

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA PRODUÇÃO  
DE SEDIMENTOS NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE**

Murilo Cesar Vieira Perrella

Orientador: Prof. Dr. Lindolfo Soares

Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-26/2002)

SÃO PAULO  
2002

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Geociências

Trabalho de Formatura

# **CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE**

Murilo Cesar Vieira Perrella



Orientador: Prof. Dr. Lindolfo Soares

Co-Orientador: Prof. Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira

DEDALUS - Acervo - IGC



30900011652

São Paulo, SP  
2002



TF  
P455  
mcvic

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Oceanografia

Departamento de Oceanografia

CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA PRODUÇÃO DE  
SEDIMENTOS NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE



Memória Científica

Coordenador: Prof. Dr. Roberto de Sá

Coordenador: Prof. Dr. Roberto de Sá

DOAÇÃO	IGC-USP
Data:	20/03/03

Comissão Examinadora

---

---

---

---

Murilo Cesar Vieira Perrella

São Paulo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_



*“se estiveres em um momento de angústia  
em que tudo parece conjurar contra ti,  
nada temas! Pois é nesse momento  
que ocorre o refluxo da  
maré para o triunfo!”.*  
*Provérbio Árabe*

*“nada existe de permanente a não ser a mudança”*  
*Heráclito*

## AGRADECIMENTOS

Regras agradecimentos é, sem dúvida, uma das atividades mais importantes e também uma das mais difíceis de um trabalho que visa o fim de uma etapa da nossa vida.

De antemão, peço desculpas as pessoas que se sentirem esquecidas.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, César e Tereza, por todo amor, apoio e incentivo, pela presença de apoio e paciência na busca da minha formação.

Ao geólogo "Zélio Costa", pela ajuda e incentivo durante toda a minha formação, pela amizade e amizade profissional em todo momento e a todos os professores que me ajudaram na minha formação como geólogo.

Aos professores Lúcio Soares e Antonio Tavares, que durante a minha formação, com suas orientações e discussões sempre me ajudaram a compreender a geologia.

A Cesp, nas figuras de Regina Mariana Rangel e Patrícia, por toda oportunidade e apoio institucional ao trabalho.

Aos professores Fábio Dias, Paulo Oliveira, Roberto Maciel, João Roberto, José Miguel, José Marcos, Mariana Assunção (FAC-USP), César B. Oliveira (FAC-USP), por toda orientação e incentivo ao longo da minha formação como geólogo.

Ao geólogo Carlos C. Alves, pelas orientações e discussões durante a minha formação, pela amizade e ajuda durante a minha formação, por toda orientação e incentivo ao longo da minha formação.

Ao Carlos Henrique, Júnior, pela ajuda e incentivo ao longo da minha formação.

Aos "irmãos" da CESP, Anderson (Fátima), Fernando, Lúcio, Patrícia, César, e o Patrício (Patrícia), por toda ajuda e incentivo.

Aos colegas de geologia, não citarei nomes para não esquecer ninguém e a todos os colegas de geologia, não citarei nomes para não esquecer ninguém e a todos os colegas de geologia, não citarei nomes para não esquecer ninguém.

Finalmente, quero agradecer a todos os meus amigos e familiares, por toda ajuda e incentivo, por toda orientação e incentivo ao longo da minha formação.

***A dedicação a este trabalho eu ofereço  
aos meus pais e meus irmãos***



## AGRADECIMENTOS

Redigir agradecimentos é, sem dúvida, uma das atividades mais prazerosas e também uma das mais difíceis de um trabalho que indica o fim de uma etapa de nossas vidas.

De antemão, peço desculpas as pessoas que se sentirem esquecidas.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Clélia e Tadeu e aos meus irmãos, Marcia e Marco, pelos momentos de apoio e paciência ao longo de toda jornada.

Ao geólogo Wilson Corrêa, pela ajuda e incentivo durante meu estágio na Cesp e demais atividades profissionais. Seu incentivo e companheirismo foram fundamentais para minha formação como geólogo.

Aos professores Lindolfo Soares e Antonio Manoel dos Santos Oliveira, que, com suas orientações e discussões tornaram possível a confecção deste trabalho.

À Cesp, nas figuras de Regina Memrava Romanini e Robson Hitoshi Tanaka, pela oportunidade e apoio incondicional ao trabalho.

Aos professores Fábio Dias, Paulo Giannini, Rômulo Machado, Lilian Mascarenhas, Miguel Basei, Marcelo Assumpção (IAG-USP), Gilson B. Guimarães (UEPG), pela sabedoria transmitida ao longo estes 5 anos, minha formação deve muito a estas pessoas.

Ao geólogo Carlos C. Alves pelos ensinamentos e discussões durante as etapas de campo e atividades correlatas a este trabalho, seu conhecimento e sugestões foram muito importantes.

Ao Carlos Henrique (Guano), pela ajuda e sugestões no trabalho.

Aos "irmãos" do CRUSP, Anderson (Fetchera), Fernando (Lampião), Pedro (Skrotho) e o Fabrício (Passivo), verdadeiros amigos!

Aos colegas da geologia, não citarei nomes para não cometer injustiças, em especial a turma de 98. Difícil será se adaptar a ausência. Grandes foram os momentos que passamos no curso. Com certeza continuaremos todos grandes amigos! Jamais esquecerei todos vocês!

Finalmente, gostaria de deixar aqui meu especial agradecimento a Jamile, apesar das idas e vindas, pessoa fundamental em minha vida, por quem tenho grandes admiração e carinho e que sempre me deu forças para continuar lutando.



## ÍNDICE

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. RELEVÂNCIA DO PROJETO .....	2
1.2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO .....	3
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
3.1. RISCOS GEOLÓGICOS E A GEOLOGIA DE ENGENHARIA .....	5
3.2. EROSÃO .....	7
3.3. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE ÁREA CRÍTICAS.....	10
3.4. TRABALHOS RECENTES.....	12
<b>4. PROCEDIMENTOS E TRABALHOS REALIZADOS .....</b>	<b>15</b>
4.1. METODOLOGIA UTILIZADA .....	15
4.2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO .....	17
4.2.1. <i>Geologia</i> .....	17
4.2.2. <i>Geomorfologia</i> .....	19
4.2.3. <i>Pedologia</i> .....	22
4.2.4. <i>Clima</i> .....	24
4.2.5. <i>Vegetação</i> .....	28
4.2.6. <i>Histórico do uso e ocupação</i> .....	28
4.3. COMPILAÇÃO DOS DADOS EXISTENTES.....	31
4.4. GERAÇÃO DE CARTAS DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO .....	33
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>39</b>
5.1. CARACTERÍSTICAS LEVANTADAS .....	39
5.2. AÇÕES AMBIENTAIS.....	44
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO I – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO II – DESENHOS.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO III – BANCO DE DADOS (CD ROM).....</b>	<b>56</b>



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Localização da área de estudo
- FIGURA 2 – Erosão laminar ou em lençol
- FIGURA 3 – Feições erosivas de pequeno porte, sulcos e calhas
- FIGURA 4 – Ravina
- FIGURA 5 – Boçoroca
- FIGURA 6 – Solapamento de margens fluviais
- FIGURA 7 – Fluxograma de atividades
- FIGURA 8 – Precipitação média mensal nas estações selecionadas
- FIGURA 9 – Chuvas máximas de 24 horas nas estações selecionadas
- FIGURA 10 – Feições erosivas fotointerpretadas

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Conceitos de cartas geotécnicas mais utilizados no Brasil

QUADRO 2 – Estações meteorológicas e períodos de dados utilizados

QUADRO 3 – Resumo das variações mensais de temperatura e umidade relativa do ar

QUADRO 4 – Características pluviométricas mensais registradas

QUADRO 5 – Valores de estabilidade / vulnerabilidade para os condicionantes do meio físico na área de estudo

QUADRO 6 – Valores do Índice de Concentração de Boçorocas obtidos

QUADRO 7 – Listagem das sub-bacias mais críticas

## ANEXO II

DESENHO 1 – IMAGEM DE SATELITE

DESENHO 2 – BASE CARTOGRÁFICA

DESENHO 3 – MAPA GEOLÓGICO

DESENHO 4 – MAPA GEOMORFOLÓGICO

DESENHO 5 – MAPA PEDOLÓGICO

DESENHO 6 – CARTA DE SUSCEPTIBILIDADE À EROÇÃO

## ANEXO III

CD-ROM



## ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO I.....ANEXO FOTOGRÁFICO**

FOTO 1 – Foz do rio do Peixe.

FOTO 2 – Foto aérea da região do recém instituído Parque Estadual do rio do Peixe

FOTO 3 – Foto aérea do ribeirão Santa Maria

FOTO 4 – Foto aérea a jusante da foto anterior

FOTO 5 – Foto aérea da região do ribeirão da Confusão

FOTO 6 – Foto aérea da região do córrego Barra Mansa

FOTO 7 – Foto aérea da região do ribeirão da Confusão

FOTO 8 – Foto de boçoroca na região do ribeirão Claro

**ANEXO II .....DESENHOS**

DESENHO 1 – IMAGEM DE SATÉLITE

DESENHO 2 – BASE CARTOGRÁFICA

DESENHO 3 – MAPA GEOLÓGICO

DESENHO 4 – MAPA GEOMORFOLÓGICO

DESENHO 5 – MAPA PEDOLÓGICO

DESENHO 6 – CARTA DE SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO

**ANEXO III.....CD-ROM**



## RESUMO

O estudo sedimentológico de bacias hidrográficas contribuintes a um grande reservatório é particularmente importante para o Brasil em razão do sistema de geração de energia no país ser predominantemente hidráulico.

Dentro desta ótica, o objetivo principal deste Trabalho de Formatura foi o de caracterizar, qualitativamente, uma bacia hidrográfica, denominada rio do Peixe, localizada a oeste do estado de São Paulo e pertencente a bacia contribuinte ao reservatório da UHE Eng.º Sérgio Motta (antiga UHE Porto Primavera).

A metodologia utilizada foi basicamente fundamentada em referências bibliográficas, visando a caracterização do meio físico, conforme sistemática utilizada pelo IPT em trabalho realizado em 1987 na região. Foram analisadas, também, fotos aéreas da área para verificação e quantificação dos processos erosivos já instalados, como subsídio as etapas posteriores.

Em um segundo momento, a abordagem esteve centrada nas observações de campo, feitas inclusive em sobrevôos que, confrontados com os dados já compilados, permitiram a compreensão mais ampla e realista dos processos erosivos já instalados.

A análise dos processos erosivos, associada a compilação dos dados existentes da área em estudo, evidenciou a alta susceptibilidade da região no tocante a possibilidade de ocorrência de processos erosivos.

Ao total foram avaliadas 68 sub-bacias do rio do Peixe, e destas, 49 apresentaram "alto" ou "muito alto" nível de susceptibilidade à erosão.

A metodologia apresentada mostra-se adequada para a qualificação e caracterização dos processos erosivos em uma bacia hidrográfica.

**Palavras chave:** bacia hidrográfica, hidrossedimentologia, erosão, suscetibilidade, carta geotécnica



## ABSTRACT

The electric generation in Brazil has a hydrographic basin. That's the reason why sedimentologic studies of great reservoirs are of particular importance for this country. This work study characterizes a hydrographic basin called Peixe River on a qualitative way. Peixe River is located in the west side of the State of São Paulo and pertaining to the contributing basin of the UHE Eng.º Sergio Motta reservoir (the old UHE Porto Primavera).

It was done an environment characterization, according to the systematic used by the IPT in a work carried in the region through the year of 1987. That was supported by bibliographical references.

At a first moment, aerial photos have been analyzed too for the main purpose of verification and quantification of the erosive processes already installed, and also as subsidy for the posterior stages. At a second moment, the approach was centered in the observation made in the field, which were also made in overflights that, together with the already compiled data, have allowed a realistic understanding of the erosive processes already installed.

The analysis of the erosives processes, associated with the compilation of the existing data of the area in study have evidenced the region high susceptibility regarding the possibility of occurrence of erosive processes.

All together, 68 sub-basins of the Peixe River have been evaluated, and 44 of them have shown "high" or "very high" level of erosion susceptibility.

The methodology used showed itself adequate for the qualification and characterization of the erosive processes in a hydrographic basin.

**Key words: drainage basins, erosion, hydrossedimentology, susceptibility, engineering geology map.**



## 1. INTRODUÇÃO

O estudo hidrossedimentológico em uma bacia hidrográfica, além de ser importante ferramenta de apoio para estudos ambientais, é fundamental para a análise de viabilidade de diversas atividades econômicas.

A construção de uma barragem e a formação de seu reservatório implicam em modificações nas condições naturais do curso d'água. As barragens geram redução da velocidade da corrente e, conseqüentemente, da capacidade de transporte de sedimentos pelo rio, com isso, há uma deposição dentro dos reservatórios que, aos poucos, vão perdendo sua capacidade de armazenar água. Portanto, seja o reservatório para fins de geração de energia, de irrigação, de abastecimento ou de outros usos, o conhecimento da vida útil desse empreendimento dependerá diretamente do fluxo de sedimentos no curso d'água.

Um afluente que adentra ao reservatório pode afetar a geração ou outras finalidades em um tempo menor que o previsto. Os casos de assoreamento têm se multiplicado com o aumento da erosão nas bacias hidrográficas, assim, é sempre prudente que seja efetuado o estudo sedimentológico em todos os aproveitamentos com formação de reservatórios (Carvalho *et al.*, 2000 a).

Portanto, a otimização do uso de recursos naturais, respeitando a capacidade do meio físico e utilizando-se do planejamento e gestão da ocupação da terra e da construção de obras adequadas a este meio, leva à melhor aplicação dos recursos financeiros (Salomão & Iwasa, 1995 *in* Ridente Jr, 2000).

Diante destas conclusões busca-se neste trabalho qualificar o nível de criticidade de uma sub-bacia do rio Paraná, a bacia do rio do Peixe, onde diversos autores já evidenciaram o alto nível de criticidade da mesma no tocante a produção de sedimentos. A questão fundamental é discutir e comparar os diferentes níveis de criticidade atribuídos as sub-bacias do rio do Peixe, gerando uma carta de susceptibilidade à erosão atualizada com informações de campo e pós enchimento do reservatório da UHE (Usina Hidroelétrica Eng.º Sérgio Motta)

A Cesp (Companhia Energética de São Paulo) está concluindo a construção dessa usina (antiga Usina de Porto Primavera), que será a segunda maior hidrelétrica do Estado de São Paulo. Quando concluída, terá 18 turbinas KAPLAN, totalizando 1.814 MW, correspondendo a aproximadamente 23% de toda a potência instalada da Cesp no Estado de São Paulo. A barragem é do tipo gravidade, com um volume útil do reservatório de aproximadamente  $4.300 \times 10^6 \text{ m}^3$  e uma vazão diária de  $30.780 \text{ m}^3/\text{s}$ .

No escopo deste trabalho, os capítulos abordarão os seguintes temas:



O capítulo 2, OBJETIVOS, traz os principais resultados a serem perseguidos com a finalização deste trabalho.

No capítulo 3, são apresentadas as discussões e apresentação dos FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS E REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS, no qual conceitos e métodos de elaboração do trabalho são descritos. Ainda no capítulo 3 são descritos os fundamentos e princípios da sistemática adotados para a confecção de produtos cartográficos que visam à prevenção da erosão, baseada na sistemática adotada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), (IPT, 1987).

No capítulo 4, PROCEDIMENTOS E TRABALHOS REALIZADOS, são descritas todas as etapas do trabalho, bem como suas principais dificuldades e comentários pertinentes, e também, os principais materiais e dados que subsidiaram a conclusão da carta final e seus comentários.

No capítulo 5, RESULTADOS E DISCUSSÕES, estão apontados os resultados relativos às análises de suscetibilidade à erosão da bacia, além de serem apresentados os resultados dos levantamentos realizados e ações que podem vir a ser implementadas na região de estudo.

Têm-se, como produto principal, a Carta de suscetibilidade à erosão (Anexo II - Desenho 6)

No capítulo 6, CONCLUSÕES, são apresentados os comentários quanto à eficiência da metodologia adotada e aqueles relacionados a elaboração do Trabalho de Formatura.

### 1.1. Relevância do Projeto

O estudo sedimentológico de bacias contribuintes ao curso de um grande reservatório é particularmente importante para o Brasil em razão dos sistemas de geração de energia do país serem predominantemente hidráulicos. Atualmente mais de 90% da energia elétrica consumida provém de fontes hidráulicas, cujo papel de destaque deverá se manter ao longo das próximas três ou quatro décadas. O Brasil já possui muitos reservatórios, sendo que muitos deles de pequeno porte e que encontram-se total ou parcialmente assoreados.

Os impactos advindos da erosão existente em cursos d'água são notados nos meios físico, biótico e sócio-econômico.

Os impactos no meio físico são evidentes e estão relacionados, principalmente aqueles relacionados ao assoreamento dos cursos d'água, ocasionando perda de capacidade de armazenamento de água no reservatório com conseqüente queda na capacidade de geração de energia.

Os depósitos formados pelo transporte dos sedimentos produzidos modificam a qualidade do leito, afetando a vida do peixe pela mudança de seu habitat natural.



Também o sedimento em suspensão presente na água reduz a penetração da luz solar dificultando transformações necessárias à vida aí existente.

Em relação a flora pode-se citar (Carvalho, 2000a) o crescimento de plantas macrófitas nas margens do reservatório pela deposição de sedimentos finos com nutrientes. A vegetação prolifera rapidamente sendo arrancada pela elevação do nível d'água e, em seguida a mesma segue em direção à barragem.

A verificação da situação atual das sub-bacias pertencentes ao rio do Peixe, citadas em trabalhos anteriores como de "alta" ou "muito alta" criticidade, são necessárias devido a constatação de diferentes níveis de criticidade evidenciados por trabalhos anteriores (IPT, 1987, Cesp, 1994), para uma determinada região, resultando também em uma revisão dos locais vulneráveis a erosão.

## **1.2. Localização e características da área de estudo**

A bacia hidrográfica do rio do Peixe está localizada no extremo oeste do Estado de São Paulo, possui área total de 9.156 km<sup>2</sup>, limita-se Norte com a Bacia do rio Aguapeí, ao Sul com a Bacia do rio Paranapanema, a Oeste com o rio Paraná e a Leste com a Serra dos Agudos e a Serra do Mirante. O rio do Peixe nasce na Serra dos Agudos, percorrendo uma extensão de 380 Km, desembocando no rio Paraná.

O rio do Peixe é tributário do rio Paraná, situado na sua margem esquerda. Apresenta um traçado meândrico, quando próximo da planície de inundação do rio Paraná, margeado por diques marginais pequenos, às vezes delimitando terraços de pouca expressão.

A UHE Eng.º Sérgio Motta está situada no rio Paraná, a 28 km a montante da confluência com o rio Paranapanema, tendo como endereço a Rodovia Arlindo Betio, SP 613 - km 78 - Primavera - Rosana – SP e distante 800 km da capital.

O acesso, a partir de São Paulo, se dá pelas Rodovias Castello Branco, Raposo Tavares, Assis Chateaubriand (SP 272), Olímpio Ferreira da Silva (SP 563) e Rodovia Arlindo Betio (SP 613). A rodovia Raposo Tavares corta longitudinalmente boa parte da área.



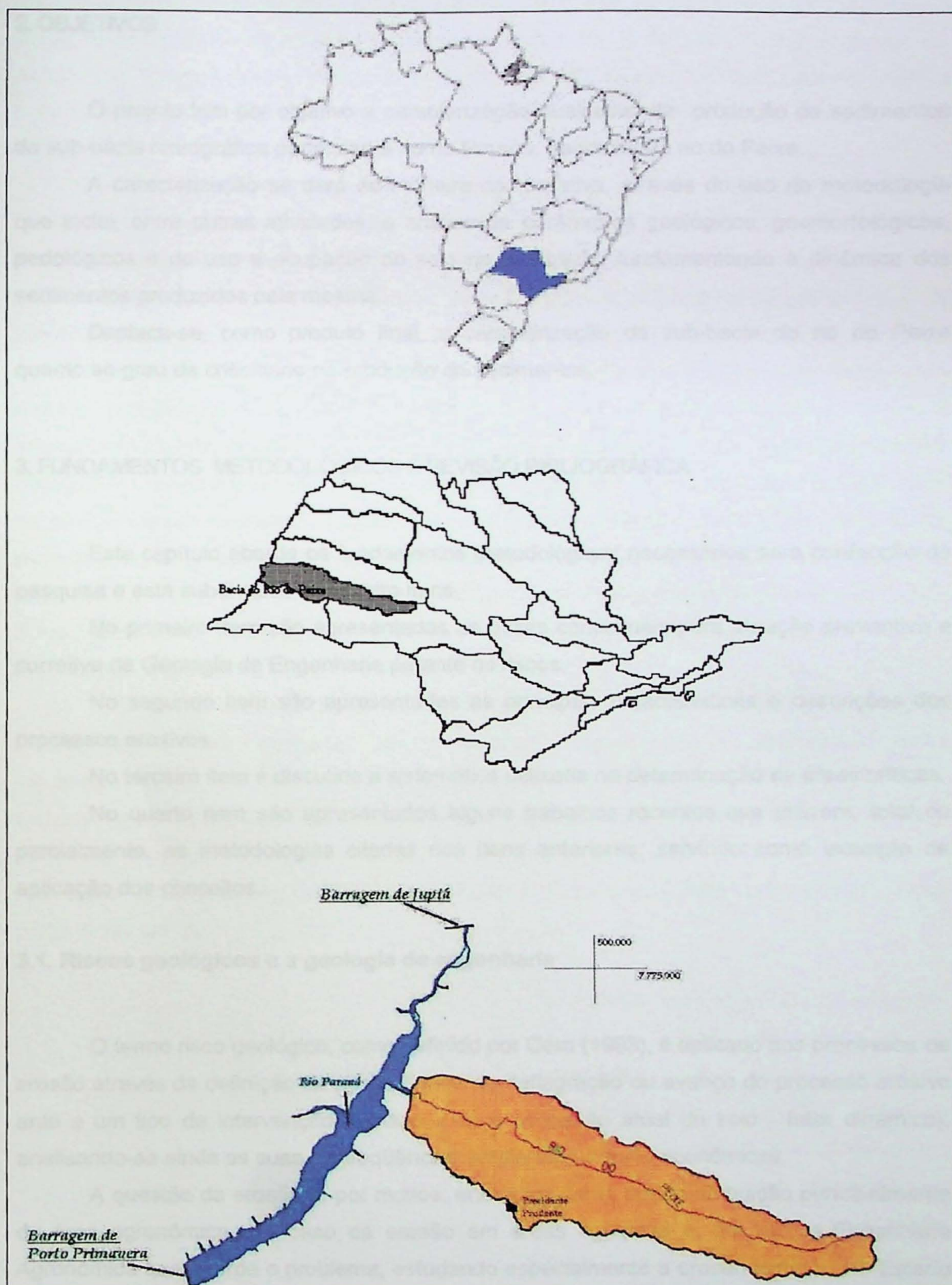


FIGURA 1 – Localização da área de estudo



## 2. OBJETIVOS

O projeto tem por objetivo a caracterização qualitativa da produção de sedimentos da sub-bacia hidrográfica pertencente ao rio Paraná, denominada rio do Peixe.

