Há forte probabilidade de inundação e ocorrência de erosão, mas com baixas ocorrências de movimentos de massa, sendo assim uma zona que apresenta restrições à ocupação urbana. Há na região ocorrência de pequenos galpões localizados às margens da Rodovia Anhangüera (SP-330), mantendo, no entanto certa distância da margem do Rio Piracicaba, cerca de 300 metros.

A presença de indústrias ou até mesmo de residências nesta zona poderia ser catastrófica à população de todo o município caso não se tome as devidas precauções, e até mesmo dos municípios vizinhos que se beneficiam das águas provindas do Rio Piracicaba, pois a proximidade com o corpo d'água aumenta muito a probabilidade de contaminação por eventuais produtos químicos e/ou efluentes industriais e domésticos.

5.2.3 Unidade III

A Unidade III está inserida na Formação Itararé (PCis I e PCim II), ocorrendo em grande parte da sub-bacia e está associada às vertentes côncavas e convexas. Detém solos de média profundidade e os níveis de água encontrados estão acima dos 5 metros de profundidade, com baixa probabilidade de interceptação do N.A.

Os declives encontrados estão entre os 5 e 10%, com médio escoamento superficial apresentando pouca probabilidade de inundação. Tratando-se, portanto de uma zona adequada à ocupação urbana.

Esta unidade geotécnica apresenta pouca ocupação urbana, sendo que em quase sua totalidade apresenta áreas verdes com gramíneas e pequenos arbustos, sendo ocupada ao Sul e Sudoeste por bairros residenciais, e na região central, por parte da GoodYear Pneus e parte da Greiner Bio-One Brasil Produtos Médicos Hospitalares. Nas áreas verdes, na região central e nas áreas ocupadas por residências não se observou localidades com presença de processos erosivos e nem de movimentos de massa.

Por ser um local de alta estabilidade e com presença em grande parte da sub-bacia, esta unidade expressa grande potencial de ocupação industrial e residencial. Nas proximidades da região norte desta unidade, há empresas e indústrias de médio e grande porte, o que torna esta região um grande atrativo a este tipo de uso do solo; enquanto que ao sul e sudoeste a ocupação esta mais voltada a residências devido a proximidade com outros bairros.

5.2.4 Unidade IV

Esta unidade, também inserida na Formação Itararé (PCis I e PCim II), ocorre nas áreas de declives maiores que 10 %, o que torna esta área uma zona de média a alta probabilidade de ocorrência para os movimentos de massa e a erosão, no entanto as profundidades dos níveis de água encontradas nas sondagens realizadas nesta área são maiores que 5 metros de profundidade, com baixa probabilidade de interceptação do N.A. A **Figura 14** apresenta a ocorrência de um processo erosivo, observado às margens do Córrego Bertini.

A Unidade IV aqui descrita está associada às vertentes côncavas e convexas, no entanto trata-se de uma zona bastante problemática para a ocupação urbana, já que grande parte de sua ocupação esta associada às Áreas de Preservação Permanente (APP) e em

algumas partes apresenta grandes declives, com variação de altitude bastante expressiva, provendo desta forma um alto escoamento superficial.

Nesta unidade praticamente não existe tipo algum de ocupação urbana, sendo observada somente nas bordas da mesma. Por se tratar de Áreas de Preservação Permanente, há presença de locais bem arborizados e com relativa densidade, além de pequenos arbustos em algumas áreas.



Figura 14. Presença de pequenos processos erosivos na Unidade IV, em área de APP do Córrego Bertini.

Tabela 3. Caracterização das Unidades Geotécnicas encontradas na área da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bertini.

