

Trabalho de Formatura
Curso de Graduação em Geologia

CARTA GEOTÉCNICA DAS SUB-BACIAS DOS CÓRREGOS DO SOSSEGO E DO
BARRACÃO NOS MUNICÍPIOS DE AMERICANA E SANTA BÁRBARA D'OESTE
NA ESCALA 1:20.000

Carolina Menegatto Corrêa

Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Rio Claro (SP)

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

CAROLINA MENEGATTO CORRÊA

CARTA GEOTÉCNICA DAS SUB-BACIAS DOS
CÓRREGOS DO SOSSEGO E DO BARRAÇÃO NOS
MUNICÍPIOS DE AMERICANA E SANTA BÁRBARA
D'OESTE NA ESCALA 1:20.000

Trabalho de Formatura apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Geólogo.

Rio Claro - SP

2011

624.151 Correa, Carolina Menegatto
C824c Carta geotécnica das sub-bacias dos córregos do Sossego
e do Barracão nos municípios de Americana e Santa Bárbara
D'Oeste na escala 1:20.000 / Carolina Menegatto Correa. -
Rio Claro : [s.n.], 2011
60 f. : il., figs., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e
bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Fabio Augusto Gomes Vieira Reis

1. Geologia de Engenharia. 2. Conurbação. 3. Geotecnia.
I. Título.

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente aos meus pais, Mauro e Marili, por todo esforço, sempre me apoiando, incentivando e participando diretamente da minha jornada até aqui. Agradeço ao meu irmão Guilherme pelo incentivo e afeto que sempre me impulsionaram à bons resultados.

Especialmente ao Alan Oliveira por toda ajuda, horas gastas no laboratório, sempre auxiliando em tudo que precisasse, sem medir esforços.

Ao meu orientador Prof. Fábio A. G. V. Reis, por colaborar de todas as maneiras possíveis, sempre orientando e auxiliando, e disposto a ajudar no que fosse preciso.

Por fim, a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, em todos os cinco anos de curso.

RESUMO

A Carta Geotécnica é uma ferramenta de extrema importância para o planejamento urbano, para que os órgãos públicos possam estabelecer diretrizes de médio e longo prazo para melhoria das condições de qualidade de vida a população. A região entre os municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste apresenta um intenso processo de conurbação, o que tem ocasionado problemas de ocupação de áreas de risco e sensíveis em termos ambientais. Nesse contexto, o presente projeto teve como objetivo a elaboração de Carta Geotécnica das sub-bacias dos Córregos do Sossego e do Barracão, entre os municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste, região que atualmente se apresenta como um dos vetores do processo de conurbação entre os dois municípios. Para tanto foram estabelecidas as seguintes etapas: levantamento bibliográfico e de mapas temáticos para contextualização do tema e da área de estudo, como também preparação da base cartográfica; elaboração de Carta Geotécnica Preliminar da área de estudo, na escala 1:10.000, com a reunião das informações da etapa anterior e compartimentação do terreno; levantamento de campo para coleta de dados e amostras de solo, com a finalidade de caracterização das unidades geotécnicas definidas previamente; execução de ensaios geotécnicos; elaboração da Carta Geotécnica Final; e elaboração do Relatório Final. O produto final do estudo foi a Carta Geotécnica da área em questão, na escala 1:10.000, com principal objetivo de auxiliar no planejamento urbano.

Palavras-chave: carta geotécnica; área em conurbação; planejamento urbano.

ABSTRACT

The Geotechnical Mapping is an extreme important tool for the urban planning, so the public authorities can establish guidelines for medium and long term for a better life conditions for the population. The division region between the cities of Americana and Santa Bárbara D'Oeste has an intense conurbation problem, which is causing problems of occupation in risks areas on environmental terms. In this context this project has as an objective the elaboration of a Geotechnical Map from the sub- basins of Sossego and Barracão rivers, which are located in between the area of the two cities, and presents some of the process causes of the conurbation problem. For this study, the following steps were proposed: bibliographic and topographic maps research for better knowledge from the theme and the area, and also preparing cartographic basis; making of preliminary geotechnical area map with a 1:10.000 scale, gather all the information acquired at the previous step and compartmentation of the area; field step to collect more information and soil for the laboratory analysis, objecting the characterization of the geotechnical unities; lab analysis; final geotechnical map preparation; and final report elaboration. The final product of this study is the Final Geotechnical Map, with a 1:10.000 scale, and the principal objective is to help the urban planning.

Key words: geotechnical map; conurbation area; urban planning

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS E PRODUTOS OBTIDOS	12
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1. Conceitos e aplicações das Cartas Geotécnicas	12
3.2. Tipos de Cartas Geotécnicas	13
4. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO	15
4.1. Métodos	15
4.2. Etapas de trabalho	17
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	25
5.1. Localização da área	25
5.2. Geologia da área	26
5.3. Geomorfologia da área	27
5.4. Aspectos climáticos	28
5.5. Hidrografia	28
5.6. Caracterização Geotécnica	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6.1. Ensaio Geotécnicos de laboratório	32
6.1.1. Índices Físicos	32
6.1.2. Granulometria e Limites de Consistência	33
6.2. Classificação de solos para fins de engenharia	37
6.3. Caracterização Geotécnica final	38
6.3.1. Unidade Geotécnica I	39
6.3.2. Unidade Geotécnica II	44
6.3.3. Unidade Geotécnica III	46
6.3.4. Unidade Geotécnica IV	48
7. CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	
ANEXO I – Mapa Geomorfológico (Escala 1:20.000)	
APÊNDICES	
APÊNDICE I – Mapa de declividade (Escala 1:20.000)	
APÊNDICE II – Carta Geotécnica (Escala 1:20.000)	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de proposta de elaboração de um plano de pesquisa (CERRI, 1993, *apud* ZAINE, 2000, pg. 7)

Figura 2 - Fluxograma de elaboração de um programa de pesquisa condicionado pelos recursos disponíveis (ANDREW e HILDEBRAND, 1982, *apud* ZAINE, 2000, pg.8).

Figura 3 - Fluxograma do plano de trabalho utilizado no projeto de pesquisa.

Figura 4 - Fluxograma das etapas de trabalho

Figura 5 – Localização da área de estudo.

Figura 6 - Mapa Geológico da área, na escala 1:50.000.

Figura 7 - Seção geomorfológica de sudeste a noroeste no estado de São Paulo.

Figura 8 - Subdivisão do Estado de São Paulo nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o número indica a UGHRI 5, Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.

Figura 9 – Figura mostrando a localização dos pontos de amostragem.

Figura 10 – Curva Granulométrica da Amostra 01

Figura 11 - Gráfico do Limite de Liquidez da amostra 2 – B.

Figura 12 – Imagem mostrando área problemática para ocupação devido sua localização muito próxima a uma das drenagens do córrego do Barracão. Detalhe para o bairro assinalado em amarelo, local da foto 4.

Figura 13 - Imagem mostrando a voçoroca no Córrego do Sossego. (Modificado de Jacob *et al*, 2010)

Figura 14 - Imagem mostrando o Rio Piracicaba (no centro) e as plantações de cana-de-açúcar nas proximidades. (Fonte: Google Earth)

Figura 15 – Bairro localizado em local com possíveis problemas para ocupação (destaque em amarelo).

Figura 16 - Perfis das Unidades Geotécnicas, mostrando a relação das unidades com o relevo e algumas de suas características. (Fora de escala)

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 01 - Foto da amostragem do ponto 07 (sudeste do Córrego do Barracão), mostrando rocha alterada da Formação Itararé, de coloração amarelo-avermelhado.

Foto 02 - Foto mostrando presença de lixo e entulho próximo ao córrego no ponto 07 (Córrego do Barracão).

Foto 03 - Foto próxima ao local da figura anterior, mostrando a ocupação muito próxima ao Córrego do Barracão, indicando uma possível situação de risco.

Foto 04 - Bairro com casas construídas em locais de área de risco próximas ao Córrego do Barracão.

Foto 05 - Foto próxima ao local de amostragem número 16 (Córrego do Barracão), mostrando um processo de abatimento da superfície, gerando um desnível de aproximadamente 5m.

Foto 06 - Amostragem de solo, mostrando solo amarelado/rosado da Unidade III.

Foto 07 - Foto mostrando o relevo da Unidade III, de colinas amplas e suavizadas.

Foto 08 - Relevo da Unidade III.

Foto 09 - Presença de lixo em terrenos que não são ocupados e utilizados.

Foto 10 - Solo areno-siltoso da formação Itararé, de coloração creme-amarelado, referente ao ponto de amostragem 17.

Foto 11 – Foto do sulco próximo ao ponto de amostragem de número 12

Foto12 – Foto dos sulcos próximo a amostragem do ponto 12.

Foto 13 – Foto próxima ao ponto 14 mostrando ravina..

Foto 14 – Foto mostrando ravinamento próximo ao ponto 17.

Foto 15 – Foto mostrando ravinamento no ponto de observação na porção oeste da área, próximo ao rio Piracicaba.

Foto 16 – Foto do mesmo local da foto anterior, porém mostrando maior detalhe da formação da ravina.

Foto 17 - Presença de lixo e construções de casas em local inadequado.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Cálculos necessários para a determinação dos índices físicos

Tabela 2 – Classificação de solos segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS).

Tabela 3 – Categorias de materiais escavados a seco (grau de escarificabilidade).

Tabela 4 - Classificação quanto ao grau de escavabilidade. (Modificado do livro Geologia de Engenharia. 1998. Cap 19. Pg 312. Redaelli, L.L.; Cerello L. , 1998)

Tabela 5 – Tabela de classificação quanto a capacidade de suporte do solo, elaborada especificamente para o presente estudo.

Tabela 1 – Pontos de amostragem com as respectivas coordenadas e ensaios realizados em cada uma das amostras.

Tabela 7 – Índices Físicos calculados para as amostras.

Tabela 8 – Percentagens das faixas granulométricas de cada amostra

Tabela 9 – Classificação dos solos segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS).

Tabela 10 – Classificação do grau de escarificabilidade das amostras

Tabela 11 – Grau de escavabilidade das amostras

Tabela 12 – Classificação da capacidade de suporte das amostras

Tabela 13 – Caracterização das Unidades Geotécnicas na área das sub-bacias dos Córregos do Sossego e do Barracão.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como foco a elaboração de uma Carta Geotécnica da região dos Córregos do Sossego e do Barracão, localizados nos municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste (SP), a fim de caracterizar o meio físico dessa área. A principal relevância deste estudo está em fornecer subsídios para um melhor planejamento de futuras ocupações na área da divisa entre os municípios, evitando, desta forma, que áreas problemáticas e sensíveis em termos físicos sejam usadas para finalidades não apropriadas com suas características geotécnicas.

Segundo Seignemartin *et al.* (1979)

“...A idéia fundamental da utilização da Geologia no processo de ocupação racional do meio físico é o de estudar e propor soluções para os problemas que o homem enfrenta ao fazer uso do substrato geológico e para as reações do terreno a esse uso...”.

Grande parte dos municípios brasileiros sofre com o mau planejamento urbano, que provoca uma ocupação inadequada dos solos, resultando muitas vezes em desastres naturais. A falta desse planejamento possibilita que a ocupação urbana se desenvolva em locais inapropriados para habitação, que juntamente com o crescimento acelerado da população, principalmente nas últimas décadas, desencadeia inúmeros problemas sociais, ambientais e econômicos.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), a população brasileira aumentou 12,3% nos últimos dez anos (ano 2000 a 2010), a população urbana também aumentou, passando de 81% no ano 2000 para 84% em 2010. A região Sudeste é a mais populosa do Brasil, representando cerca de 42,1% da população em relação as outras regiões, de acordo com o Censo 2010 realizado pelo IBGE.

O município de Americana, na década de 1940, já mantinha sua população inserida quase que totalmente na área urbana e, nos dias de hoje, segundo o Censo 2010, dos 210.638 habitantes, o percentual é de 99,53%. Santa Bárbara D'Oeste possui uma população de 180.009, sendo que 99,22 % residem na área urbana (IBGE, 2011).

Ressalta-se que existe atualmente um processo de conurbação bem consolidado entre os dois municípios, que se iniciou entre as décadas de 1960 e 1970, devido ao rápido desenvolvimento de Americana que fez com que muitas pessoas procurassem emprego e moradia. Como o município de Americana possui uma área para expansão urbana

relativamente pequena, acabou por não comportar esse crescimento, fazendo com que a população se instalasse na divisa com Santa Bárbara D'Oeste, gerando esse fenômeno de conurbação no local e dando origem a região conhecida como Zona Leste de Santa Bárbara (PREFEITURA MUNICIPAL DE AMERICANA, 2009).

Esse processo foi consolidado a partir da década de 1980, quando ocorreu um grande crescimento populacional em Santa Bárbara D'Oeste, sendo que a conturbação foi facilitada pelo fato de que a maioria da população desconhecia onde terminava um município e começava outro. Isso se dava porque o limite dos municípios ainda não estava totalmente fixado, problema resolvido quando foi fixado limite na avenida que corta a região, que recebeu o nome de Avenida da Amizade (CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2009).

A conurbação apesar de ter trazido crescimento para Santa Bárbara D'Oeste, também trouxe problemas, sendo o principal destes, a impermeabilização do solo em locais inapropriados. O grande aumento demográfico ocasionou forte desequilíbrio nas contas públicas do município, que não estava preparado para receber um fluxo tão grande de pessoas e arcar com as despesas (CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2009).

Contudo, a conurbação ocorreu de forma gradual e apresenta-se atualmente como uma situação consolidada. Durante a expansão urbana de Americana, as regiões oeste e noroeste apresentavam-se como as mais indicadas para o crescimento, especialmente para fins residenciais e comerciais, já que a norte e leste já havia uma consolidação do parque industrial.

Tendo em vista esse contexto, o estudo da ocupação racional do meio físico de forma integrada, considerando seus vários aspectos, especialmente as características geológico-geotécnicas, é de extrema importância, uma vez que, um terreno a ser ocupado reage as ações sobre este, ou seja, uma má ocupação do solo pode acarretar possíveis problemas futuros, muitos deles associados as áreas de risco, ou originando áreas de risco.