A caracterização se dará de maneira comparativa, através do uso de metodologia que inclui, entre outras atividades, a análise de parâmetros geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso e ocupação do solo na sub-bacia, fundamentando a dinâmica dos sedimentos produzidos pela mesma.

Destaca-se, como produto final, a caracterização da sub-bacia do rio do Peixe quanto ao grau de criticidade na produção de sedimentos.

## 3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda os fundamentos metodológicos necessários para confecção da pesquisa e está subdividido em quatro itens.

No primeiro item são apresentadas as bases conceituais para atuação preventiva e corretiva da Geologia de Engenharia perante os riscos.

No segundo item são apresentadas as principais características e descrições dos processos erosivos.

No terceiro item é discutida a sistemática utilizada na determinação de áreas críticas.

No quarto item são apresentados alguns trabalhos recentes que utilizam, total ou parcialmente, as metodologias citadas nos itens anteriores, servindo como exemplo de aplicação dos conceitos.

### 3.1. Riscos geológicos e a geologia de engenharia

O termo risco geológico, como definido por Cerri (1993), é aplicado aos processos de erosão através da definição da possibilidade de deflagração ou avanço do processo erosivo ante a um tipo de intervenção humana (uso e ocupação atual do solo - fator dinâmico), analisando-se ainda as suas consequências ambientais e socio-econômicas.

A questão da erosão é, por muitos, entendida como sendo atribuição principalmente da área agrônoma. No caso de erosão em áreas agrícolas é, de fato, a Engenharia Agrônoma que aborda o problema, estudando especialmente a erosão laminar. No Estado de São Paulo, a erosão do solo é um processo que vem sendo objeto de pesquisas há mais de 50 anos. Foram realizados os primeiros estudos com o apoio da Secretaria Estadual da Agricultura como, por exemplo, o trabalho de Freire (1941) in Ridente Jr (2000), devido a



preocupação da perda da produtividade agrícola em culturas como do café, algodão e amendoim, baseando-se principalmente na ciência da Pedologia e outras áreas da Agronomia. Estes estudos tratam, essencialmente, da erosão formada pelos primeiros cultivos após os desmatamentos extensivos, iniciados no século passado no Estado de São Paulo.

No ano de 1980, a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, realiza, em Curitiba, PR, o 1º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. A partir daí foram realizados mais cinco edições deste evento, 1981 em São Paulo, SP, 1985 em Maringá, PR, 1987 em Marília, SP e 1995 em Bauru, SP. O crescente número de participantes e de trabalhos apresentados nestes eventos deve-se à importância que o tema passou a ter para as administrações públicas, devido aos grandes transtornos e prejuízos causados pela erosão. Nos últimos eventos, foi flagrante a dimensão alcançada pelo tema, devido à interdisciplinaridade dos participantes, geólogos, engenheiros civis, engenheiros agrônomos, engenheiros florestais, geógrafos, arquitetos, tecnólogos, etc., de vários locais do País; além da participação de diferentes instituições: universidades públicas e particulares, institutos de pesquisa, órgãos municipais, estaduais e federais e, principalmente, empresas da iniciativa privada (Oliveira, 1996). Finalmente, em 1998 na cidade de Presidente Prudente, ocorre o VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão, com as mesmas características observadas por Oliveira (op. cit.) para os eventos anteriores.

A Geologia de Engenharia realiza, há muito, o estudo dos processos geológicos atuais, sejam eles exógenos ou endógenos. Alguns destes problemas, como escorregamentos, subsidência cárstica e erosão, se relacionam ao uso do solo, especialmente aqueles que se desenvolvem em áreas urbanas, levando à perda de vidas humanas e danos materiais (CERRI, 1993 *in* RIDENTE JR, 2000). A International Association of Engineering Geology - IAEG (1992 *in* Ridente Jr, 2000), define a Geologia de Engenharia como,

*“a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de engenharia e meio ambiente, decorrentes da interação entre a Geologia e os trabalhos e atividades da humanidade, bem como à previsão e desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de acidentes geológicos”.*



Os tipos de processos erosivos que levam a Geologia de Engenharia a estudar o fenômeno, tão comum no Estado de São Paulo e outras regiões brasileiras, são aqueles de maior porte, geralmente ravinhas e boçorocas, que afetam com maior intensidade as áreas periféricas de cidades paulistas como: Presidente Prudente, Álvares Machado, Marília, Bauru, Botucatu, Votuporanga, São José do rio Preto, Franca, Casa Branca etc., sendo estes alguns dos municípios mais críticos do Estado, em relação à erosão (Ridente Jr, 2000).

Portanto, pode-se definir que, no controle de erosão, a Geologia de Engenharia atua principalmente em duas linhas: a preventiva e a corretiva. A linha corretiva da erosão utiliza-se de várias ferramentas, para a realização de análises e diagnósticos do processo, visando a subsidiar o engenheiro civil para a proposição de obras adequadas e efetivas de controle (Oliveira, 1996).

Na Geologia de Engenharia, as medidas de prevenção de processos da dinâmica externa e consequentemente de acidentes geológicos (dentre estes a erosão) têm como ferramenta a cartografia geotécnica.

*“O mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico, que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, os quais são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente”*

*(IAEG, 1976 in Ridente Jr, 2000).*

Segundo Zuquette (1987), o produto final do mapeamento geotécnico deve possuir uma linguagem que atinja os usuários não especializados.

### 3.2. Erosão

Erosão é o processo de “desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água...” (Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, 1990). A erosão pode ser “normal” ou “geológica”, que se desenvolve em condições de equilíbrio com a intensidade de formação do solo; e “acelerada” ou “antrópica”, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural (Ridente Jr, 2000).

A erosão acelerada pode ser: **erosão laminar** ou em lençol, “quando causada por escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva dos horizontes superficiais do solo”; e **erosão linear**, “quando causada por concentração das



linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno” na forma de sulcos, ravinas e boçorocas (DAEE, 1990); além da erosão por solapamento de margens fluviais.

Para o presente Trabalho de Formatura, as diferentes formas de erosão hídrica são definidas em linhas gerais por: (Ridente Jr, 2000).

**1) Erosão laminar ou em lençol:** Causada pelo escoamento em lençol superficial difuso, que retira a camada superficial do solo de maneira quase homogênea, lateralmente ou em pequenos filetes (DAEE, 1990). A erosão laminar é dificilmente perceptível, porém evidenciada por tonalidades mais claras dos solos, exposição de raízes e queda da produtividade agrícola (Figura 2).

**2) Erosão linear:** Corresponde às formas de erosão causadas por escoamento superficial concentrado, que comanda o desprendimento das partículas do solo e o transporte das partículas desprendidas, segundo as condições hidráulicas desse escoamento. Pode haver também a ação combinada entre o escoamento superficial concentrado e o escoamento subsuperficial (Oliveira, 1994).

As erosões lineares podem ser subdivididas da seguinte forma (Ridente Jr, 2000):

**a) Feições erosivas lineares de pequeno porte:** São formas de erosão causadas por escoamento superficial concentrado e podem ser obliteradas por operações normais de preparo do solo (Figura 3). São subdivididas em:

**aa) sulcos:** São, em geral, de profundidade e largura inferiores a cinquenta centímetros, sendo que suas bordas possuem pequena ruptura na superfície do terreno (DAEE, 1990). Ocorrem mais comumente associados a trilhas de gado e em locais de solo exposto devido à movimentação de terra;

**ab) calhas:** Tipo de erosão em forma de canal, originada pelo escoamento concentrado das águas superficiais, também é pouco profunda como os sulcos, porém, possuem bordas suaves e largura inferior a cinco metros (Oliveira, 1994). Geralmente, mantêm-se com vegetação rasteira pouco densa em seu interior;

**b) Ravinas:** Além da ação do escoamento superficial concentrado, que forma as feições erosivas lineares, devem ainda ser considerados, no caso das ravinas, mecanismos de erosão que envolvem movimentos de massa, representados pelos pequenos deslizamentos nos seus taludes laterais, causados por solapamento de suas bases devido ao escoamento superficial em seu interior, que provocam seu alargamento (Oliveira, 1994) (Figura 4).

**c) Boçorocas:** Formadas pelo aprofundamento das ravinas e interceptação do lençol freático, onde se pode observar grande complexidade de processos do meio físico, devido à ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais (Figura 5). Este tipo de processo erosivo atinge grandes dimensões, gerando vários impactos ambientais na sua



área de ação e na drenagem de jusante, tornando-se um complicador para o uso do solo nestas áreas.

d) **Solapamento de margens fluviais:** Outro tipo de processo erosivo significativo na área de estudo e que se desenvolve em planícies fluviais e aparece como importante fator no retrabalhamento de sedimentos depositados nos fundos de vale (terraços fluviais e depósitos de assoreamento recentes). Este processo também ocorre, muitas vezes, em linhas de talvegue ou cursos d'água perenes de primeira ordem, por meio do alargamento do canal fluvial (Figura 6).

Também as estradas vicinais de terra encaixadas se desenvolvem como processos erosivos, a partir do momento em que o seu leito é aprofundado e a água superficial passa a concentrar-se nas suas laterais, provocando o descalçamento dos taludes, bem como pequenos escorregamentos, comportando-se como ravinas e causando grandes impactos nos recursos hídricos.

Neste Trabalho de Formatura os estudos foram direcionados para a caracterização da erosão linear, na medida em que seus impactos são imediatos e de maior magnitude para os recursos hídricos e podem trazer maior prejuízo sócio econômico.

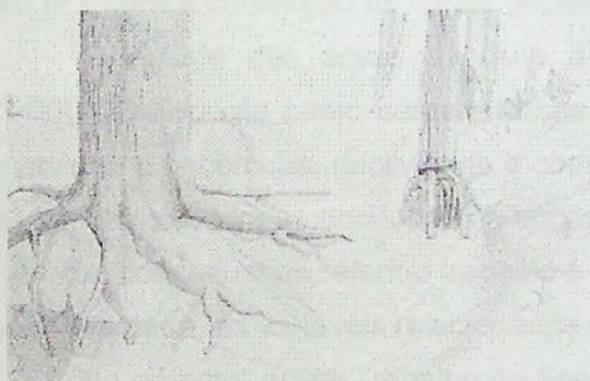


FIGURA 2 – Erosão laminar ou em lençol.



FIGURA 3 – Feições erosivas de pequeno porte, sulcos e calhas.



FIGURA 4 – Ravina.



FIGURA 5 – Boçoroca.



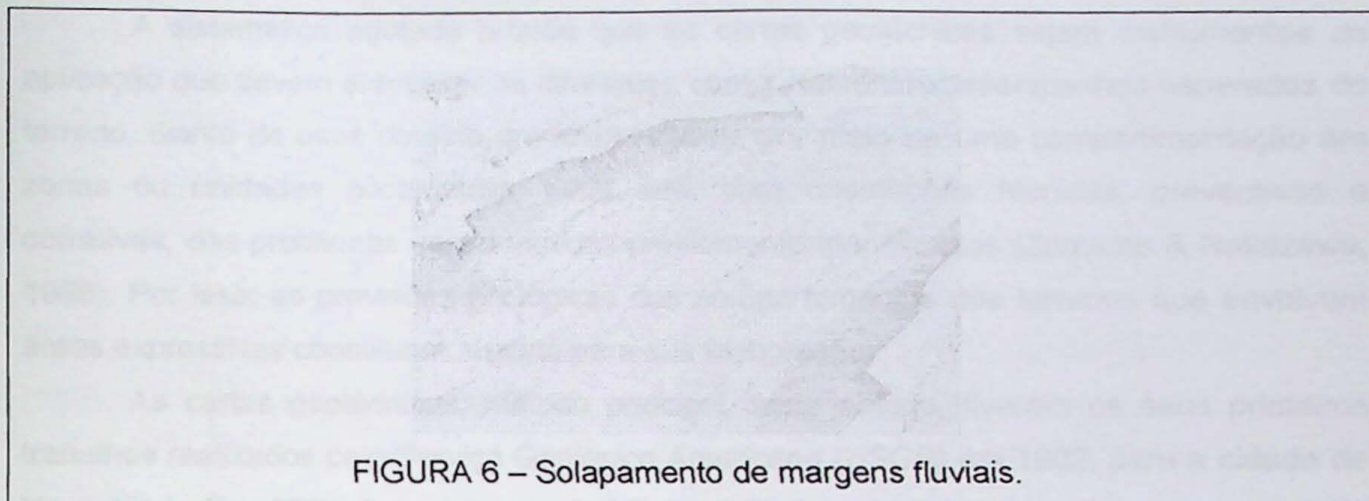


FIGURA 6 – Solapamento de margens fluviais.

FIGURAS 2 À 6 – Fonte: Ridente Júnior (2000)

### 3.3. Métodos de determinação de área críticas

É considerado na sistemática utilizada que, como ponto de partida para a prevenção e solução dos problemas, é fundamental o entendimento da tipologia dos processos e suas relações com o meio físico e o uso e ocupação do solo. A sistemática utilizada é a adotada pelo IPT para a confecção de cartas geotécnicas, tendo sido descrita por Diniz (1998).

O estudo das áreas de risco à erosão efetuado pelo IPT (1987), em escala 1:1.000.000, aponta como características de relevo potencializadoras ao desenvolvimento de ravinas e boçorocas: declividade e comprimento das encostas, amplitude do relevo, área dos interflúvios, formas dos topos de encosta, tipos de vertentes e densidade drenagem. Um problema conceitual do referido trabalho é a impossibilidade de um tratamento adequado, na escala adotada, às variáveis relacionadas com as formas de vertente.

No entanto, neste Trabalho de Formatura entende-se que a seqüência de atividades adotadas pelo IPT não configura propriamente uma metodologia, mas, sim, uma sistemática de trabalho, pois, as atividades a serem realizadas dependem dos processos envolvidos, objetivos e usuários, podendo ser diferente para cada caso (Santos, 1999 in Ridente Jr, 2000).

Coerente com esta linha de pensamento, a sistemática utilizada pelo IPT tem como base filosófica a proposta de Santos (1994) in Ridente Jr, (2000) para a Geologia de Engenharia, que se fundamenta na

*“exatidão no diagnóstico para um perfeito casamento da solução adotada a um processo ocorrido ou que poderia vir a ocorrer novamente”.*



A sistemática adotada propõe que as cartas geotécnicas sejam instrumentos de aplicação que devem expressar os diferentes comportamentos/desempenhos esperados do terreno, diante de usos do solo predeterminados, por meio de uma compartimentação em zonas ou unidades geotécnicas, cada qual com orientações técnicas, preventivas e corretivas, dos problemas característicos previamente identificados (Zuquette & Nakazawa, 1998). Por isso, as previsões geológicas dos comportamentos dos terrenos que envolvam áreas expressivas constituem suporte para sua elaboração.

As cartas geotécnicas, método principal deste estudo, tiveram os seus primeiros trabalhos realizados pelo Serviço Geológico Americano (USGS) em 1902, para a cidade de Nova York. Em 1913, foram apresentadas as primeiras cartas geotécnicas da Alemanha (Diniz, 1998).

Foram propostas várias metodologias de acordo com a concepção das variáveis envolvidas no problema da modelagem dos fenômenos físicos. As várias propostas metodológicas divergem desde a escala de apresentação, formas de representação, até a forma de coleta de dados, bem como sobre quais dados devem ser utilizados. Zuquette (1987) descreve as mais importantes metodologias empregadas.

Alberto (1998) in Zuquette (1987) apresenta um resumo dos conceitos de cartas geotécnicas mais utilizadas no Brasil (Quadro 1), evidenciando as várias escolas existentes no País e as diferentes aplicações deste produto.

Os danos causados pela erosão podem ser abordados e analisados em dois momentos, o presente e o futuro. Comparado aos processos de movimento de massas, que se desenvolvem mais comumente nas regiões serranas e no Planalto Atlântico do Estado de São Paulo, a erosão pode ser considerada como processo geológico que proporciona principalmente o prejuízo a médio e longo prazos, pois o seu desenvolvimento é, na maioria dos casos, lento e contínuo (Cerri, 1993).

O assoreamento resultante dos processos erosivos, além de conseqüências desastrosas, acarreta prejuízos que, por vezes, são difíceis de ser mensurados. O impacto do assoreamento nos recursos hídricos corresponde a dano ambiental muito grave, pois gera a destruição do meio biótico e altera todo o equilíbrio do meio físico. As alterações do meio físico podem ser percebidas imediatamente ou ao longo do tempo, dependendo da intensidade e velocidade de evolução dos processos erosivos de montante.

A ação da erosão laminar, mais comum em áreas agrícolas, é muito sutil e quase imperceptível, pois lentamente retira o horizonte superficial do solo. A queda da produtividade agrícola é mensurável em áreas afetadas pela erosão laminar.

A erosão linear, seja em área rural ou em área urbana, gera um impacto ambiental imediato, devido à grande quantidade de solo removido, à dificuldade de recuperação do local, ao impacto visual e, principalmente, ao rápido transporte de material para a drenagem de jusante, com conseqüente assoreamento.



QUADRO 1 – Conceitos de cartas geotécnicas mais utilizados no Brasil.

<b>MATULA (1976) E VARNES (1974)</b>	Fusão dos termos em apenas uma definição, sendo de forma genérica, cartas e/ou mapas geotécnicos, aqueles documentos cartográficos que melhor apresentam o conjunto de informações geológico-geotécnicas de uma determinada área.
<b>ZUQUETTE (1987)</b>	Mapa geotécnico é a forma de representar os atributos geotécnicos sem realização de análise interpretativa e sempre em escalas inferiores a 1:10.000. Planta geotécnica é a forma de representar os atributos em escala grande (< 1:10.000). Carta geotécnica é a forma de representar os resultados da interpretação dos atributos que estão num mapa.
<b>CERRI (1990)</b>	Tais cartas e mapas englobam a distribuição dos diferentes tipos de rochas e solos, as formas de relevo e a dinâmica dos principais processos atuantes, eventuais alterações decorrentes da implantação das diferentes formas de usos e ocupação, e o reflexo dos processos (naturais e induzidos), nas formas de uso e ocupação.
<b>BITAR et al. (1992)</b>	Cartas geotécnicas são aquelas que representam a expressão prática do conhecimento geológico aplicando à gestão de problemas impostos pelo uso do solo permitindo aos seus usuários prever o desempenho da interação entre a ocupação e o meio físico, bem como os conflitos entre as diversas formas de uso do solo e orientar medidas preventivas e corretivas para reduzir os riscos referentes aos diferentes empreendimentos de uso do solo.
<b>CERRI et al. (1996)</b>	Uma carta geotécnica tem uma inerente interpretação no estabelecimento dos limites espaciais de determinadas características ou atributos do meio físico geológico ante o objetivo do trabalho, independente da escala de representação cartográfica escolhida.

Fonte: Ridente Jr (2000), modificado

### 3.4. Trabalhos recentes

Neste item são apresentados alguns trabalhos recentes que utilizam, total ou parcialmente, as metodologias citadas nos itens anteriores, servindo como exemplo de aplicação dos conceitos.

Hansen (2001), desenvolveu uma proposta de indicadores de sustentabilidade visando a síntese do diagnóstico ambiental, social e econômico para bacias hidrográficas. Esse estudo, permitiu, por meio de indicadores ambientais, obter índices de sustentabilidade para bacias hidrográficas. O autor propôs uma forma integrada de análise do meio ambiente levando em consideração aspectos ambientais, sociais e econômicos. Os resultados



apontam índices de sustentabilidade e de capacidade de uso da terra, vulnerabilidade das mesmas quanto ao risco de erosão, bem como permitiram sugerir ações imediatas nas quais os administradores públicos devem concentrar suas ações na tomada de decisões corretas. A ordenação dos índices ambientais, sociais e econômicos permite, segundo o autor, estabelecer o enquadramento em uma nova proposição de Zonas Ecológico-Econômicas (ZEE).

Carpi Júnior (2001) elaborou trabalho de investigação das interações dos processos erosivos, recursos hídricos e os riscos ambientais na Bacia Hidrográfica do rio Mogi-Guaçu. Neste trabalho, as situações de risco ambiental e os processos associados foram estudados na forma de estudo de casos, buscando sempre uma integração entre o conhecimento técnico-científico e o conhecimento empírico e da percepção da população da bacia em relação aos riscos ao ambiente, destacando às erosão – uso das terras – recursos hídricos.

Foram utilizadas diversas fontes de informação, que variaram desde reuniões públicas de levantamento de problemas ambientais e entrevistas, bem como análise bibliográfica e cartográfica e mídia escrita.