Unidade Geotécnica	Características Geológicas	Características Geomorfológicas	Características Geotécnicas	Comportamento Geotécnico	Processos Geológicos	Ocorrência e Ocupação do Solo
I	Arenitos das Formações Itararé (PCis I).	Topo de colinas amplas, com declividades < 5%. Abrangem áreas de divisores de águas das bacias locais.	Profundidades do nível de água subterrâneo > 10 metros, com baixa probabilidade de interceptação do nível de água subterrâneo (N.A.).	Fácil remoção do solo utilizando equipamentos leves. Material adequado para uso como jazida de solo	Baixa probabilidade de ocorrência de processos erosivos e de movimentos de massa. No local não foram encontrados vestígios de ocorrência de movimentos de massa e inundações.	Ocorre nas áreas de topo que estão localizadas nas bordas (divisores de água) da área de estudo da sub-bacia do Córrego Bertini. No local existem grandes indústrias como a White Martins e Goodyear, além dos bairros Vila Bertini, o início da Vila Margarida e Campo Verde, sendo este dois últimos ocupados com residências.
II	Sedimentos aluvionares e coluvionares (areias e argilas inconsolidadas)	Planície aluvionar do Rio Piracicaba, com declividades < 5%.	Profundidades do nível de água subterrâneo < 5 metros, com alta probabilidade de interceptação do N.A. Ocorrência de solos hidromórficos.	Fácil remoção do solo utilizando equipamentos leves com baixo poder de penetração. Material sem aplicação para uso como jazida de solo	Alta probabilidade aos processos erosivos e de inundação.	Abrange a planície de inundação do Rio Piracicaba. Não existindo grandes ocupações nesta área.
III	Arenitos da Formação Itararé (PCis I e PCim II)	Áreas com declividade entre 5 e 10%, associado a vertentes côncavas e convexas.	Profundidades do nível de água subterrâneo > 5 metros, com baixa probabilidade de interceptação do N.A.	Fácil remoção do solo utilizando equipamentos leves. Material adequado para uso como jazida de solo.	Baixa a média probabilidade de erosão e sem ocorrência de movimentos de massa.	Ocorre em quase toda a extensão da área de estudo da sub-bacia do Córrego Bertini. Sendo ocupada por parte das Vilas Bertini, Campo Verde e Belvedere, além de áreas verdes não ocupadas.
IV	Arenitos da Formação Itararé (PCis I e PCim II)	Áreas com declividade > 10%, associado a vertentes côncavas e convexas.	Profundidades do nível de água subterrâneo > 5 metros, com baixa probabilidade de interceptação do N.A..	Fácil remoção do solo utilizando equipamentos leves com baixo poder de penetração. Material adequado para uso como jazida de solo	Média a alta probabilidade de erosão e ocorrência de movimentos de massa, porém expressa probabilidade de inundações.	Distribuída de forma geral pela área, associada em sua grande parte às proximidades do leito do Rio Piracicaba e das pequenas drenagens.

6 CONCLUSÕES

O estudo geológico-geotécnico baseado na metodologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT mostrou-se eficiente no processo de confecção da Carta Geológico-Geotécnica da região do Córrego Bertini, no município de Americana (SP). Através do levantamento das características dos terrenos foi possível reconhecer quatro unidades geológico-geotécnicas no local do presente estudo, reunindo atributos semelhantes do solo, visando expor as potencialidades do solo e as possíveis restrições existentes à ocupação.

As unidades geotécnicas criadas foram estabelecidas através do agrupamento dos atributos físicos relacionados, como os aspectos da geologia do local, a geomorfologia, as declividades encontradas, os níveis de água e a ocupação local, podendo juntamente com os campos realizados identificar locais com ocorrências de processos geológicos. Desta forma caracterizou-se as unidades, de modo a classificar os solos como potenciais áreas para a ocupação urbana ou terrenos com restrições para tal.

Na área da sub-bacia do Córrego Bertini as Unidades I e III são áreas extensas e próximas a outros centros industriais e residenciais, sendo também as unidades com menores restrições à ocupação urbana, já que são áreas cujo baixo declive proporciona um baixo escoamento superficial diminuindo a possibilidade de ocorrência de escorregamentos e processos erosivos na área, apesar de o solo ser bastante arenoso e os solos apresentarem uma profundidade razoável.

As Unidades II e IV apresentam-se como unidades que apresentam maiores restrições para ocupação, pois são áreas com grande probabilidade de ocorrência de processos erosivos, movimento de massa e inundações. Além da grande probabilidade de ocorrência de processos geológicos, grande parte da extensão destas, está associada às drenagens e as Áreas de Preservação Permanente (APP), o que dificulta muito no processo de ocupação do solo.