Existem diversos instrumentos que auxiliam a direcionar os locais apropriados para cada tipo de ocupação, com o objetivo de otimizar a ocupação urbana e equilibrar a relação homem-habitat.

Nesse contexto, a Carta Geotécnica tem um papel fundamental, de forma a trazer importantes informações, não somente ao planejamento urbano, mas também à execução de obras civis e na conservação do meio ambiente. São produtos cartográficos que envolvem estudos sobre o meio geológico, geomorfológico e hidrogeológico, em uma determinada área,

de forma a analisar por meio de ensaios geotécnicos, a interação desses aspectos com o solo. Esses estudos visam fornecer a caracterização do meio físico, para cada tipo de ocupação.

De um modo geral, as administrações públicas têm apresentado ações corretivas e emergenciais atuantes nos problemas enfrentados nos núcleos urbanos, porém o presente estudo, é uma alternativa para minimizar tais ações corretivas, atuando com caráter preventivo, evitando e diminuindo possíveis problemas futuros.

2. OBJETIVOS E PRODUTOS OBTIDOS

O principal objetivo e produto gerado do presente trabalho foi a elaboração da Carta Geotécnica das sub-bacias hidrográficas dos Córregos do Sossego e do Barracão nos municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste, na escala 1:20.000, sendo uma área de aproximadamente 12km².

Os objetivos específicos e que estão diretamente relacionados a Carta Geotécnica acima citada foram: reunir características semelhantes do solo considerando os aspectos geológicos, geomorfológicos, intervenções antrópicas, e realização de ensaios geotécnicos em amostras coletadas na área; identificar e analisar locais com ocorrência de processos geológicos atuantes; e identificar as potencialidades e limitações da área para o uso e ocupação do solo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Conceitos e Aplicações das Cartas Geotécnicas

As cartas e mapas são utilizados na cartografia para diversas finalidades, de forma a registrarem e evidenciarem determinadas características de um meio de acordo com o interesse, reunindo informações do meio físico, biótico, antrópico entre outros.

Segundo Zuquette e Gandolfi (2004, p. 15) “...Carta refere-se a um documento cartográfico com representação das informações, ou seja, das interpretações e associações dos dados contidos nos mapas”, e segundo estes mesmos autores, carta Geotécnica “corresponde a representação dos resultados da interpretação dos atributos que estão num mapa. Ex: carta clinométrica obtida a partir do mapa topográfico, carta de escavabilidade, etc.”. Ou seja, para ele, as cartas têm um caráter mais específico, representando características mais detalhadas de determinado local, sendo confeccionadas a partir (em geral) de informações gerais apresentadas nos mapas.

Para Nakazawa (et al., 1991), as cartas Geotécnicas apresentam a dinâmica dos processos geológicos, bem como as características do meio físico, delimitando unidades homogêneas quanto a problemas manifestos e potenciais.” , ou seja, para esse autor, as informações contidas nas Cartas Geotécnicas são a atuação dos processos geológicos que se

manifestam principalmente na geomorfologia (meio físico) de um determinado local, de tal forma que permitem analisar os ambientes favoráveis para cada tipo de ocupação, e os possíveis problemas futuros de alguns locais.

Em contrapartida Cerri *et al* (1996) 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”. Desta forma, a elaboração e/ou interpretação de uma carta Geotécnica exige necessariamente uma determinada opinião pessoal do profissional, ou seja, de certa forma mesmas cartas geotécnicas podem se diferenciar em alguns aspectos subjetivos de autor para autor, a depender da formação profissional do elaborador e de sua experiência e competência técnica.

Segundo Cerri (1990), as cartas geológico-geotécnicas podem ser divididas em basicamente dois tipos a depender do grau de detalhe. São elas:

- **Cartas Genéricas**: são as indicativas e orientativas, fornecem informações para planejamento do uso e ocupação de um terreno.
- **Cartas Específicas**: estas são determinísticas e restritivas, ou seja, são de acordo com o objetivo do projeto e associadas a um determinado uso e ocupação do solo.

3.2. Tipos de Cartas Geotécnicas

Existem diversos trabalhos no Brasil desenvolvidos na área da cartografia geotécnica, desta forma, um dos mais importantes é o desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo, que elaborou trabalhos baseados em problemas específicos, relacionados ao meio físico e com objetivo principal de resolução rápida de problemas. O IPT se baseia na metodologia de Nakazawa *et. al.* (1991) e Pradini *et. al.* (1995) apud Zuquette (2004), e como resultado destes estudos, obteve produtos que foram agrupados 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 propabilidade 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.

Bitar *et al.* (1992) ainda considera um outro tipo de Carta Geológico-Geotécnicano lugar da Carta de atributos citada anteriormente, sendo ela:

❖ *Cartas Geotécnicas Dirigidas*: a partir da identificação de problemas de natureza geológico-geotécnica decorrentes do uso do solo, expõem as limitações e potencialidades dos terrenos, estabelecem alternativas de solução destes problemas e apontam as diretrizes para o adensamento e a expansão da ocupação ante uma ou mais formas de uso urbano do solo (Bitar *et al.*, 1992)

4. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

4.1. MÉTODOS

Em 1979, o IPT elaborou a primeira Carta Geotécnica de áreas urbanas do país, a dos Morros de Santos e São Vicente, sob o patrocínio da Defesa Civil Estadual de São Paulo. Já se passaram quase trinta anos e muitas outras cartas foram produzidas e entregues aos municípios dentro e fora do estado de São Paulo.

Este trabalho teve como base a metodologia desenvolvida IPT, que utiliza cartas geológico-geotécnicas com objetivo de auxiliar em um melhor planejamento urbano e ocupação de terrenos com características a determinados usos, evitando possíveis riscos e desastres ambientais, ou seja, um planejamento urbano sempre aliado a idéia de prevenção.

Segundo Nakazawa *et. al.* (1991) e Prandini *et. al.* (1995), a metodologia do 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; proporcionando 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;

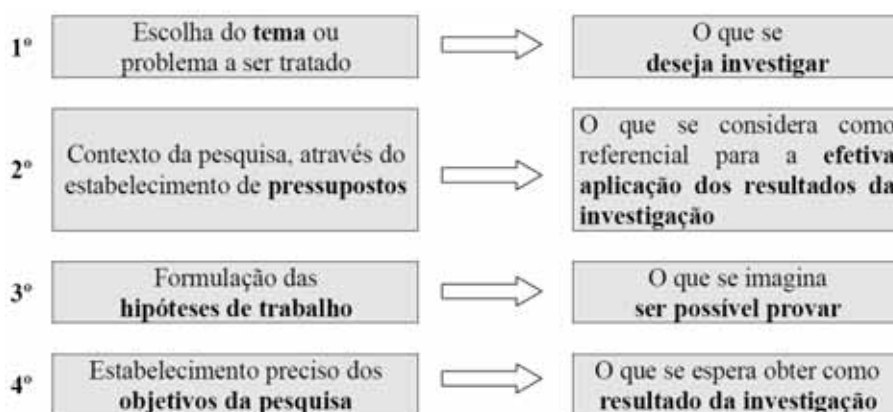
- **Mapeamento e compartimentação:** estabelecimento das principais evidências acessíveis à investigação das características de interesse, fixando critérios de correlação, extrapolação e interpolação das diversas áreas de conhecimento, resultando na configuração espacial da distribuição de tais características. 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.

Em termos de organização das atividades a serem seguidas, Cerri (1993), considera o fluxograma abaixo, um bom exemplo de como desenvolver uma sequência de atividades para um trabalho na área de geotecnia.

Figura 1 - Fluxograma de proposta de elaboração de um plano de pesquisa



(Modificado de CERRI, 1993)

Ainda buscando uma alternativa e proposta para um plano de atividades, Andrew e Hildebrand (1982, apud ZAINE, 2000) propõe o seguinte fluxograma com a sequência de atividades:

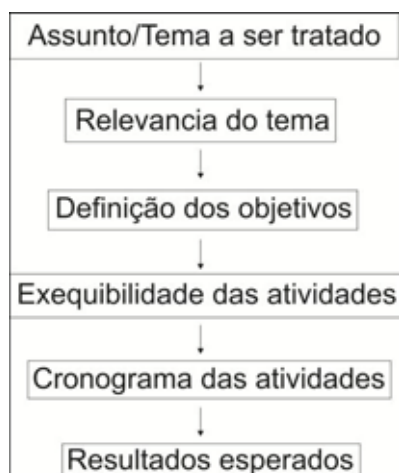
Figura 2 - Fluxograma de elaboração de um programa de pesquisa condicionado pelos recursos disponíveis.



(ANDREW e HILDEBRAND, 1982, *apud* ZAINE, 2000, pg.8)

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi elaborado então, um fluxograma (**Figura 3**) que resume a seqüência das atividades e conduz o presente projeto de pesquisa.

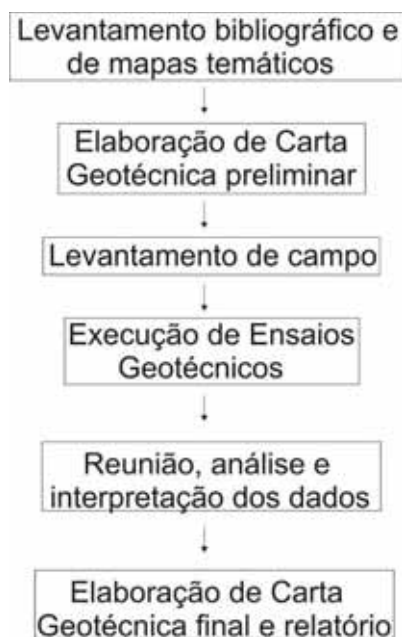
Figura 3 - Fluxograma do plano de trabalho utilizado no projeto de pesquisa.



4.2. ETAPAS DE TRABALHO

Baseado no fluxograma estabelecido anteriormente estabeleceu-se um fluxograma adequado (**Figura 4**) para o desenvolvimento do projeto e para alcançar os objetivos propostos, de forma a guiar mais detalhadamente cada fase do projeto.

Figura 4 - Fluxograma das etapas de trabalho



Etapa 1 - Levantamento bibliográfico e de mapas temáticos

O levantamento bibliográfico/teórico da cartografia geotécnica é de extrema importância, pois estabelece os conceitos fundamentais a respeito da elaboração de cartas e mapas temáticos. Desta forma os tópicos a serem detalhados na revisão bibliográfica serão:

- **Conceito e aplicações das Cartas Geotécnicas**, incluindo a definição de carta, com suas subdivisões em genérica e específica; e a definição de mapa.
- **Tipos de Cartas Geotécnicas**, sendo quatro tipos principais: cartas geotécnicas propriamente ditas, cartas de risco, cartas de suscetibilidade e cartas de atributos ou de parâmetros.
- **Metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)**, que se resume em: Formulação de uma hipótese/modelo inicial orientador, Análise fenomenológica e de desempenho, Mapeamento e compartimentação e Representação.

Juntamente com a parte teórica conceitual foi realizado um levantamento de mapas temáticos já existentes, sendo a escala escolhida para o trabalho é 1:10.000, pois, possibilita a representação das características da área de estudo com maior detalhamento e uma melhor interpretação e análise dos dados coletados.

Com auxílio do Software ArcGis 9.3 foram digitalizados, pela compilação de dados já existentes, os mapas geológicos e geomorfológicos. Também foram elaborados mapas de declividade e uso do solo para a área de estudo, todos na escala 1:10.000. O objetivo principal da elaboração dos mapas preliminares é a interpretação e análise prévia da área estudada, para uma posterior confirmação dessas características. A seguir uma relação das cartas utilizadas para elaboração dos mesmos.

- Carta Topográfica IGC, Bairro Areias, SF- 23- Y- A- V- 1- SO- D, 1979 (articulação 71- 93) – escala 1 : 10.000
- 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 Santa Bárbara D'Oeste I, SF- 23- Y-A- V- 1- SO- F, 1979 (articulação 72- 93) – 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

Etapa 2 - Elaboração de Carta Geotécnica Preliminar da Área de Estudo

A partir das informações adquiridas na primeira etapa foi elaborada a Carta Geotécnica preliminar a fim de definir as unidades geotécnicas preliminares.

O objetivo principal desta etapa foi pré- estabelecer unidades geotécnicas para auxiliar e orientar principalmente as etapas de campo e confecção da carta final, identificando áreas com possíveis problemas existentes ou esperados, e possíveis processos geodinâmicos atuantes. Obtendo, portanto, uma prévia dos locais mais ou menos problemáticos para uso e ocupação.

Etapa 3 - Levantamento de Campo

Esta etapa incluiu vistorias no campo para cadastramento de processos geológicos já instalados e outros potenciais (como erosão, assoreamento, movimentos de massa, inundações, solos colapsíveis) e coleta de amostras de solo para realização de ensaios geotécnicos em cada unidade geotécnica definida preliminarmente.

A distribuição dos pontos de coletas de amostras foi selecionada de modo a representarem cada unidade geotécnica, e auxiliarem na definição dos limites entre as unidades. Sendo a coleta realizada em horizontes superficiais do solo, não atingindo mais que 75cm, de acordo com a disponibilidade de cada local.

Os ensaios realizados e considerados importantes para caracterização geotécnica foram: índices físicos, granulometria e sedimentação e limites de consistência. Para o desenvolvimento do trabalho e obtenção dos dados, foram realizados três dias de campo (dias 08, 20, e 28 de julho de 2011).

Etapa 4 - Execução de Ensaios Geotécnicos:

Após a coleta das amostras de solo efetuada na etapa anterior, foram realizados ensaios a fim de estabelecer alguns parâmetros, como: índices físicos, granulometria/sedimentação e limites de consistência. Para execução desses ensaios foi utilizada a infraestrutura do Laboratório de Geotecnia do Departamento de Geologia Aplicada da Unesp/Rio Claro.

- Determinação dos índices físicos (ABNT NBR 9813): expressam as proporções entre pesos e volumes de três fases (sólida, líquida e gasosa) presentes em uma mesma estrutura de solo. Auxiliam nos cálculos dos esforços atuantes. Os cálculos para a determinação dos índices físicos foram feitos da seguinte forma:

Tabela 1 – Cálculos necessários para a determinação dos índices físicos.

