UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
GEOGRAFIA FÍSICA

Geomorfologia da planície fluvial do rio Ribeira de Iguape entre Sete Barras e Eldorado (SP): Subsídios ao planejamento físico-territorial de áreas inundáveis

CLAUDINEI LOPES SANTANA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Fisica, área de concentração Geomorfologia Fluvial, do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

Orientação: Profa. Doutora Cleide Rodrigues

São Paulo
Out/08

Dedicatória

À minha mãe Nair Procópio, a quem muito amo.

O bater de asas de uma simples borboleta poderia influenciar o curso natural das coisas e, assim, talvez provocar um tufão do outro lado do mundo.

Edward Lorenz

Agradecimentos

Expressar gratidão é algo que poderia ser espontâneo, por causa dos inúmeros bens advindos com esta prática. Entretanto, por algum motivo, não é uma tarefa simples. Talvez não me expresse como gostaria nas linhas abaixo, mas isto não muda o significado da palavra gratidão.

A minha orientadora Cleide Rodrigues, pela atenção demonstrada na elaboração desta pesquisa e pela amizade desde os anos de graduação. Tudo parecia difícil, mas você simplificava com tamanha inteligência que me fazia crer que poderia conseguir. Obrigado por acreditar em mim, o mérito é nosso.

À professora Sidneide Manfredini, pelos conhecimentos socializados em orientações no fascinante Laboratório de Pedologia (Laboped) – USP.

À Bete Lopes, minha "parente" de coração, por me ajudar no reconhecimento das espécies presentes na planície estudada, por estar comigo no engraçado evento "pedrita nos rins", no dia que eu faria exame para ingresso no mestrado (I. Botânica).

À CENP pela concessão da bolsa.

À Marcos Pinheiros, técnico do Laboped – por seu comprometimento em me ensinar coisas imprescindíveis para a realização da pesquisa.

À minha amiga Tati, mais conhecida como Tati Maria Querida do Coração (TMQDMC), pelos tempos de qualidade que passamos juntos.

À minha amiga Alessandra Garcia, que mesmo distante, me incentivou a continuar. A distância não diminuiu em nada o carinho e gratidão que sinto.

Ao meu grande amigo Cleber Sampaio, que sempre está comigo, ouvindo minhas angústias, que me ensinou que a vida passa em um lapso de tempo e que é preciso mais que sobreviver.

A André e Diana, meus amigos de infância, pelo afeto, por compartilharem comigo experiências únicas, por me ensinarem coisas tão particulares, as quais eu aprendi.

Aos meus amigos Rogério, Luiz, Flórence, Amanda, Paula, Daniel, Nany, Marlene, Rosângela, Cássia, Cidinha, Clélia, Sandra, Rita, Ângela, Angelina, Angelita, Neide, Sueli, Antônio, Joelma, Diane, Yara, Fabiano, Thaís, Andréa, Lindáuria, Elenita, Maria Lucia, Margareth, Joana, Isabel, Samara, Sérgio, Lauro, Flávio, Willian, Ana Paula, Bianca, Milton, Priscila, Rúbia, e Carina, pelo carinho, companheirismo, risos, conselhos, incentivos e por se tornarem infinitamente importantes nesta fase da minha vida, vocês são mais que amigos, são minha família.

À mais sábia de todas as mulheres, capaz de acalmar um terremoto dentro de mim, minha mãe.

Às minhas irmãs Kátia, Márcia, Tânia, Rosângela, Leia e Lúcia, por me deixarem de fora do time de vôlei de acordo com a classificação os-mais-velhos-jogam. Vocês, minha família, a base de tudo, o alicerce para que tudo isso se tornasse real. Com vocês sempre me sinto seguro.

Ao meu irmão Rodrigo, que sempre tentou me falar algo, embora eu quase nunca ouvisse por ser o caçula, desculpe.

Ao lindo casal Val e Van, por amarem minha vida incondicionalmente e por me inspirar com este relacionamento, pelas horas em que passamos juntos e nos abastecemos de carinho uns pelos outros.

Aos meus 'bens' mais preciosos, Amanda e Adalberto, meus sobrinhos, com os quais eu volto a ser criança e percebo que a vida pode ser muito maior.

À Alê, que me fez desistir do projeto "nunca mais vou me apaixonar nesta vida", que gradativamente se tornou presente e que tem feito toda a diferença em minha vida. Como está sendo incrível nossa estória. Contigo, não importa o lugar, apenas quero estar contigo. Quero aproveitar para dizer o quanto eu amo você! Obrigado por existir.

E, finalmente, a Deus, ao qual as palavras mais belas e significantes não expressariam suficientemente o quanto tenho a agradecer, obrigado!

Sumário

Parte I **Página**

1. **Introdução** 2
2. **Objetivos Centrais, Justificativas e Hipóteses da Pesquisa** 4
3. **Área de Estudo** 10
3.1. A Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape 12
3.1.1.Perfil Longitudinal do rio Ribeira de Iguape 13
3.2. Geologia e Geomorfologia da Bacia do rio Ribeira de Iguape e do Setor ESB.....17
3.3. Aspectos Climáticos 23
3.4.Inundações na Bacia do rio Ribeira de Iguape 26
4. **Metodologia** 31
4.1. Introdução 31
4.1.1. Geomorfologia 31
4.1.2. Concepção de geomorfologia aplicada 32
4.1.3. Geomorfologia no Brasil e Tendências Atuais 35
4.1.4. Cartografia Geomorfológica 36
4.1.5. Geomorfologia Fluvial 37
4.1.6. Gênese e Evolução das Formas de uma Planície Meândrica em ambientes tropicais úmidos 43
4.1.7. Geomorfologia Contemporânea: Noções de escala e seus recortes têmporo-espaciais 46
4.2 . Procedimentos 48
4.2.1. Escala de análise e recortes da pesquisa 51
4.2.2. Campo 55
4.2.3. Amostras 56

Parte II - Resultados e Interpretações

5. Caracterizações Hidrometeorológicos 59
5.1. Caracterização hidrológica rio Ribeira de Iguape no setor ESB.....59
5.2. Caracterização Pluviométrica: Médias Pluviométricas Histórica, Anuais e Mensais 66
5.3. Comparação e correlações entre o comportamento dos regimes Fluvial e Pluvial 71
5.4. Análise da Rede de Alerta Civil do DAEE a eventos de cheia no rio Ribeira de Iguape 73
5.5. Ocorrência de eventos extremos de Inundação no Setor ESB.....81
5.6. Cinco Parâmetros da análise do Regime Hidrológico Anual 86
5.6.1. Variabilidade das vazões: Periodicidade e estacionariedade 90
5.6.2. Freqüência e curva de duração do fluxo 91
5.6.3. Variabilidade do rio Ribeira de Iguape no setor ESB 93
5.6.4. Freqüência e Permanência das Vazões no canal Fluvial 100
5.6.5. Vazões de Elevada Magnitude no Setor ESB 103
5.6.6. Recorrência de Eventos 104
5.6.7. Os eventos ENOS e as vazões de pico anuais no setor ESB 109
5.7. Tempos de Defasagens e Amortecimento das vazões de pico 113
5.7.1. Tempo de Defasagem das vazões de pico no Setor ESB 113
5.7.2. Caracterização do tempo de defasagem das vazões de pico 116
5.7.3. Planície de inundação e Amortecimento das vazões de pico 123
5.7.4. Estimativa da produção de água e o amortecimento das Vazões de pico no Setor ESB 124
6. Análises Pedológicas e Estratigráficas **.....131**
6.1. Classes Texturais e Análise Granulométrica das amostras de sedimentos 131
6.1.1. Duplicatas e correção de erros 132

Página

6.1.2. Diâmetro Médio Ponderado 132
6.2. Análise texturais dos perfis 135
6.3. Médias por perfis e média geral 157
6.4. Correlação Espacial entre sedimentos mais significativos e morfologias fluviais 159
6.5. Correlações entre classes texturais e vazões de pico 160
7. Análise da Distribuição espacial das espécies vegetais na planície fluvial **.....161**