A fundamentação teórico-metodológica permitiu observar a importância de inúmeros aspectos de grande relevância para o estabelecimento de um método de pesquisa que, mesmo diante de uma série de limitações, traz grande contribuição para as geociências, principalmente as questões voltadas para a questão ambiental. O autor destacou como fundamentais os aspectos relacionados aos processos erosivos e o escoamento de água como fontes de impacto ambiental, quando os mesmos são conjugados aos demais elementos do ambiente e as atividades antrópicas. Esses impactos passam a configurar formas de risco ambiental, que, quando percebidos pelo homem, podem se transformar em ponto de partida para ações que visem a melhoria da qualidade de vida.

Outra importante menção diz respeito a:

*“complexidade e dinamismo inerentes aos elementos do ambiente, ressaltando que a necessidade de uma interdisciplinaridade que contemple as contribuições das diversas ciências ligadas ao tema impossibilita seu estudo através de uma única ciência, bem como incentiva o conhecimento sobre abordagens variadas...”*

Ainda segundo este mesmo autor, os estudos permitiram fornecer subsídios à prevenção de situações de risco ambiental e ao planejamento ambiental da área, além de



colaborar com o desenvolvimento da percepção da população em relação aos problemas ambientais da bacia estudada.

Ridente Júnior (2000) apresentou um plano para a prevenção e controle da erosão hídrica do solo, nas bacias hidrográficas dos córregos do Cedro e Limoeiro, nos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP.

Para a elaboração deste plano foram realizados levantamentos do meio físico e do uso e ocupação do solo, na escala 1:25.000, como base para as cartas geotécnicas (susceptibilidade e risco).

A sistemática adotada na confecção das cartas geotécnicas foi a mesma metodologia utilizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (1987), a qual propõe a integração de dados referentes ao comportamento dos processos geológicos superficiais com o meio físico e com o uso e ocupação do solo.

A análise dos processos erosivos em relação ao meio físico foi representada por meio de unidades homogêneas da carta de susceptibilidade a erosão. A carta de risco de erosão, apresentando unidades de risco atual e potencial, traduziu o comportamento do meio físico (carta de susceptibilidade) associado à análise da intervenção humana atual (mapa de uso e ocupação do solo).

Liotte (2000) em um trabalho sobre a utilização de técnicas de geoprocessamento para apoio ao planejamento físico-territorial do município de Pariquera-Açu, no Vale do Ribeira (São Paulo), elaborou um banco de dados digitais, composto por dados do meio físico, topográficos, geológicos, pedológicos, geomorfológicos, de sensoriamento remoto, de capacidade de uso das terras e de aptidão agrícola, que, compilados e apoiados em verificações de campo, resultaram em mapas para apoio do referido planejamento e para o possível Plano Diretor do município.

A análise dos dados por geoprocessamento foi realizada através da avaliação por multicritérios. Segundo o Autor, as imagens de satélite foram de grande importância para o estudo do uso do solo, completado por trabalhos de campo. Neste trabalho o fator preponderante na análise do uso recomendado do solo foi a geologia, devido a que os fatores de inundação e declividade são condicionados pela geologia da área.

Uma importante consideração é a que esta análise deve ser considerada em linhas gerais, pois não determina o uso que deverá ser dado ao solo e sim, considerando os dados do meio físico, indicando as melhores áreas para os diversos usos, observando as limitações impostas por fatores físicos adversos.

Como conclusão o trabalho refere-se a utilização de técnicas de geoprocessamento para subsidiar o município e auxiliá-lo no planejamento físico-territorial, tem capacidade de agregar vários fatores e dizer seu grau de importância de acordo com a finalidade do estudo proposto.



## 4. PROCEDIMENTOS E TRABALHOS REALIZADOS

### 4.1. Metodologia utilizada

A metodologia utilizada esteve, em um primeiro momento, fundamentada nos trabalhos bibliográficos prévios, visando a caracterização do meio físico, conforme sistemática utilizada pelo IPT (1987) em um trabalho realizado na região. Foram analisadas, também, fotos aéreas da área para verificação e quantificação dos processos erosivos já instalados, servindo como subsídio as etapas posteriores.

Na etapa inicial do Trabalho de Formatura foi realizado uma normatização dos trabalhos para que os mesmos estejam de acordo com os preceitos de erosão e assoreamento indicados pelo EIA – Estudo de Impacto Ambiental / RIMA – Relatório de Impacto Ambiental (Cesp, 1994) no reservatório da UHE Eng.º Sérgio Motta.

Posteriormente foram adotados procedimentos relativos a caracterização e compreensão do meio físico das áreas referentes a este projeto através da consulta a bibliografia específica disponível, sempre levando-se em consideração as escalas de trabalho, que serão, para criação do modelo na escala 1:1.000.000.

Em um segundo momento, a abordagem esteve centrada nas observações de campo, feitas inclusive em sobrevôos que, confrontados com os dados já compilados, permitiram a compreensão mais ampla e realista dos processos erosivos já instalados.

Em princípio imaginava-se implementar, no presente estudo, uma avaliação esboçada em modelos matemáticos e de avaliação e uso de ferramentas como geoprocessamento e overlays para a classificação dos níveis de impacto, objetivamente sistematizados em categorias. Por fim, optou-se por uma abordagem fortemente centrada nas observações de campo, feitas inclusive em sobrevôos, confrontados com dados bibliográficos, objetivando a compreensão mais ampla e realista dos processos erosivos, funcionando assim como verdadeiros modelos para as medidas a serem implementadas.

O produto obtido no Trabalho de Formatura a Carta de susceptibilidade à erosão (Anexo II- Desenho 6), foi inserido no software Geomedia Professional (Plataforma Intergraph) e ao banco de dados existente na Cesp, para constar do programa de monitoramento do assoreamento do reservatório, atualmente desenvolvido na empresa.

O fluxograma da figura 7, ilustra a metodologia aplicada.



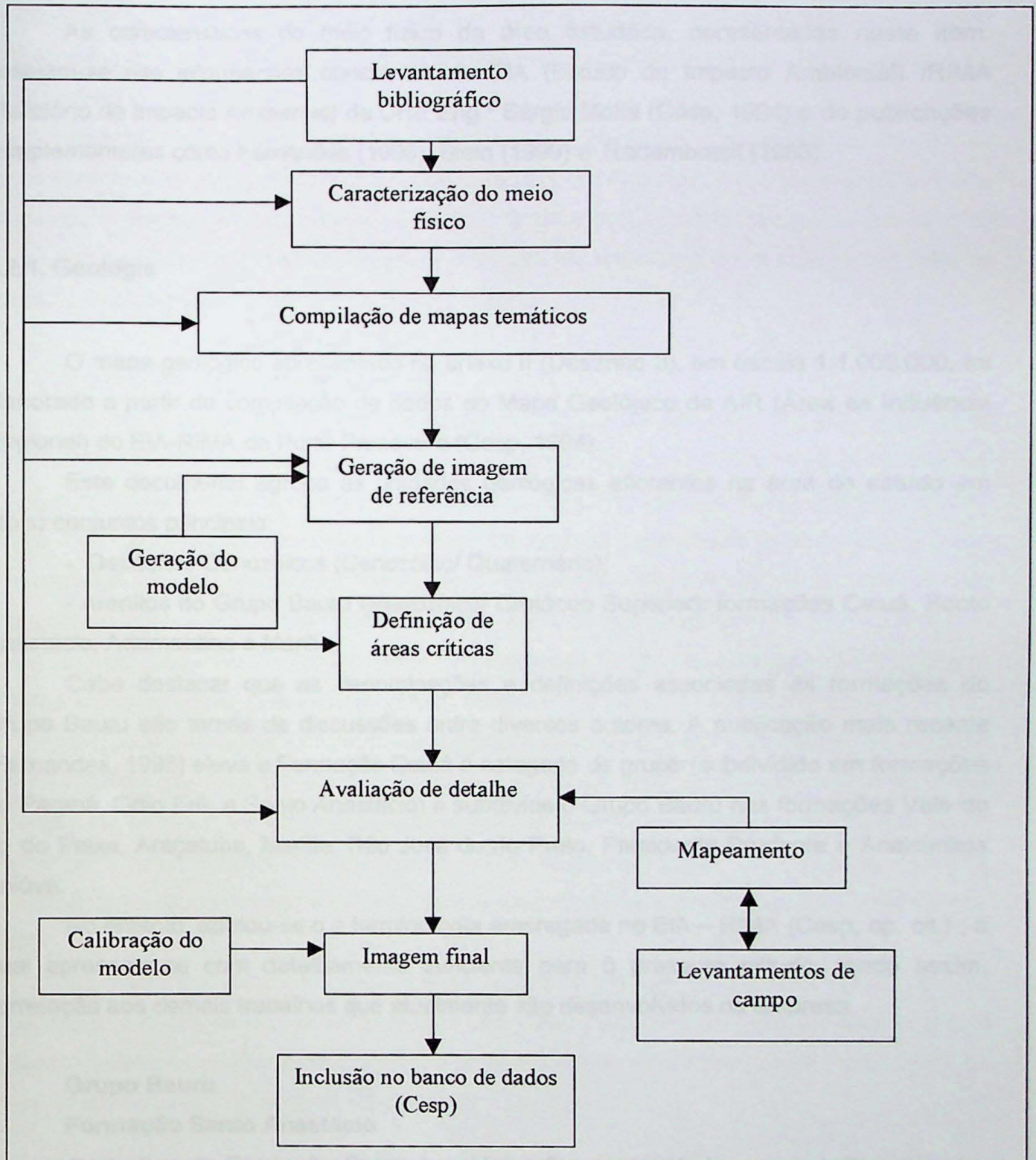


Figura 7: Fluxograma de atividades.



## 4.2. Caracterização do meio físico

As características do meio físico da área estudada, apresentadas neste item, baseiam-se nas informações constantes do EIA (Estudo de Impacto Ambiental) /RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) da UHE Eng.º Sérgio Motta (Cesp, 1994) e de publicações complementares como Fernandes (1998), Stein (1999) e Radambrasil (1983).

### 4.2.1. Geologia

O mapa geológico apresentado no anexo II (Desenho 3), em escala 1:1.000.000, foi elaborado a partir de compilação de dados do Mapa Geológico da AIR (Área de Influência Regional) do EIA-RIMA de Porto Primavera (Cesp, 1994).

Este documento agrupa as unidades geológicas aflorantes na área de estudo em (dois) conjuntos principais:

- Depósitos Cenozóicos (Cenozóico/ Quaternário);
- Arenitos do Grupo Bauru (Mesozóico/ Cretáceo Superior): formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília;

Cabe destacar que as denominações e definições associadas às formações do Grupo Bauru são temas de discussões entre diversos autores. A publicação mais recente (Fernandes, 1998) eleva a Formação Caiuá à categoria de grupo (subdividido em formações rio Paraná, Goio Erê, e Santo Anastácio) e subdivide o Grupo Bauru nas formações Vale do rio do Peixe, Araçatuba, Marília, São José do rio Preto, Presidente Prudente e Analcimitos Taiúva.

No entanto, adotou-se o a terminologia empregada no EIA – RIMA (Cesp, op. cit.) , o qual apresenta-se com detalhamento suficiente para o presente estudo, tendo assim, correlação aos demais trabalhos que atualmente são desenvolvidos na empresa.

#### **Grupo Bauru**

##### **Formação Santo Anastácio**

As rochas da Formação Santo Anastácio são representadas por arenitos marrom-avermelhados a arroxeados, de granulação desde muito fina até média, predominando fina, com contribuição subordinada de fração silte e seleção regular a ruim. Os grãos são arredondados a subarredondados, cobertos por película limonítica. São comuns cimento e nódulos carbonáticos preservados e orifícios atribuídos à dissolução dos nódulos. Os estratos têm espessuras métricas a decimétricas, mais tipicamente maciços, por vezes com incipiente estratificação plano-paralela ou cruzada de grande porte (Stein *et al.* 1979 in: Stein, 1999).



É inferido para a deposição da Formação Santo Anastácio um ambiente fluvial anastomosado. Este ambiente é indicado pelo alto conteúdo em areia e escassez de fácies de diques marginais e de transbordamento. Os níveis de calcário nodular indicam clima seco a semi-árido e a seleção granulométrica sugere alta viscosidade com pequeno volume de água corrente.

Quanto aos solos formados por esta unidade geológica, encontram-se, em geral, como semelhantes aos da Formação Caiuá, sendo caracterizados por solos arenosos muito profundos e permeáveis em relevos de baixas declividades. Eventualmente devido a uma maior concentração de cimentação e/ou a presença de nódulos e concreções carbonáticas podem associar-se a relevos do tipo colinas médias.

### **Formação Adamantina**

De modo abrangente, a Formação Adamantina pode ser caracterizada como uma associação de termos sedimentares em que dominam arenitos, comumente finos e muito finos, com siltitos e argilitos diversos, inclusive lamíticos, intercalados ou em predominâncias locais. Denotam clara tendência à cimentação carbonática, tanto maior quanto mais no topo, e cores rosadas e amarronzadas. Os estratos têm espessuras decimétricas a métricas, são maciços ou com acamamento plano-paralelo, além de apresentarem freqüentes estratos cruzados de pequeno e médio porte. É marcante a grande riqueza de estruturas hidrodinâmicas internas aos estratos (Stein, 1999).

Os sedimentos da Formação Adamantina mostram fácies indicativas de extenso sistema fluvial meandrante, com predomínio pelítico na área de estudo, com transições localizadas para o sistema anastomosado. Os lamitos e siltitos ocorrentes foram depositados em planícies de inundações. A laminação cruzada dos arenitos indicaria rompimento de diques marginais, com espriamento da areia sobre a planície (Radambrasil, 1983).

As áreas de ocorrência destes tipos rochosos formam, de maneira geral, relevos mais movimentados do que os encontrados nas áreas de ocorrências das formações Caiuá e Santo Anastácio, como colinas médias e morrotes. Suas alterações geram vários tipos de solos, predominando, no entanto, os podzólicos (argissolos).

### **Formação Marília**

A Formação Marília é constituída por arenitos de granulação variando de fina a grossa, muitas vezes conglomeráticos, com cimentação carbonática e, ocasionalmente, matriz siltica.

As características sedimentares indicam regimes torrenciais, representados por leques aluviais, sob clima semi-árido.



As áreas de ocorrência desta formação constituem os relevos areníticos mais movimentados da área de estudo. Dentre seus solos destacam-se os podzólicos (argissolos) e os litólicos (neossolos), sendo os últimos encontrados nas escarpas da Chapada ou Planalto de Marília, na porção sudeste da área de estudo.

### **Depósitos cenozóicos**

Após a deposição dos arenitos do Grupo Bauru seguiu-se um longo hiato erosivo, após o qual se tem registro apenas de sedimentos relacionados à evolução da rede de drenagem atual e às encostas, os quais formaram depósitos aluvionares e coluvionares.

As consideradas coberturas coluvionares são caracterizadas por solos com importante contribuição arenosa, reflexo direto do substrato local. Segundo Stein (1999) chegam a atingir 5 a 6 metros de espessura em alguns anfiteatros de relevo suave, bem como são métricos em raríssimos depósitos de sopé de encosta ou desembocadura de anfiteatros, onde as áreas de acumulação são favoráveis. Nas encostas, o material coluvionar dispõe-se em coberturas que chegam a atingir 1,5 metro de espessura nas partes altas, adelgaçando-se em direção às calhas.

Já os aluviões do rio do Peixe são constituídos por areias finas, siltes e camadas de argila, podendo ou não conter cascalho na base.

Os principais depósitos aluvionares estão na foz do rio do Peixe e encontram-se atualmente parcialmente cobertos pelo reservatório. Também devem ser citados os depósitos de assoreamento ao longo das drenagens constituídos basicamente por areias de granulometria fina e muito fina, mal selecionadas, comumente com dejetos de toda natureza indevidamente lançados nas drenagens por populações urbanas e de núcleos rurais, com grande carga de materiais poluentes oriundos de esgotos (Stein, op. cit.).

### **4.2.2. Geomorfologia**

O mapa geomorfológico da área de estudo, apresentado em escala 1:1.000.000 (Anexo II – Desenho 4), é produto da compilação do Desenho de Geomorfologia apresentado no EIA - RIMA da Usina Porto Primavera, escala 1:1.000.000.

Neste trabalho foi adotada a metodologia apresentada em IPT (1981) para classificação quanto ao tipo de relevo apresentado.

Os tipos de relevo cartografados foram agrupados pelo EIA – RIMA (Cesp, 1994) em duas unidades geomorfológicas principais, a saber: Planalto Rebaixado (representada pela maior parte da área) e Chapadas (representada pela Chapada de Marília), denominação dada por Almeida, 1956 in Cesp, 1994.



### **Planalto Rebaixado**

O Planalto Rebaixado é constituído predominantemente por relevos do tipo Colinas Amplas e Rampas, Colinas Médias e Pequenas, além das Planícies Fluviais do rio Paraná. Esta unidade ainda inclui relevos de Morrotes Alongados e Espigões.

Na área de estudo, onde o relevo é movimentado, é notável a presença de Morrotes Alongados a norte de Presidente Prudente e Colinas Médias, na porção central da área de estudo, abrangendo grandes extensões. Esses dois tipos de relevo estão associados ao Podzólico Vermelho-Amarelo. Também ocorrem Colinas Amplas e Rampas, as quais são encontradas predominantemente nas proximidades do vale do rio Paraná, recobertas por Latossolo Vermelho-Escuro, sendo que a Planície Fluvial de maior expressão é a relacionada ao rio Paraná

Os tipos de relevo associados ao Planalto Rebaixado são apresentados a seguir:

**Colinas Amplas e Rampas:** formas subniveladas e de grandes dimensões. Topos muito amplos e amplos, subhorizontais e convexos. Perfil de vertente contínuo, segmentos retilíneos longos. Vales erosivos abertos. Canais em solo de alteração. Canais de primeira ordem podem ter planícies estreitas e alagadas (veredas). Densidade de drenagem muito baixa. Padrão subdendrítico. Predominam declividades baixas (até 15%), amplitudes locais inferiores a 100 metros e interflúvios com áreas superiores a 4 km<sup>2</sup>.

**Colinas Médias:** formas subniveladas. Topos amplos convexos e subhorizontais. Perfil de vertente contínuo, segmentos retilíneos. Vales erosivos abertos e pouco encaixados. Canais em solo de alteração. Densidade de drenagem baixa. Padrão subdendrítico. Predominam declividades baixas (até 15%), amplitudes locais inferiores a 100 metros e interflúvios com áreas entre 1 e 4 km<sup>2</sup>.

**Colinas Pequenas:** formas subniveladas. Topos estreitos convexos. Perfil de vertente contínuo, segmentos curtos convexos e retilíneos. Vales erosivos encaixados. Canais em solo de alteração ou em rocha alterada. Densidade de drenagem média. Padrão subdendrítico e dendrítico. Predominam declividades baixas (até 15%), amplitudes locais inferiores a 100 metros e interflúvios com áreas inferiores a 1 km<sup>2</sup>.

**Planícies Fluviais:** formas planas que incluem planície de inundação e baixos terraços elevados de 4 a 8m. Próximo à foz, os canais são meandrados, onde são comuns cortes em solo, deslocamentos de meandros e alagadiços.

**Morrotes Alongados e Espigões:** formas dissecadas e subniveladas. Topos estreitos e convexos por vezes tabulares. Perfil de vertente contínuo com segmentos retilíneos e convexos. Vales erosivos encaixados. Drenagem de média a alta densidade. Padrão dendrítico. Predominam declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais inferiores a 100 metros.



## Chapada de Marília

A Chapada ou Planalto de Marília é caracterizada por relevos de Escarpas e Escarpas Degradadas que a delimitam, apresentando também Colinas Amplas e Rampas e Morrotes Alongados e Espigões no seu topo.

Essa Chapada está situada no extremo leste da área, apresentando altitudes variáveis de 600 a 700 metros. Acha-se profundamente erodida, apresentando no topo, relevos do tipo Colinas Amplas. Os topos são limitados por escarpas mais ou menos degradadas, frente as quais ocorrem morros testemunhos isolados.

O limite norte da unidade é marcado pela presença de Morrotes Alongados e Espigões que fazem a transição desta chapada para as regiões mais baixas do Planalto Rebaixado. Nos topos colinosos e nos morrotes há ocorrência de Podzólico Vermelho-Amarelo e as vertentes escarpadas apresentam-se recobertas por Solos Litólicos.

Os tipos de relevo associados a esta subunidade são apresentados a seguir:

**Escarpas:** formas erosivas desfeitas em anfiteatros amplos. Os interflúvios dos anfiteatros tem topos estreitos e angulosos. Perfil de vertente descontínuo com segmentos retilíneos. Vales erosivos fechados, canais em rocha. Densidade de drenagem alta. Padrão dendrítico e subdendrítico. Associam-se morros testemunhos, cristas rochosas com perfis de vertente íngreme. Predominam declividades altas (acima de 30%) e amplitudes maiores que 100 metros.

**Escarpas Degradadas:** formas erosivas desfeitas em espigões condicionados por vales subparalelos. Topos estreitos, agudos e convexos. Perfil de Vertente descontínuo, com segmentos retilíneos. Vales erosivos encaixados. Canais em rocha. Densidade de drenagem média. Padrão subparalelo e subdendrítico. Predominam declividades altas (acima de 30%) e amplitudes maiores que 100 metros.

**Colinas Amplas e Rampas:** formas subniveladas e de grandes dimensões. Topos muito amplos e amplos, subhorizontais e convexos. Perfil de vertente contínuo, segmentos retilíneos longos. Vales erosivos e abertos. Canais em solo de alteração. Canais de primeira ordem podem ter planícies estreitas e alagadas (veredas). Densidade de drenagem muito baixa. Padrão Subdendrítico. Predominam declividades baixas (até 15%), amplitudes locais inferiores a 100 metros e interflúvios com áreas superiores a 4 km<sup>2</sup>.