ÍNDICES FÍSICOS DO SOLO	CÁLCULOS	LEGENDA
Massa Específica (g/cm³)	$\rho = M / V$	ρ = massa específica M = massa V = volume
Massa Específica Seca (g/cm³)	$\rho_d = M_s / V$	ρ_d = massa esp. Seca M_s = massa seca V = volume
Massa Específica dos Sólidos (g/cm³)	$\rho_s = M_s / V_s$	ρ_s = mas. esp. sólidos M_s = massa sólidos V_s = volume dos sólidos
Teor de Umidade (%)	$w = M_w / M_s$	w = teor de umidade M_w = massa de água M_s = massa de sólidos
Porosidade (%)	$n = V_v / V$	n = porosidade V_v = vol. de vazios V = volume de solo
Índice de Vazios (%)	$e = V_v / V_s$	e = índice de vazios V_v = vol. de vazios V_s = vol. de sólidos
Grau de Saturação (%)	$S_r = V_w / V_v$	S_r = grau de saturação V_w = vol. de água V_v = volume de vazios

- Granulometria (ABNT NBR 7181): este ensaio auxilia na determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total de solo analisado, e foi realizado pelo processo de peneiramento das amostras
- Limites de consistência (ABNT NBR 6459/ NBR 7180.): determina o grau de resistência e plasticidade do solo que dependem das ligações internas entre as partículas; são os limites entre os estados sólido, semi-sólido, plástico e líquido, que um solo argilo passa a depender do seu teor de umidade.

O engenheiro sueco Atterberg definiu em 1908 esses limites, como sendo os limites de liquidez e plasticidade de um solo argiloso, assim para se calcular o índice de plasticidade (objetivo final dos ensaios), é necessário que o solo a ser utilizado, contenha certa quantidade de argila. Posteriormente, o engenheiro Casagrande aprimorou esses conceitos e os ensaios, padronizando a forma de se proceder nos ensaios. (NOGUEIRA 1988).

O Limite de liquidez é o teor de umidade que separa o estado de consistência líquido do plástico e para o qual o solo apresenta uma pequena resistência ao cisalhamento (NOGUEIRA, 1988). Este é calculado através do ensaio de Casagrande, a partir da confecção do gráfico Número de golpes *versus* Teor de Umidade.

O limite de plasticidade é o teor de umidade que separa o estado plástico do semi- sólido. Este é calculado a partir da confecção de cilindros do material com 3mm de diâmetro, os quais são rolados sobre a placa de vidro até o aparecimento de fissuras. São feitas pesagens dessa material para o cálculo.

Para o presente trabalho, algumas amostras foram submetidas ao ensaio de Casagrande para o cálculo final do índice de plasticidade, desta forma este é calculado da seguinte maneira:

$$IP = LL - LP$$

IP = Índice de plasticidade

LL = Limite de liquidez

LP = Limite de plasticidade

Etapas 5 – Reunião, análise e interpretação dos dados

Essa etapa, consistiu na reunião de todos os dados coletados para o estudo, como as informações das etapas 1 (levantamento bibliográfico e de mapas temáticos) e 2 (carta geotécnica preliminar), ensaios de laboratórios e demais classificações feitas classificação dos solos (segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos – SUCS, escavabilidade, escarificabilidade e capacidade de suporte). A partir da reunião analisou-se os dados, principalmente os resultados obtidos nos ensaios geotécnicos e na classificação dos solos, e por fim fez a interpretação das informações.

A análise e interpretação dos dados foram de extrema importância, pois servem de principal embasamento para a definição final das Unidades Geotécnicas, as quais reúnem informações semelhantes sobre o meio físico.

Nessa etapa, a reunião e análise das informações obtidas no campo e nos ensaios de laboratório, foi possível a classificação das amostras segundo o Sistema Unificado de classificação de Solos (SUCS), a qual divide os solos em 14 tipos diferentes (**Tabela 2**).

Este sistema é oriundo do Airfield Classification System idealizado por Arthur Casagrande, e inicialmente utilizado para classificação de solos para construção de aeroportos, e depois expandido para outras aplicações, e normalizado pela American Society for Testing and Materials (ASTM).

Tabela 2 – Classificação de solos segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS).

CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DOS SUBGRUPOS E NOMES DOS GRUPOS USANDO ENSAIOS DE LABORATÓRIO					CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	
					SÍMBOLO GRUPO	NOME DO GRUPO
Solos Grossos Pr ₂₀₀ > 50%	Pedregulhos mais que 50% da fração grossa retida na peneira 4,8mm (# 4)	Pedregulhos limpos Pp ₂₀₀ < 5%	Cu ≥ 4 e 1 ≤ Cc ≤ 3		GW	Pedregulho bem graduado 5
			Cu < 4 e/ou 1 > Cc > 3		GP	Pedregulho mal graduado 5
		Pedregulhos com finos Pp ₂₀₀ > 12%	Finos classificados como	ML MH	GM	Pedregulho siltoso 5, 6, 7
				CL CH	GC	Pedregulho argiloso 5, 6, 7
	Areias mais que 50% da fração grossa passa na peneira 4,8mm (#4)	Areias limpas Pp ₂₀₀ < 5%	Cu ≥ 6 e 1 ≤ Cc ≤ 3		SW	Areia bem graduada 8
			Cu < 6 e/ou 1 > Cc > 3		SP	Areia mal graduada 8
		Areias com finos Pp ₂₀₀ > 12%	Finos classificados como	ML MH	SM	Areia siltosa 6, 7, 8
				CL CH	SC	Areia argilosa 6, 7, 8
Solos Finos Pp ₂₀₀ ≥ 50%	Siltos e argilas LL < 50%	Inorgânicos	IP > 7, pontos sobre ou acima da linha A		CL	Argila pouco plástica 10, 11, 12
			IP < 4, pontos abaixo da linha A		ML	Silte 10, 11, 12
	Siltos e argilas LL ≥ 50%	Inorgânicos	Pontos sobre ou acima da linha A		CH	Argila muito plástica 10, 11, 12
			Pontos abaixo da linha A		MH	Silte elástico 10, 11, 12
		Orgânicos	LL _{seco} < 0,75 LL _{natural}		OH	Argila orgânica 10, 11, 12, 15 Silte orgânico 10, 11, 12, 16
Solos altamente orgânicos		Principalmente matéria orgânica, cor escura e cheiro			PT	Turfa

(Fonte: http://www.ufsm.br/engcivil/Material_Didatico/TRP1003_mecanica_dos_solos/unidade_5.pdf, ASTM 1983)

Além da classificação segundo o SUCS, foram realizadas classificações para fins da engenharia, foram elas: grau de escavabilidade, grau e escarificabilidade e capacidade de suporte. Para estas classificações, foram selecionados alguns dos pontos, baseado na quantidade de ocupação urbana e possibilidade de ocorrência de processos geodinâmicos.

O Grau de Escarificabilidade das amostras foi classificado segundo a tabela a seguir.

Tabela 3 – Categorias de materiais escavados a seco (grau de escaurificabilidade).

Categoria	Características
Materiais de 1ª Categoria	São considerados nesta classificação os aterros, os solos aluvionares, tais como, argilas, areias, pedregulhos, pedras soltas misturadas com detritos, os materiais de assoreamento e os horizontes superficiais dos solos de alteração, removíveis sem o emprego prévio de escarificadores
Materiais de 2ª Categoria	São considerados materiais de 2ª categoria os horizontes inferiores dos solos de alteração de rocha, que exijam escarificação prévia, adotando-se como equipamento padrão um trator D8 ou equivalente para escavação a seco e para a escavação subaquática, escavadeira hidráulica, drag-line ou clan-Shell
Materiais de 3ª Categoria	São considerados materiais de 3ª categoria os materiais não escarificáveis, que exijam desmonte prévio com emprego de explosivos, alavancas ou cunhas. Incluem todos os estocos e matações que tenham mais de um metro cúbico, naturalmente ocorrentes ou remanescentes de desmontes anteriores, rocha pouco alterada e rocha sã.

Para a classificação do grau de escavabilidade, considerou-se as características e classificação segundo Redaelli e Cerello(1998), que segue o seguinte modelo:

Tabela 4 - Classificação quanto ao grau de escavabilidade.

Grupo	Material	Exemplo	Característica
1	Friável e Fluente	areia, solo vegetal, turfa, areia movediça	partículas separadas ou muito pouco ligadas
2	Material Brando	solos argilosos	partículas coesivas facilmente penetráveis por ferramentas e sem resistência a separação
3	Rocha Branda	folhelhos, arenitos, carvão, calcários, etc.	razoavelmente dura, fácil de ser britada, fragmentos separam-se ao longo de diversas fissuras
4	Rocha Dura	arenitos compactos, granitos, migmatito	alta resistência a penetração e desagregação
5	Rocha Muito Dura	quartzitos, diabásio, rochas porfiríticas	altíssima resistência a penetração e desagregação

Fonte: Modificado do livro Geologia de Engenharia. 1998. Cap 19. Pg 312. Redaelli, L.L.; Cerello L. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1998)

Em relação a avaliação do solo quanto a sua capacidade de suporte, esta foi realizada baseada na tabela a seguir, elaborada especificamente para este trabalho, levando em consideração o material encontrado na área.

Tabela 5 – Tabela de classificação quanto a capacidade de suporte do solo, elaborada especificamente para o presente estudo.

Capacidade de suporte	Tipo de material
BAIXA	Solos aluvionares
MÉDIA	Solos arenosos friáveis (principalmente coluvionares)
ALTA	Solos argilosos residuais, arenosos litificados ou rocha

Etapas 6 - Elaboração da Carta Geotécnica Final

Essa etapa refere-se a reunião, análise e interpretação de todos os resultados obtidos nas etapas anteriores, a fim de confeccionar a Carta Geotécnica final da área de estudo, na escala 1: 20.000.

Para a definição final das Unidades Geotécnicas, utilizou-se informações obtidas previamente a partir da carta geotécnica preliminar da área (a qual reuniu dados da geologia geomorfologia, e declividade principalmente), correlacionando-as com as informações/dados obtidos nos ensaios geotécnicos, classificação dos solos (SUCS) e nas classificações segundo a escavabilidade, escarificabilidade e capacidade de suporte. De forma que, os ensaios laboratoriais e as classificações realizadas para os solos, serviram de embasamento para a compartimentação final da área em unidades geotécnicas.

5.2. GEOLOGIA DA ÁREA

A área referente a este trabalho localiza-se, geologicamente, na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná. Regionalmente, a Bacia do Paraná é representada por : rochas sedimentares e vulcânicas de idades Paleozóica (Grupo Itararé, formações Tatuí, Irati e Corumbataí, Mesozóica (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e por fim Cenozóica (Formação Rio Claro e depósitos recentes) (ZAINE, 1994).

Segundo Schneider *et al.* (1974), a Bacia do Paraná é definida como uma extensa depressão deposicional, situada na parte centro-leste do continente sul-americano, cobrindo cerca de 1.600.00 km² e classificada como uma bacia intracratônica simétrica preenchida com quase 5.000 m de sedimentos. Seu nome é devido ao fato de seu eixo principal ser paralelo ao Rio Paraná (ZAINE, 1994).

A questão da instalação e evolução da Bacia do Paraná ainda é muito estudada, e traz divergências entre alguns autores. Segundo Milani (1997), a implantação da bacia deu-se na forma de depressões alongadas segundo a direção NE-SW, que surgiram por sobrecarga tectônica propagada continente adentro a partir da calha de antepaís desenvolvida na porção ocidental do supercontinente Gondwana, seguindo as orientações do substrato pré-cambriano. Já Zalàn *et al.* (1990) interpreta que após os fenômenos tectono-magmáticos do Ciclo Brasileiro, teria ocorrido uma contração térmica, e isso está ligado à implantação da sinéclise.

As litologias pertencentes à Bacia do Paraná presentes na região do município de Americana são: Grupo Tubarão (formações Itararé e Tatuí), Grupo Passa-Dois (formações Irati e Corumbataí), Grupo São Bento (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral). Porém a área de estudo e proximidades abrange apenas a Grupo Itararé e diabásios correlatos à Formação Serra Geral, estes serão descritos a seguir.