7.1. Plantas Aquáticas Flutuantes 161
7.2. Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado 163
7.3. Mata Paludosa 170
7.4. Ruderais 172
7.5. Discussão geral 172
8. Análises e Interpretações Geomorfológicas 175
8.1. Carta Geomorfológica da Planície Fluvial Meândrica do Setor ESB 175
8.2. Caracterização das Unidades Morfológicas 179
8.3. Hidrodinâmica e condições de deposição nas Unidades Morfológicas 180
8.4. Análises individuais das Unidades Morfológicas 186
8.5. Dinâmica Espacial das Inundações 216
8.5.1. Cota 'zero' hidrológica 217
8.5.2. Curva-Chave: relação entre cota do N. A. do rio e vazão 218
8.5.2.1. Problemas com a curva-chave 223
8.5.3. Rede de Alerta Morfológico à Inundações no Setor ESB 225
8.5.4. Mapas de Inundação 227
8.5.4.1. Tipologia da Dinâmica espacial de Inundação 229
8.5.4.2. Simulação da dinâmica espacial das Inundações por Fases 234
9. Considerações Finais 253
10. Referências Bibliográficas 257
11. Anexos 265

Geomorfologia da planície fluvial do rio Ribeira de Iguape entre Sete Barras e Eldorado (SP): Subsídios ao planejamento físico-territorial de áreas inundáveis

Resumo

Este estudo trata da caracterização hidromorfodinâmica de um setor paulista da planície fluvial meândrica do rio Ribeira de Iguape, abordando-se os três níveis da pesquisa geomorfológica de acordo com a concepção de HART (1986), a saber: (a) o nível descritivo da morfologia; (b) o nível descritivo dos materiais superficiais e solos; e (c) o nível analítico interpretativo dos processos, que, no caso, são hidrodinâmicos. Os resultados possibilitaram compreensão da hidromorfodinâmica das planícies fluviais meândricas em ambientes tropicais úmidos e, principalmente, da planície de inundação, podendo servir de subsídios no planejamento físico territorial regional, tendo em vista a importância da ocupação humana dentro desses setores.

Palavras-chave: geomorfologia fluvial, hidromorfodinâmica, rio Ribeira de Iguape, inundação, sistemas meândricos.

Abstract

The objective of this research is the hydromorphodynamic characterization of the Paulista River Ribeira de Iguape sector, approaching three levels of the geomorphology research according HART (1986), to know: (a) the morphology descriptive level; (b) the superficial materials and ground descriptive level; and (c) the processes interpretation analytical level, or hydrodynamic processes. With these surveys and systematization was possible the partially understanding humid tropical environments hidromorphodynamics trends and, mainly, of the flooding plain, which can be used in the regional territorial physical planning, in view of the importance of the occupation human being on these sectors.

Key words: *fluvial geomorphology, hydromorphodynamic, Ribeira de Iguape River, flooding, meandering systems.*

1. Introdução

Em ambientes tropicais úmidos e planos parcial ou totalmente tomados por atividades humanas, são inúmeros os problemas relacionados à eventos de inundação, que se agravam muito quando ocorre desconexão entre aptidão natural desses ambientes e usos atuais.

A bacia do rio Ribeira de Iguape (Mapa 1), localizada entre os Estados de São Paulo e Paraná, apresenta-se com elevado grau de preservação, sendo que, em território paulista, corresponde à maior faixa contínua de mata atlântica deste Estado. Entretanto, o setor correspondente ao curso inferior deste rio, de extensa planície fluvial, é palco de eventos de inundação de grande magnitude, pois parte significativa das áreas ocupadas e urbanizadas do médio e baixo Ribeira localizam-se exatamente nesses setores morfológicos, tratando-se, portanto, da área que mais sofre com os eventos de cheia de todo o Vale (Ross, 2002).

Neste sentido, esta pesquisa traz como contribuição a caracterização e espacialização de processos hidromorfodinâmicos do Setor Eldorado – Sete Barras (Setor ESB) da planície fluvial do rio Ribeira de Iguape, abordando-se os três níveis da pesquisa geomorfológica, de acordo com a concepção de HART (1986), a saber: *(a)* o nível descritivo da *morfologia*; *(b)* o nível descritivo dos materiais superficiais e solos; e *(c)* o nível analítico interpretativo dos processos, que, no caso, são hidrodinâmicos, como extravazamento, enchimento, esvaziamento e secamento, sazonalidade, magnitude e freqüência das vazões de pico, e serão abordados parcialmente. Com isso, pretende-se também subsidiar o ordenamento físico-territorial, já que partes significativas da planície fluvial são ocupadas por núcleos urbanos e rurais.

Para atingir estes objetivos, foram promovidos os levantamentos no setor ESB: *(I)* levantamento e aquisição de material cartográfico e de produtos de sensoriamento remoto, utilizando-se fundamentalmente imagens de satélite e fotografias aéreas de grande escala*; (II)* interpretação de fotografias aéreas com o objetivo de descrever as características e localizar a morfologia fluvial do setor estudado*; (III)* coleta, análise e tratamento de dados hidrometeorológicos, indicadores de processos hidrodinâmicos; (IV) seleção das áreas contempladas pelos perfis transversais, que abrangem distintas morfologias da planície fluvial, nos quais foram coletados e descritos os materiais superficiais e de solos.

Mapa 1. A Bacia do rio Ribeira de Iguape

Com esses levantamentos e sistematizações foi possível compreender como é a planície fluvial, bem como elaborar hipóteses sobre tendências hidromorfodinâmicas das planícies fluviais em ambientes tropicais úmidos e, principalmente, da planície de inundação. Isso se coloca como necessário,

Por fim, os resultados e produtos obtidos com o estudo (mapa das morfologias fluviais, mapas têmporo-espaciais da dinâmica de inundações, mapa de precipitação na bacia, análises hidrometeorológica, etc) pode ser utilizado no planejamento físico territorial regional, tendo em vista a importância da ocupação humana dentro desses setores.

2. Objetivos Centrais, Justificativas e Hipóteses da Pesquisa

Segundo a literatura clássica em Geomorfologia Fluvial (Leopold et al., 1964; Tricart, 1965, Christofoletti, 1981; dentre outros), canais de padrão meândrico e planícies de inundação meândrica bem desenvolvidas são comuns em regiões tropicais úmidas planas, embora os canais fluviais meândricos não sejam exclusividade destas regiões. Dependendo da conjugação de alguns fatores intrínsecos relacionados à própria dinâmica e de cada padrão meândrico (deslocamento lateral do meandro divagante por erosão lateral e depósitos, diferenças climáticas, de vegetação, etc.), determinados setores de um rio podem caracterizar-se por maior ou menor estabilidade hidromorfodinâmica.

Os canais fluviais meândricos e as planícies de inundação são amplamente encontrados em todo o território nacional, embora estudos de geomorfologia fluvial em países tropicais de clima preferencialmente úmido sejam escassos. Da mesma forma, estudos de geomorfologia fluvial visando ao planejamento ambiental e territorial e utilização da cartografia geomorfológica ainda mostram-se incipientes. Fazendo um apanhado sobre as tendências atuais da geomorfologia, Hart (1986) também apontou para a generalizada negligência da geomorfologia como campo de estudo dos processos deposicionais, enfatizando o imenso significado prático do estudo sobre tais processos como, por exemplo, a importância da caracterização e do mapeamento de detalhe de áreas deposicionais para a compreensão ou monitoramento de processos fluviais (Rodrigues, 1997).

Neste sentido, pretendeu-se **descrever, caracterizar e mapear a morfologia fluvial, os materiais superficiais e solos, analisar dados hidrometeorológicos e verificar**

a presença de espécies vegetais enquanto bioindicadores de ambientes com vista à compreensão hidrodinâmica desses setores morfológicos em eventos de vazões de pico nos quais ocorreram inundação, na tentativa de

- Caracterizar a hidromorfodinâmica da planície fluvial meândrica da bacia do rio Ribeira de Iguape no Setor ESB, correlacionando os setores morfológicos a indicadores pedológicos e biológicos;
- reconhecer tendências hidrodinâmicas e sua espacialidade, mesmo dentro de setores da planície de inundação para eventos de elevada magnitude;
- avaliar a hidromorfodinâmica da planície quanto à magnitude e freqüência dos eventos de inundação, sua sazonalidade, sua tipologia e seqüência de eventos limiares associados, tais como: vazões de margens plenas, transbordamento, enchimento (1 e 2), esvaziamento e secamento;
- tecer hipóteses sobre as principais variáveis que comandam e controlam as inundações nesses setores de planície fluvial;
- dimensionar o papel das planícies fluviais meândricas em áreas tropicais úmidas planas quanto à sua capacidade de retenção, estocagem e amortecimento das vazões de pico;
- mapear as áreas na planície de maior vulnerabilidade às inundações e, se possível, associá-las aos eventos extremos, de acordo com sua magnitude e freqüência; e
- propor ações de caráter preventivo e de mitigação de impactos para os processos e instituições de planejamento físico-territorial da região, principalmente no tocante à Defesa Civil.