**Morrotes Alongados e Espigões:** formas dissecadas e subniveladas. Topos estreitos e convexos por vezes tabulares. Perfil de vertente contínuo com segmentos retilíneos e convexos. Vales erosivos encaixados. Drenagem de média a alta densidade. Padrão dendrítico. Predominam declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais inferiores a 100 metros.



### 4.2.3. Pedologia

O mapa pedológico apresentado no anexo II (Desenho 5), em escala 1:1.000.000, foi elaborado a partir da compilação dos dados do mapa pedológico da AIR (Área de Influência Regional) do EIA-RIMA de Porto Primavera (Cesp, 1994).

Compreende solos minerais e solos hidromórficos, com seqüência de horizontes do tipo A, B, C, sendo os horizontes B e C do tipo textural subjacente a um horizonte A do tipo moderado.

#### **Latossolo Vermelho-Escuro**

Nesta classe estão compreendidos solos minerais com B latossólico bem drenados, profundos, com seqüência de horizontes A, B e C, geralmente subdivididos porém com diferenciação entre si, muito porosos e permeáveis.

O horizonte A é do tipo moderado, tem espessura variável e está assentado sobre um horizonte B latossólico de coloração vermelho-escuro e com teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  variando entre 9 e 18% no caso dos de textura argilosa e, relação molecular  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  inferior a 3,14 para os de textura média.

Originam-se na área de estudo da intemperização de arenitos (Formações Caiuá e Santo Anastácio) e quando nos terraços intermediários e superiores, de sedimentos de natureza coluvio-aluvionar.

Os relacionados aos arenitos têm maior expressão e ocorrem em relevo plano e suave ondulado na maior parte das chamadas "terras altas", circundando a planície de inundação e os terraços. Neste caso são em sua maioria de textura média e apresentam baixa capacidade de retenção de água.

Quanto aos originados a partir de sedimentos coluvio-aluvionares nos terraços, apresentam uma melhor disponibilidade hídrica, e textura predominantemente argilosa.

São considerados de boa resistência a erosão do tipo superficial (laminar) em razão de suas características intrínsecas como estrutura, permeabilidade, homogeneidade de características ao longo do perfil, que facilitam a infiltração de água de solo.

Também encontra-se descritos no EIA-RIMA, para a área em foram cartografados os latossolos vermelho escuros, eventuais ocorrências de latossolos vermelho amarelos.

#### **Solos hidromórficos**

Nesta classe enquadram-se solos que encontram-se em várzeas, tanto em diques marginais de rios, como em porções mais interiorizadas dos planos aluviais, compondo, desta forma, geralmente, as superfícies holocênicas (recentes).

Sua formação está relacionada a processos de hidromorfia, devido a flutuação ou não do lençol freático, induzindo uma morfologia bastante característica, onde evidenciam-



se cores cinzas (devido a redução do ferro), com presença ou não de mosqueados de maior ou menor contraste com as tonalidades da matriz do solo.

Quando drenados para aproveitamento agrícola ou outros fins, desencadeia-se uma série de processos e reações que culmina com um fenômeno conhecido como "subsistência" que é a perda de volume dos solos verificada pelo rebaixamento da superfície do terreno, o que proporciona a destruição gradativa da matéria orgânica que é, juntamente com a água, seu principal constituinte.

### **Solos Litólicos**

Assim são denominados solos de origem mineral, pouco desenvolvidos, de pequena profundidade e com seqüência de horizontes do tipo A, R ou A, C e R. Na área estudada originam-se a partir da decomposição de arenitos e têm textura média.

Estão associados aos arenitos calcíferos da Formação Marília vindo a ocorrer na chapada homônima. Em geral associam-se a elevada suscetibilidade à erosão.

### **Podzólico Vermelho – Amarelo**

Sob esta denominação foram enquadrados solos profundos, minerais, bem drenados e que se caracterizam pela presença de um horizonte B textural, subjacente a um horizonte A do tipo moderado.

Na área de estudo identificaram-se podzólicos vermelho-amarelos associados a arenitos do grupo Bauru e a sedimentos colúvio-aluvionares.

Quando derivados de arenitos estes solos estão relacionados as Formações Marília e Adamantina. A ocorrência do caráter abrupto é bastante comum. Os solos relacionados aos arenitos Marília e Adamantina, foram em trabalhos anteriores denominados respectivamente de Solos Podzolizados de Lins e Marília.

Os Podzólicos Vermelho-Amarelos relacionados a sedimentos colúvio-aluvionares ocorrem nos terraços intermediários e superiores que margeiam a planície do rio Paraná. Ocorrem predominantemente em relevo plano.

A presença de lagoas ou grandes áreas alagadas ("banhados") é uma constante nestes terraços e nas mesmas ocorrem Planossolos associados aos Podzólicos.

Para os solos relacionados aos arenitos, principalmente aqueles com mudança textural abrupta, atribui-se elevada susceptibilidade à erosão.

### **Podzólico Vermelho – Escuro**

Compreende solos minerais, não hidromórficos, com seqüência de horizontes do tipo A, B, C, sendo o horizonte B do tipo textural subjacente a um horizonte A do tipo moderado.



Diferem fundamentalmente dos Podzólicos Vermelho-Amarelos, descritos anteriormente, pela coloração vermelho-escura que predomina ao longo do perfil em concordância com teores de ferro também mais elevados.

São originados da intemperização dos arenitos da Formação Caiuá.

Também encontra-se descrito no EIA-RIMA (CESP, 1994) nos podzólicos vermelho – escuro ocorrências de podzólicos acinzentados intercalados.

#### 4.2.4. Clima

Os dados de caracterização climática da área de estudo foram compilados a partir do EIA-RIMA de Porto Primavera (Cesp, 1994).

O clima da área de estudo está diretamente relacionado à sua localização, a norte do Trópico de Capricórnio, de 600 a 1.000 km do Oceano Atlântico e com altitudes variáveis entre 700 e 250 metros aproximadamente. Trata-se de um sistema climático de transição, influenciado principalmente pela circulação tropical e extratropical (frente e anticiclone polar) e pelo fator continentalidade. Também está relacionada a este sistema climático a Cordilheira dos Andes, que facilita o fluxo de vapor d'água da Amazônia para o Centro-Oeste e o extremo oeste do Estado de São Paulo.

Define-se, portanto, do ponto de vista macroclimático como uma extensa área entre os climas tropicais alternadamente úmido e seco (do Brasil Central), os climas tropicais úmidos da Fachada Oriental Atlântica do Brasil e os climas extratropicais úmidos.

As variações climáticas no interior da área de estudo são principalmente controladas pelo relevo. A existência de um conjunto de vales e espigões alinhados a grosso modo de Sudeste para Noroeste com desnível altimétrico entre 100 e 200 metros, condiciona climas locais mais quentes e com menor pluviosidade. Por outro lado existem alguns conjuntos de espigões, escarpas e topos de chapada nas cabeceiras da bacia incremental, onde as temperaturas são inferiores (variando na ordem de 1º ou 2ºC) e a pluviosidade superior de 100 a 200 mm.

As caracterizações climáticas mais detalhadas, de interesse ao presente estudo, são apresentadas nos itens seguintes.

As considerações sobre as variações climáticas mensais baseiam-se em dados das estações meteorológicas apresentadas no quadro 2.

Quadro 2 - Estações meteorológicas e períodos de dados utilizados.

Nome da estação	Altitude(m)	Latitude	Longitude	Período de dados
Porto Primavera	335	22° 30'	52° 56'	1981 – 1988
Presidente Prudente	435	22° 07'	51° 25'	1969 – 1976

Fonte: Cesp (1994)



A estação meteorológica de Porto Primavera foi utilizada como representativa do compartimento mais quente da região da UHE Eng.º Sérgio Motta, onde as altitudes são inferiores a 360m, enquanto que a estação meteorológica de Presidente Prudente foi utilizada como representativa dos climas tropicais dos extensos espigões encontrados nos divisores das bacias hidrográficas dos principais rios, onde as altitudes variam entre 400 e 500 metros.

### Temperatura e umidade relativa do ar

Na área de estudo as temperaturas médias anuais oscilam entre 20 ° e 24 °C. A maior parte da área está compreendida entre as isotermas de 22 ° e 23 °C. As áreas com altitudes inferiores a 300 metros ou entre 300 e 400 metros acusam temperaturas entre 23 ° e 24 °C.

No extremo sudeste da área (Chapada ou Planalto de Marília), onde ocorrem cotas topográficas acima de 600 metros, as temperaturas variam entre 20 ° e 21 °C.

O resumo das variações mensais de temperatura e umidade relativa do ar, registrados nas estações meteorológicas selecionadas, encontram-se no quadro 3:

Quadro 3 - Resumo das variações mensais de temperatura e umidade relativa do ar

Observações	Estações meteorológicas	
	Presidente Prudente	Porto Primavera
Menor temperatura média e mês referente	18,3°C julho	17,9°C junho
Maior temperatura média e mês referente	24,8°C fevereiro	26,4°C janeiro
Temperatura mínima absoluta e mês referente	-1,8°C julho	-0,7°C julho
Temperatura máxima absoluta e mês referente	38,4°C novembro	41,2°C novembro
Média das temperaturas máximas diárias	28,7°C	28,8°C
Média das temperaturas mínimas diárias	17,0°C	17,9°C
Umidade relativa do ar	72,0%	74,0%

Fonte: Cesp (1994)



### Pluviosidade

As áreas com pluviosidade inferior a 1.300mm correspondem à quase totalidade do vale do rio Paraná, bem como à maior parte do baixo curso do rio do Peixe. O médio vale do rio do Peixe, bem como os divisores de água entre ele e o rio Aguapeí, ao norte da área (entre 400 a 500 metros) recebe em média de 1.350 a 1.400mm de pluviosidade. As áreas próximas à Chapada de Marília (alto vale do rio do Peixe) recebe entre 1.400 e 1.500mm.

As características pluviométricas mensais registradas nas estações meteorológicas estão apresentadas no quadro 4:

Quadro 4 - Características pluviométricas mensais registradas

Mês	Presidente Prudente		Porto Primavera	
	Média (mm)	Máxima 24h (mm)	Média (mm)	Máxima 24h (mm)
JAN	231,0	174,3	131,6	97
FEV	247,9	131,6	131,0	43
MAR	131,8	186,1	119,5	99
ABR	46,6	66,6	88,6	89
MAI	64,7	50,0	104,7	65
JUN	66,1	74,3	87,2	58
JUL	56,9	56,7	31,9	46
AGO	52,9	43,4	44,5	54
SET	61,9	49,2	96,4	57
OUT	156,9	155,4	149,9	78
NOV	127,1	78,5	166,7	84
DEZ	193,3	106,0	208,4	99
ANO	1.436,7	186,1	1.360,4	99

Fonte: Cesp (1994)



A Figura 8 mostra a existência de duas estações climáticas principais. A de maior pluviosidade concentra-se de outubro a março; a de menor pluviosidade entre abril e setembro. O trimestre mais seco é o de junho a agosto, quando os valores de pluviosidade variam entre 30 e 70 mm.

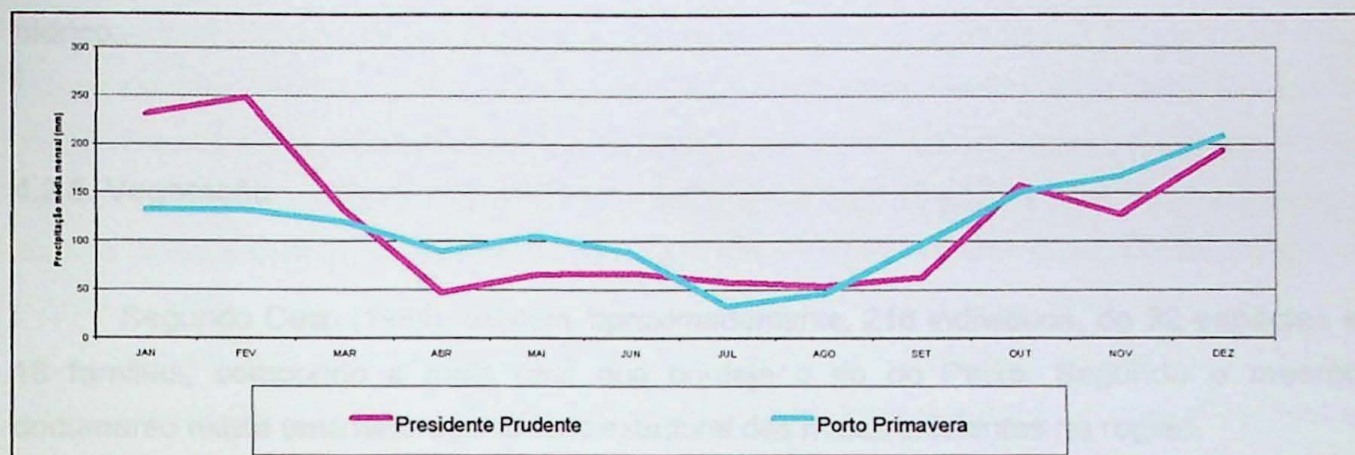


Figura 8 - Precipitação média mensal nas estações selecionadas.

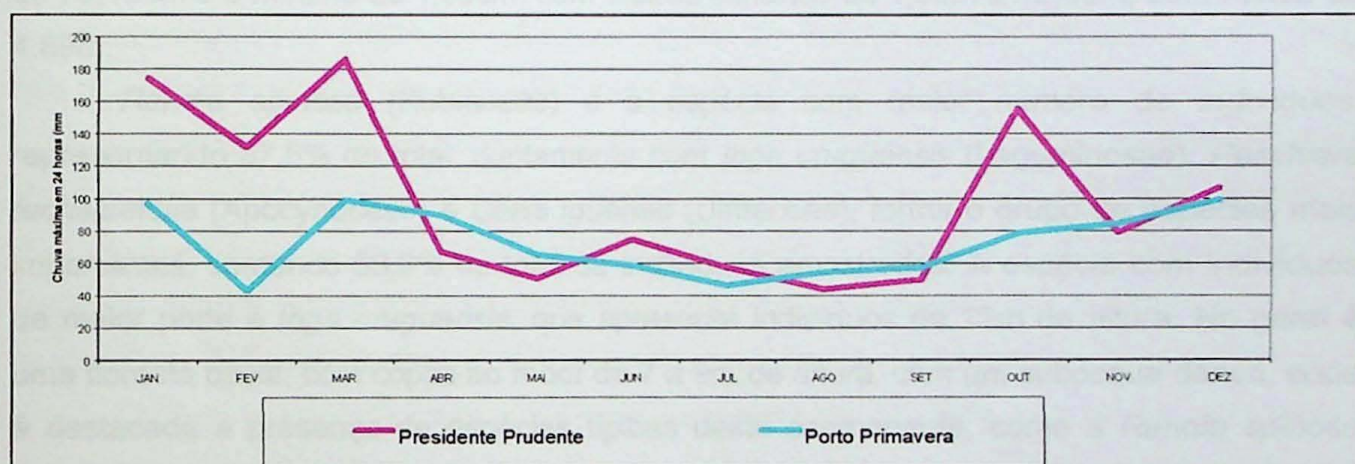


Figura 9 - Chuvas máximas de 24 horas nas estações selecionadas.

Quanto às chuvas máximas de 24 horas, verifica-se que não possuem um comportamento tão semelhante entre as estações, mas, como apontado pela Figura 9, a maior parte delas ocorrem no período chuvoso. A estação de Presidente Prudente destaca-se como a de maior índice.

### Balanco hídrico

A combinação do efeito da continentalidade com o predomínio de baixos planaltos e extensos espigões (altitudes médias entre 300 e 500 m) individualiza a existência de climas locais megatérmicos (temperatura média anual superior a 23°C) com elevada amplitude térmica mensal e anual (entre 5° e 8°C).



Observam-se elevadas perdas por evapotranspiração (entre 1.200 e 1.300 mm por ano). No entanto, devido à alternância dos fluxos tropicais e polares, ocorre pluviosidade suficiente para que as deficiências hídricas oscilem, em média, entre 50 e 100 mm por ano, concentrando-se principalmente no inverno e na primavera. Salienta-se, entretanto, que ocorrem anos de deficiências hídricas da ordem de 300 a 400 mm e outros com excedente hídrico.

#### 4.2.5. Vegetação

Segundo Cesp (1994), existem, aproximadamente, 216 indivíduos, de 32 espécies e 18 famílias, compondo a mata ciliar que bordeja o rio do Peixe. Segundo o mesmo documento existe uma heterogeneidade estrutural das matas existentes na região.

A densidade total na região (Cesp, op cit) foi de 1.200 indivíduos/ha, somando uma área basal de 19,86m<sup>2</sup>/ha. As árvores possuem diâmetro médio de 9,40cm, com o máximo de 76,10cm e o mínimo de 1,60cm, com alturas variando de 1,50m a 12,00m, com média de 4,89m.

*Randia spinosa* (Rubiaceae) é a espécie com maior número de indivíduos, representando 37,5% do total. Juntamente com *Inga uruguensis* (Leguminosae), *Peschiera fuchsiaefolia* (Apocynaceae) e *Celtis iguanae* (Ulmaceae), forma o grupo de espécies mais importantes, somando 58,8% do total de indivíduos amostrados. A espécie com indivíduos de maior porte é *Inga uruguensis*, que apresenta indivíduos de 12m de altura. No geral é uma floresta baixa, com copas ao redor de 7 a 9m de altura, com um subosque denso, onde é destacada a presença de espécies típicas deste componente, como a *Randia spinosa* (Cesp, op. cit.).

Excetuando-se a *Inga uruguensis*, que não apresenta indivíduos jovens, as espécies mais importantes nesta comunidade apresentam uma distribuição de indivíduos nas diversas classes de altura que indicam boa capacidade de regeneração (Cesp, op. cit.).

#### 4.2.6. Histórico do uso e ocupação

A história da ocupação das terras da bacia do rio do Peixe foi elaborada com base na coleta de dados existentes na bibliografia especializada, IPT (1987).

Essa história se relaciona intimamente com a própria história da ocupação do Estado. Esta ocupação se deu a partir do litoral, passando pelos campos da borda do planalto (onde hoje se situa a cidade de São Paulo), para daí se expandir para todo o interior do Estado de São Paulo.



No início da colonização portuguesa, as principais áreas ocupadas se localizavam junto ao litoral, nas quais se tentou a implantação da cultura da cana-de-açúcar. No entanto, a necessidade de se reconhecer o território recém descoberto, da ocupação efetiva das terras, a busca de riquezas, tanto na forma de metais e pedras preciosas, quanto na forma de mão-de-obra escrava e a própria curiosidade aventureira, impulsionaram os novos moradores de São Vicente a se embrenharem para o sertão do Estado.

Posteriormente, uma nova tentativa no cultivo da cana é responsável pela expansão das pequenas áreas ocupadas e povoadas da Depressão Periférica, mais precisamente na região dos rios Mogi-Guaçu e Piracicaba. Assim, até o final do século XVIII a ocupação do Estado ainda é bastante incipiente e esparsa. Esta situação começa a se modificar com a cultura cafeeira.

Inicialmente o café foi plantado na região do Vale do Paraíba e o avanço das áreas cultivadas se deu de forma a evitar as terras abaixo da linha dos trópicos, procurando, por outro lado, as terras virgens das áreas de floresta. Ao final do século XIX inicia-se a corrida para o oeste, em busca de terras férteis para as novas plantações de café.

Até o início do século XX, a área estudada permaneceu pouco ocupada. A partir de levantamentos da evolução da cobertura vegetal do Estado de São Paulo, pode-se notar que a área apresentava, em sua maior parte, com cobertura vegetal original até 1910.

No século XX houve grandes modificações no sistema de utilização de mão-de-obra. Com o término do regime servil, os plantadores de café se viram obrigados a buscar trabalhadores livres, apelando para a imigração. Assim, juntamente com os plantadores de café, um grande número de trabalhadores rurais se deslocaram para interior do Estado, promovendo ocupação extensiva dos terrenos, desmatando e aumentando a área agrícola.

O cultivo do café, carro chefe da expansão da fronteira agrícola, é substituído parcialmente pela cultura do algodão, amendoim, cana de açúcar, em função das solicitações do mercado.

Paralelamente a cafeicultura, houve também a implantação de grandes fazendas de gado, na faixa de solos nobres, fora dos espigões e portanto ao lado dos cafezais. Este período coincide com o grande crescimento das cidades de São Paulo e Santos, principais centros consumidores de carne bovina.

O desenvolvimento das culturas temporárias ou seja, aquelas que eram utilizadas exclusivamente para a subsistência e manutenção dos colonos, começa a ter um panorama mais econômico, na mesma época em que houve o desenvolvimento da cultura do algodão. Até esse momento as culturas de subsistência eram feitas de forma consorciada, principalmente em áreas de café novo.

Após 1945 houve uma subida de preços e novamente uma retomada no cultivo do café. Foi neste período que se verificou uma importante inovação no sistema de cultivo do café, que até então era cultivado através das mudas dispostas em pontos de uma malha



quadrática, que passou a ser cultivado pelo plantio em cordões, acompanhando as curvas de nível do terreno.

Esta técnica, conjuntamente a outras práticas conservacionistas, foram sendo adotadas e implantadas no intuito de minimizar a intensa degradação, já verificada em toda a região de plantio, pelos processos erosivos.

Após à crise recorrente neste período, o Estado de São Paulo assiste o desenvolvimento do segundo ciclo de algodão. Os terrenos ocupados pelo algodão foram aqueles anteriormente cultivados com café, não apresentando grandes significados, em termos de área ocupada.

É importante destacar neste ponto que a cultura do algodão é uma atividade que exige muito do então bastante esgotado solo paulista. Além da erosão, há o problema do esgotamento do solo pela planta e o algodão é, por excelência, uma planta esgotante.

Nas décadas de 40 e 50 já se observava, segundo os autores, e comparando-se mapas e cartas de evolução do desmatamento no Estado de São Paulo, que o Estado estava praticamente ocupado, existindo apenas 10% da área total que ainda apresenta cobertura vegetal resultante da vegetação original. Esta área se apresenta na forma de uma mancha extremamente entrecortada, demonstrando o resultado das inúmeras frentes de desmatamento e se concentra junto ao rio Paraná e nas desembocaduras dos seus principais afluentes (Paranapanema, Peixe, Aguapeí, Tietê). Esta configuração é decorrente da própria ocupação desta área, que se processou principalmente a partir dos principais espigões divisores de bacias.