• Grupo Itararé (Neocarbonífero):

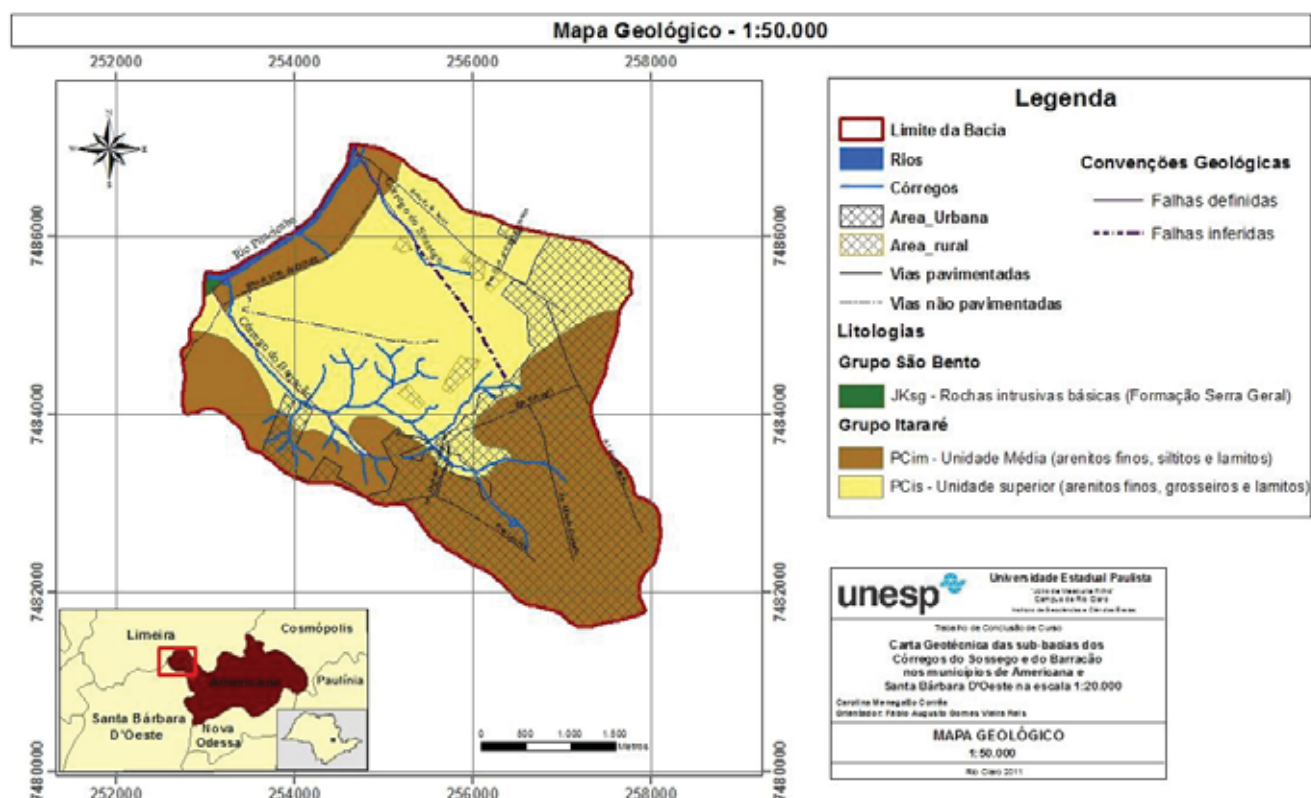
Constitui a unidade basal da sequência permo-carbonífera da Bacia do Paraná (ZAINE, 1994). No Estado de São Paulo, este se estende desde o vale do Rio Itararé até as proximidades do rio Mogi-Guaçu, e sua espessura aproximadamente 1300m, relativamente contínua (LIMA, 1997). É constituído de predominantemente de sedimentos arenosos de granulometria variada, desde muito fina a conglomerática (ZAINE, 1994). Há também a presença de diamictitos e sedimentos pelíticos (siltitos, folhelhos e ritmitos), podendo ocorrer localmente finas camadas de carvão.

- **Diabásios correlatos à Formação Serra Geral (Mesozóico)**

Segundo Milani *et al*, (1997), um intenso vulcanismo ocorrido durante o Mesozóico, resultou, na Bacia do Paraná, em uma espessa cobertura de lavas, diques cortando todo o “pacote” sedimentar, juntamente com inúmeras soleiras intrudidas segundo o plano de estratificação; sendo sua coloração cinza- escuro a negra.

A figura a seguir mostra o mapa geológico da área.

Figura 6 - Mapa Geológico da área, na escala 1:50.000.



5.3. GEOMORFOLOGIA DA ÁREA

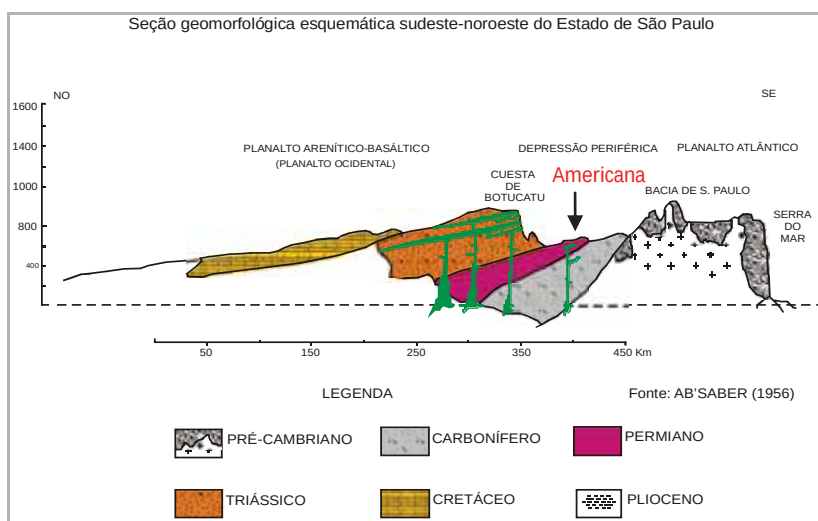
A Geomorfologia do Estado de São Paulo é dividida em cinco províncias, segundo Almeida (1964), sendo: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental. A área deste trabalho está inserida na Depressão Periférica, a qual será descrita a seguir.

- Depressão Periférica: área sensivelmente rebaixada pela erosão (ALMEIDA, 1964), com vales amplos e suaves, localizada entre as áreas altas do Planalto Atlântico e as cristas, igualmente altas, das Cuestas Basálticas. É constituída principalmente por sequências de rochas sedimentares antigas, de idades paleozóica e mesozóica. Inclui também 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.

A seguir figura ilustrativa da subdivisão geomorfológica de sudeste a noroeste do Estado de São Paulo, com destaque para localização do município de Americana.

Figura 7 - Seção geomorfológica de sudeste a noroeste no estado de São Paulo.



(Modificado de AB' SABER, 1956)

5.4. ASPECTOS CLIMÁTICOS

O clima dos municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste é considerado, segundo a classificação de Koppen do tipo Aw, ou seja, de caráter tropical (A), porém com estação seca no inverno (w), sendo o verão chuvoso. Suas temperaturas variam bastante durante o ano, sendo a temperatura mínima anual em média 15 °C e máxima, em média, 29 °C.

Na região de Americana e Santa Bárbara D'Oeste, o regime de distribuição anual das chuvas possui uma precipitação em torno de 2800 a 2900 mm por ano, tendo um período mais seco, de maio à setembro, e um período mais chuvoso no verão, de dezembro a fevereiro.

5.5. HIDROGRAFIA

Em relação a hidrografia, os municípios estão inseridos na UGRHI 5, que é a Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), de acordo com a nomenclatura

adotada pelo Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo (SIGRH).

Desta forma, a área de foco deste estudo está inserida na Bacia do Rio Piracicaba, a qual possui uma área de drenagem de cerca de 12.400 km², e tem como principais formadores os rios Atibaia e Jaguari; e seus principais cursos d'água são rios Piracicaba, Jaguari, Atibaia, Camanducaia, Corumbataí, Passa Cinco, e os ribeirões: Anhumas, Pinheiros e Quilombo. Os Córregos do Sossego e do Barracão são afluentes da margem esquerda do Rio Piracicaba, possuindo extensão de aproximadamente 1,5 e 5,0 km, respectivamente, direção NW-SE e caráter geral retilíneo.

No encontro dos rios Jaguari e Atibaia está localizada a represa de Salto Grande, constituindo a Usina Hidrelétrica dentro do município de Americana. Esta barragem eleva aproximadamente vinte metros do leito do Rio Atibaia, inundando uma área de cerca de 13 km² (COELHO, 1993, apud LIMA, 1997).

A **Figura 8** mostra a subdivisão do Estado em UGRHIs e seus principais cursos d'água, com foco na UGRHI 5 contendo a Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.

Figura 8 - Subdivisão do Estado de São Paulo nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o número indica a UGRHI 5, Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.



(Fonte: <http://www.igc.sp.gov.br/produtos/ugrhi.html>)

5.6. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

Neste item serão abordados e discutidos alguns aspectos geotécnicos sobre a área, que ajudam a compreender de forma mais clara os processos geológicos presentes, que são acelerados pela ocupação inadequada do solo.

Segundo Zaine (2000) “...Os atributos geológico-geotécnicos, juntamente com o entendimento dos processos da dinâmica externa da crosta, podem ajudar e orientar as diferentes formas de ocupação urbana, minimizando estes conflitos e evitando situações consideradas de risco causados pela ocupação e pela ação antrópica desordenada e não planejada...”. A área de foco deste estudo apresenta diversos processos geodinâmicos naturais do meio físico, porém são acelerados pela ação antrópica, pelo seu uso desordenado.

As cidades de Americana e Santa Bárbara D’Oeste apresentam um processo de conurbação, que acentuou processos geodinâmicos naturais de um meio ambiente, principalmente nos córregos do Sossego e do Barracão, presentes nos locais de divisa municipal. A ocupação acelerada da população, sem o devido planejamento urbano fez com que não se respeitasse as características geotécnicas do terreno, gerando algumas áreas de risco.

O processo geodinâmico presente com maior frequência é a erosão, majoritariamente a linear, com a presença de sulcos e ravinas por toda área estudada, sendo a presença de rochas arenosas e laminadas do Grupo Itararé um fator agravante da erosão, pois geram um solo quartzarênico (MARINHO *et al.* 2010). Os Córregos do Sossego e do Barracão apresentam processos intensos de erosão, ambos com desenvolvimento de voçoroca.

De acordo com Guerra (1995) as voçorocas são erosões nas encostas, e possuem paredes laterais íngremes, em geral com fundo chato, com fluxo de água em seu interior em eventos chuvosos, sendo que em alguns casos as profundidades das voçorocas chegam atingir o lençol freático. Já Fleury (1983) define voçoroca como sendo uma escavação ou rasgão do solo ou de rocha decomposta, ocasionada pela erosão do lençol de escoamento superficial.

A erosão linear é um processo característico nos córregos estudados, e provoca, em geral, um aumento na profundidade destes, quando o leito dos canais é composto por rochas arenosas da Grupo Itararé, gerando paredões laterais com alta declividade e com cerca de 15 a 20m de altura (JACOB *et al.*, 2010). Já em locais com presença de diques de diabásio no leito, a qual é uma rocha mais resistente, a erosão age de maneira a aumentar a largura dos córregos.

Os sulcos e ravinas também são freqüentes na área de conurbação dos municípios, e são observados principalmente na média encosta, locais de solo arenoso e coluvionar. Vale ressaltar que o desenvolvimento de voçorocas, sulcos e ravinas pode comprometer as diversas atividades econômicas, tanto na área urbana quanto na rural (ZAINÉ, 2000).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 9** mostra um mapa de localização do pontos de amostragem, e a **Tabela 6** mostra uma relação dos pontos de amostragem com as coordenadas, e ensaios realizados em cada uma das amostras.

Figura 9 – Mapa de pontos, mostrando a localização das amostragens.

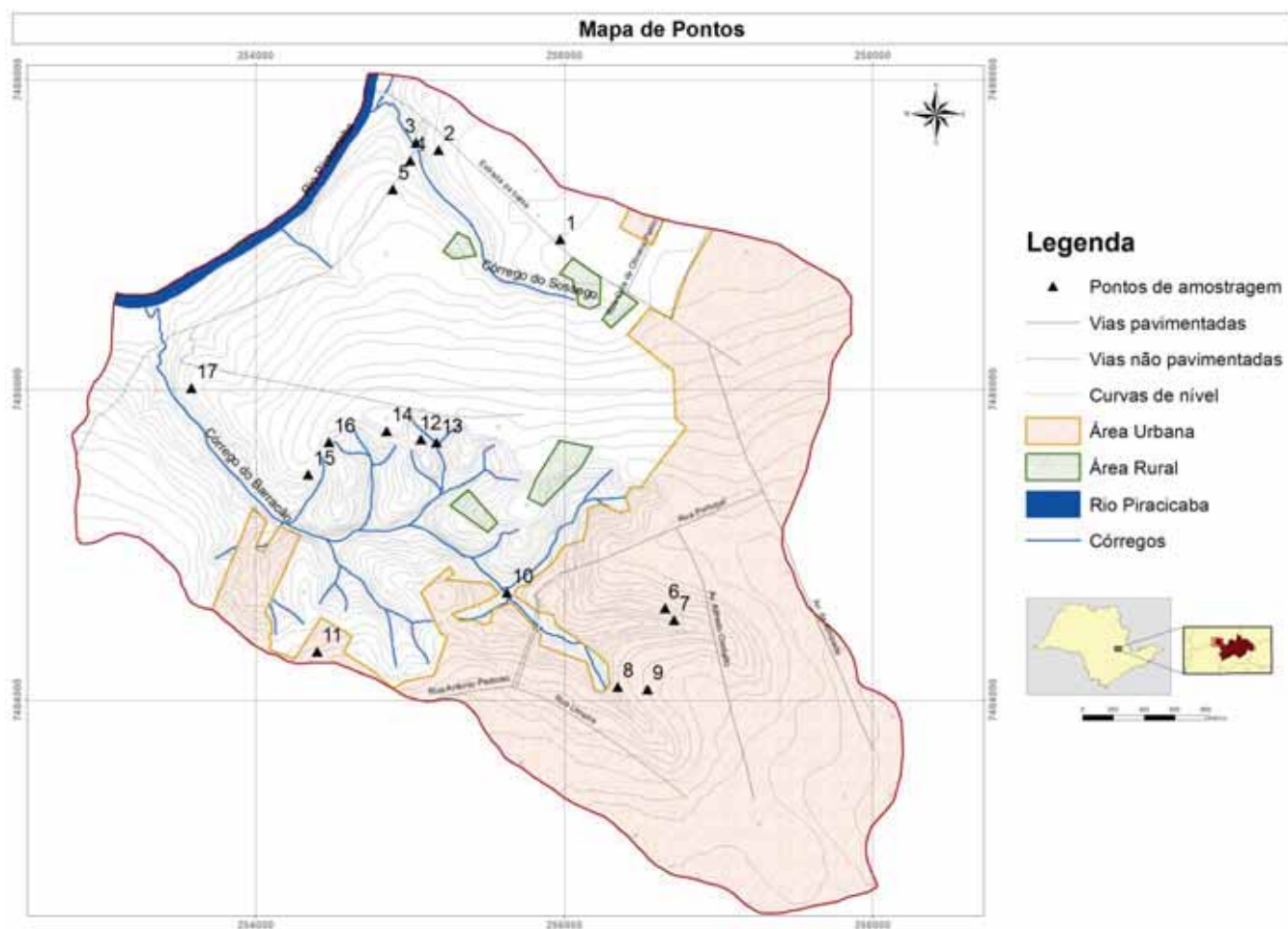


Tabela 6 – Pontos de amostragem com as respectivas coordenadas e ensaios realizados em cada uma das amostras.