A escolha do setor compreendido entre Eldorado e Sete deu-se em função de algumas características que lhe são peculiares. Em primeiro lugar, essa planície fluvial tem elevado grau de preservação morfológica e funcional devido ao grau preservação da própria bacia hidrográfica, principalmente à montante desta área. Em segundo lugar, encontra-se em posição privilegiada, localizando-se entre em setor de canal sem planície desenvolvida e, à jusante, em setor de ampla planície de inundação. Além disso, está compreendida entre dois postos fluviométricos e o entorno possui onze postos pluviométricos, dos 21 de toda a bacia, o que permite trabalhar com parâmetros

hidrometeorológicos. Em terceiro lugar, sob o ponto de vista de potencialidade de geração de cheias, a bacia do rio Ribeira de Iguape apresenta características particulares e propícias, o que tem desencadeado uma série de pesquisas na bacia como um todo, dentre os quais: os estudos da Geobrás (1966), o Plano de Ação para o Controle das Inundações e Diretrizes para o Desenvolvimento do Vale (DAEE, 1998), Ross (2002), Santana (2004a, 2004b), entre outros. Tais características podem ser sumarizadas a seguir:

- As inundações no baixo curso do Rio Ribeira de Iguape são fatos antigos, sendo, inclusive, a razão da existência de extensas planícies aluvionares;
- As condições climáticas da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape são altamente favoráveis à ocorrência de chuvas do tipo frontal, de grande intensidade e duração, que tendem a produzir grandes volumes de escoamento superficial (Geobrás, 1966; DAEE, 1998);
- As características morfológicas da bacia também favorecem a ocorrência de cheias de elevada magnitude. No trecho superior e médio, o Rio Ribeira de Iguape e seus afluentes correm por vales encaixados, com declividade média elevada (DAEE, 1998). No curso inferior, pouco à jusante da cidade de Eldorado o rio Ribeira de Iguape adentra a planície extensa e bem desenvolvida com declividade praticamente nula (setor estudado);
- A presença da Serra de Paranapiacaba e de sua morfologia de desníveis contínuos e extensos, a noroeste do setor estudado, é especialmente eficaz em causar umidade, culminando em recorrência espacial de chuvas orográficas (Barry e Chorley, 1995). Tal fato ocasiona volumoso escoamento superficial em direção ao setor estudado (Rodrigues et alli, 2008). Sob essa condição espacial, o precipitado atinge a superfície das vertentes em concentrações desiguais nas diferentes faces de orientação do relevo, sendo esta uma das características controladoras/determinantes da evolução de processos geomórficos e da ocorrência de inundações no setor estudado.
- No inferior do rio Ribeira de Iguape, marés excepcionais atuam no sentido de protelar a eficiência de sua descarga, exacerbando e prolongando as cheias em até várias semanas, devido a presença de extensa planície fluvial com declividade quase nula e cota do nível de água do rio muitas vezes inferior às

alturas dessas marés (Santana et al, 2004a).

Esses fatores constituem causas básicas das cheias de grande magnitude, tanto em termos de pico da cota (como no ano de 1983), como de volume de água (como no ano de 1997), sendo o setor a partir de Eldorado o trecho da bacia que sofre as maiores e piores conseqüências das cheias (Santana et al 2004a, 2004b).

O presente estudo foi realizado utilizando-se ferramentas da cartografia geomorfológica, e apoiando-se no estudo sistemático do tripé morfológico: formas, materiais e processos da superfície terrestre (Hart,1986), tratando-se da geomorfologia de um setor da planície fluvial meândrica do rio Ribeira de Iguape. Pretendeu-se, em um primeiro momento descrever a morfologia da planície fluvial para, posteriormente, tecer considerações sobre os mecanismos atualmente operantes ao longo do antropógeno, ou seja, de processos hidromorfodinâmicos espacialmente os de vazão de pico, que envolve inundações.

O tripé geomorfológico (Hart, 1986) está fundamentado nos níveis a seguir, que foram total ou parcialmente explorados para os propósitos deste estudo:

-o nível descritivo da *morfologia* (ou morfológico-morfométrico). Este nível corresponde à localização e caracterização da morfologia fluvial, tal como cordões arenosos atuais, bancos internos, planície de inundação periódica (anual, isolada - *backswamp*, cordões arenosos sub-atuais), diques marginais, meandros abandonados em distintas fases do processo de colmatação;

- o nível descritivo dos materiais superficiais e solos (análise da distribuição espacial desses materiais e solos quanto à textura e granulometria), bem como descrição da distribuição espacial das espécies vegetais (indicativas de determinadas condições do ambiente), como indicadores de processos; e

- o nível analítico interpretativo dos processos hidromorfodinâmicos dos eventos de vazões extremas com inundação. Tais eventos de alta magnitude (hidrodinâmica das inundações), que implicam em fases de extravasamento das margens plenas, enchimento, esvaziamento e secamento das margens plenas. Essa compreensão é viabilizada pela correlação espacial das unidades morfológicas com os outros níveis descritivos. Uma vez lançadas nos mapas e perfis esquemáticos, essas dinâmica e os níveis ou setores que ocupa, será possível ir além, ou seja, também interpretar a estocagem desses setores

morfológicos, ou melhor, as quantidades de água que ficam aí estocadas e por quanto tempo.

Com a finalidade de se obter o contexto regional da bacia e se chegar ao setor escolhido, foi realizado levantamento e aquisição de: (I) material cartográfico (escala pequena à média); (II) dados fluviométricos e pluviométricos. Para se chegar ao nível descritivo da morfologia do setor, foram levantados produtos de sensoriamento remoto, utilizando-se fundamentalmente imagens de satélite e fotografias aéreas de grande escala (1:25.000, empresa Cruzeiro do Sul, 1962). Foi realizada fotointerpretação de fotografias aéreas com o objetivo de localizar e dimensionar as características da morfologia fluvial do setor estudado.

Com a finalização da fase de fotointerpretação e após a primeira campanha de reconhecimento e elaboração da logística para os trabalhos de campo, foram escolhidas as áreas dos perfis transversais, a partir dos quais foram realizadas coletas e campo, bem como análises dos materiais superficiais e solos em laboratório. Atributos como textura, granulometria, entre outros das amostras de materiais superficiais e solos foram analisadas no Labortatório de Pedologia (DG-USP) e correlacionadas às unidades morfológicas fotointerpretadas.

Além disso, coletou-se material botânico em campo, que foi indentificada e posteriiormente correlacionado às unidades morfológicas, a fim de se identificar as plantas que, na planície de inundação, são plantas-indicadoras de eventos recentes de inundação.

Através desses levantamentos e sistematizações pretendeu-se chegar a uma compreensão ao nível primeiramente descritivo da planície fluvial, dos materiais superficiais e solos como subsídios para se compreender os mecanismos atualmente operantes. Posteriormente, partiu-se para elaboração de hipóteses sobre tendências hidrodinâmicas das planícies fluviais em ambiente tropical úmido e plano e, principalmente do setor da planície de inundação em questão, pois parte significativa das áreas ocupadas e urbanizadas do médio e baixo Ribeira localizam-se exatamente nesses setores morfológicos. Os resultados deste estudo poderão ser, dessa forma, utilizados por órgãos que tratam do ordenamento e planejamento físico-territorial, bem como pode ser utilizado como parte integrante do plano da defesa civil quanto aos eventos de inundação do Vale do Ribeira.