Desde os anos setenta, as cidades de Marília, na borda Nordeste da área de estudo, e Presidente Prudente, na borda Sudoeste, passaram a abrigar intensa atividade agropecuária, fazendo evoluir os centros comerciais, empresariais e financeiros. Tal fato resultou numa elevada concentração urbano - comercial (mais tarde agregando também o segmento industrial) caracterizando-as como áreas de influência da dinâmica do desenvolvimento, ocorrendo, desde então, migração de populações de outras áreas para essas cidades.

O crescimento desses municípios é induzido por razões que mudam em função do perfil dos migrantes, em geral antigos moradores de localidades menores, como também da zona rural. O lado positivo é que a oferta de novos empregos atrai populações de cidades vizinhas e dá origem a uma demanda de comércio e serviços que alimentam um ciclo econômico virtuoso, contrapondo aos problemas relacionados a esse crescimento, muitas vezes desordenado, gerando processos como favelização e degradação de mananciais e pequenos cursos d'água existentes nessas cidades.



### 4.3. Compilação dos dados existentes

A análise da imagem de satélite (anexo II – Desenho 1) permitiu a verificação da grande concentração de culturas e pastagens regulares em praticamente toda a área. Residências e aglomerados urbanos são pontuais e não ditam as características principais de ocupação da área. As porções com tonalidade verde mais escuro referem-se ao cultivo de plantas frutíferas e/ou reflorestamento em alguns locais.

A alta concentração de pontos geometricamente espaçados, em tons mais claros, dizem respeito aos reassentamentos promovidos pela Cesp no reservatório de Porto Primavera.

Grande destaque merece a vegetação e mata ciliar que acompanha todo o leito do rio do Peixe, sendo que na porção central da área, na região que compreende as cidades de Sagres e Mariópolis, a Cesp implantou a Unidade de Conservação do rio do Peixe.

O objetivo da Unidade é conciliar a proteção integral da fauna e da flora com sua utilização para fins educacionais recreativos e científicos (Cesp, 2002). A área tem 7720 hectares localizados nos municípios de Ouro Verde, Dracena, Presidente Venceslau e Piquerobi. Para sua administração a nova unidade de conservação contará com um conselho consultivo presidido por um representante do Instituto Florestal e constituído por representantes de órgãos públicos e da sociedade civil.

Uma análise pormenorizada das imagens que compõe o mosaico anexo, permitiu identificar o comportamento das drenagens na área, perfeitamente condizentes com as observações e feições até aqui observadas na literatura.

Quanto ao uso do solo, deve-se acrescentar o fato de que a produção de sedimentos de uma bacia é determinada por circunstâncias históricas que se sucedem desde os primeiros anos de ocupação até os dias atuais. A história do uso e ocupação relatado sub-ítem 4.2.6 reflete os desmatamentos executados em meados do século XX, provocando várias frentes erosivas de grande porte, cujos os sedimentos podem estar em trânsito na atual rede de drenagens. Constata-se, se verificarmos os dados e observações até aqui encontradas na bibliografia, que o processo de produção de sedimentos não é contínuo, mas sim comandado pelas condições de uso do solo.

Destacam-se as seguintes principais observações sobre as características do meio físico na bacia rio do Peixe:

- Desníveis topográficos relevantes nesta sub-bacia são encontrados junto à sua cabeceira, na Chapada de Marília. Sua maior cota topográfica observada é a de 684 m, na região da cabeceira do ribeirão Alegre, nas proximidades da cidade de Lupércio, sendo que a menor cota, 257 m, encontra-se junto ao reservatório.



- As unidades geológicas ocorrentes nesta sub-bacia são relacionadas aos arenitos do Grupo Bauru (98%) (Cesp, 1994) e depósitos aluvionares.
- Entre as ocorrências do Grupo Bauru, destacam-se os arenitos associados aos bancos de lamitos e siltitos da Formação Adamantina, encontrados principalmente no médio curso e espigões divisores desta sub-bacia.
- Os arenitos da Formação Santo Anastácio ocorrem nos vales dos tributários do médio ao baixo vale e os arenitos da Formação Caiuá possuem expressão praticamente desprezível (3 km<sup>2</sup>). Com maior expressão nas proximidades do exutório da bacia ocorrem amplas áreas de depósitos aluvionares.
- Nas cabeceiras desta sub-bacia são encontrados os arenitos conglomeráticos de cimentação calcífera da Formação Marília. Esta unidade geológica está associada aos relevos do Planalto homônimo, constituído por escarpas, escarpas degradadas, colinas médias, morrotes alongados, espigões e colinas amplas nos topos. Aos topos associam-se predominantemente latossolos; nos outros tipos de relevo predominam solos litólicos.
- No setor entre o médio e o alto vale do rio do Peixe predominam colinas amplas. Segundo o mapa pedológico (anexo II – Desenho 5) nesta região predominam os solos podzólicos vermelho amarelos e uma pequena área de latossolos vermelho-escuros.
- Na região entre as cidades de Presidente Prudente (localizada no limite com a sub-bacia do Santo Anastácio) e Flórida Paulista (localizada no limite com a sub-bacia do Aguapeí), o relevo volta a ficar mais movimentado, sendo encontrados morrotes alongados e espigões. Nos espigões onde situam-se estas cidades, na direção do rio Paraná, estes relevos passam gradualmente para colinas médias. Para toda esta região são atribuídos podzólicos vermelho-amarelos (mapa pedológico – Anexo II – Desenho 5).
- Nas proximidades do rio do Peixe, no baixo vale, são encontradas colinas amplas e finalmente as planícies fluviais associadas ao curso d'água principal. Nesta região associam-se aos primeiros tipos de relevo, de maneira geral, latossolos vermelho-amarelos, enquanto que nas planícies aluviais são encontrados solos hidromórficos.
- As regiões de relevos movimentados e os solos pouco permeáveis nesta sub-bacia favorecem o escoamento superficial; no entanto salienta-se a existência de regiões que apresentam elevadas taxas de infiltração, devido a presença de solos arenosos de pouca coesão e alta permeabilidade.
- Quanto às chuvas na sub-bacia do Peixe, verifica-se um bom controle exercido pelo relevo, sendo encontrados valores médios anuais de precipitação



pluviométrica superiores a 1.500 mm na região do Planalto de Marília. No restante da região os valores variam entre 1.250 e 1.400 mm.

#### 4.4. Geração de cartas de suscetibilidade à erosão

A erosão, por tratar de processos que não levam a consequências tão diretas e óbvias comparando-se, por exemplo, a escorregamentos, em trabalhos anteriores na confecção de cartas geotécnicas é mais comum a utilização apenas de parâmetros relacionados ao meio físico. Estes trabalhos, em sua maioria, desconsideram as características do uso e ocupação do solo, pois os objetivos são apenas a construção e expansão das cidades e não a gestão urbana.

Alberto (1998) apresenta a diferença de definições existentes entre risco e suscetibilidade, através da análise da tipologia de 13 trabalhos de cartas voltadas à prevenção da erosão, em que observa que 23% apresenta análise de riscos atuais, 30%, risco potencial e 47% com a apresentação conjunta entre risco atual e potencial. Quanto às escalas, 30% apresentam escalas entre 1:50.000 e 1:100.000, 25%, entre 1:100.000 e 1:500.000, 15%, entre 1:500.000 e 1:1.000.000 e 30% com escalas menores que 1:1.000.000. Cerca de 70% das cartas apresentam o termo zoneamento e 30% com outras formas de abordagem. Os principais usuários destas cartas não são definidos, sendo apenas uma delas direcionada a técnicos da área e duas a órgãos públicos.

Um exemplo particular de carta, voltada especificamente para a prevenção da erosão, é apresentada por Salomão (1994) in Ridente Jr (2000) que denomina a carta de suscetibilidade gerada em sua pesquisa de carta geotécnica de Bauru. Salomão (op. cit.) utilizou, como atributos da carta geotécnica, a diferenciação pedológica com a caracterização do comportamento hidrológico de cada tipo de solo, tipos litológicos, declividade dos terrenos, geomorfologia e o levantamento da ocorrência de feições erosivas. Os compartimentos geotécnicos foram caracterizados pelo comportamento físico-hídrico de unidades morfopedológicas preestabelecidas.

A carta de suscetibilidade à erosão é resultado do estudo da tipologia e da distribuição dos processos erosivos que ocorrem na área, que posteriormente foram analisados em conjunto com os fatores do meio físico que condicionam a ocorrência destes processos (tipos de solo e declividade do terreno), ou seja, o comportamento geotécnico (Salomão, 1994 in Ridente Jr, 2000).

A definição de valores de estabilidade ou vulnerabilidade aos processos de perda de solo está condicionada a uma análise das características de cada condicionante físico na área de estudo. Todos os parâmetros utilizados para estabelecer valores a estas condicionantes foram baseados em Crepani et al. (1996).



Devido a isso, são explicadas as formas de atribuição de valores de vulnerabilidade e estabilidade para as diferentes classes de cada uma das condicionantes, de uma forma generalizada. A tabela a seguir apresenta os valores de estabilidade/vulnerabilidade das condicionantes existentes na área de estudo. O quadro 5 apresenta os diferentes índices de estabilidade/vulnerabilidade considerados nesta pesquisa:

Quadro 5: Valores de estabilidade/vulnerabilidade para os condicionantes do meio físico na área de estudo.

Condicionantes	Valor de vulnerabilidade/estabilidade
<b>Geologia</b>	
Basalto	1,5
Arenitos quartzosos	1,4
Conglomerados	2,5
Siltitos/argilitos	2,6
Sedimentos inconsolidados	3,0
<b>Pedologia</b>	
Latossolo	1,0
Podzólico	2,0
Planossolo	2,0
Cambissolo	2,5
Solos litólicos	3,0
Glei	3,0
Solos hidromórficos	3,0
<b>Geomorfologia</b>	
Superfície aplainada	1,5
Relevo dissecado em colinas	2,1
Relevo dissecado em escarpas/cristas	2,7
Planície aluvial	3,0
<b>Clima (intensidade pluviométrica - mm)</b>	
50 – 175	1,3
175 – 300	1,8
300 – 425	2,0
425 – ∞	3,0

Fonte: Crepani et al (1996), modificado

As diferentes áreas existentes na bacia do rio do Peixe foram subdivididas em sub-bacias, onde a confrontação dos dados existentes na literatura, a interpretação das fotos



aéreas somadas as interpretações de campo, pudesse, ao final, indicar diferenças significativas na caracterização de cada sub-bacia quanto a produção de sedimentos.

Para levantamento e compilação das interpretações diversas, foi utilizada a quantificação de boçorocas por sub-bacia, através do ICB (Índice de Concentração de Boçorocas)

O ICB é um índice relativo que procura categorizar as sub-bacias quanto ao número de boçorocas existentes em sua respectiva área.

Normalmente as áreas de maior concentração são representativas da ação do meio “físico – ação antrópica – boçorocas”. Este índice mostra, simplesmente, a densidade de erosões por km<sup>2</sup>, evidenciando as bacias críticas.

O quadro 6 apresenta os dados relativos as erosões lineares existentes na área de estudo. Os valores foram obtidos diretamente em campanhas de campo, sendo que alguns valores foram compilados da confrontação de IPT (1987) e Cesp (1994).

Quadro 6 – Valores obtidos dos Índices de Concentração de Boçorocas

Sub-bacia	Rio/ribeirão	Área (km <sup>2</sup> )	Boçorocas	Ravinas /sulcos	ICB
1	Rib. Mandaguari de Baixo	6,5	0	0	0
2	Rib. Da Capivara	1,0	0	2	0
3	Rib. São Bento	8,9	0	0	0
4	Córrego do Prado	11,5	1	7	0,08
5	Córrego Santa Flora	5,87	0	0	0
6	Córrego Caxambú	5,32	1	1	0,19
7	Ribeirão Bonito	24,6	12	14	0,48
8	Córrego do Fogo	9,97	4	7	0,4
9	Ribeirão da Ilha	13,24	2	15	0,15
10	Córrego do Lambari	6,59	1	2	0,15
11	Ribeirão Santa Maria	20,5	14	18	0,68
12	Ribeirão da Emboscada	11,4	2	12	0,17
13	Ribeirão dos Ranchos	18,04	14	14	0,77
14	Ribeirão Fortuna	4,27	3	7	0,71
15	Ribeirão da Baliza	15,23	5	12	0,24
16	Ribeirão dos Macacos	8,1	1	7	0,12
17	Ribeirão do Canguçu	11,56	2	3	0,17
18	Ribeirão da Negrinha	16,26	4	8	0,24
19	Ribeirão da Onça	18,97	1	2	0,05
20	Córrego da Fartura	10,04	2	1	0,20
21	Ribeirão do Ipê / Copaíba	16,14	0	1	0



Sub-bacia	Rio/ribeirão	Área	Boçorocas	Ravinas /sulcos	ICB
22	Ribeirão Santa Terezinha	12,74	0	0	0
23	Ribeirão das Pitangueiras	19,53	2	6	0,10
24	Ribeirão da Aldeia Grande	16,28	26	28	1,6
25	Córrego da Cascata	3,64	28	7	7,7
26	Córrego Santo Antonio	5,82	24	20	4,13
27	Ribeirão Macaúbas	13,63	0	7	0
28	Ribeirão Hospital	6,29	1	14	0,16
29	Ribeirão do Futuro	12,77	2	36	0,16
30	Ribeirão do Pombo	20,87	4	30	0,19
31	Córrego da Prata	6,52	0	0	0
32	Córrego do Barbosa	6,6	4	31	0,60
33	Ribeirão da Garça	30,77	99	109	3,2
34	Córrego do Veado	5,2	12	26	2,3
35	Córrego Limoeiro	8,22	18	6	2,19
36	Córrego Formoso	18,62	8	12	0,43
37	Ribeirão do Arrependido	6,22	1	2	0,16
38	Ribeirão Três Lagoas	11,95	2	4	0,17
39	Ribeirão da Fortuna	15,58	3	6	0,19
40	Ribeirão Mumbuca	7,38	0	0	0
41	Ribeirão da Panela	13,63	0	0	0
42	Ribeirão do Engano	15,37	4	5	0,26
43	Ribeirão Monjolinho	7,73	1	2	0,12
44	Ribeirão Bicatu	12,16	16	12	1,3
45	Ribeirão do Cristal	16,68	2	6	0,12
46	Córrego Taquara – Branca	8,15	1	4	0,12
47	Córrego Mundo Novo	6,73	0	0	0
48	Córrego do Campinho	6,77	0	6	0
49	Ribeirão Francisco	34,21	6	22	0,18
50	Córrego Barra Mansa	20,88	3	2	0,14
51	Ribeirão da Confusão	51,89	12	30	0,23
52	Ribeirão dos Guachos	31,06	14	12	0,45
53	Ribeirão Coroados	24,09	16	12	0,66
54	Ribeirão do Mandaguari	34,76	12	16	0,34
55	Ribeirão Onze	13,1	10	8	0,76
56	Córrego do Acampamento	17,86	14	6	0,78
57	Córrego da Onça	11,22	12	3	1,07



Sub-bacia	Rio/ribeirão	Área	Boçorocas	Ravinas /sulcos	ICB
58	Córrego do Pereira	28,86	26	7	0,9
59	Ribeirão Santo Expedito	5,72	14	18	2,46
60	Córrego Bonfim	6,59	16	26	2,42
61	Ribeirão do Taquaçu	29,10	32	16	1,09
62	Córrego Figueira	7,62	13	15	1,71
63	Córrego da Lontra	17,81	18	11	1,01
64	Ribeirão dos Índios	21,9	1	5	1,0
65	Córrego da Laje	19,45	26	12	1,34
66	Ribeirão Claro	26,89	33	38	1,23
67	Córrego do Vargim	9,5	0	3	0
68	Ribeirão Água Sumida	19,67	0	1	0

O quadro 7 apresenta a listagem das sub-bacias mais críticas do rio do Peixe, definidas pela compilação dos dados bibliográficos associados a etapas de campo e levantamentos fotointerpretativos.

Quadro 7 – relação das sub-bacias mais críticas do rio do Peixe

Criticidade	n.º da sub-bacia	Curso d'água correspondente
<u>Muito alta</u>	7	Ribeirão Bonito
	8	Córrego do Fogo
	11	Ribeirão Santa Maria
	13	Ribeirão dos Ranchos
	14	Ribeirão da Fortuna
	18	Ribeirão da Negrinha
	24	Ribeirão da Aldeia Grande
	25	Córrego da Cascata
	26	Córrego Santo Antonio
	33	Ribeirão da Garça
	34	Córrego do Veado
	35	Córrego do Limoeiro
	36	Córrego Formoso
	44	Ribeirão Bicatu
	52	Ribeirão dos Guachos
	53	Ribeirão Coroados
	54	Ribeirão do Mandaguari



Quadro 7 – continuação.

Criticidade	n.º da sub-bacia	Curso d'água correspondente
<u>Muito alta</u>		55 Ribeirão Onze
		56 Córrego do Acampamento
		57 Córrego da Onça
		58 Córrego do Pereira
		59 Ribeirão Santo Expedito
		60 Córrego Bonfim
		61 Ribeirão do Taquaçu
		62 Córrego Figueira
		63 Córrego da Lontra
		65 Córrego da Laje
		66 Ribeirão Claro
<u>Alta</u>		6 Córrego Caxambú
		9 Ribeirão da Ilha
		10 Córrego do Lambari
		12 Ribeirão da Emboscada
		15 Ribeirão da Baliza
		16 Ribeirão dos Macacos
		17 Ribeirão do Canguçu
		23 Ribeirão das Pitangueiras
		28 Ribeirão Hospital
		29 Ribeirão do Futuro
		30 Ribeirão do Pombo
		32 Córrego do Barbosa
		37 Ribeirão do Arrependido
		38 Ribeirão Três Lagoas
		39 Ribeirão da Fortuna
		42 Ribeirão do Engano
		43 Ribeirão Monjolinho
		45 Ribeirão do Cristal
		46 Córrego Taquara-Branca
		49 Ribeirão Francisco
		51 Ribeirão da Confusão



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Características levantadas

A bacia do rio do Peixe estende-se aproximadamente no sentido leste-oeste, sendo limitada ao sul pela bacia do rio Santo Anastácio e pelos tributários do rio Paranapanema. As nascentes situam-se nas zonas escarpadas ao sul do Planalto de Marília, nas proximidades do município de Garça. Dada a grande extensão e forma alongada da bacia, esta apresenta diversas formas de relevo. Assim a leste há predomínios de Escarpas que delimitam o planalto de Marília, com cotas médias superiores a 600 metros, caracterizado por Colinas Amplas e Rampas. Essa feição volta a ocorrer nas partes rebaixadas do relevo, com cotas próximas de 500 metros, limitada à oeste, próximo à rodovia SP-245, entre os municípios de Bastos e Martinópolis. No limite sul da bacia, em seu terraço superior, as Colinas Amplas e Rampas são limitadas por Escarpas degradadas entre Exaporã e Quatá. Na seqüência, em direção ao rio Paraná, após a rodovia SP-245, (ver Anexo II – Desenho 2) o relevo volta a ficar mais movimentado em gradiente marcado pela sucessão das formas de Colinas Médias (amplamente distribuídas na bacia do rio Aguapeí) e de Morrotes Alongados e Espigões. No terço final da bacia predominam relevos suaves, de Colinas Amplas e Rampas e, próximo a calha do rio, Planícies Aluviais (Anexo II – Desenho 4). Na confluência com o rio Paraná, em ambas as margens do rio do Peixe, ocorrem espessos depósitos (cascalheiras), que constituem os terraços fluviais.

Embora as pastagens predominem na região, sob diferentes graus de manejo, é perceptível sua substituição pela cana de açúcar. Existem áreas de uso mais diversificado, principalmente com culturas perenes (café, citros e seringueira) e reflorestamentos, principalmente de eucalipto. Em pequena escala ocorrem cultivos de ciclo curto (Anexo II – Desenho 1).

No que diz respeito aos aspectos de degradação, já desde o início da bacia, no contato do planalto com as escarpas, o manejo do solo para fins agrícolas processa-se até bem próximo à ruptura do relevo, sem manutenção da faixa de vegetação natural para proteção contra processos erosivos naturais de recuo de vertentes. Em diversos pontos verifica-se que o terraceamento executado em áreas de pastagens revela-se insuficiente na proteção do solo frente aos processos erosivos. A mesma situação de inadequação repete-se no uso urbano do solo, onde, em alguns locais, a expansão da cidade chega até a borda do planalto de Marília, como nas proximidades da nascente do ribeirão do Pombo.

Uma das feições marcantes do relevo no domínio das Colinas Amplas e Rampas sobre a Formação Adamantina (terraço superior da bacia) é a ruptura de declive entre topos aplainados e as vertentes da calha do rio. Nessas vertentes, o solo freqüentemente mostra



diferenças texturais marcantes entre os horizontes A e B, o que expõe o solo a um alto risco de erosão.

Em toda a região boçorocas aparecem mesmo em condições de declividade pouco acentuada, sendo que processos erosivos são observados no trecho final do ribeirão Frutal, a despeito do manejo conservacionista, disposto em terraceamento em pastagens bem formadas (ver Figura 10 “a”).

Essa situação se agrava quando o perfil do solo mostra um contato abrupto entre o horizonte superficial arenoso disposto sobre o horizonte B de textura média. Ainda na sub-bacia do ribeirão Frutal, boçorocas em processo de estabilização, já quase totalmente vegetadas, estão associadas a relevo suave e pastagens degradadas.