Pontos de amostragem	Coordenadas		Ensaio Geotécnicos		
	X	Y	Índices Físicos	Granulometria	Limites de Consistência
1	255976	7486967	x	x	
2 - A	255186	7487546	x	x	
2 - B	255186	7487546	x	x	x
2 - C	255186	7487546	x	x	x
3	255042	7487593	x	x	
4	255003	7487477	x	x	x
5	254890	7487292	x	x	x
6	156655	7484593	x	x	x
7	256714	7484515	x	x	x
8 - A	256347	7484084	x	x	x
8 - B	256347	7484084		x	x
8 - C	256347	7484084		x	
9	256540	7484069	x	x	x
10 - A	255630	7484693	x	x	
10 - B	255630	7484693		x	x
11	254401	7484313	x	x	x
12	255074	7485676	x	x	
13	255173	7485657	x	x	
14	254850	7485731	x	x	
15	254344	7485449	x	x	x
16	254477	7485660	x	x	
17	253586	7486008	x	x	

6.1. ENSAIOS GEOTÉCNICOS DE LABORATÓRIO

6.1.1. Índices Físicos

Os ensaios de índices físicos expressam as proporções entre pesos e volumes presentes em uma mesma estrutura de solo, auxiliando nos cálculos dos esforços atuantes. Desta forma, ao se tratar de planejamento urbano, esse índices auxiliam na interpretação do comportamento do solo em determinadas situações, por exemplo, suas possíveis alterações na presença de água, gerando então situações de risco para ocupação. A **Tabela 7** mostra os resultados dos cálculos dos índices físicos para as amostras.

Tabela 7 – Índices Físicos calculados para as amostras.

Amostra	Massa Específica (g/cm ³)	Massa Específica seca (g/cm ³)	Massa Específica dos sólidos (g/cm ³)	Teor de unidade (%)	Porosidade (%)	Índice de Vazios	Grau de saturação (%)
1	1,43	1,307	2,59	9,76	49,5	0,98	25,79
2 - A	1,53	1,504	2,55	12,91	40,93	0,69	47,50
2 - B	1,57	1,39	2,56	12,76	45,57	0,84	39,40
2 - C	1,87	1,53	2,51	22,88	38,86	0,63	90,55
3	1,91	1,56	2,52	21,66	37,71	0,6	90,17
4	1,67	1,51	2,54	10,44	40,28	0,67	39,41
5	1,36	1,25	2,57	8,42	51,29	1,05	20,56
6	1,67	1,3	2,64	27,57	50,41	1,01	71,63
7	1,57	1,34	2,64	16,27	48,73	0,95	45,11
8 - A	1,58	1,26	2,55	25,25	50,26	1,01	63,74
9	1,33	1,06	2,59	25,31	58,92	1,43	45,71
10 - A	1,77	1,61	2,57	9,56	37,07	0,58	41,69
11	1,22	1	2,56	20,62	60,5	1,52	34,46
12	1,6	1,53	2,56	5,27	40,19	0,67	21,43
13	1,46	1,35	2,46	8,07	45,2	0,82	24,1
15	1,69	1,56	2,49	8,35	37,12	0,59	35,72
16	1,71	1,62	2,59	5,58	25,11	0,60	24,37
17	1,68	1,54	2,51	8,79	38,58	0,63	35,69

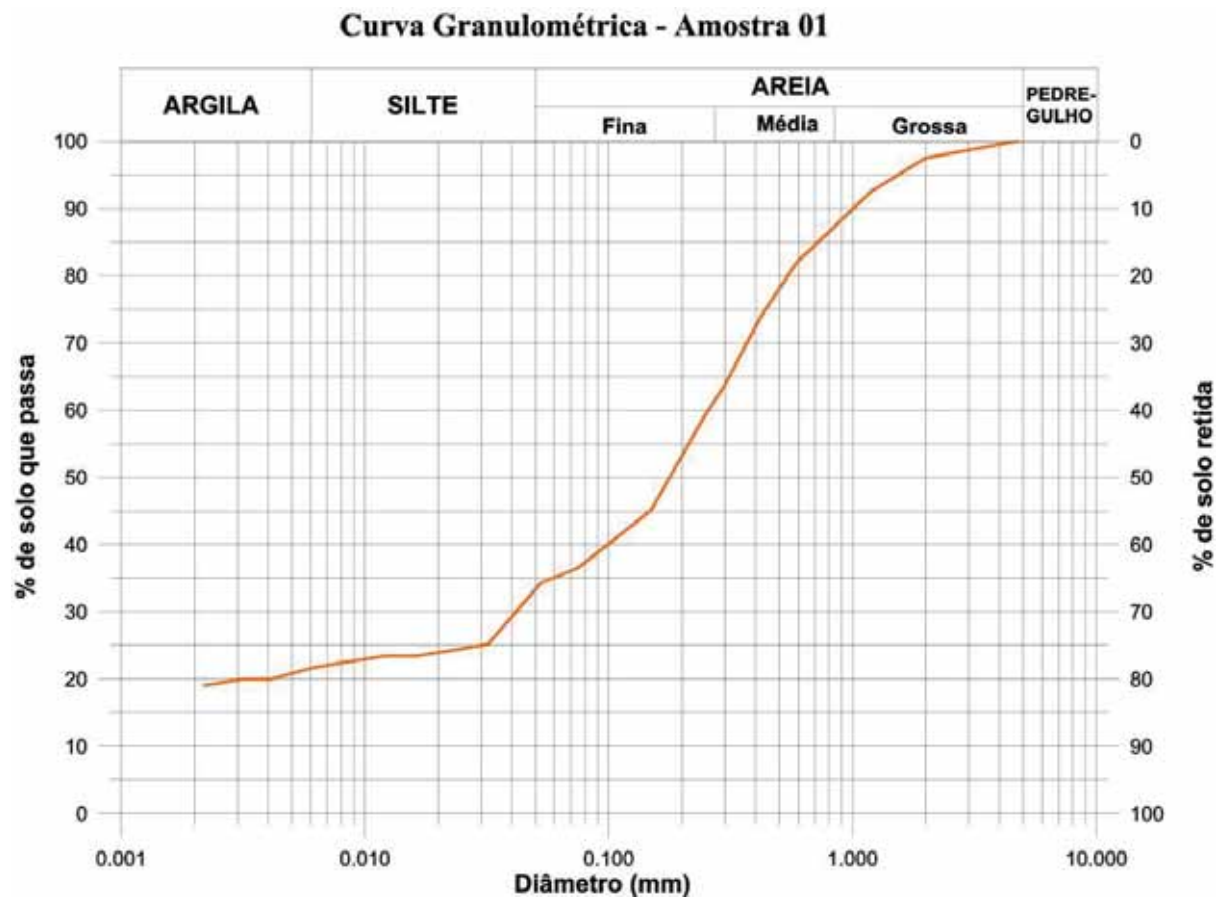
*Não foi possível a realização dos ensaios para amostra 14, pois o solo nesse local apresenta características que não possibilitam a coleta de amostras indeformadas em cilindros.

6.1.2. Granulometria e Limites de Consistência

A análise granulométrica das amostras, determinou a porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representadas na massa total de solo analisado. Juntamente com o ensaio granulométrico, foi realizado também o ensaio de sedimentação.

Após a realização dos ensaios de granulometria, elaborou-se curvas granulométricas, como por exemplo, a **Figura 10**, que representa a curva para a amostra de número 01.

Figura 10 – Curva Granulométrica da Amostra 01



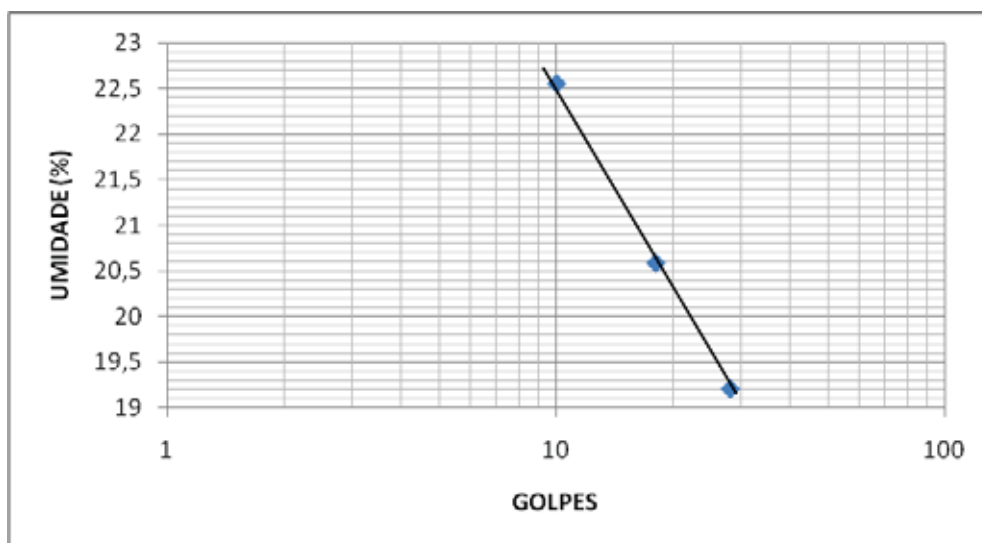
A partir da curva granulométrica acima, foi possível calcular as porcentagens de cada faixa granulométrica de cada amostra, apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 8 – Percentagens das faixas granulométricas de cada amostra.

Amostra	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)			Pedregulhos (%)
			Fina	Média	Grossa	
1	22	11	30	25	12	0
2 - A	18	40	35	5	2	0
2 - B	12	55	23	5	5	0
2 - C	17	52	26	2	3	0
3	0	0	89	10	1	0
4	19	32	38	7	4	0
5	19	41	32	5	3	0
6	69	26	3	1	1	0
7	45	25	22	7	1	0
8 - A	64	31	4	0,5	0,5	0
8 - B	22	59	12	7	0	0
8 - C	18	24	3	54	1	0
9	67	25	6	1	1	0
10 - A	29	15	45	10	1	0
10 - B	82	15	2	1	0	0
11	35	48	1	15	1	0
12	14	15	65	5	1	0
13	15	30	40	13	2	0
14	21	11	56	7	5	0
15	22	42	30	4	2	0
16	14	24	50	11	1	0
17	21	36	41	1	1	0

A **Tabela 8** (acima) mostra que 12 amostras contêm uma quantidade acima de 40% de areia total, o que é característico do solo formado por rochas do Grupo Itararé, as quais possuem caráter arenoso.

Na seqüência, a partir da realização dos ensaios de limites de consistência, foi possível a confecção de gráficos do tipo *Golpes versus* Umidade, medida em porcentagem, para então o cálculo do limite de liquidez, como mostra a figura a seguir.

Figura 11 - Gráfico do Limite de Liquidez da amostra 2 – B.

As informações obtidas nos dois ensaios anteriores foram fundamentais na classificação dos solos segundo o SUCS. A **Tabela 9** indica essa classificação de solos para as amostras, correlacionando informações do ensaio granulométrico e os ensaios de limites de consistência do solo.

Tabela 9 – Classificação dos solos segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS).

Amostra	Classificação SUCS
1	SM - areia siltosa
02 - B	ML - silte arenoso
02 - C	ML - silte arenoso
3	SW - SH areia bem graduada com silte
4	CL - argila pouco plástica
5	CL - argila pouco plástica
6	CH - argila muito plástica
7	CL - argila pouco plástica
8 - A	CH - argila muito plástica
8 - B	CL - argila pouco plástica
9	ML - silte
10 - A	SC -SH - areia argilo - siltosa
10 - B	CH - argila muito plástica
11	ML - silte
12	SM - areia siltosa
14	SM - areia siltosa
15	ML - silte
16	SM - areia siltosa

***Não foi possível a classificação da amostra 13 e 17**

6.2. CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS PARA FINS DE ENGENHARIA

Foram feitas classificações para fins de engenharia, dos pontos selecionados de acordo com: grau de escarificabilidade, capacidade de suporte e grau de escavabilidade.

Essas classificações podem ser utilizadas, além do uso neste estudo especificamente, para fins da engenharia, para auxílio na execução de obras civis, mapeamentos de áreas de risco, entre outros.

A classificação segundo o grau de escarificabilidade das amostras está representada a seguir.

Tabela 10 – Classificação do grau de escarificabilidade das amostras.

Amostra	Grau de Escarificabilidade
1	1
2	1
3	1
4	1
6	1
7	1
9	1
11	1

Para a classificação do grau de escavabilidade também considerou-se as características e classificação segundo Oliveira e Brito (ABGE, 1998), e os resultados são apresentados a seguir:

Tabela 11 – Grau de escavabilidade das amostras.

Amostra	Grau de Escavabilidade
1	material brando
2	material brando
3	friável e fluente
4	material brando
6	rocha branda
7	material brando
9	material brando
11	material brando

Baseado na tabela de capacidade de suporte do solo elaborou- a seguinte tabela avaliando o solo de alguns pontos de amostragem.

Tabela 12 – Classificação da capacidade de suporte das amostras.

Amostra	Capacidade de suporte
1	média
2	baixa a média
3	baixa
4	média
6	média a alto
7	baixa
9	média
11	média

6.3. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA FINAL

Para a confecção da Carta Geotécnica final (Apêndice II), utilizou- se, a Carta Geotécnica preliminar, a fim de guiar na definição das unidades Geotécnicas, mapas temáticos que foram gerados durante o desenvolvimento do estudo, na escala 1:20.000 para adequar à escala da Carta final, dados obtidos nos ensaios laboratoriais, caracterização do solo e por fim, dados das sondagens a percussão.

Os mapas utilizados para confecção da carta geotécnica final foram:

- Mapa Geológico – 1:50.000
- Mapa Geomorfológico – 1:20.000 (Anexo I)
- Mapa de Declividade – 1:20.000 (Apêndice I)

Além dos mapas citados anteriormente, foi elaborado e analisado um mapa de Uso do Solo, na mesma escala dos anteriores, para identificar o tipo de ocupação da área de estudo, principalmente próximo aos córregos que são locais com maior ocorrência de processos atuantes.