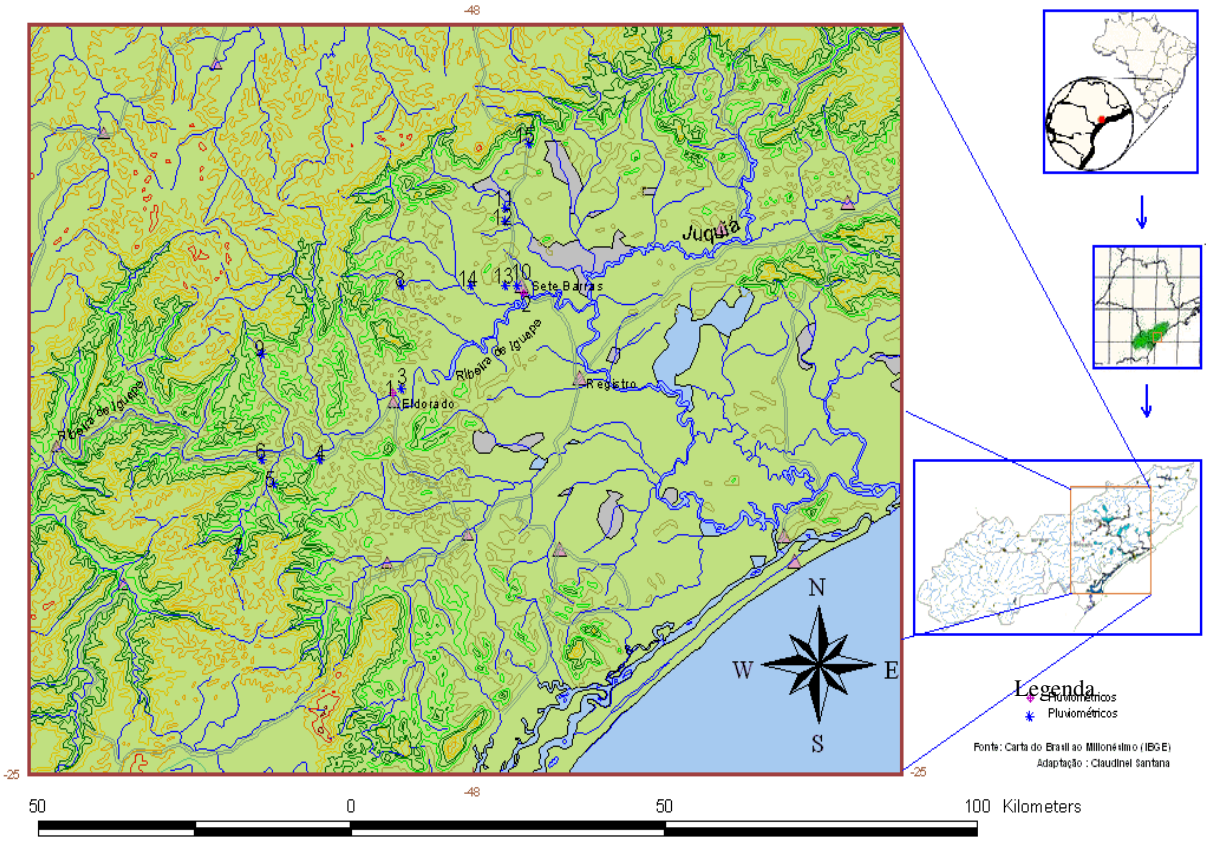
É conhecido o fato que o espaço urbano é plausível de ser analisado e planejado no que tange ao seu território (físico e ambiental), uma vez que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre os seus componentes físicos e bióticos. A implantação de sistemas de objetos e de sistemas de ações (Santos, 1997) não deveria desconsiderar a aptidão do espaço quanto aos seus componentes físicos e bióticos para as ocupações humanas, orientando se sobre os possíveis riscos para a vida humana (Tricart & Kilian, 1982).

3. Área de Estudo

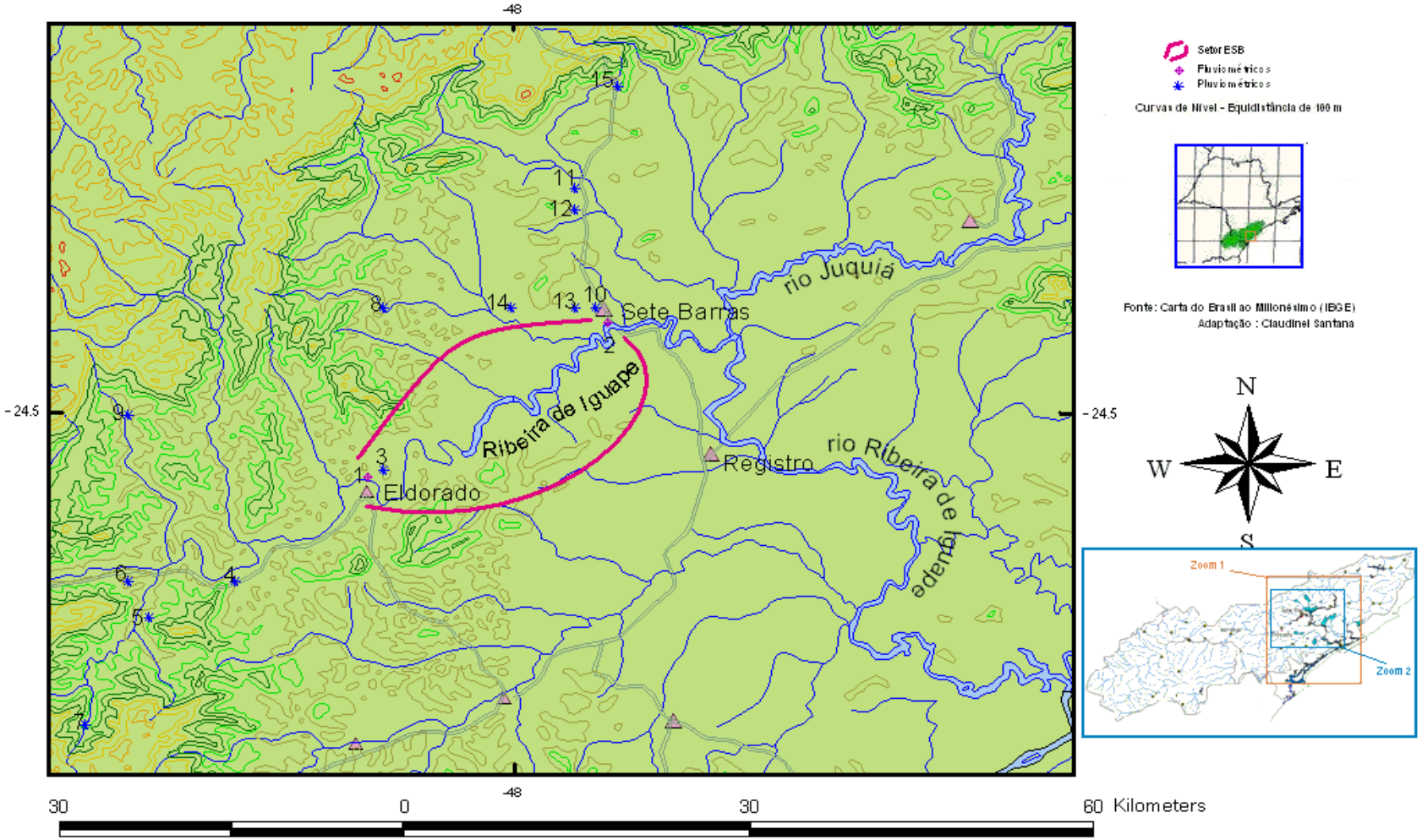
A Área de estudo compreende parcialmente os municípios de Eldorado e Sete Barras (ou setor ESB), localizados no médio e baixo cursos do Rio Ribeira de Iguape (Mapa 1), litoral sul do Estado de São Paulo. Nos Mapas 2 e 3 estão localizados os postos pluviométricos e fluviométricos cujos dados foram utilizados nesta pesquisa.

A *Imagem de Satélite 1* apresenta a composição de duas matrizes (220/077 e 219/077). Sensor ETM+/Landsat 7. 24/11/00 e 26/09/99. Escala aproximada: 1: 1400. Já *Imagem de Satélite 2* mostra a Planície fluvial do rio Ribeira de Iguape. Setor ESB. Imagem TM Landsat obtida pelo google earth em 03/2007.

Mapa 2. Localização dos postos fluviométricos e pluviométricos no Setor ESB (Detalhamento 1)



Mapa 3. Localização dos postos fluviométricos e pluviométricos no Setor ESB (Detalhamento 2).



3.1. A Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape

A Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape (Mapa 1) ocupa as porções sudeste do Estado de São Paulo e leste do Paraná, aproximadamente entre as latitudes 23º50' e 25º 30' S e longitudes 46º 50' e 50º 00' W. Abrange uma área total de 24.980 km^2, dos quais 15.480 km^2 (62%) pertencem ao Estado de São Paulo e 9.500 km^2 (38%) ao Estado do Paraná (SMA, 1992).