A sub-bacia do Ribeirão Picadão das Araras, citada no EIA (Cesp, 1994) como de alta criticidade do ponto de vista do risco de erosão, contém nascentes desprovidas de vegetação, onde alguns afluentes estão locados sobre área de latossolo vermelho escuro com textura média sobre relevo muito suave.

Esta bacia está localizada na transição das formas de relevo de Colinas Amplas e Rampas para domínios mais ondulados, predominando formas convexas. Nesse sentido, a conservação de estradas nessa região torna-se mais problemática, em função da maior energia e volume das enxurradas formadas no leito das mesmas.

Em alguns locais pode-se observar o leito encaixado do ribeirão do Picadão das Araras e também o alto grau de perturbação da vegetação ciliar original, caracterizando o processo de regeneração, com presença maciça de pioneiras, apesar do baixo porte das mesmas.

A paisagem dominante nesta região é o relevo colinoso e drenagem encaixada. O uso do solo é menos intensivo, predominando pastagens extensivas (pasto sujo) e áreas de vegetação secundária (Figura 10 – “b” e “c”)

No terço final da bacia do rio do Peixe, voltam a predominar formas mais suaves com Colinas Amplas de topos aplainados. Nota-se a maior intensificação do uso agrícola com culturas perenes, reflorestamento, cana de açúcar e pasto intensivo. Ainda com relação ao uso verifica-se nessa condição de relevo tendência de expansão da cultura da cana de açúcar.

As fotos 5 e 2 (Anexo I) expõem duas situações diversas de adequação do uso do solo. Na primeira, apesar da utilização do terraceamento como prática de conservação em pastagem bem conduzida, a supressão da vegetação arbórea nos vales das drenagens naturais vem causando intenso ravinamento; na segunda, esses drenos naturais encontram-se protegidos e não há ocorrências evidentes de sulcos de erosão.

Um aspecto muito importante da degradação ambiental da região é a ocupação da planície fluvial. Como consequência, modifica-se a dinâmica fluvial, com aceleração dos processos de carreamento e deposição de sedimentos. A re-colonização da área por



espécies arbóreas não ocorrerá naturalmente em função dos constantes soterramentos e retiradas do banco de sementes e plantas.

Uma observação importante é que o crescimento da área plantada com cana de açúcar, em substituição as pastagens, apesar de constituir uma utilização mais intensiva do solo, não tem significado aumento de erosão. A substituição, já consolidada na margem esquerda, inicia-se na margem direita, quase sempre em Colinas Amplas. A implantação da referida cultura tem sido feita respeitando-se premissas de conservação do solo, mas não representa uma forma de controle dos processos erosivos já instalados. A situação de desproteção das nascentes e das pequenas drenagens perdura. Além disso, o risco de poluição dos recursos hídricos é evidentemente majorado com essa substituição de culturas, como consequência da maior aplicação de fertilizantes e agrotóxicos para a cana de açúcar. A destinação do resíduo da cultura, tanto na forma de lagoas de infiltração como em irrigação, deve ser controlada em função das características de alta erodibilidade e permeabilidade dos solos ocorrentes.

A cana de açúcar tem se estendido, inclusive, sobre áreas de transição da vertente para a planície de inundação, onde ocorrem, por vezes, afloramentos do lençol freático. Nessas condições, observa-se o precário desenvolvimento da cultura e as perdas de solo na região, tornando-se esses pontos de alta criticidade na produção de sedimentos.

Outro ponto citado no EIA (Cesp, 1994) como de alta criticidade erosiva é o terço final do ribeirão Santa Maria, afluente da margem direita do rio do Peixe. Seu curso está totalmente desprovido da mata ciliar e as pastagens, apesar de bem formadas, não estão terraceadas. Isso faz com que diversas formas de erosão – laminar, ravinas, boçorocas – se instalem e daí ocorrendo, então o assoreamento do leito do ribeirão (fotos 3 e 4 – Anexo I).

Entre o ribeirão Santa Maria e o ribeirão do Montalvão, também de muito alta criticidade (CESP, 1994), os solos podzólicos ocupam relevo caracterizado por topos menos extensos. Existe um cultivo bem conduzido de cana de açúcar na região, estando, porém, as drenagens desprotegidas. Os problemas de erosão são menos freqüentes e de menor intensidade que o ribeirão Santa Maria e outras áreas igualmente críticas.

Na continuidade dessa região, seguindo-se em direção ao ribeirão do Montalvão e ao rio do Peixe, o relevo torna-se mais aplainado, de domínio do latossolo vermelho escuro de textura média, assinalando-se nesta região o início dos depósitos aluvionares do terço final do rio do Peixe. Esses depósitos têm sofrido espessamentos em decorrência da intensificação, nos últimos anos, dos processos erosivos instalados à montante dessa região e da bacia.

Nessa porção da bacia, a área mais crítica é aquela drenada pelo ribeirão do Taquaçu, que abrange a transição de solos podzólicos para latossolos. Em alguns pontos observa-se a quase total supressão da mata ciliar e intenso assoreamento do vale, com o canal bastante raso, inclusive com exposição de bancos de areia. boçorocas se instalam no



alinhamento de discretos talvegues, a partir do ponto de ruptura do declive, marcado pela estrada secundária. As pequenas represas construídas para evitar a erosão não se mostram totalmente eficientes.

A noroeste de Presidente Prudente, próximo ao limite com a bacia do rio Santo Anastácio, predominam solos podzólicos em relevo suave ondulado a ondulado (declives de 3-8% a 8-20%, respectivamente). A utilização maior das terras é com pastagens, além de pequenas manchas de reflorestamento, capineiras de cana de açúcar e citros. As poucas boçorocas e ravinas ocorrentes estão associadas à drenagem de estradas vicinais, porém os leitos dos cursos mostram-se totalmente assoreados e desbarrancamentos são freqüentes, em virtude da falta da vegetação ciliar.

A sub-bacia do ribeirão Claro, tributário da margem esquerda do rio do Peixe, com nascentes entre Presidente Venceslau e Santo Anastácio, apresenta processos de boçorocamento em terrenos com substrato de arenitos muito finos (foto 8 – Anexo I). Em determinados pontos das vertentes, lentes menos permeáveis dificultam a infiltração em sub-superfície, provocando o aparecimento de água na superfície associada a processos que concorrem para o abatimento do solo. Esses abatimentos continuam a ocorrer mais distantes da boçoroca.

Nesta sub-bacia, próximo ao limite com a área drenada pelo ribeirão do Veado, a aproximadamente 5 km ao norte de Presidente Venceslau, seguindo-se pela SP-563, ocorrem origens do processo de voçorocamento por abatimentos superficiais. Em algumas porções podem-se observar arbustos com aproximadamente o mesmo porte e idade em diferentes posições do desnivelamento ocorrido.

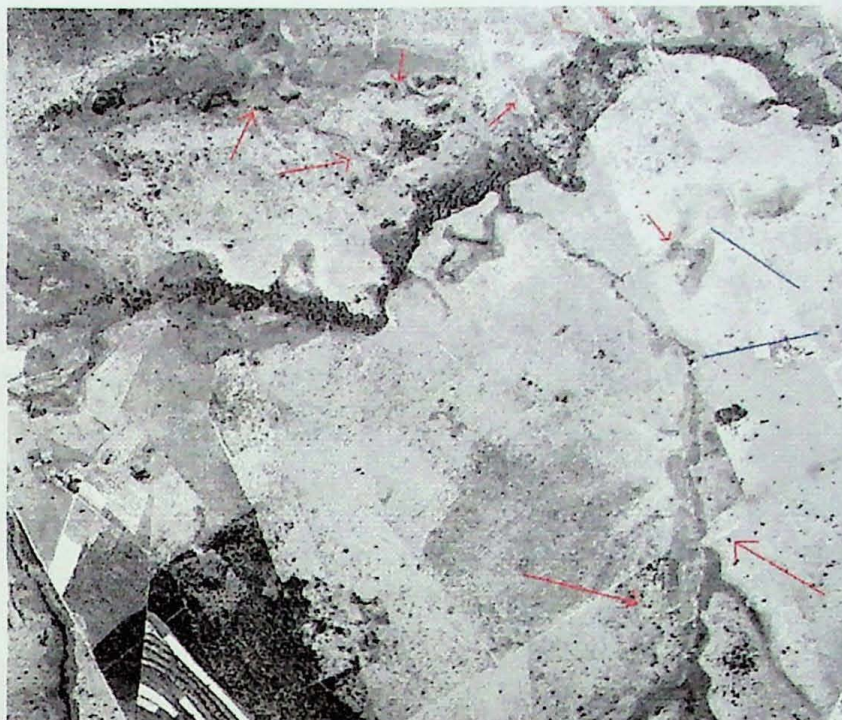
A figura 10 exemplifica alguns resultados obtidos através da fotointerpretação.



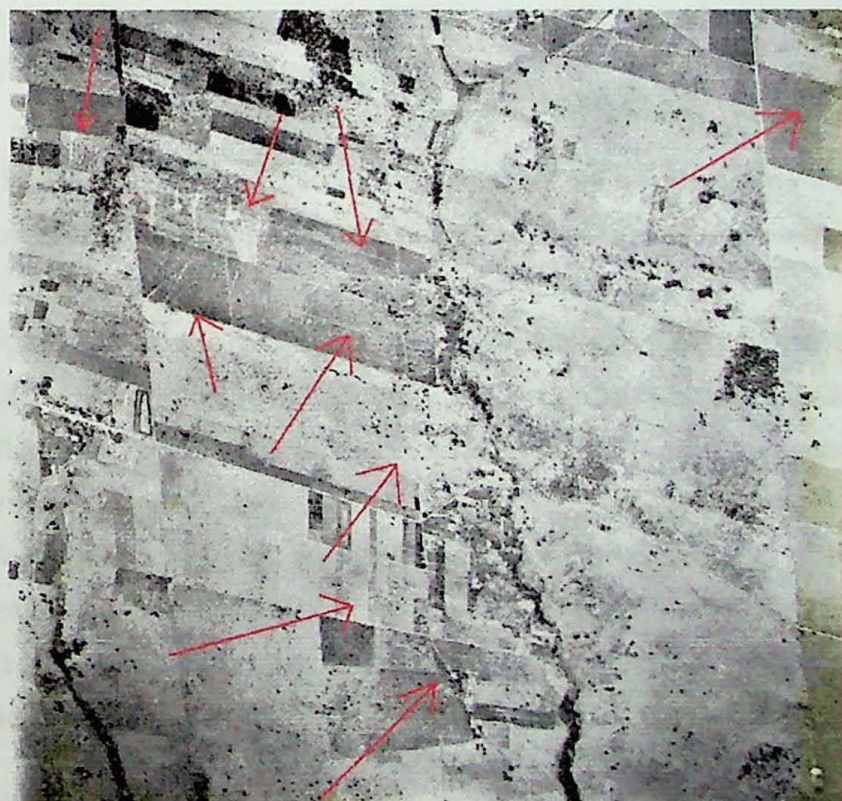
Fig. 10 - Fotointerpretação de imagens aéreas da região do rio Santo Anastácio, mostrando o boçorocamento na margem esquerda do rio do Peixe, na região do ribeirão do Veado, em Presidente Venceslau.



Figura 10 – Feições erosivas fotointerpretadas



a) Boçorocas fotointerpretadas na região do ribeirão do Frutal.



b) Concentração de feições erosivas de pequeno porte, associados a boçorocas e ravinamentos ocorrentes na região sul da bacia do rio do Peixe, na região do ribeirão do Picadão das Araras.



Figura 10 – Continuação.



c) Boçorocas fotointerpretadas na região do ribeirão Picadão das Araras, área de “muito alta” susceptibilidade à erosão.

FIGURA 10 – Feições erosivas fotointerpretadas (as setas em vermelho indicam feições erosivas identificadas e os traços azuis indicam locais nos quais ocorreram retaludamentos).

A integração dos dados bibliográficos, levantamentos de campo com os dados de feições de erosão fotointerpretadas originou a Carta de Suscetibilidade à Erosão com diferenças significativas as Cartas já elaboradas para a região e anteriormente citadas (Anexo II - Desenho 6).

Essas diferenças estão concentradas na maior quantidade de sub-bacias do rio do Peixe serem consideradas, no presente trabalho, como “muito alta” no tocante a criticidade na produção de sedimentos. Isto pode estar relacionado ao considerável aumento d feições erosivas observado em toda a região.

## 5.2. Ações ambientais.

Diversas ações de âmbito prático podem e devem ser tomadas no tratamento locais susceptíveis à erosão, como é o caso da área em estudo. Mesmo não sendo objetivo deste trabalho, a recomendação destas ações torna-se imprescindível, já que vários pontos com



alta ou muito alta susceptibilidade à erosão foram determinados. Destacamos, a seguir, os pontos principais a serem considerados quando projetos de planejamento ambiental visando a contenção da problemática erosiva vierem a ser desenvolvidos:

- a) Proteção dos talvegues, mesmo aqueles onde não ocorram drenagens perenes, mediante disciplinamento das águas nas vertentes e revegetação da faixa marginal aos seus eixos;
- b) Mapeamento detalhado dos abatimentos superficiais e acompanhamento de sua evolução, buscando primeiramente a implementação de cobertura vegetal (gramíneas protetoras e leguminosas herbáceas) e posterior recomposição da vegetação original nas suas bordas e interior;
- c) Proteção de vertentes marcadas por ruptura de declive, procedendo sua revegetação desde a calha do rio até a linha de quebra do declive;
- d) Desocupação e revegetação das planícies de inundação e áreas das nascentes;
- e) Manutenção, recuperação e readequação de estradas, principalmente no que diz respeito à captação e descarga de drenagem pluvial;
- f) Incentivo a diversificação agrícola;
- g) Condicionamento do crescimento das cidades, buscando a efetiva proteção de encostas e drenagens. Essa questão deve estar contemplada nos Planos Diretores, pelo abastecimento de vetores desejáveis de crescimento, amparados pela legislação municipal que regule o uso das terras. Ainda no âmbito urbano é que devem ser garantidas as áreas para desenvolvimento de atividades agrícolas relacionadas ao abastecimento do próprio município.

Evidentemente essas ações somente poderão ser implementadas mediante conjugação de esforços advindos de diversas direções e poderes. Isso faz prever a criação e/ou manutenção de equipes ou grupos de atuação, de preferência conhecedores das realidades regionais, que possam receber orientações específicas para uma adequada execução das tarefas.

Além da criação da Unidade de Conservação do rio do Peixe, ver item 4.3, outros projetos estão em desenvolvimento na Cesp. Um projeto denominado "Plano de recuperação ambiental da Bacia do rio do Peixe, é desenvolvido em parceria com a Escola de Engenharia de São Carlos (USP), Secretaria da Agricultura, Planejamento e Saúde do Estado de São Paulo e, também, com consultores independentes. O objetivo principal do projeto é a elaboração de um modelo de gestão ambiental integrada para a bacia hidrográfica do rio do Peixe, com ênfase nos recursos hídricos, tendo como instrumento a criação de dados georreferenciados da região que engloba toda a bacia, servindo como instrumento de orientação as ações de âmbito prático que devem ser tomadas nos locais susceptíveis à erosão.



## 6. CONCLUSÕES

A pesquisa produziu uma série de dados através da elaboração dos produtos intermediários que, por sua importância, são apresentados como resultados. Os resultados apresentados no Capítulo 5 são a base que mostra a eficiência da sistemática utilizada.

A análise integrada de informações obedeceu a critérios que ajustam relevos com potencialidades diferenciadas ao desencadeamento de processos erosivos com diferentes tipos de solo, identificando as unidades de análise com diferentes graus de suscetibilidade.

Dentre os diversos aspectos da degradação ambiental na região oeste do Estado de São Paulo, chamam a atenção a supressão da vegetação original e os processos erosivos atuando em diferentes formas e intensidades, destacando-se a erosão superficial, ravinas e boçorocas.

As análises permitiram identificar locais onde as pesquisas já realizadas divergiam quanto ao grau de criticidade da sub-bacia, como é o caso do ribeirão Santa Maria, onde anteriormente não se definia exatamente sua “alta” ou “muito alta” criticidade.

Não foram encontradas áreas realmente estáveis aos processos de perda de solo. As áreas consideradas moderadamente estáveis estão relacionadas ao solo profundo (latossolo) e à presença de cobertura vegetal mais densa e fechada (áreas restritas, próximas às drenagens).

Se comparamos os resultados obtidos, verificamos um aumento considerável dos locais de “muito alta” criticidade à erosão, devido, principalmente, a substituição de culturas e ao manejo inadequado do solo. Ao total foram avaliadas 68 sub-bacias do rio do Peixe, e destas, 49 apresentaram “alto” ou “muito alto” nível de susceptibilidade à erosão.

A metodologia apresentada mostrou boa capacidade de reconhecimento da área de estudo, porém deve-se destacar que todas as limitações decorrentes das diversas abordagens do problema, sejam elas pedológicas, geomorfológicas ou geológicas, incidem, sobremaneira, na dificuldade de se determinar quantificações para o problema.

O estudo presente demonstra que, para a bacia considerada, os métodos podem ser insuficientes ou inapropriados para orientações que visem a reversão do quadro ambiental. Em muitos trechos da área, os processos erosivos instalam-se e evoluem mesmo quando o uso do solo está disciplinado, no que diz respeito à potencialidade a às práticas agrícolas,



bem como foram verificados em áreas de baixa criticidade, a exemplo de áreas de latossolos em colinas amplas.

Dessa forma, a identificação pontual dos problemas críticos constitui tarefa fundamental, que as metodologias atualmente empregadas na determinação de áreas susceptíveis à erosão não podem indicar.

Um treinamento de técnicos e/ou equipes de trabalho de campo, voltado à referida identificação dos processos, afigura-se como uma adequada e razoável estratégia para a efetivação das proposições apresentadas.

ALMEIDA, L. J. C. & ROCHA, J. E. 1986. A avaliação dos terrenos sujeitos ao risco de deslizamentos e erosão. In: Anais SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3 - ABGE. Anais. Florianópolis. Santa Catarina - 1986. Cadern.

BERTONI, J. E. & LOMBARDI NETO, E. 1997. Conservação do solo. Editora Lemos, Piracicaba, SP. 352p.

CANE, K. O. MACHADO, S. R., NETO, J. L., BRAGA, O. V. 1998. Análise do risco potencial de erosão das terras das lagoas de Foz de Iguaçu e de outras localidades do Estado de Paraná e Alagoas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5. Piracicaba, Piracicaba, SP. 1998. Anais do ABGE.

CARLETON FILHO, O., GARNES, A. F., PIRES NETO, A. G., PRADO FILHO, M. S. da, RUIFANO, V. J., RUIFANO, W. L. - 1981. Metodologia para estudo de assoreamento de reservatórios (II): Reservatório de Foz de Iguaçu e Espediente (PR). In: CROCE, A. (Org.) Anais - ABGE, V.2, pag. 143-153.

CARVALHO, N. O. 2001. Processos erosivos, recursos hídricos e riscos associados na bacia do rio Mogi-Guaçu. Tese apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (Universidade Estadual Paulista) para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente, no Curso XX páginas.

CARVALHO, N. O., FUZOLA JÚNIOR, R. P., SANTOS, P. M. O. da, WERNICK LIMA, J. E. F. 2000 a. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Planejamento Energético, Brasília. 129 pag.

CARVALHO, N. O., FUZOLA JÚNIOR, R. P., SANTOS, P. M. O. da, WERNICK LIMA, J. E. F. 2000 b. Guia de Práticas Sedimentológicas. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Planejamento Energético, Brasília. 132 pag.

CHAVES, J. 1985. Análise de risco de deslizamentos e erosão. In: Anais do SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5. Piracicaba, Piracicaba, SP. 1998. Anais do ABGE.



## BIBLIOGRAFIA

- ALBERTO, M. C., 1998. **Cartas de risco geológico: fundamentos e diretrizes para elaboração**. Relatório Final, Bolsa de Iniciação Científica, FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processo 97/06965-3. São Paulo, 46p.
- ALMEIDA, F. F. M. 1964. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: IGG. p.167-263 (Boletim 41).
- ALMEIDA, F. F. M. 1981 (Coord.). **Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000**. São Paulo: IPT. 2 v. (IPT Monografia, 6).
- ALMEIDA, L. E. G. & RODRIGUES, J. E., 1998. **A avaliação dos terrenos aplicada na definição de suscetibilidades à erosão**. In: Anais SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3 - ABGE. Anais...Florianópolis, Santa Catarina – 1998. Cd-rom.
- BERTONI, J. E. & LOMBARDI NETO, F., 1990. **Conservação do solo**. Editora Livroceres. Piracicaba, SP. 392p.
- CANIL, K., DI MADUREIRA, S. R., RIDENTE JUNIOR, J. L., IWASA, O.Y., 1998b, **Áreas de risco potencial de erosão das bacias dos córregos do limoeiro e do cedro (municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. Anais.(cd-rom). ABGE.
- CARLSTRON FILHO, C.; GIMENEZ, A. F.; PIRES NETO, A. G.; PRANDINI F.L.; MELO, M.S. de.; FÚLFARO, V.J.; PONÇANO, W.L. – 1981. **Metodologia para estudo de assoreamento de reservatórios (II): Reservatórios de Passo Real e Ernestina (RS)**. In: CBGE, 3, Itapema (SC). *Anais...*, São Paulo, ABGE, V.2, pág. 143-162.
- CARPI JÚNIOR, S., 2001. **Processos erosivos, recursos hídricos e riscos ambientais na bacia do rio Mogi-Guaçu**. Tese apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (Universidade Estadual Paulista) para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente. rio Claro, XX páginas.
- CARVALHO, N.O. ; FILIZOLA JÚNIOR, N.P. ; SANTOS, P.M.C. dos ; WERNECK LIMA, J.E.F.. 2000 a. **Guia de avaliação de Assoreamento de reservatórios**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos Informações Geológicas, Brasília, 132 pág.
- CARVALHO, N.O. ; FILIZOLA JÚNIOR, N.P. ; SANTOS, P.M.C. dos ; WERNECK LIMA, J.E.F.. 2000 b. **Guia de Práticas Sedimentométricas**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos Informações Geológicas, Brasília, 132 pág.