Todas as informações citadas anteriormente auxiliaram na confecção da Carta Geotécnica final, de forma a reunir as características e definir mais precisamente os limites entre as

unidades geotécnicas. Desta forma, foram definidas quatro unidades geotécnicas distintas, considerando os aspectos geologia, relevo, processos geológicos e uso da terra.

Considerando as informações utilizadas na caracterização das unidades geotécnicas, foi possível também a identificação de áreas mais ou menos problemáticas para ocupação, que necessitam de estudos mais específicos para um adequado uso, por não se saber ao certo o comportamento do solo em determinadas situações.

6.3.1. Unidade Geotécnica I

Essa unidade possui uma distribuição ao longo das drenagens principais da área de estudo, que são os córregos do Sossego e do Barracão. O contato dessa unidade com as demais é observado principalmente diferença de declividade, sendo esta bem acentuada no talude dos córregos.

A geologia dessa unidade é composta por rochas da Formação Itararé, abrangendo arenitos e siltitos, com solos areno-siltosos de granulometria fina a média, e coloração variando entre amarelado, amarelo- avermelhado (**Foto 01**) e marrom- avermelhado; é comum também a ocorrência de lentes de solo argiloso. Estes solos demonstram baixa capacidade de suporte, principalmente, com a presença de fluxo de água subsuperficial, como observado nos pontos 3 (Córrego do Sossego) e 7 (Córrego do Barracão), por exemplo.

Foto 01 - Foto da amostragem do ponto 07 (sudeste do Córrego do Barracão), mostrando rocha alterada da Formação Itararé, de coloração amarelo- avermelhado



O relevo é formado por vales encaixados, com alta dissecação provocada por processos erosivos intensos, incrementados pela ocupação e expansão das áreas urbanas dos municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste. Essa intensa ocupação acentua o capeamento do solo, diminuindo, portanto, as áreas de penetração das águas pluviais, podendo adquirir maior velocidade de escoamento superficial.

As **Fotos 02 e 03** mostram a ocupação urbana muito próxima ao Córrego do Barracão e a presença de lixo, que além de não controlar o processo de erosão, pode causar contaminação nos córregos (Jacob *et al*, 2010). As **Figura 12** e a **Foto 04** mostram um bairro com casa construídas, também em situação problemática, devido a proximidade com o córrego, que agravam a erosão e podem facilitar a ocorrência de outros processos geológicos, como escorregamentos.

Foto 02 - Foto mostrando presença de lixo e entulho próximo ao córrego no ponto 07 (Córrego do Barracão).



Foto 03 - Foto próxima ao local da figura anterior, mostrando a ocupação muito próxima ao Córrego do Barracão, indicando uma possível situação de risco.



Figura 12 – Imagem mostrando área problemática para ocupação, devido sua localização muito próxima a uma das drenagens do córrego do Barracão. Detalhe para o bairro assinalado em amarelo, local da foto 4.



(Fonte: Google Earth)

Foto 04 - Bairro com casas construídas em locais de área de risco próximas ao Córrego do Barracão (corresponde ao local assinalado na figura anterior).



Os processos de dinâmica superficial que são incidentes nessa unidade são a erosão linear (voçorocas) e assoreamento nas bases dessas drenagens, especialmente, nas proximidades da confluência com o rio Piracicaba.

O nível de água subterrâneo é aflorante na base das erosões, que são classificadas como voçorocas. O escoamento da água superficial é alto devido às declividades médias a altas que ocorrem nos taludes das erosões.

O processo de voçorocamento está presente nos dois córregos deste estudo, porém este é mais acentuado em alguns locais, como na porção sudeste do Córrego do Sossego, com extensão de curso d'água de aproximadamente 2,5km, possuindo padrão meandrante (**Figura 13**). Neste local o processo da erosão é agravado pela pastagem para gado, que deixa o solo desprotegido e casas próximas ao córrego, pode-se observar, ainda, a ausência quase que total de mata ciliar (Jacob *et al*, 2010).

Figura 13 - Imagem mostrando a voçoroca no Córrego do Sossego.



(Modificado de Jacob *et al*, 2010)

Na área de estudo ocorre também o processo de *piping*, principalmente na região do Córrego do Sossego, local em que a voçoroca já está muito evoluída. Segundo os estudos de Marinho *et al.* (2010), na porção da montante deste córrego, o *piping* ocorre com altura máxima de 2m, junto ao curso d'água, atuando de forma a alargar o curso do córrego, contribuindo também no assoreamento do mesmo.

Outra ocorrência observada na área é a presença de abatimentos de superfície (**Foto 05**), provocados nas médias e baixas encostas, quando há presença do solo quartzarênico da Formação Itararé ou colúvio, gerando desníveis de 5 a 15m (Marinho *et al*, 2010). Vale ressaltar que os ensaios de granulometria mostraram solo com quantidade considerável de areia para essa unidade e a caracterização segundo a capacidade de suporte ficou de forma geral em baixa a média, portanto a ocupação nessas áreas e as obras de engenharia devem considerar as propriedades do solo, suas características geotécnicas, para se evitar possíveis problemas futuros.

Foto 05 - Foto próxima ao local de amostragem número 16 (Córrego do Barracão), mostrando um processo de abatimento da superfície, gerando um desnível de aproximadamente 5m.



O uso da terra é composto por vegetação arbustos e indivíduos arbóreos isolados, com presença freqüente de solo exposto, gerado pelo uso inadequado, como pasto, por exemplo. A mata ciliar é pouco presente nos Córregos do Sossego e do Barracão, porém no rio Piracicaba, esta ocorre com maior freqüência, a ausência dessa proteção natural de um curso d'água faz com que o processo de erosão seja acelerado.

6.3.2. Unidade Geotécnica II

Esta unidade é composta por planícies aluvionares ao longo do rio Piracicaba, as quais são bastante restritas em termos de distribuição espacial, especificamente na área de estudo, sendo também, muitas vezes, áreas de difícil acesso. Contudo, é importante ressaltar que no entorno próximo da área existem planícies e terraços amplos tanto a montante como a jusante.

A geologia dessa unidade é composta por sedimentos inconsolidados de areias de granulometria predominante de média a grossa, por vezes conglomerática com seixos e grânulos de quartzo, e argilas orgânicas com alta plasticidade.

Essa unidade apresenta baixas declividades (0-5%) e velocidades de escoamento da água superficial. São locais que periodicamente sofrem processo de inundação nos períodos de alta pluviosidade (novembro a fevereiro), não sendo indicadas à ocupação humana, inclusive estando situadas na Área de Preservação Permanente do rio Piracicaba.

A erosão é um processo atuante na área de planície aluvionar do Rio Piracicaba, principalmente nos períodos de chuva, sendo este processo agravado por ações antrópicas, como pode ser demonstrado pelo plantio de cana-de-açúcar. Segundo Cerri *et al* (1998) estas áreas podem ser consideradas de risco para ocupação devido a exposição de solos de textura arenosa às chuvas, especialmente sob o cultivo da cana-de-açúcar, que em seu estágio inicial de desenvolvimento, não oferece uma boa cobertura vegetal. A **Figura 14** mostra a ocupação existente nas proximidades do rio.

Figura 14 - Imagem mostrando o Rio Piracicaba (no centro) e as plantações de cana-de-açúcar nas proximidades.



(Fonte: Google Earth)

Os locais de planícies aluvionares são inapropriados para ocupação, uma vez que o material presente nas margens do rio apresenta-se de maneira geral inconsolidado, portanto, com baixa capacidade de suporte.

Outro processo observado é o de assoreamento de material proveniente das porções mais altas do relevo, principalmente, nas confluências dos córregos do Sossego e do Barracão, sendo possível observar a presença de depósitos de assoreamento nas épocas de estiagem. Essas áreas são ocupadas basicamente por vegetação de gramíneas e arbustivas, e plantações de cana-de-açúcar.

6.3.3. Unidade Geotécnica III

Essa unidade está distribuída nos topos da área de estudo, ou seja, na porção mais alta das colinas amplas, constituindo um relevo suave.

A geologia dessa unidade é formada por arenitos e siltitos da Grupo Itararé, gerando solos areno-siltosos de granulometria fina a média, de coloração amarelo claro/creme (**Foto 06**), os quais demonstram média capacidade de suporte, principalmente, quando apresentam uma matriz silto-argilosa.

Foto 06 - Amostragem de solo, mostrando solo amarelado/rosado da Unidade III.



O relevo dessa unidade é de colinas amplas, ou seja, um relevo suavizado, na porção de topo aplainado (**Fotos 07 e 08**), sendo por esse motivo as áreas mais ocupadas pela malha

urbana dos municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste, com diferentes bairros residenciais e comerciais, gerando uma alta densidade de ocupação.

Foto 07 - Foto mostrando o relevo da Unidade III, de colinas amplas e suavizadas.



Foto 08 - Relevo da Unidade III.



Nessa unidade a ocupação urbana é intensa, desta forma, observou-se em alguns locais a presença de lixo e entulho em terrenos não ocupados, representados na **Foto 09**.

Foto 09 - Presença de lixo em terrenos que não são ocupados e utilizados.



O nível de água subterrâneo ocorre em profundidades maiores que 10,0 metros. O terreno apresenta baixa declividade, e os solos apresentam comportamento colapsível, especialmente, nas porções mais arenosas e drenadas.

6.3.4. Unidade Geotécnica IV

A distribuição dessa unidade é na meia encosta, entre as Unidades I e III, possuindo maior declividade do terreno, e está associada ao relevo de colinas amplas na meia e baixa encosta.

É composta por arenitos e siltitos da Grupo Itararé, gerando solos arenosos de coloração, em geral, creme/amarelada (**Foto 10**), de granulometria fina a média, os quais apresentam comportamento colapsível nas porções de granulometria mais arenosa e permeável, onde o fluxo da água subsuperficial é mais intenso.

Foto 10 - Solo areno-siltoso da formação Itararé, de coloração creme-amarelado, referente ao

ponto de amostragem 17.



O nível de água subterrânea, em geral, é mais raso, em profundidades em torno de 2,0. O escoamento das águas superficiais é alto a médio, propiciando a ocorrência mais intensa de processos de erosão laminar e linear (sulcos e ravinas).

Dentre os processos presentes, a erosão é o mais freqüente, gerando sulcos e ravinas, observados principalmente na média encosta, locais de solo arenoso, às vezes de caráter coluvionar. A profundidade das ravinas varia de 1 a 2m. Estes processos podem ser observados nas **Fotos 11 a 16**, referentes aos pontos 12, 14, 17 e 18.

Foto 11 – Foto do sulco próximo ao ponto de amostragem de número 12.



Foto12 – Foto dos sulcos próximo a amostragem do ponto 12.



Foto 13 – Foto próxima ao ponto 14 mostrando ravina.



Foto 14 – Foto mostrando ravinamento próximo ao ponto 17.



Foto 15 – Foto mostrando ravinamento no ponto de observação na porção oeste da área, próximo ao rio Piracicaba.



Foto 16 – Foto do mesmo local da foto anterior, porém mostrando maior detalhe da formação da ravina.



O uso do solo nessa unidade é intenso devido à rápida expansão da população de forma desordenada, havendo grande quantidade de casas, principalmente nos limites com a Unidade Geotécnica I, o mapa de uso do solo analisado mostra essa intensa ocupação. Nas proximidades dessas áreas de limite de unidades, a declividade se acentua suavemente, porém suficiente para propiciar algumas áreas de risco para ocupação, devido principalmente por estar muito próximo ao córrego. A **Figura 15** mostra algumas casas que ocupam uma área considerada problemática para habitações, principalmente devido a declividade mais acentuada e sua proximidade com o Córrego do Barracão, que acentua o processo de erosão, podendo facilitar a ocorrência de outros processos, como escorregamentos, abatimentos de superfície, entre outros. O uso atual é também para o plantio de cana-de açúcar, um fator também agravante da erosão, por deixar o solo mais exposto.

Figura 15 – Bairro localizado em local com possíveis problemas para ocupação (destaque em amarelo).



(Fonte: Google Earth)

Os ensaios de granulometria mostraram para essa unidade solos com composição arenosa, característicos da Grupo Itararé.

A ocupação nessa unidade ocorre de forma desorganizada e sem planejamento adequado que possa atender as necessidades das casas, dessa forma, a presença de lixo e entulho em locais inapropriados é comum.

Foto 17 - Presença de lixo e construções de casas em local inapropriado.