Situada entre as Regiões Metropolitanas de São Paulo e Curitiba, das quais incorpora parcelas, essa bacia abriga os municípios de Apiaí, Iguape, Juquitiba, Juquiá, Pariqüera-Açú e Registro, na parte paulista e Rio Branco do Sul, na parte paranaense.

O Rio Ribeira de Iguape tem suas nascentes na vertente leste da Serra de Paranapiacaba, em altitude de mais de 1.000 m, sendo formado inicialmente pelos rios Ribeirinha e Açungui. Da confluência desses dois rios, ainda em território paranaense, até as proximidades da cidade de Eldorado Paulista, mantém o nome de Rio Ribeira apenas.

Os maiores rios paulistas drenam rumo ao interior do Estado, enquanto que no litoral predominam rios de bacias não muito extensas. O rio Ribeira de Iguape é uma exceção, com sua bacia hidrográfica abrangendo uma área total de 24.980 km^2, dos quais 15.480 km^2 (62%) pertencem ao Estado de São Paulo e 9.500 km^2 (38%) ao Estado do Paraná. Em São Paulo, seu principal tributário é o Rio Juquiá, cuja desembocadura está localizada 10 km à montante de Registro e a bacia ocupa uma área de contribuição de 5.280 km^2. A vazão mínima (***Qmin***.) do rio Ribeira de Iguape é de 153 m^3/s, enquanto que a vazão fluvial média total da bacia é de 508 m^3/s, que corresponde a cerca de 17% da vazão média total do Estado de São Paulo (DAEE,1998).

A Bacia do Ribeira abrange 32 municípios, sendo 23 municípios paulistas e 9 paranaenses. A população total da porção paulista da bacia é de 451.573 habitantes, sendo 233.818 habitantes na área urbana, com taxa de urbanização de 56,64%, muito abaixo da média estadual, que supera os 90%. A densidade demográfica é de apenas 26,48 hab/ km^2, muito menor que a média do Estado, de 141,81 hab/km^2, e equivalente à das regiões mais rarefeitas em população do país (FIBGE, 2000).

Com extensão total de aproximadamente 470 km, o Rio Ribeira (de Iguape) percorre cerca de 120 km em terras paranaenses, acompanhando o limite geográfico

entre os Estados do Paraná e de São Paulo num trecho de cerca de 90 km e, após receber a sub-bacia do Rio Pardo, estende-se por cerca de 260 km em terras paulistas até sua desembocadura no Oceano Atlântico no município de Iguape, ao local denominado Barra do Ribeira. Em São Paulo, seu principal tributário é o Rio Juquiá (Mapa 1).

O Rio Ribeira de Iguape apresenta um perfil de alta declividade desde suas nascentes até as proximidades do distrito de Itapeúna, apresentando um desnível altimétrico de mais de 900 m no trecho paranaense. Ao longo da divisa entre os dois estados o desnível é de mais de 90 m. Na cidade de Registro, a 74 km da desembocadura, as cotas são geralmente inferiores a 20 m, sendo que nos baixos terraços é inferior a 9 m e a planície de inundação do Rio Ribeira de Iguape está entre 3 a 5 m acima do nível médio do mar Gráfico 1. Potencialmente, portanto, é o curso inferior do Rio Ribeira de Iguape que sofre mais ou poderia sofrer influência das marés, principalmente as de sizígia (maré de lua cheia e nova).

Segundo levantamentos topobatimétricos realizados em 1981 (DAEE-CTH-USP, 1991), o Rio Ribeira de Iguape possui 26 km de extensão entre Três Barras (Mapa 1) e sua foz, em Três Barras possui largura de 250 m e profundidade máxima média de 7m, sendo a maior largura na Barra do Ribeira de 540 m com profundidade máxima média de 5m.

3.1.1. Perfil Longitudinal do rio Ribeira de Iguape

O perfil longitudinal de um rio expressa a relação entre seu comprimento e sua altimetria, que significa gradiente topográfico. O perfil de equilíbrio é côncavo, com declividades maiores em direção à nascente. Segundo Christofoletti (1981), cursos de água que apresentam tal morfologia são considerados em equilíbrio (ajuste entre atuação da erosão, do transporte e da deposição).

Teoricamente, espera-se que no canal fluvial, de montante para jusante, há:

a) aumento do débito, de largura e da profundidade do canal, da velocidade média das águas do raio hidráulico;

b) diminuição do tamanho dos sedimentos, da competência do rio, da resistência ao fluxo e da declividade.

Em conseqüência, o perfil longitudinal surge como resposta ao controle exercido por esses fatores (Christofoletti, 1981).

O perfil longitudinal é construído com os dados da distância acumulada e com as cotas das curvas de nível. Foram elaborados oito perfis longitudinais, concentrados no mesmo gráfico, sendo três de afluentes da margem direita e quatro de afluentes da margem esquerda, além do próprio Ribeira Gráfico 1a:

- Margem direita: Pariqüera-Açú, Jacupiranga, Açungui.
- Margem esquerda: Juquiá/Açungui, Juquiá/Juquiá-Guaçu, Juquiá/São Lourenço/São Lourencinho, Juquiá/São Lourenço/Itariri.

A escolha desses sete afluentes justifica-se pelos seguintes aspectos:

- São rios que nascem na serra de paranapiacaba, em cujo gradiente topográfico é significativo;
- Sobre suas bacias, chega a precipitar 4000 mm de chuva anualmente, devido às elevadas altitudes;
- São rios que alcançam a terceira ordem (Strahler, 1952) acima de 300 m de altitude, o que corresponde à altitude em que o rio Ribeira de Iguape atinge seu trecho médio;

Os perfis longitudinais foram em parte traçados a partir de cartas topográficas 1:50.000 e plotados digitalmente. Os perfis longitudinais do rio Ribeira de Iguape e de seus afluentes podem ser observados nos Gráficos 1a. O detalhamento de fluxo do trecho inferior o Ribeira de Iguape pode ser observado no Gráfico 1b.

Para todos os rios, predominam regimes encachoeirados nos trechos superiores. Nos trechos médios, predominam ainda regimes encachoeirados, intercalados ou não por áreas de remanso.

Com exceção do Açungui/Ribeira, todos os demais afluentes deságuam no rio Ribeira de Iguape em seu trecho inferior, na planície de inundação.

Gráfico 1a. Perfis Longitudinais – rio Ribeira de Iguape e seus afluentes das duas margens