Através da criação das unidades geotécnicas e da elaboração da Carta Geológico-Geotécnica, pôde-se identificar algumas das potencialidades e restrições do solo para cada zona da sub-bacia do Córrego Bertini, uma região caracterizada por ser uma área de expansão industrial e residencial do município de Americana (SP).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BITAR, O.Y.; CERRI, L.E.S. & NAKAZAWA, V.A. - 1992. **Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil.** In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2., São Paulo, 1992. Anais ... São Paulo, p.35-41.

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

CETEC – CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO. **Situação dos recursos hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – UGRHI 5.** Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - CBH-PCJ e Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO. Relatório Técnico Final – Relatório Zero. 2000.

COTTAS, L.R., FIOR, A.P., LANDIM, P.M.B. **Divisão faciológica do Subgrupo Itararé e da Formação Aquidauana no nordeste do Estado de São Paulo.** In: **SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3,** Curitiba. Atas... São Paulo: SBG, 1981, 2v, p. 103-115.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 2000.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/sinopse_preliminar/Censo2000sinopse.pdf>. Acesso em: 11/04/2009.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Países @**. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>>. Acesso em: 17/09/2009.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT. Escala 1:500.000. 1981, v. I.

JANJIC, M., STEPANOVIC, B. **Suitability of karst and marshland for urban development from the point of view of engineering geology**. In: International Congress of The International Association of Engineering Geology, 2, 1974, São Paulo: Proceeding... São Paulo, IAGE/ABGE. 1974, v. 1, tema 3.

LIMA, R. H. C. **Configuração geológico-geotécnica da região de Americana – SP, utilizando sondagens à percussão de simples reconhecimento**. Rio Claro – SP, 1997.

MACHADO, F.B. **Geologia e aspectos petrológicos das rochas intrusivas e efusivas mesozóicas de parte da borda leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional)**. Rio Claro: Unesp/IGCE - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 2005.

NAKAZAWA, V.A.; PRANDINI, F.L.; SANTOS, A.R. dos & FREITAS, C.G.L. de. - 1991. **Cartografia Geotécnica: a aplicação como pressuposto**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., São Paulo, 1991. Anais... São Paulo, SBG/SP-RJ, p.329-336.

PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, C.G.L. de & DINIZ, N.C. - 1995. **Cartografia Geotécnica nos planos diretores regionais e municipais**. In: BITAR, O.Y. (coord.). 1995. Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. ABGE/IPTDIGEO. São Paulo. Série Meio Ambiente. p.187-202.

PREFEITURA MUNICIPAL DE AMERICANA. **Perfil do município 2009**. Disponível em:

<http://devel.americana.sp.gov.br/americanaV5/americanaEsmv5_Index.php?it=48&a=perfil> Acesso em: 22/08/2009.

SEADE. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Informação dos Municípios Paulistas – IMP**, 2007. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php>. Acesso em: 11/04/2009.

SHS – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA S/S LTDA. **Plano de bacias hidrográficas 2004-2007 dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí: síntese do relatório**. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2006. 48p.

SOUZA FILHO, E. E. **Mapeamento faciológico do Sub-Grupo Itararé na quadrícula de Campinas (SP)**. São Paulo, 1986, 109p. Dissertação – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro**. Rio Claro – SP, 2000.

ZUQUETTE, L.V. - 1987. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras**. São Carlos, SP. (Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos/USP).

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

ANEXO A

**MAPA GEOLÓGICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
CÓRREGO BERTINI – AMERICANA (SP)**

ANEXO B

**MAPA GEOMORFOLÓGICO DA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BERTINI – AMERICANA
(SP)**

ANEXO C

**BOLETINS DAS SONDAGENS – *STANDARD PENETRATION*
*TEST (SPT)***

APÊNDICE A

MAPA DE DECLIVIDADE DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BERTINI – AMERICANA (SP)

APÊNDICE B

CARTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DA REGIÃO DO CÓRREGO BERTINI – AMERICANA (SP)