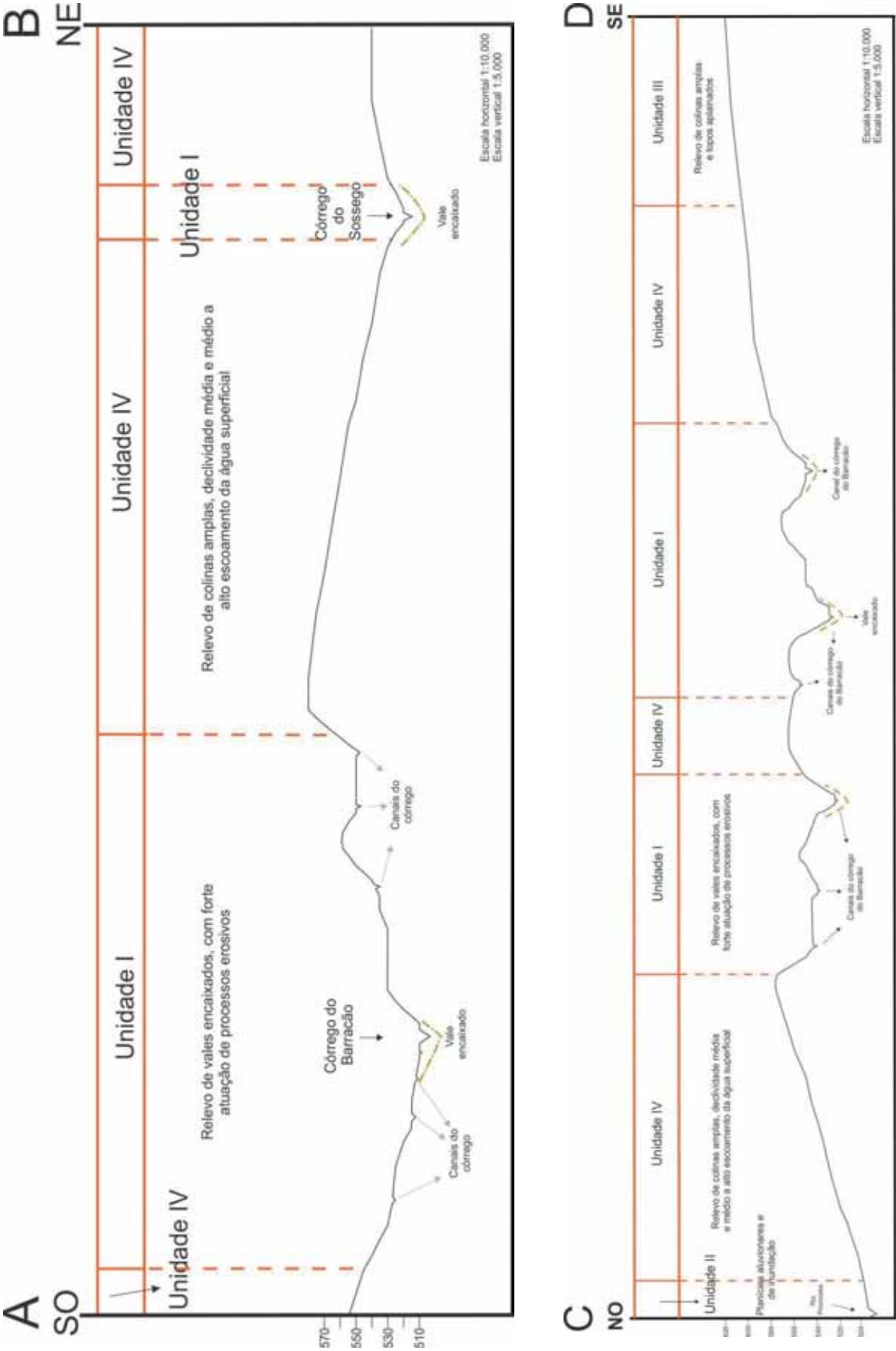
A **Tabela 13** apresenta uma caracterização das Unidades Geotécnicas estabelecidas do presente estudo, considerando os seguintes aspectos: geologia, relevo, características geotécnicas, processos geológicos e uso da terra. Sendo uma forma clara, sucinta e objetiva de apresentar as características encontradas em cada unidade.

Tabela 13 – Caracterização das Unidades Geotécnicas na área das sub-bacias dos Córregos do Sossego e do Barracão.

Unidades Geotécnicas	Geologia	Relevo	Características Geotécnicas	Processos Geológicos	Uso da Terra
I	Arenitos e Siltitos da Formação Itararé (solo arenoso/ silto-arenoso)	Vales encaixados, com alta dissecação provocada por processos erosivos	Nível de água subterrâneo aflorante na base das erosões Baixa capacidade de suporte Alto e médio escoamento de água superficial e declividade	Erosão linear (ravinas e boçorocas) Assoreamento	Vegetação arbustos e indivíduos arbóreos isolados Presença frequente de solo exposto
II	Sedimentos Aluvionares (areia e argila)	Planície aluvionar	Nível de água raso a aflorante (< 2,0 m) Baixa capacidade de suporte do solo Baixo escoamento de água superficial e declividade	Inundação Assoreamento	Vegetação de gramíneas e arbustivas
III	Arenitos, siltitos e Lamitos da Formação Itararé (solo argilo-arenoso/ silto-arenoso)	Colinas Amplas (topo aplainado)	Nível de água subterrâneo maior que 10 metros Declividade baixa Baixo escoamento de água superficial Média Capacidade de suporte do solo	Potencial ocorrência de processos de alagamento e solos colapsíveis	Alta densidade de ocupação por bairros residenciais e comerciais
IV	Arenitos e siltitos da Formação Itararé (solo argilo-arenoso/ silto-arenoso)	Colinas amplas (meia e baixa encosta)	Nível de água subterrâneo em torno de 2 metros Declividade Média Alto a médio escoamento de água superficial Média Capacidade de suporte do solo	Erosão laminar, linear e potencial ocorrência de solos colapsíveis	Plantio de cana-de-açúcar Bairros residenciais e comerciais

Além da tabela, foram elaborados dois perfis geotécnicos, com objetivo de promover uma visualização em duas dimensões da área estudada, representando no relevo, onde as unidades se encontram e suas relações com a topografia. Ambos os perfis foram confeccionados na escala horizontal 1:20.000 e vertical 1:5.000.

Figura 16 - Perfis Topográficos das Unidades Geotécnicas, mostrando a relação das unidades com o relevo e algumas de suas características.



7. CONCLUSÃO

O estudo geotécnico da região das sub-bacias dos córregos do Sossego e do Barracão (divisa entre os municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste) baseado na metodologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), mostrou-se eficiente para que se atingisse o objetivo principal do trabalho que foi a confecção da Carta Geotécnica. As etapas de trabalho permitiram a reunião de diversas informações referentes ao meio físico da área e juntamente com os resultados dos ensaios geotécnicos permitiram o reconhecimento de quatro unidades geotécnicas distintas, com objetivo de expor suas possíveis limitações/restrições, potencialidades para sua ocupação, e auxílio na orientação do uso correto do solo.

A Unidade I, que é a mais próxima aos córregos do Sossego e do Barracão, é composta por áreas mais restritas a ocupação, principalmente por apresentar maior probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos, como erosão muito acentuada, eventuais abatimentos de superfície, escorregamentos e inundações. Os solos dessa unidade possuem composição arenosa e sua capacidade de suporte se mostrou de baixa a média, portanto a ocupação e utilização do solo nessas áreas devem ser feitas de maneira muito cautelosa, levando em consideração as características geotécnicas dos locais.

A Unidade II, formada por planícies aluvionares e de inundação ao longo do rio Piracicaba, também é uma área com restrições a ocupação, principalmente por conter Áreas de Preservação Permanente (APP), as quais proíbem a utilização e ocupação desses locais. Essa unidade apresenta declividade menos acentuada, com baixo escoamento de águas superficiais, sendo, portanto áreas com maior ocorrência de inundações.

A Unidade III, localizada topograficamente mais alta que as unidades I, II e IV, e composta por colinas suaves e extensas, não apresenta muitas restrições para sua ocupação e uso do solo. O solo nessas áreas tem composição arenosa/siltosa, portanto obras de engenharia devem considerar as características geotécnicas das áreas, para que não ocorra imprevistos. Entretanto, as áreas nessa Unidade são as mais recomendáveis para ocupação, e se encontram mais próximas aos centros comerciais e industriais.

Por fim, a Unidade IV, que refere-se as áreas topograficamente “abaixo” da Unidade III, apresenta algumas restrições quanto ao uso e ocupação do meio físico, uma vez que se encontra em um relevo de meia e baixa encosta, com ocorrência muito próxima a Unidade I, portanto relacionada aos Córregos do Sossego e do Barracão. Entretanto, sua ocupação ocorre com frequência, e quando feita de maneira adequada, não apresenta problemas. O planejamento da ocupação urbana é imprescindível, para que não ocorra imprevistos.

Sobretudo, a confecção da Carta Geotécnica para a região da divisa dos municípios, em que há conurbação e intensa ocupação da população de forma desenfreada, foi muito importante, de forma a auxiliar e alertar para os possíveis problemas e restrições encontradas na utilização e ocupação do solo em cada unidade geotécnica. Vale ressaltar que estudos específicos são imprescindíveis para um bom planejamento urbano, a investigação adequada do meio físico auxilia principalmente na prevenção de desastres naturais.

De forma geral, os estudos geotécnicos são importantes, além do auxílio no planejamento urbano, na preservação do meio físico, uma vez que para toda ação humana, há uma reação da natureza, portanto deve-se respeitá-la e utilizá-la de forma correta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 1940. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>

ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Boletim do Instituto de Geografia e Geologia, Universidade de São Paulo. Vol. 41, p. 169-263, 1964.

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

CÂMARA MUNICIPAL DE SANTA BÁRBARA D'OESTE. Site oficial 2009. Disponível em <http://www.camarasantabarbara.sp.gov.br/wfrCamara.aspx?Tipo=brevehistorico>.

CERRI, Carlos Eduardo P et al. **Mapas de Risco à Erosão do solo na bacia do Rio Piracicaba, utilizando técnicas de Geoprocessamento**. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento. **Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, Brasil, 11 de setembro de 1998, INPE, p. 513-523.

CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O.; ZAINE, 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., Rio de Janeiro, 1996. **Anais...** Rio de Janeiro, ABGE, v.2, 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., Salvador, 1990. **Anais ...** Salvador, ABGE, v.1, p. 309-317.

CERRI, L.E.S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta metodológica para prevenção de acidentes**. Rio Claro. 197p. 1993 (Tese de

Doutoramento - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Unesp).

FLEURY, J. M. **Voçorocas: origem e métodos de contenção**. Boletim Goiano de Geografia. v.3, n. 1-2, 1983.

GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos nas encostas**. Guerra, A. J. T; Cunha S. B. da (organizadores). In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 2.ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 472p. 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010- 2011** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>.

JACOB J. G.; SILVA M. J.; MACHADO F. B. **Caracterização dos agentes, processos e feições erosivas da região leste da voçoroca de Americana (SP): subsídios para controle e recuperação ambiental**. Trabalho de Graduação em Engenharia Ambiental. Centro Universitário Salesiano de São Paulo, UNISAL, Americana (SP), 2010.

LIMA R. H. C. **Configuração Geológico- Geotécnica da região de Americana- SP Utilizando sondagens a percussão de simples reconhecimento**. Curso de Pós- Graduação em Geociências. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Rio Claro- SP. 1997.

MARINHO J. N.; SCALLA T. M.; MACHADO F. B. **Caracterização dos Agentes e Feições erosivas na porção oeste da voçoroca de Americana (SP): Subsídios para controle e recuperação Ambiental**. Trabalho de Graduação em engenharia Ambiental. Centro Universitário Salesiano de São Paulo, UNISAL. Americana (SP). 2010.

MILANI, E. J. **Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental**. Dissertação (Tese de Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. V.1 texto. V.2 Anexos. 1997

NAKAZAWA, V.A; PRANDINI, F.L.; SANTOS, A.R. dos; FREITAS, C.G.L. **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.

NOGUEIRA J. B. **Mecânica dos Solos**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Geotecnia. São Carlos, Pub. 003, 1988.

PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, C.G.L. de & DINIZ, N.C. **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. Site oficial. 2009. Disponível em: http://devel.americana.sp.gov.br/americanaV5/americanaEsmv5_Index.php?it=48&a=perfil.

REDAELLI L.L ; CERELLO L. **Escavações**. In: OLIVEIRA A. M. S. ; BRITO S. N. A. *Geologia de Engenharia*, ABGE. São Paulo. 1998. Cap. 19, p. 311 – 330.

SCHNEIDER R. L.; MUHLMANN H.; TOMMASI E.; MEDEIROS R. A.; DAEMON R. F.; NOGUEIRA A. A. **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná.** In: Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia - Porto Alegre, RS, p.41, 1974.

SEIGNEMARTIN, C.L. 1979. **Geologia de Áreas Urbanas: o exemplo de Ribeirão Preto (SP).** São Paulo, SP. 2v. Dissertação (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP).

SIEGNEMARTIN, C.L. ; XAVIER, J.A.P. ; CERRI, L. E. S. ; GERMANO, G. . **Mapeamento geológico-geotécnico preliminar do Município de Americana (SP).** In: II Simpósio Regional de Geologia, 1979, Rio Claro. Atas do II Simpósio Regional de Geologia. São Paulo : SBG, 1979. v. 2. p. 321-329.

VEDOVELLO R.; MATTOS J. T. **Zoneamento Geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico – Aplicação em expansão Urbana.** In: Anais do VII Simpósio Brasileiro de sensoriamento Remoto, Curitiba, PR. INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1993.

VEDOVELLO R.; MATTOS J. T. **A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a Definição de Unidades Geotécnicas.. Uma Abordagem a partir de Sensoriamento Remoto.** In: Anais 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. Florianópolis, SC, outubro de 1998.

ZALÀN P. V.; WOLFF S.; ASTOLFI M. A. M.; VIEIRA I. S.; CONCEIÇÃO J. C. J.; APPI V.T.; NETO E. V. S.; CERQUEIRA J. R.; MARQUES A. **The Paraná Basin – Brazil.** AAPG Memoir 51, p.681-708.

ZAINE, J. E. **Mapeamento Geológico Geotécnico por meio do Método do Detalhamento Progressivo: Ensaio de Aplicação na Área Urbana do município de Rio Claro (SP).** Dissertação (Tese de Doutorado), Curso de Pós- Graduação em Geociências, Área de concentração em Geociências e Meio Ambiente. Unesp, Rio Claro (SP), 2000.

ZAINE, J. E. **Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP).** Dissertação de Mestrado, Curso de Pós- Graduação em Geociências, Unesp, Rio Claro (SP), 1994.