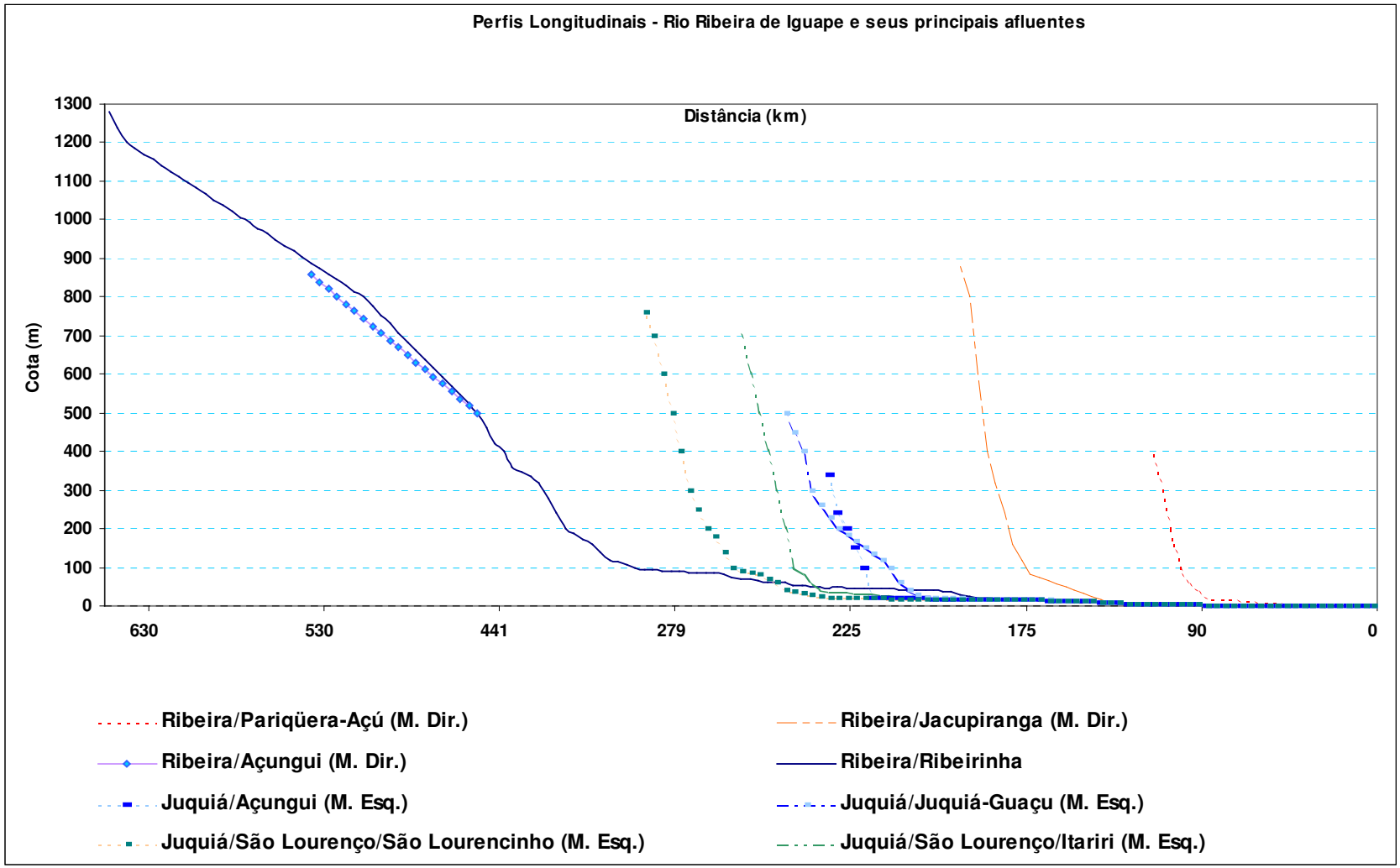
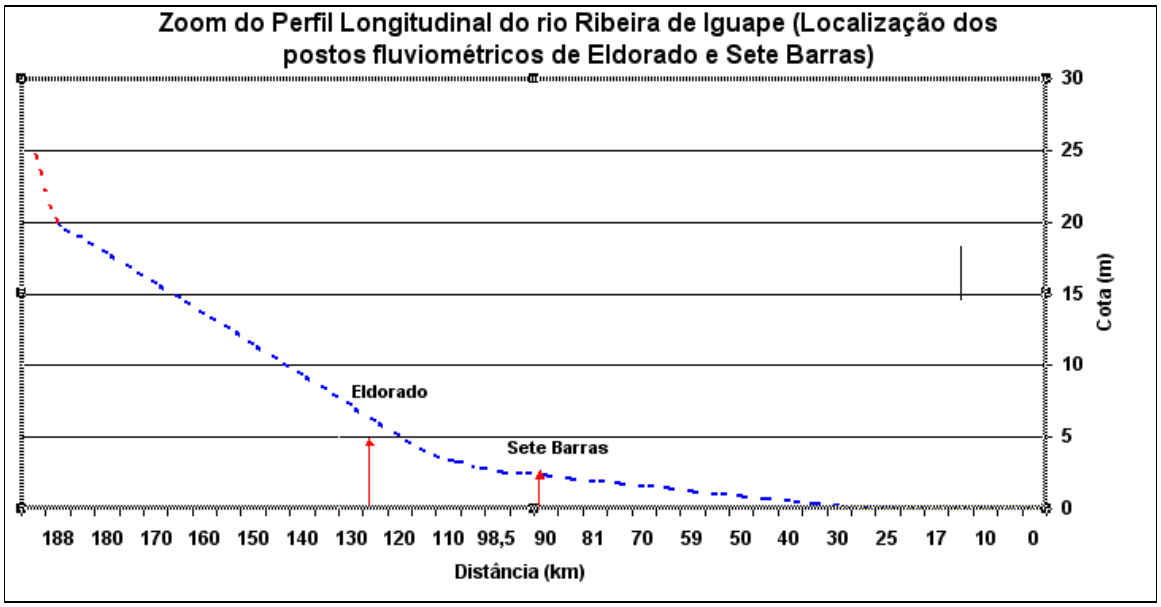


Gráfico1b. Zoom do Perfil Longitudinal do rio Ribeira de Iguape.



No caso específico do rio Ribeira de Iguape, seu trecho superior está compreendido entre as altitudes 1300 e 300m, percorrendo estas altitudes por 250 km. Entre as altitudes 300 e 20m, tem-se o trecho médio, ao longo por 200 km. Finalmente, seu trecho inferior é atingido 10 quilômetros à jusante de Eldorado, pelos 200 km restantes.

A Tabela 1 apresenta a relação entre gradiente topográfico com os trechos do rio Ribeira de Iguape, bem como análise sumarizada da dinâmica predominante observada nos referidos trechos.

Os gradientes topográficos para os trechos superior, médio e inferior, respectivamente são: 1000, 280 e 20m. A relação entre gradiente topográfico e distância percorrida pelo rio é de 4 m/km para o trecho superior, 1,27 m/km para o trecho médio e 0,11 m/km para o trecho inferior (Tabela 1).

Tabela 1. Trechos do rio Ribeira de Iguape, seus gradientes topográficos, respectivas distâncias percorridas e sua relação entre si.

Trecho	Gradiente (m)	Distância (km)	Relação grad/dist (m/km)
Superior	1000	250	4,00
Médio	280	220	1,27
Inferior	20	180	0,11

Trecho	Dinâmica predominante
	Curso superior com elevado gradiente topográfico, apresentando

3.2. Geologia e Geomorfologia da Bacia do rio Ribeira de Iguape e do Setor ESB

Segundo a classificação estabelecida por Silveira (1964), com base em critérios geológicos, geomorfológicos, climáticos e oceanográficos, a área de estudo faz parte do Litoral Sudeste do Brasil, caracterizando-se pela presença dos contrafortes da Serra do Mar próxima ao oceano e de pequenas planícies costeiras. O Litoral Sul do Estado de São Paulo, de direção aproximada NE-SW, compõe parte da unidade geomorfológica denominada de Província Costeira por Almeida (1964, *apud* IPT, 1981). A Província Costeira, na área, está subdividida em Zona da Morraria Costeira e Zonas das Baixadas Litorâneas.

A origem da Bacia do Rio Ribeira de Iguape deve-se a uma particularidade da geologia da faixa costeira do Estado de São Paulo onde, excepcionalmente, rochas menos resistentes à erosão, como xistos e filitos, permitiram que a drenagem direta ao Atlântico recuasse profundamente para o interior do continente, através dos vales dos rios Ribeira de Iguape, Juquiá e de seus tributários (Villwock, 1987). Nos setores costeiros da Baixada Santista e Litoral Norte do Estado, por outro lado, a Serra do Mar é formada por rochas mais resistentes e, portanto, desenvolveram-se planícies costeiras e bacias hidrográficas menores (Ross, 2002).

Na maior parte da Bacia do Rio Ribeira de Iguape o relevo é montanhoso, com os divisores de águas podendo alcançar até 1.300 m, decrescendo através de topografia acidentada em direção aos cursos médios dos rios principais, não raro com encostas íngremes com desníveis de até 300 m. O relevo torna-se menos dessecado e com menores declives à medida que se aproxima da porção central da bacia, onde se desenvolvem planícies aluviais ao longo dos rios Ribeira de Iguape, Juquiá e Jacupiranga, entremeadas de morros isolados (DNAEE-DCRH-MME, 1984). À jusante de Registro, a ampla planície costeira é marcada por uma topografia quase plana, onde o Rio Ribeira de Iguape desenvolve planícies meândricas.

Geomorfologicamente, a Bacia do Rio Ribeira de Iguape pode ser dividida em sete unidades ou macro-compartimentos de relevo, sendo quatro em terras altas e três em terras baixas (Ross, 2002). Essas unidades foram organizadas sob duas grandes morfoestruturas: uma denominada de Morfoestrutura da Faixa de Dobramentos do Atlântico (MFDA) e Morfoestrutura da Depressão Tectônica da Bacia do Ribeira (MDTBR). Na MFDA, o autor identificou três unidades morfoesculturais denominadas de: Planalto e Serra de Paranapiacaba, Serra do Mar e Morros Litorâneos, Planalto de Guapiara e Planalto do Alto Ribeira-Turvo. Na MDTBR, que envolve as terras baixas o autor identificou três unidades morfoesculturais: Depressão do Baixo Ribeira, Planície Costeira de Cananéia-Iguape e Planícies e Terraços Fluviais do Baixo Ribeira. A Planície Costeira de Cananéia-Iguape é a mais extensa do Estado de São Paulo, com cerca de 130 km de comprimento e largura máxima de 60 km, sendo drenada pelo baixo curso do Rio Ribeira de Iguape.