- CERRI, L. E. S., 1990. **Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada as necessidades brasileiras**. In Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 1994, Balneário de Camboriú. Anais, SBG, V.1, p.505-508.
- CESP (Companhia Energética de São Paulo), 2001. **UHE Sérgio Motta, Relatório de implantação dos programas de Ambientais**. Elab.: Tércio José Viola, abril de 2001.
- \_\_\_\_\_, 1994. **Relatório de Impacto Ambiental UHE Sérgio Motta**. São Paulo, vol. II, III, IV.
- \_\_\_\_\_, 2001. **Estudo de Impacto Ambiental da UHE Eng. Sérgio Motta**. São Paulo, vol. I e II.
- \_\_\_\_\_, 2002. **Semanário "Linha Direta"** Ano XV, nº 9 de 09 de outubro de 2002.
- COELHO, M.P., 1993. **Análise do processo de assoreamento do reservatório de Americana, SP**. Dissertação de Mestrado apresentada a UNESP, câmpus rio Claro. 69 pág. (s/anexos).
- CREPANI,
- DE BIASI, M., 1970. **Cartas de declividade: confecção e utilização**. in Geomorfologia (10). São Paulo. FFLCH – USP. p. 8-13.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. 1990. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para planejamento urbano e regional; orientação para o controle de boçorocas urbanas**. 2. ed. São Paulo: DAEE/IPT. 92 p.
- DINIZ, N. C., 1998. **Automação da Cartografia Geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental, volumes I e II**. Tese de Doutorado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 297p.
- FERNANDES, L.A., 1998. **Estratigrafia e evolução Geológica da parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese apresentada ao IGc – USP para obtenção do título de Doutor em Geociências, São Paulo, 216 pág.
- FREIRE, S. L. C. 1941. **A erosão dos solos**. São Paulo, Diretoria de Publicidade Agrícola da Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo. 37p.
- FREIRE, O., 1995. **Uso agrícola do solo: impactos ambientais**. In: Avaliação Ambiental Tauk-Tomisielo et al (org.). rio Claro, CEA/UNESP (Centro de Estudos Avançados da Universidade Estadual Paulista), págs. 293 a 296.
- GIMENEZ, A. F. ; CARLSTRON FILHO FILHO, C.; CARNEIRO, C.D.R., STEIN, D.P.; PRANDINI, L.F.; MELO, M.S. de.; FÚLFARO, V.J.; PONÇANO, W.L. – 1981 – **Metodologia para estudo de assoreamento de reservatórios (I): Reservatório de Capivari (PR)**. In: CBGE, 3, Itapema (SC), 1981. Anais... São Paulo, ABGE, V.2, pág. 205-224.
- GOMES, A. R.; 2000. **Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de**



- Parnamirim (PE).** Dissertação apresentada ao INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, 2000, 157 págs.
- HANSEN, M. A. F. **"Proposta de indicadores de sustentabilidade visando à síntese do diagnóstico ambiental, social e econômico para bacias hidrográficas"**. Tese apresentada a Universidade Federal do rio Grande do Sul (UFRGS) para obtenção do título de Doutor. Porto Alegre, abril de 2001.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT, 1995. **Mapa de erosão do Estado de São Paulo**, Escala 1:1.000.000. São Paulo. (IPT. Relatório, 33.402).
- \_\_\_\_\_. 1987. **Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo (Bacia do Peixe – Paranapanema)**. São Paulo, IPT/DAEE, 5v. Relatório (IPT) n.º 24.739.
- \_\_\_\_\_. 1981. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, SP.** 1:1.000.000. São Paulo, IPT. V.2. (Monografias 5 e 6).
- LEPSCH, I. F., BELINAZZI, R., BERTOLINI, D., ESPÍNDOLA, C. R., 1993. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas, SBCS (Sociedade Brasileira para Conhecimento do Solo), Reimpressão. 213 pág.
- LIOTTE, S. V., 2000. **Utilização de técnicas de geoprocessamento para apoio do planejamento físico territorial do município de Pariqueira-Açú – SP.** Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 170p.
- OLIVEIRA A. M. S., IWASA, O. Y., KERTZMAN, F. F., ALMEIDA FILHO, G. S., 1990. **Caracterização de boçorocas urbanas: uma proposta de cadastro.** In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1. IAEG/ABGE/IUGS/AGID/ São Paulo.
- OLIVEIRA, A.M.S. 1994. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios. Exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/PR.** 2 v. (Tese de Doutorado. Departamento de Geografia da FFLCH-USP).
- OLIVEIRA, A. M. S., 1996. **Evolução do controle da erosão urbana.** In: Boletim informativo 1/96, ABGE – Nota técnica. São Paulo, SP. P.3-4.
- OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Ed.), 2001. **Geologia de Engenharia**, São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia.
- PEJON, O. & ZUQUETTE, L. V., 1995. **Importância do estabelecimento de cartas de potencial ao escoamento superficial para definição do potencial de risco à erosão acelerada.** In: CONGRESSOS BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992 São Paulo. Anais... São Paulo, SBG.. p.105-106.



- PICHLER, E. 1953. **Boçorocas**. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia - SBG, 2 (1): p.3-16.
- PONÇANO, W.L.; GIMENEZ, A.F. ; LEITE, A.A.G.; CARLSTRON FILHO FILHO, C.; D.P.; PRANDINI, L.F.; MELO, M.S. de. – 1981 – **Metodologia para estudo de assoreamento de reservatórios (III): roteiro para estudo de reservatórios no sul e sudeste brasileiro**. In: CBGE, 3, Itapema (SC), 1981. Anais... São Paulo, ABGE, V.2, pág. 331-353.
- PONÇANO, W. L., SALOMÃO, F. X. T., KERTZMAN, F. . IWASA, O. Y., 1987. **Discriminação de áreas com diferentes susceptibilidades à erosão por boçorocas e ravinas na Bacia do Peixe-Paranapanema, SP**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. Anais...São Paulo: ABGE, v.2, p. 423-429.
- PONÇANO, W. L. & PRANDINI, F. L., 1987. **Boçorocas do estado de São Paulo: uma revisão**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. Atas... São Paulo: ABGE. p.149-177.
- PROJETO RADAMBRASIL – 1983. **Levantamento de recursos naturais**. Volume 32 – Rio de Janeiro/Vitória (Folha SF-23/24). Ministério das Minas e Energia, Brasília, DF.
- RIDENTE JUNIOR., J. L., STEIN, D. P., IWASA, O. Y., OLIVEIRA, A. M. S., ALTAFINI, M., 1995. **"Carta de risco de erosão da área urbana de Botucatu, SP"**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. Resumos expandidos. São Paulo: ABGE, 1995. p.161.
- RIDENTE JÚNIOR, J.L., 2000. **Prevenção e controle da erosão urbana: bacia do córrego Limoeiro e bacia do córrego do Cedro, municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP**. Dissertação elaborada junto ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP) para obtenção do título de Mestre em Geociências, Rio Claro, 196 págs.
- RODRIGUES, J. E. 1982. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados: boçorocas**. São Carlos. 162 p. (Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP).
- SANTOS, A. R., 1994. Fundamentos filosóficos e metodológicos da Geologia de Engenharia. In: Comunicação Técnica IPT. São Paulo, 1994, 5p.
- STEIN, D.P. – 1999 – **Avaliação da degradação do meio físico do rio Santo Anastácio, oeste paulista**. Dissertação elaborada junto ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP) para obtenção do título de Mestre em Geociências, Rio Claro, SP.
- SUDO, H. 1981. **A problemática da erosão em solos derivados do arenito Bauru na região extremo oeste do estado de São Paulo**. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE CONTROLE DE EROSÃO, 2, ABGE.



WALM ENGENHARIA, 2002. **Caracterização e Qualificação dos Processos Hidrossedimentológicos no Reservatório da UHE Engº Sérgio Motta**. Relatório Técnico nº 02. São Paulo, 136 pág.

ZUQUETTE, L.V. 1987. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras**. São Carlos. 4 v. Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos / Universidade de São Paulo.

Internet site: [www.fdfs.org.br/Projetos/RioPeixe/RioPeixe.html](http://www.fdfs.org.br/Projetos/RioPeixe/RioPeixe.html)

ANEXO I – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



## ANEXO I – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



---

FOTO 1 – Foz do rio do Peixe.

FOTO 2 – Foto aérea da região do recém instituído Parque Estadual do rio do Peixe

FOTO 3 – Foto aérea do ribeirão do Santa Maria

FOTO 4 – Foto aérea a jusante da foto anterior

FOTO 5 – Foto aérea da região do ribeirão da Confusão

FOTO 6 – Foto aérea da região do córrego Barra Mansa

FOTO 7 – Foto aérea da região do ribeirão da Confusão

FOTO 8 – Foto de boçoroca na região do ribeirão Claro



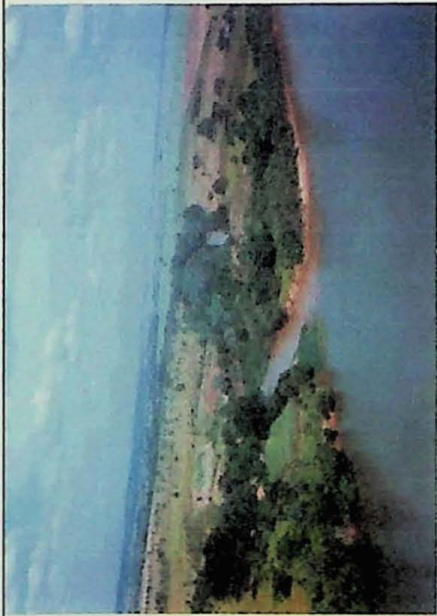


FOTO 1

(MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA)  
 Notar a cor amarronzada da água do rio do Peixe em relação ao rio Paraná.



FOTO 2

(ARQUIVO CESP)  
 Foto aérea da Unidade de Conservação do rio do Peixe



FOTO 3

(ARQUIVO CESP)  
 Foto aérea do ribeirão Santa Maria. Notar a turbidez e cor d'água, evidenciando o transporte de grande quantidade de sedimentos



FOTO 4

(ARQUIVO CESP)  
 Região à jusante da foto anterior





FOTO 5

(MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA)  
Foto aérea da região do ribeirão da Confusão. Notar o desenvolvimento de processos erosivos em grande escala em rampas de latossolo



FOTO 6

(MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA)  
Foto aérea da região do córrego Barra Mansa. Notar o desenvolvimento de processos erosivos em grande escala.





FOTO 7

(MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA)  
Foto aérea da região do ribeirão da confusão



FOTO 8

(MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA)  
Foto aérea na região do ribeirão Claro, região onde ocorre alto índice de boçorocas



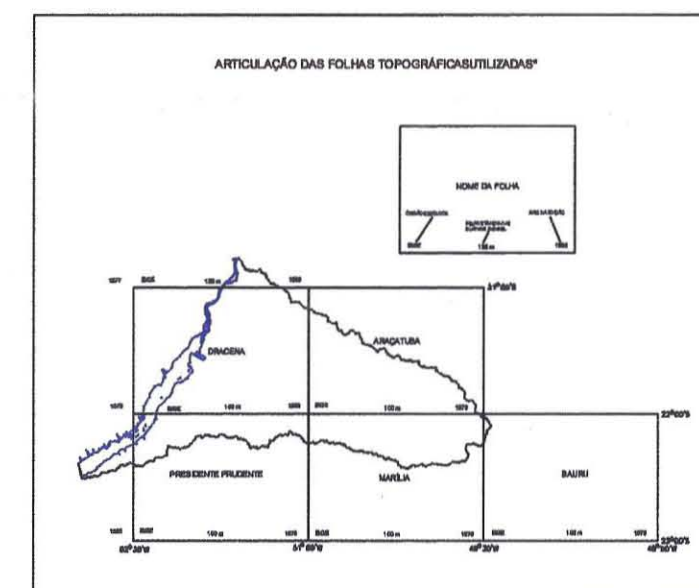
## ANEXO II – DESENHOS



## GEOLOGIA

- DEPÓSITOS ALUVIONARES DE VÁRZEAS E TERRAÇOS
- FORMAÇÃO MARILIA
- FORMAÇÃO ADAMANTINA
- FORMAÇÃO SANTO ANASTÁCIO

CONTATO LITOLÓGICO



0 10 20 30 40 50 km  
ESCALA 1:1.000.000

Base Cartográfica: vide articulação das folhas topográficas utilizadas.

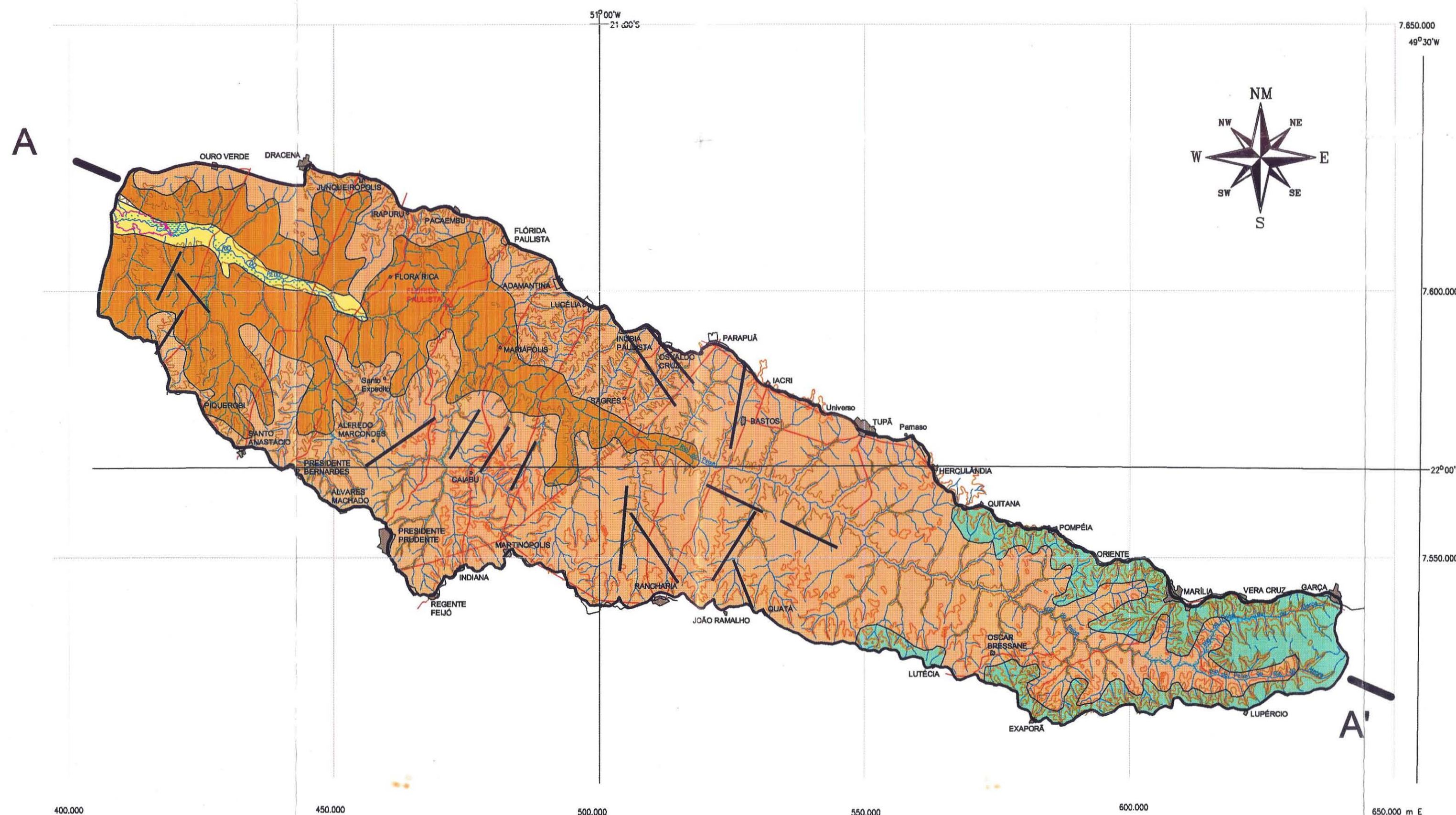
Fonte: - RADAMBRASIL - Mapa Geológico. Vol. 27 e 28/1982. Escala 1:1.000.000.  
in: CESP - Geologia - AIR. EIA-RIMA Usina Porto Primavera. Desenho No. 3134-02001-A1-129. Escala 1:1.000.000. 1994.

## CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

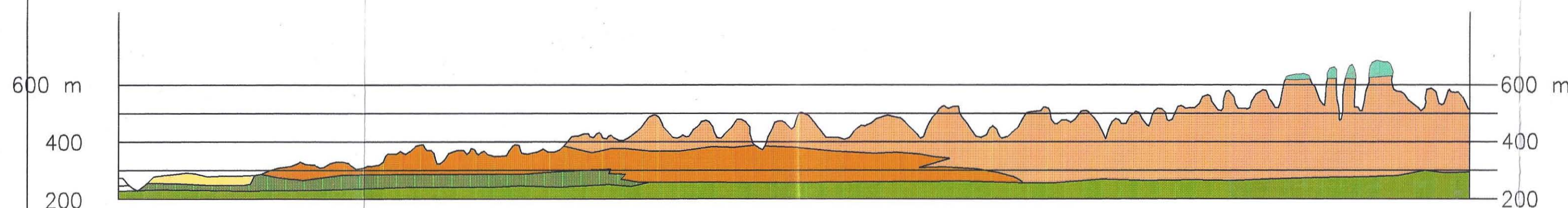
- Rede de drenagem
- Terreno sujeito a inundação
- Brejo ou pântano
- Reservatório de Porto Primavera (cota de preenchimento = 257 m)
- Curva de nível mestra (cota 500)
- Curva de nível intermediária (vide equidistância na articulação das folhas topográficas)
- Cota de desapropriação (fornecida pela CESP)
- Limite da área de estudo
- Limite de sub-bacia monitorada
- Cidade e vila



TRABALHO DE FORMATURA - 2002	
CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE	
MAPA GEOLÓGICO	REVISÃO: 1
AUTOR: MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA	ORIENTADOR: LINDOLFO SOARES
	DATA: AGOSTO 2002



## SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA AA'







COTA DE DESAPROPRIAÇÃO ———  
COTA 259 m,  $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$  ———



TRABALHO DE FORMATURA - 2002			
CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE			
IMAGEM TM LANDSAT 7/ETM - ÁREA DE ESTUDO			REVISÃO: 1
AUTOR: MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA	ORIENTADOR: LINDOLFO SOARES		DATA: AGOSTO 2002



## LEGENDA

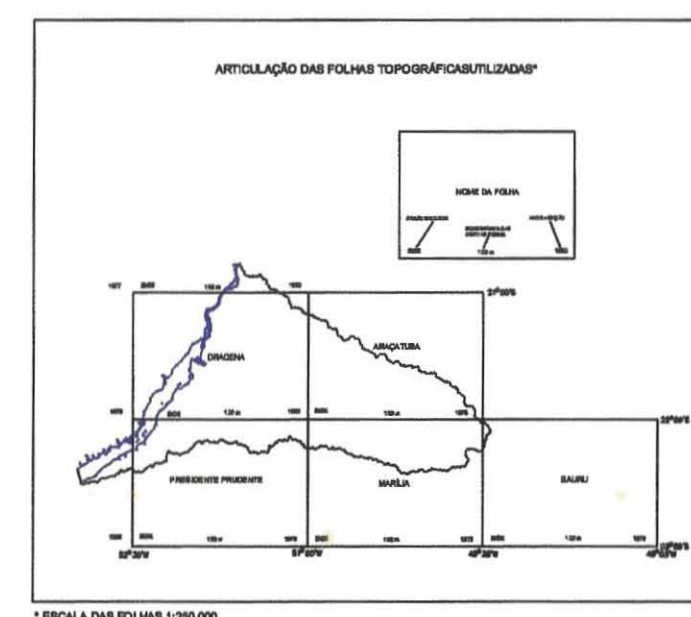
### RELEVOS DE AGRAÇÃO PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO PARANÁ

- PLANÍCIES ALUVIAIS
- TERRAÇOS FLUVIAIS

### RELEVOS DE DEGRADAÇÃO PLANALTO REBAIXADO E CHAPADAS DA BACIA DO PARANÁ

- COLINAS AMPLAS E RAMPAS
- COLINAS MÉDIAS
- MORROTES ALONGADOS E ESPIGÕES
- ESCARPAS DEGRADADAS
- ESCARPAS

0 10 20 30 40 50 km  
ESCALA 1:1.000.000

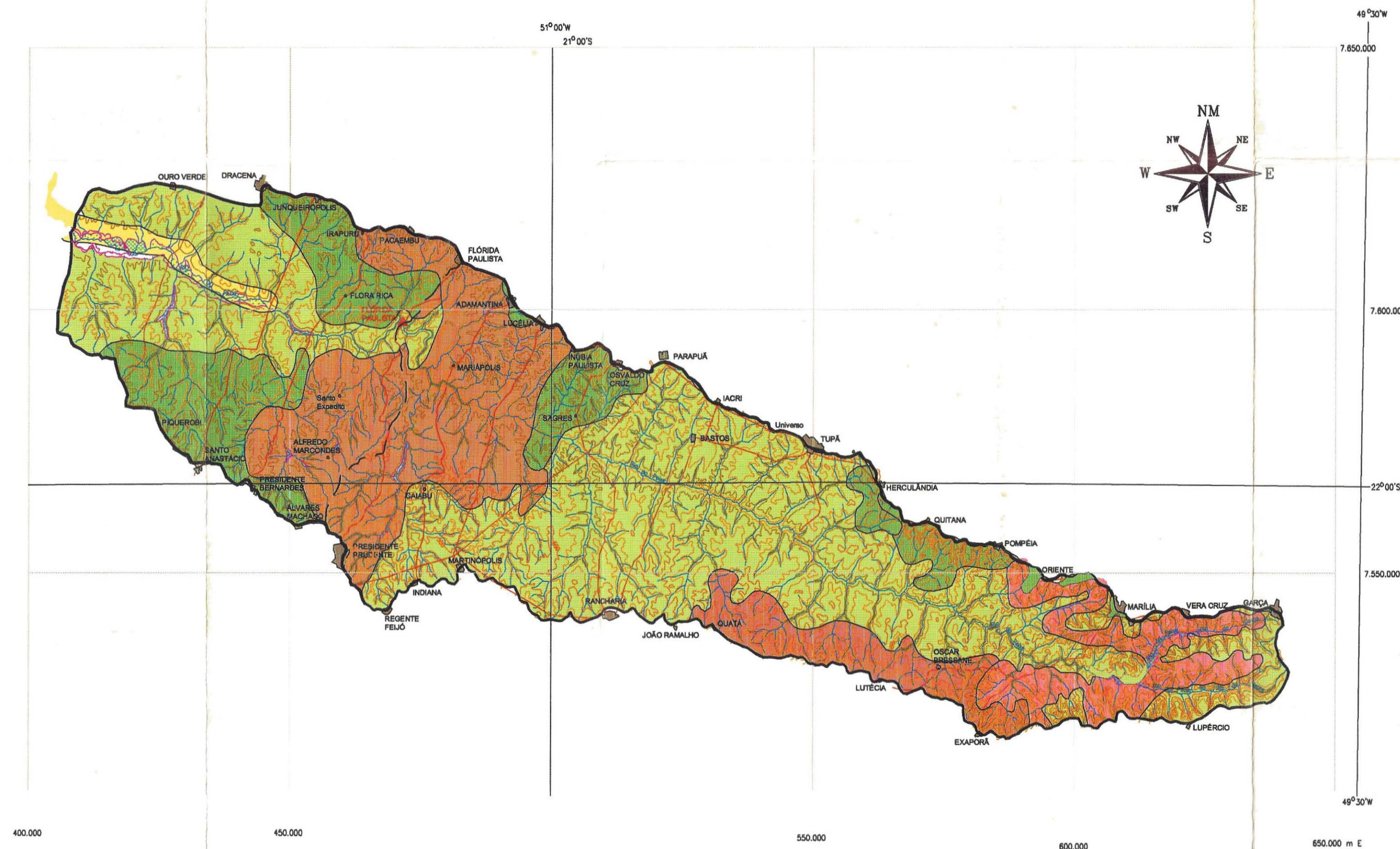


### CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rede de drenagens
- Terreno sujeito a inundação
- Brejo ou pântano
- Reservatório de Porto Primavera (cota de preenchimento = 257 m)
- Curva de nível mestre (cota 500)
- Curva de nível intermediária (vide equidistância na articulação das folhas topográficas)
- Cota de desapropriação (fornecida pela CESP)
- Limite da área de estudo
- Limite de sub-bacia monitorada
- Cidade e vila



TRABALHO DE FORMATURA - 2002	
CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE	
MAPA GEOMORFOLÓGICO	REVISÃO: 1
AUTOR: MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA	ORIENTADOR: LINDOLFO SOARES
	DATA: AGOSTO 2002



Base Cartográfica: vide articulação das folhas topográficas utilizadas.