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

ANEXO I

Mapa

Geomorfológico

1:20.000

APÊNDICE I

Mapa de Declividade

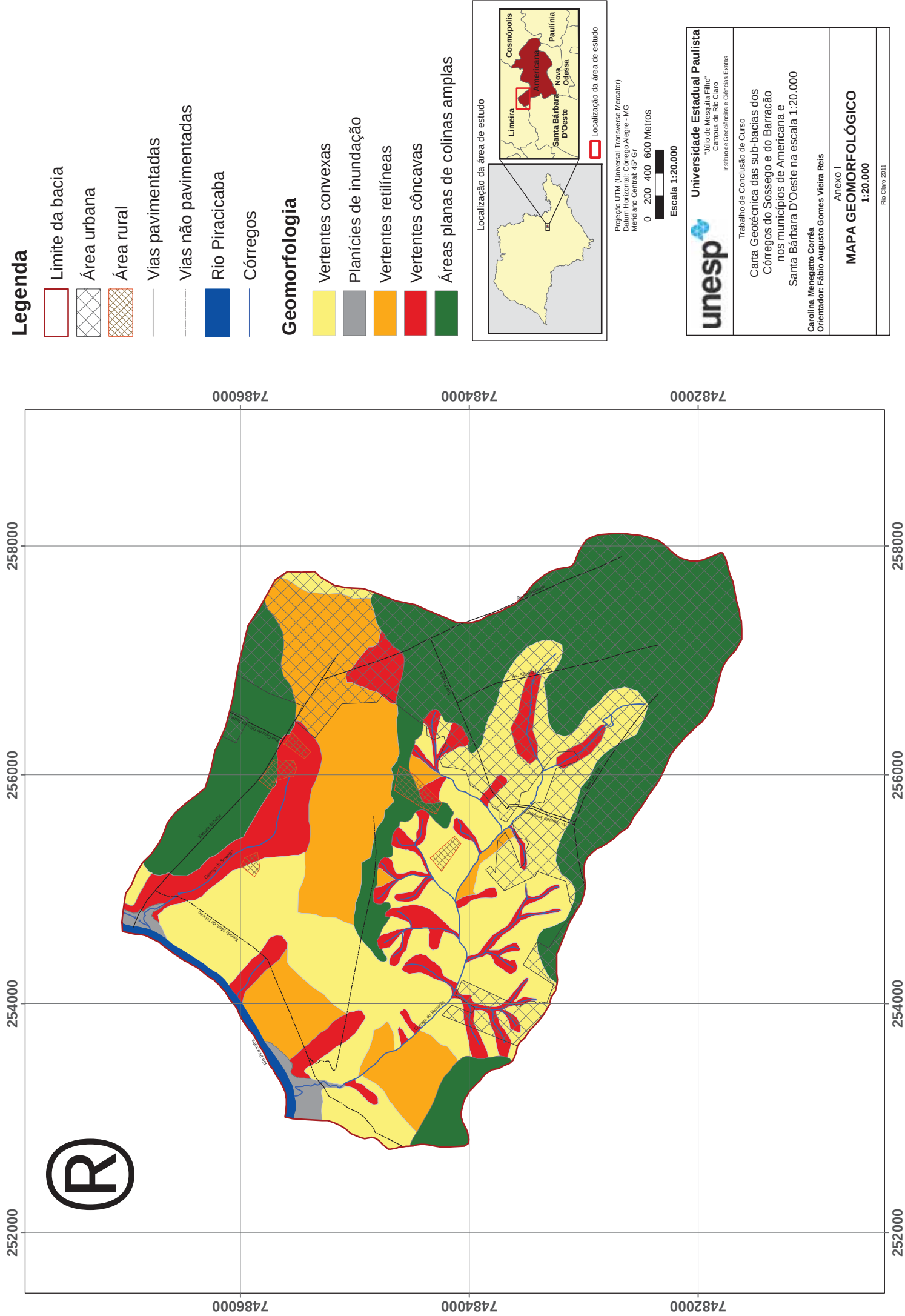
1:20.000

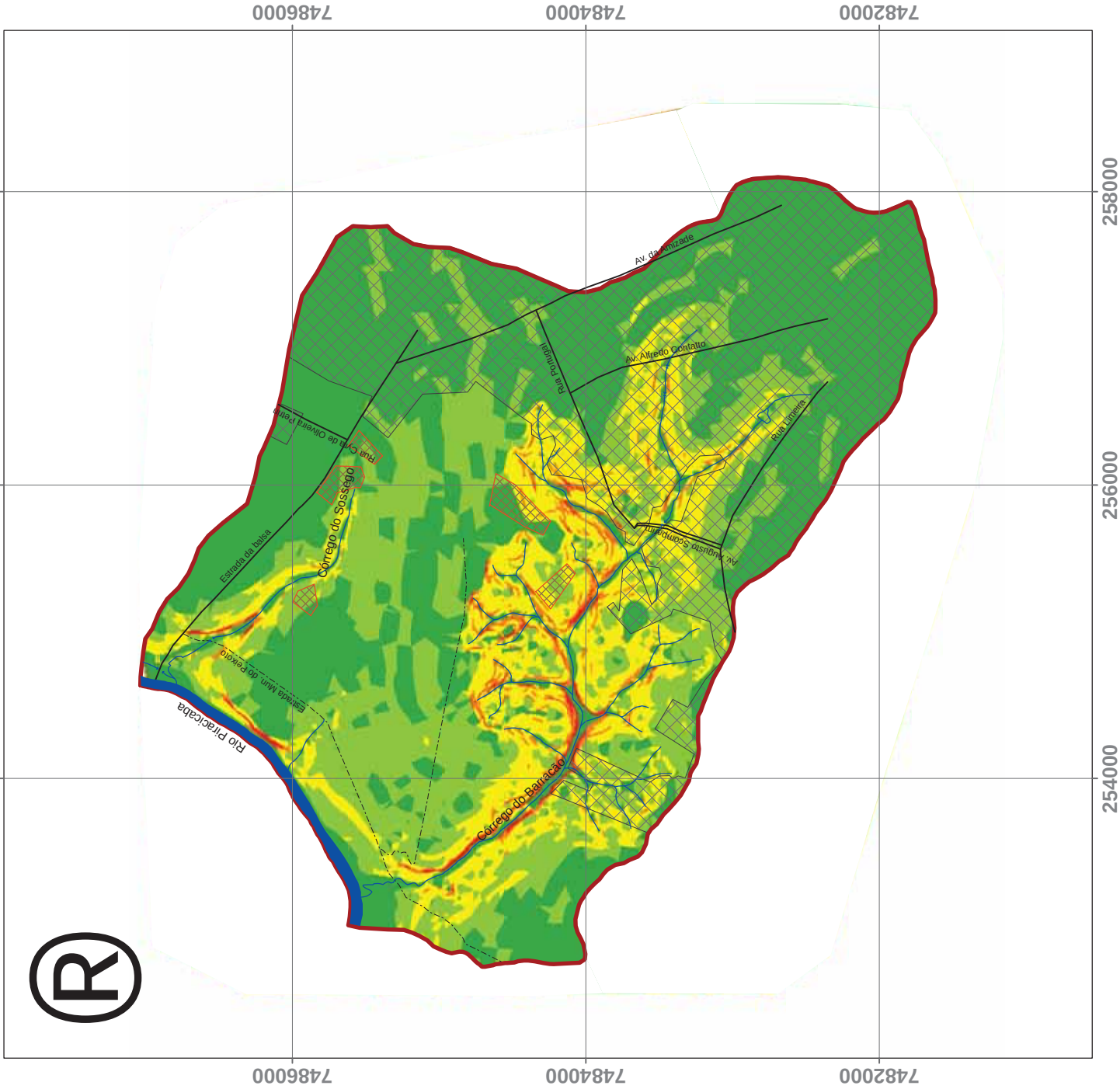
APÊNDICE II

Carta Geotécnica

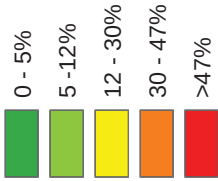
1:20.000

Anexo I - Mapa Geomorfológico - 1:20.000

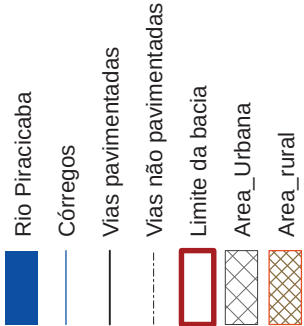




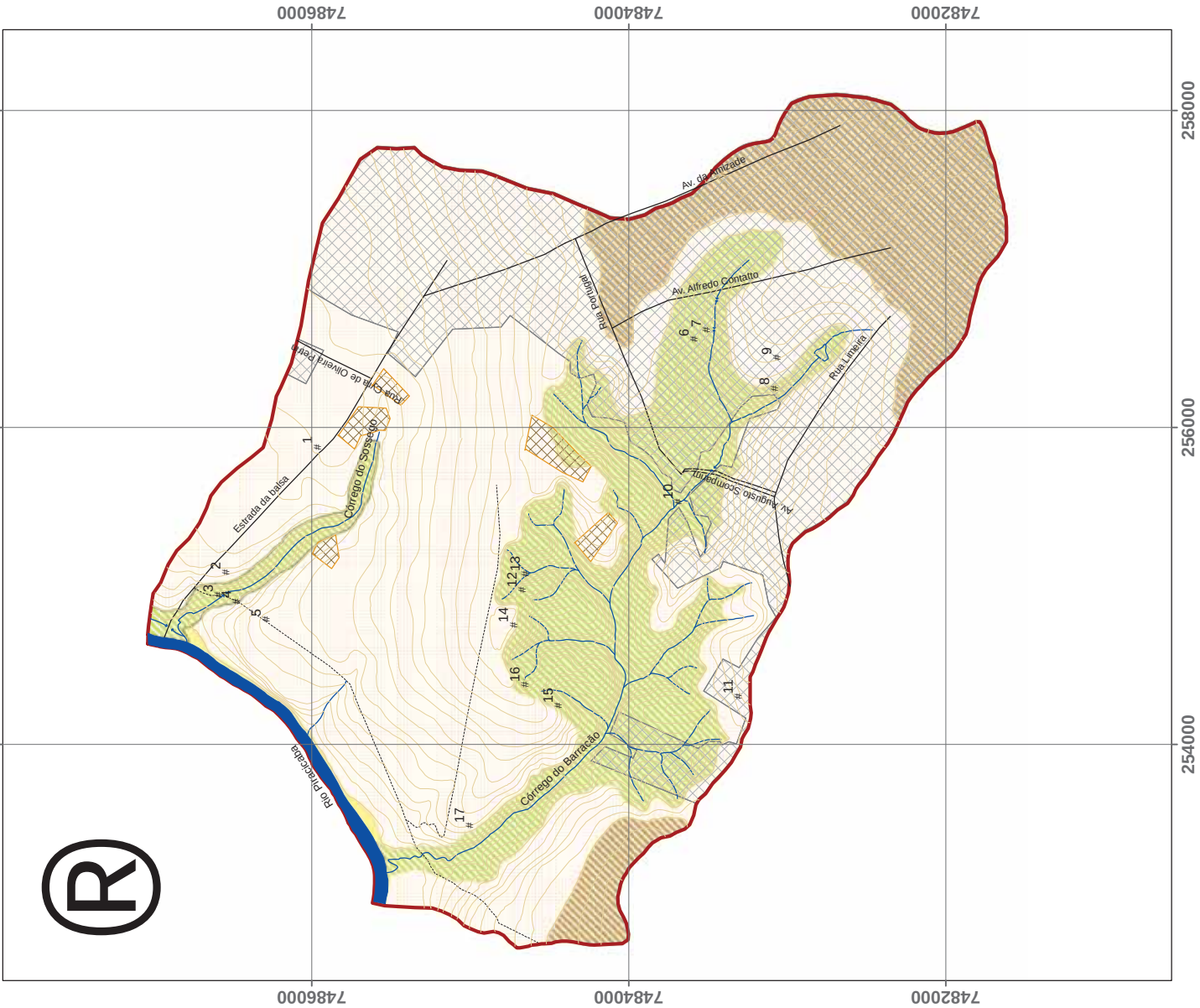
Classes de Declividade



Legenda



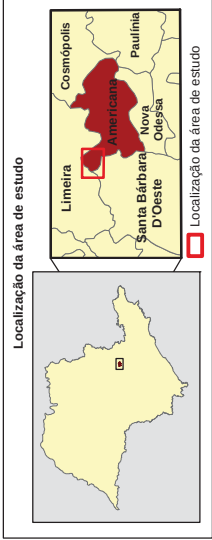
 Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" Campus de Rio Claro Instituto de Geociências e Ciências Exatas	Trabalho de Conclusão de Curso Carta Geotécnica das sub-bacias dos Córregos do Sossogo e do Barracão nos municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste na escala 1:20.000 Carolina Menegatto Corrêa Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis	Apêndice I MAPA DE DECLIVIDADE 1:20.000 Rio Claro 2011
---	---	---



Unidades Geotécnicas	Geologia	Relevo	Características Geotécnicas	Processos Geológicos	Uso da terra
I 	Arenitos e siltitos do Grupo Itararé	Vales encaixados	Nível de água subterrâneo aflorante na base das erosões; alto e médio escoamento de água superficial e declividade	Erosão linear (ravinas e voçorocas) Assoreamento	Vegetação arbustos e indivíduos arbóreos isolados
II 	Sedimentos Aluvionares	Planície aluvionar	Nível de água raso; baixo escoamento de água superficial e declividade	Inundação Assoreamento	Vegetação de gramíneas e arbustivas
III 	Arenitos, siltitos e lamitos do Grupo Itararé	Colinas amplas (topo) aplainado	Nível de água subterrâneo; maior que 10m; declividade baixa Baixo escoamento de água superficial	Potencial de ocorrência de processos de alagamentos e solos colapsíveis	Alta densidade de ocupação por bairros residenciais e comerciais
IV 	Arenitos e siltitos do Grupo Itararé	Colinas amplas (meia encosta)	Nível de água subterrâneo maior que 10 m; declividade baixa Baixo escoamento de água superficial	Erosão laminar, linear e potencial de ocorrência de solos colapsíveis	Plantio de cana-de-açúcar; bairros residenciais e comerciais

Legenda

- # Pontos de amostragem
- Rio Piracicaba
- Córregos
- Vias pavimentadas
- Vias não pavimentadas
- Limite da bacia
- Área urbana
- Área rural



Projeção UTM (Universal Transverse Mercator)
Datum Horizontal: Córrego Alegre - MG
Meridiano Central: 45° Gr
0 200 400 600 800
Escala 1:20.000
Metros

Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Campus de Rio Claro
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Trabalho de Conclusão de Curso
Carta Geotécnica das sub-bacias dos Córregos do Sossego e do Barracão nos municípios de Americana e Santa Bárbara D'Oeste na escala 1:20.000
Carolina Mensagatto Corrêa
Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Apêndice II
CARTA GEOTÉCNICA
1:20.000
Rio Claro 2011