A área de estudo localiza-se na morfoestrutura da Depressão Tectônica do Baixo Ribeira, abrangendo as morfoesculturas dos Terraços Fluviais do Baixo Ribeira e da Planície Costeira de Cananéia-Iguape.

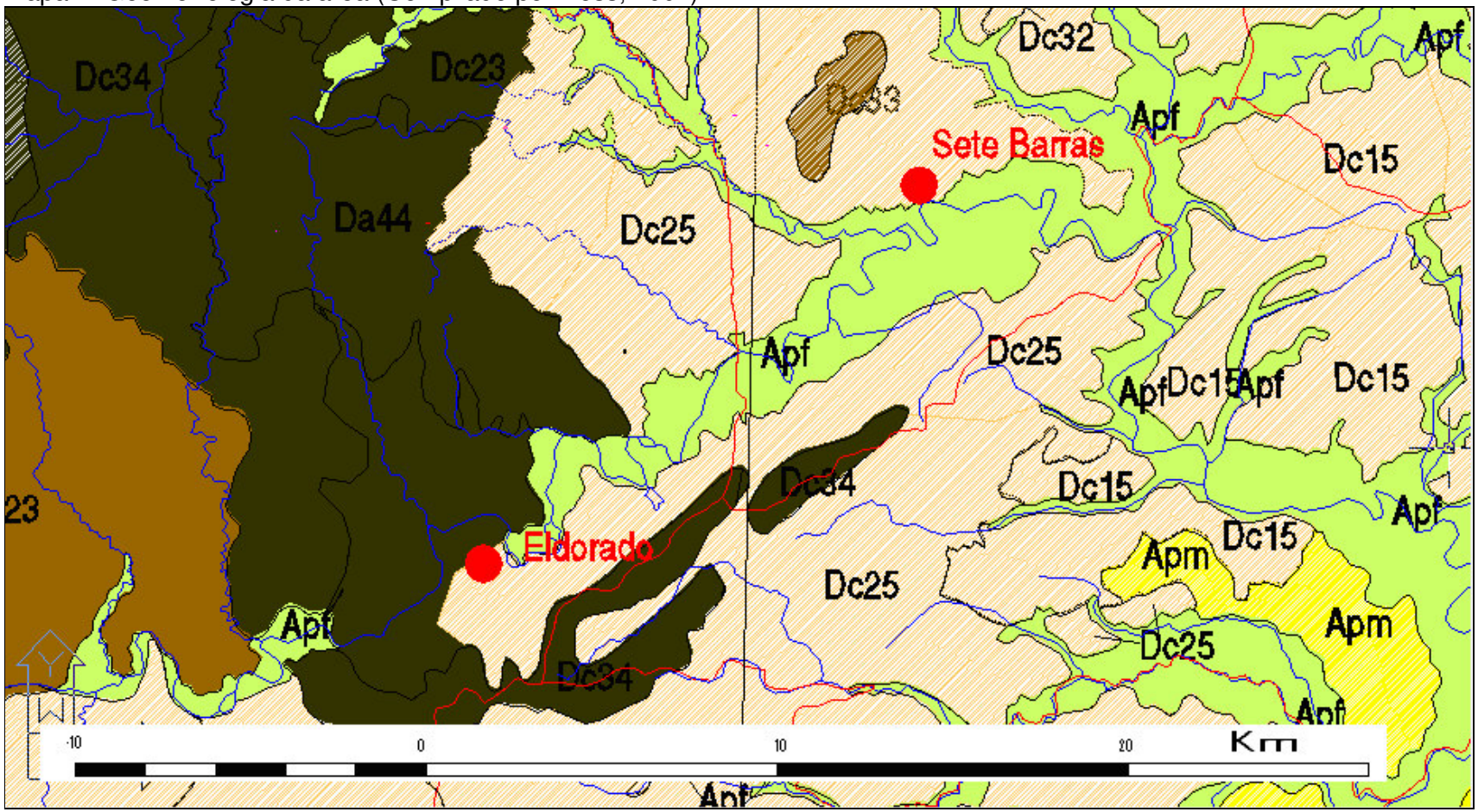
Geologicamente, a Bacia do Ribeira de Iguape abrange terrenos do embasamento e terrenos sedimentares terciários a atuais. O Mapa 4 apresenta o mapa geomorfológico da região, compilado de Ross (2002). O embasamento da Bacia do Ribeira de Iguape é composto de rochas pré cambrianas pertencentes à Faixa de Dobramentos Ribeira com direção ENE-WSW, paralela à linha de costa. Intrusões básicas mesozóicas e alcalinas terciárias ocorrem amplamente distribuídas na região.

A Planície Costeira é formada por sedimentos marinhos quartenários, predominantemente arenosos, areias e argilas flúvio-lagunares de baías e areias e argilas de manguezal e de pântano de idades holocênicas e pleistocênicas (Suguio & Martin, 1978), além de cascalhos, areias e pelitos fluviais de idade holocênica a atual. As altitudes são inferiores a 10 m, exceto nos locais com retrabalhamento eólico (Ilha Comprida).

Rumo ao interior ocorrem depósitos fluviais recentes e depósitos aluviais e colúvio-aluviais terciários a pleistocênicos das formações Pariqüera-Açú e Sete Barras, que sustentam níveis mais altos de terraços e topos de algumas baixas colinas

posicionadas próximo ao eixo fluvial do Rio Ribeira de Iguape.

Mapa 4. Geomorfologia da área (Compilado por Ross, 2002).



Observe legenda na página seguinte.

MORFOESTRUTURAS	UNIDADES MORFOESCULTURAIS	FORMAS DO RELEVO
FAIXA DE DOBRAMENTOS DO ATLÂNTICO	**1**-PLANALTO E SERRA DE PARANAPIACABA	-MORROS ALTOS COM VALES PROFUNDOS (DC43, DA34, DA33, DC34)
	2-SERRA DO MAR E MORROS LITORÂNEOS	MORROS ALTOS, COM VALES PROFUNDOS, SETORES COM MORROTES E COLUNAS – (DA43, DA34, DC15)
	3-PLANALTO DO ALTO RIBEIRA DO TURVO	
	4-PLANALTO GUAPIARA	MORROS BAIXOS, VALES ENTALHADOS COM TOPOS SOBRELEVADOS
DEPRESSÃO TECTÔNICA DO BAIXO RIBEIRA	**5**-DEPRESSÃO TECTÔNICA DO BAIXO RIBEIRA	-COLINAS BAIXAS DE TOPOS CONVEXOS E MORROS BAIXOS COM VALES DE FUNDOS PLANOS (DC25, DC15)
	6-PLANÍCIE COSTEIRA IGUAPE-CANANÉIA	APM – PLANÍCIE MARINHA API- PLANÍCIE INTERTIDAL (MANGUE)
	7-PLANÍCIES E TERRAÇOS FLUVIAIS DO BAIXO RIBEIRA	APF – PLANÍCIES FLUVIAIS DOS RIOS RIBEIRA, JUQUIÁ, JACUPIRANGA E OUTROS.

MATRIZ DOS ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO

GRAU DE ENTALHAMENTO DOS VALES (classes) / DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA (classes)	MUITO GRANDE (1) > 3750m	GRANDE (2) 1750m a 3750m	MÉDIA (3) 750m a 1750m	PEQUENA (4) 250m a 750m	MUITO PEQUENA (5) ≤ 250m
MUITO FRACO (1) < 20m	11	12	13	14	15
FRACO (2) 20 a 40m	21	22	23	24	25
MÉDIO 40 a 80m	31	32	33	34	35
FORTE (4) 80 a 160m	41	42	43	44	45
MUITO FORTE (5) > 160m	51	52	53	54	55

Obs.: Para escalas médias e pequenas (1:500 000 e 1:250 000), face às dificuldades de se estabelecer as classes de densidade de drenagem, utiliza-se a dimensão interfluvial média, cujos valores são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a densidade de drenagem, menor a dimensão interfluvial média.
Quanto ao índice de dissecação, o menor valor numérico é a dissecação mais fraca, ou seja 11, e o maior valor numérico é a dissecação mais forte, ou seja, 55. (FONTE: Projeto Radambrasil – MME – 1982. Modificado.)