Fonte: - SEPLAN-MS - Projeto Estudos Integrados do Potencial de Recursos Naturais - Geomorfologia. Escala 1:1.000.000. 1987.

- IPT - Mapa Geomorfológico do Est. de São Paulo. Escala 1:1.000.000. 1981.

in: CESP - Geomorfologia - AIR. EIA-RIMA Usina Porto Primavera. Desenho No. 3134-02001-A1-130. Escala 1:1.000.000. 1994.



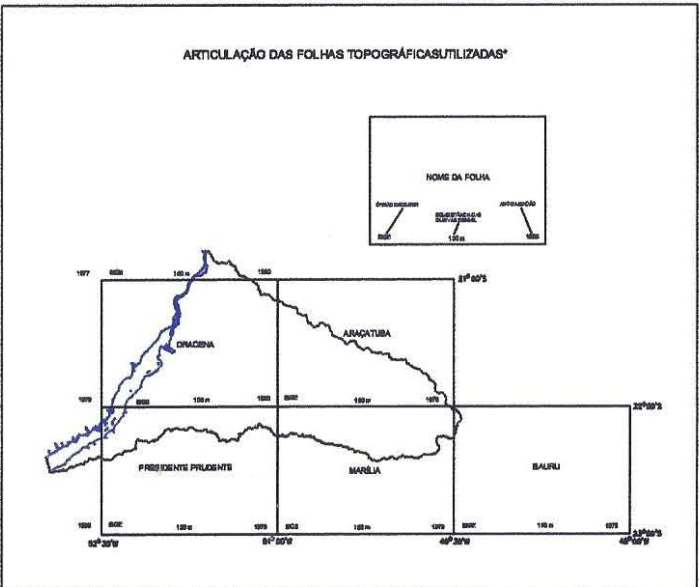
LEGENDA

- LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO
- SOLOS HIDROMÓRFICOS
- PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO
- PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO



Base Cartográfica: vide articulação das folhas topográficas utilizadas.

Fontes: - RADAMBRASIL - Mapa exploratório de solos - Escala 1:1.000.000 - Vols. 27 e 28/1982, Vol.31/1983.  
- IBGE/RADAMBRASIL -Mapa exploratório de solos - Escala 1:1.000.000 - 1981 - Inédita.  
in: CESP - Distribuição esquemática dos solos - AIR. EIA-RIMA Usina Porto Primavera. Desenho No. 3134-02001-A1-131. Escala 1:1.000.000. 1994.



\* ESCALA DAS FOLHAS 1:250.000

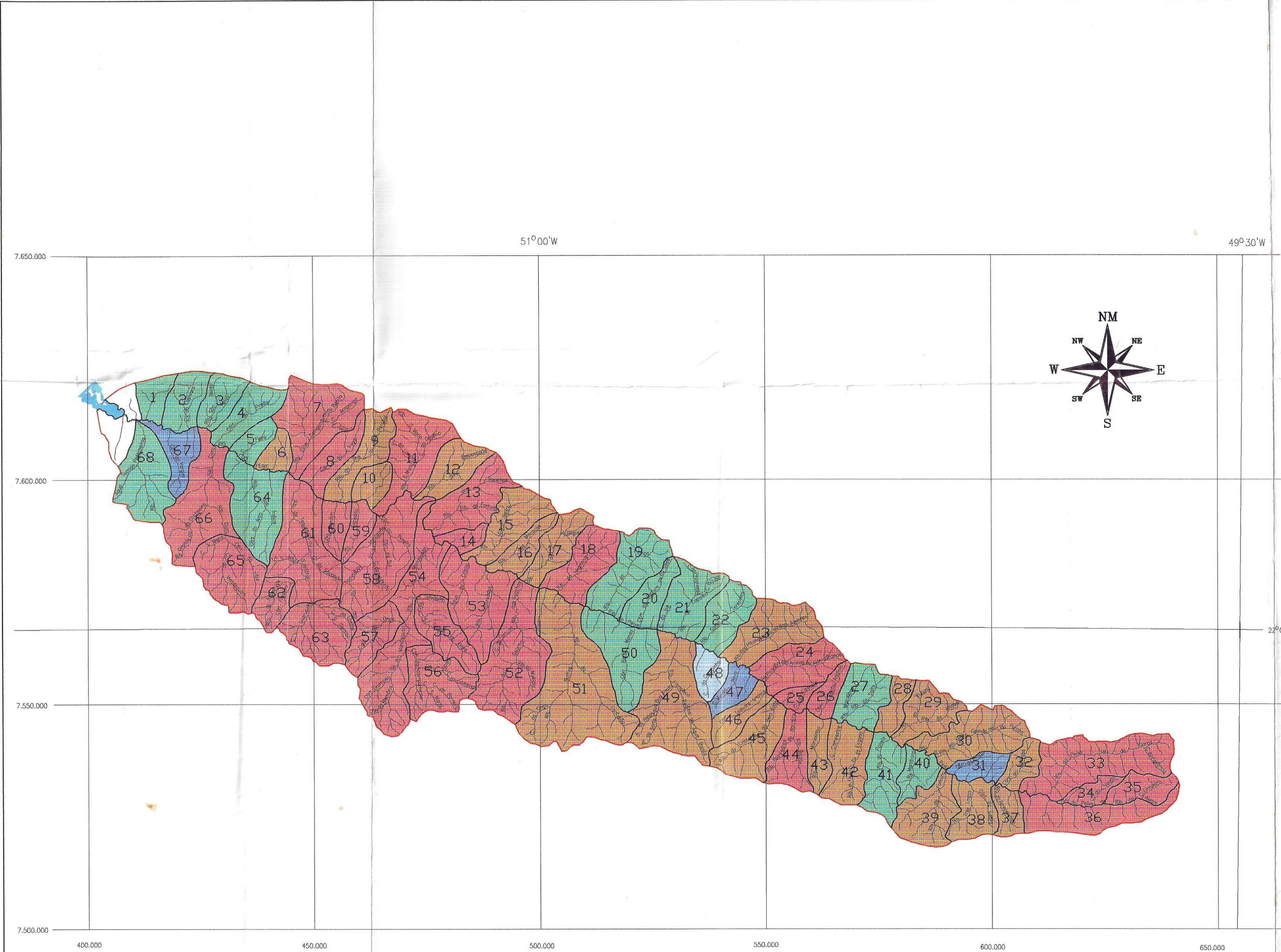
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rede de drenagens
- Terreno sujeito a inundação
- Brejo ou pântano
- Reservatório de Porto Primavera (cota de preenchimento = 257 m)
- Curva de nível mestre (cota 500)
- Curva de nível intermediária (vide equidistância na articulação das folhas topográficas)
- Cota de desapropriação (fornecida pela CESP)
- Limite da área de estudo
- Limite de sub-bacia monitorada
- Cidade e vila

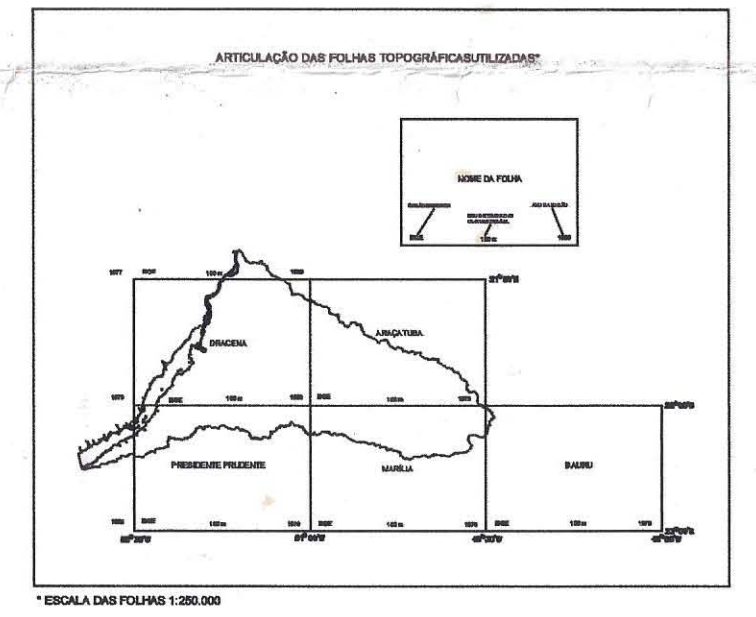
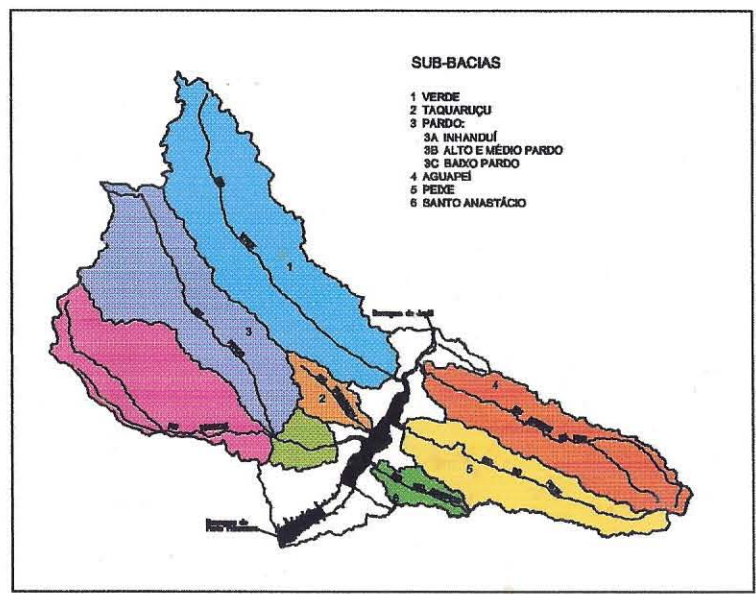


TRABALHO DE FORMATURA - 2002		
CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE		
MAPA PEDOLÓGICO		REVISÃO: 1
AUTOR: MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA	ORIENTADOR: LINDOLFO SOARES	DATA: AGOSTO/2002





ÁREA	
1	6525,13
2	1052,14
3	8921,81
4	11532,66
5	5871,92
6	5323,73
7	24606,07
8	9971,04
9	13241,98
10	6593,05
11	20515
12	11401,86
13	18040,88
14	4276,86
15	15230,36
16	8107,61
17	11564,38
18	16258,86
19	18971,39
20	10042,85
21	16147,27
22	12746,82
23	19529,58
24	16281,75
25	3646,1
26	5823,07
27	13630,82
28	6297,48
29	12775,76
30	20870,94
31	6524,77
32	6621,21
33	30772,15
34	5201,43
35	8226,94
36	18623,88
37	6218,26
38	11951,47
39	15580,38
40	7383,63
41	13628,16
42	15374,53
43	7736,04
44	12162
45	16681,78
46	8146,69
47	6728,82
48	6775,1
49	34207,51
50	20883,87
51	51892,64
52	31061,7
53	24091
54	34761,07
55	13104,48
56	17861,93
57	11224,25
58	28856,77
59	5719,37
60	6591,32
61	29103,78
62	7620,2
63	17816,97
64	21922,36
65	19452,41
66	26890,86
67	9504,1
68	19674,07
TOTAL 992387,07 ha	



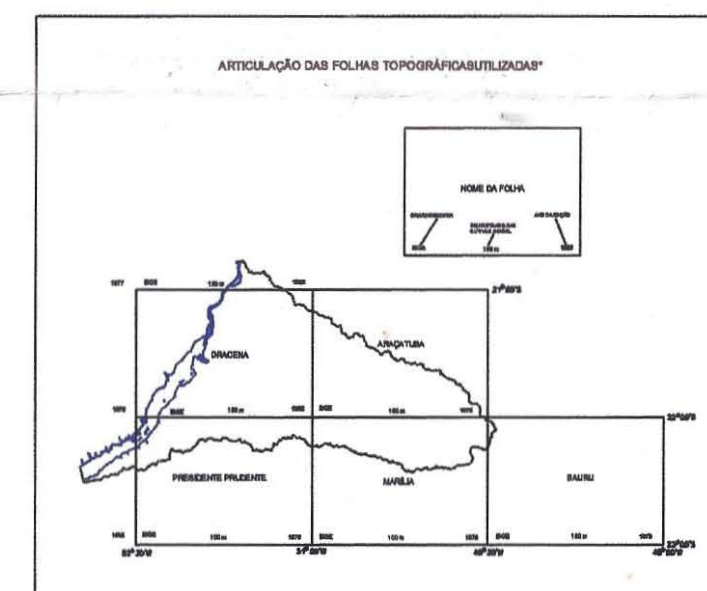
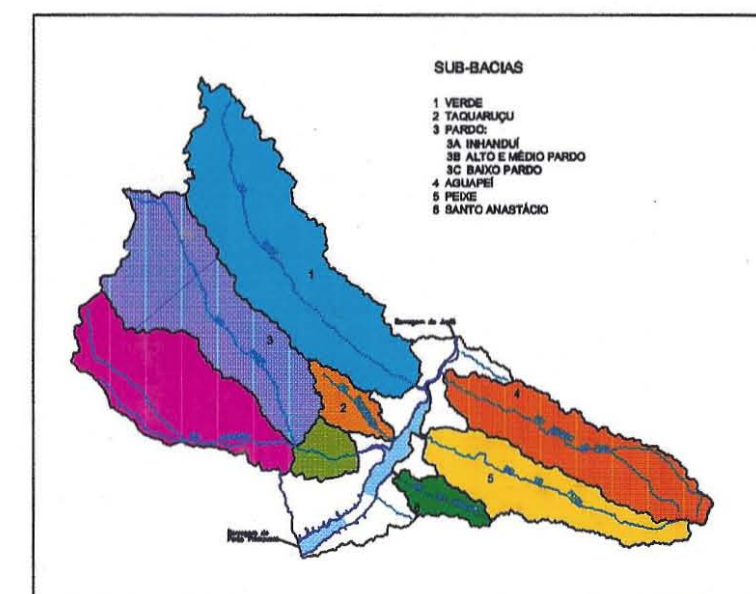
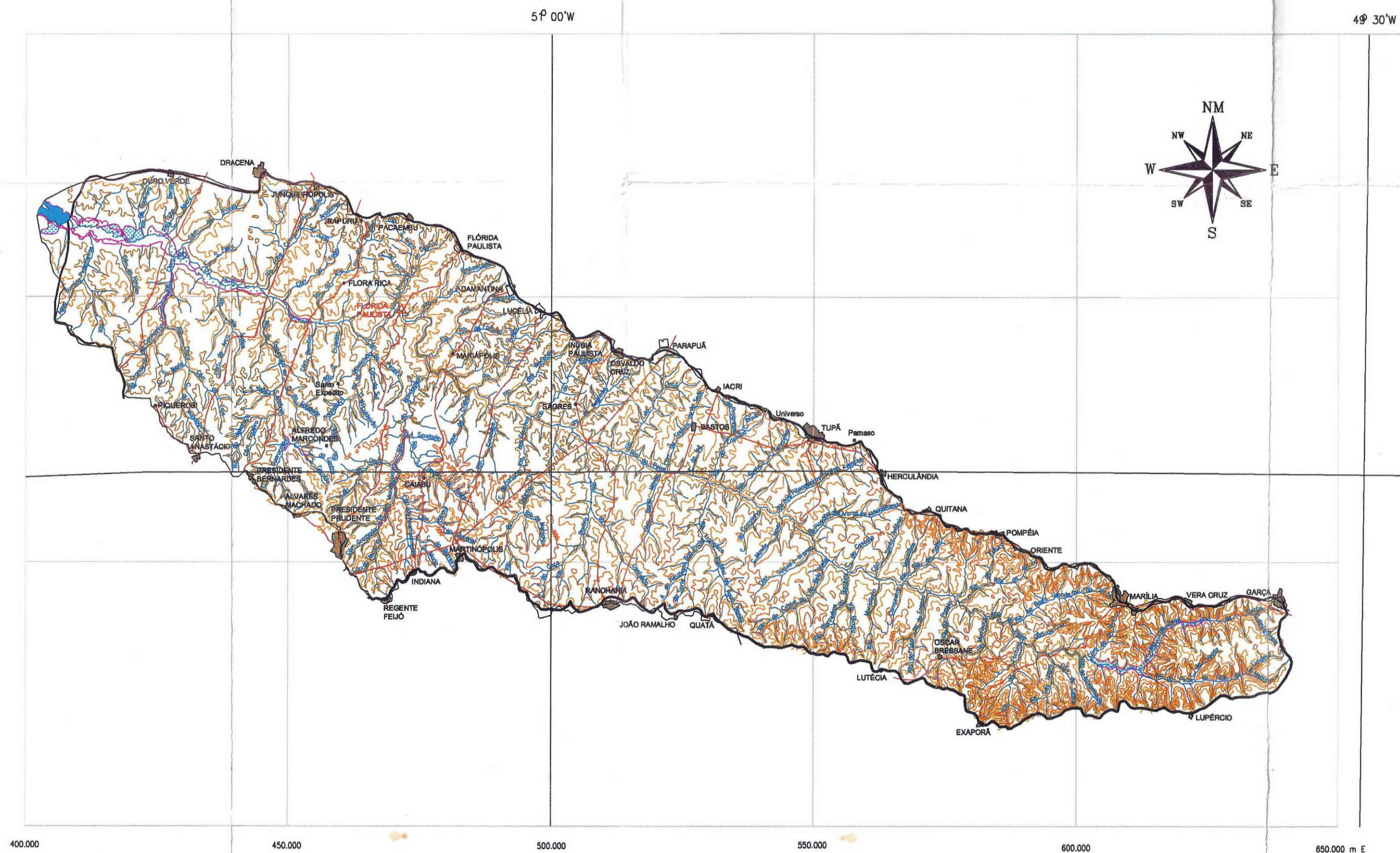
Base Cartográfica: Vide articulação das  
folhas topográficas utilizadas.

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rede de drenagens
- Divisor de bacias
- Muito alto
- Alto
- Médio
- Baixo
- Muito baixo







7.600.000

22° 00' S

7.550.000

7.500.000



Base Cartográfica: Vide articulação das  
folhas topográficas utilizadas.

### CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rede de drenagens
- Terreno sujeito a inundação
- Brejo ou pântano
- Reservatório de Porto Primavera (cota de preenchimento = 257 m)
- Curvas de nível mestra (cota 500)
- Curvas de nível intermediária (vide equidistância na articulação das folhas topográficas)
- Cota de desapropriação (fornecida pela CESP)
- Limite da área de estudo
- Limite de sub-bacia monitorada
- Cidade e vila



TRABALHO DE FORMATURA - 2002	
CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE	
MAPA TOPOGRÁFICO BASE	REVISÃO: 1
AUTOR: MURILO CESAR VIEIRA PERRELLA	ORIENTADOR: LINDOLFO SOARES
DATA: AGOSTO 2002	