MORFOLOGIA

A – RELEVOS DE AGRADAÇÃO
- Atf – Terraços Fluviais
- Apm – Planícies Marinhas
- Apf – Planícies Fluviais
- Apl – Planície Intertidal (mangue)

D – RELEVOS DE DENUDAÇÃO
- Da – Formas de topos aguçados
- Dc – Formas de topos convexos
- Dt – Formas de topos tabulares (planos)

A planície de Cananéia-Iguape desenvolveu-se a partir das transgressões e regressões marinhas nos últimos 120 mil anos (Suguio & Martin, 1976, 1978). Esses autores descrevem o modelo evolutivo dessa planície costeira, como se segue.

- Primeiro estádio - durante o máximo da Transgressão Cananéia (120.000 anos A.P.), o mar deve ter atingido o sopé da serra do Mar, quando foram depositadas as argilas transicionais e marinhas da Formação Cananéia, recobrindo a Formação Pariqüera-Açú.

- Segundo estádio - com o advento da fase regressiva, depósitos de cristas praiais foram sedimentados no topo dos depósitos arenosos da Formação Cananéia.

- Terceiro estádio - durante esta fase o nível marinho esteve mais baixo do que hoje (110m abaixo do nível atual acerca de 18.000 anos A.P.), quando os rios que drenavam a planície costeira devem ter erodido profundamente os depósitos da Formação Cananéia;

- Quarto estádio - no início do último evento transgressivo o NM subiu rapidamente, tendo ultrapassado o nível atual entre 6000 e 7000 anos A.P. O mar invadiu as áreas rebaixadas pela erosão, formando um extenso terreno plano com declividade da ordem de 15cm/km.

Conforme assinalam Ross & Moroz (1997), é em função dessas duas últimas fases erosivas seguidas da fase transgressiva Santos, que a drenagem na planície de Cananéia-Iguape apresenta um padrão dendrítico com setores retilíneos, que indicam a forte influência de direções de fraturamentos importantes. A rede de drenagem em grande parte ocorre sobre planícies fluviais de fundos planos, demonstrando que se tratam de vales fluviais afogados. No trecho inferior do Rio Ribeira do Iguape prevalece grande sinuosidade em forma de meandros divagantes e as planícies fluviais são muito mais largas, apresentando lençol freático muito próximo à superfície e/ou aflorante, formando extensos brejos e pântanos. Isto decorre do fato de terem se originado durante a última transgressão e sedimentados por depósitos lagunares e,

portanto, finos. De fato, Souza & Souza (2004) afirmam que, durante a Transgressão Santos, todo o sistema hoje formado pelo canal do Rio Ribeira de Iguape e seus tributários na planície costeira de Cananéia-Iguape-Juréia-Una constituíam um grande sistema lagunar.

De acordo com Ross (2002), a área do baixo curso do Rio Ribeira de Iguape, é caracterizada por uma densa ramificação de planícies fluviais que apresenta diferenciação significativa entre os trechos à montante de Registro, no Rio Ribeira de Iguape, e nas bacias dos rios Juquiá e Jacupiranga. Nessas áreas, embora as planícies passem por intensas e freqüentes enchentes/inundações nos picos das chuvas, o tempo de permanência da água é menor do que nos trechos mais à jusante, onde as enchentes/inundações, também freqüentes, mantêm as planícies sob as águas por um tempo muito maior. A isto soma-se o baixo gradiente topográfico, onde as águas encontram grande dificuldade em serem drenadas para o mar. Estas águas, ao se depararem com as condições especiais de maré elevada, têm seu tempo de permanência aumentado, protelando ainda mais o escoamento da onda de enchente/inundação e sua dissipação no Oceano Atlântico.

As cidades de Eldorado e Sete Barras estão locadas total ou parcialmente na planície fluvial no trecho de montante, onde o tempo das enchentes/inundações são menores, já Registro está no limiar entre o trecho de montante e de jusante na classificação de Ross (2002). Este autor afirma que os problemas com enchente/inundação são de grande gravidade quando ocorrem principalmente a partir de Registro que se situa à jusante da confluência do Rio Ribeira de Iguape com o Rio Juquiá.

Conhecer a geologia adjacente à planície fluvial, precisamente adjacente ao setor ESB, é essencial para se poder aventar a procedência dos materiais depositados nos perfis transversais analisados.

Segundo o mapa geológico do Estado de São Paulo (Perrota et al., 2005), a partir de Eldorado, compreendendo, portanto a planície fluvial no setor ESB, tem-se a planície litorânea, caracterizada por baixas altitudes que variam de 0 a 20 m. Os depósitos destas planícies correspondem a:

1. Depósitos aluniovares (holoceno - Q2a), que agrega elementos como areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila e eventualmente, turfas. Constitui a parte mais recente de todas as formações.

2. Formação Cananéia (Pleistoceno - Q1cn), de origem marinha e constituída por areias que podem conter camadas de argila;

3. Depósitos Dentríticos Indiferenciados (Quaternário - Qdi), constituídos de cascalhos, areias, silte e argilas;

4. Depósitos Litorâneo Indiferenciado (quaternário – Qli), que compreendem areias litorâneas e areias e argilas de mangue, pântano;

As vertentes que margeiam a planície fluvial têm materiais diferentes entre margens direita e esquerda.

Na margem direita, predominam rochas do complexo Itatins (PP2ati), com granulitos, rochas máficas granulitizadas, kinzigito e silimanita-biotita-granada gnaisse, metamafito, calassilicatica e migmatita.

Na margem esquerda, predominam rochas do compledo Embu (NPExm), com muscovita-biotita-quartzoxisto com cianita, estaurolita, granada, silimanita e quartzo xisto com muscovita, biotita e plagioclasio alternados ritmicamente, intercalações de rochas calcissilicaticas, amfibolito e metaultramáfica.

À montante do setor ESB, há uma Unidade Carbonática (Mpsac), com mármore fino, homogêneo, dolomítico e calático, de onde podem ter vindo as inúmeras conchas de carapaças cálcicas, encontradas ao longo do perfil 1.

3.3. Aspectos Climáticos

O clima na Bacia do Rio Ribeira de Iguape pode ser classificado, de modo geral, como tropical úmido, com ligeiras variações entre a orla atlântica e o divisor de águas interior constituído pela Serra de Paranapiacaba. As características climáticas, por intermédio da pluviosidade, explicam muito da alta densidade hidrográfica da bacia (Gutijahr, 1993).

O clima na porção paulista da bacia, segundo Monteiro (1973), é do tipo Clima Meridional Permanentemente Úmido, onde a atuação das massas polares (50%) sobrepuja a atuação das massas tropicais.

De acordo com Geobrás (1966), a Bacia do Rio Ribeira de Iguape encontra-se sujeita às ações da Massa de Ar polar e das perturbações frontais, permanecendo na maior parte do tempo submetida à ação da Massa de Ar Tropical Atlântica, que tem no

seu centro uma temperatura extremamente homogênea mas, por ser controlada pelo anticiclone semipermanente do Atlântico Sul, seus bordos ocidentais atingem com freqüência a costa. O contato da massa de ar frio com a quente forma a Frente Polar Atlântica que, avançando rumo ao norte, provoca fortes precipitações e mudanças no sentido dos ventos.

Com menor freqüência, ocorrem incursões de Massa de Ar Tropical Continental, que raramente atinge a área no verão, sendo também pouco freqüente a permanência das frentes frias no baixo Ribeira de Iguape em virtude da distância da serra, deslocando-se para as cabeceiras da Bacia, nas serras (Geobrás, 1966).

Quando domina o anticiclone Atlântico, sopram ventos de E a NW e o tempo é bom, com nevoeiros esparsos e fortes pela manhã, elevação gradual da temperatura e nebulosidade à tarde. Quando o anticiclone polar domina o tempo permanece bom, com temperaturas amenas e baixas e visibilidade boa. A passagem da frente fria caracteriza-se por queda de temperatura, tempo instável, com ocorrência de chuvas frontais e, caso a frente estacione, o tempo permanece chuvoso por vários dias com céu encoberto, mas nem sempre ocorrendo chuvas intensas (Geobrás, 1966).

Segundo Christopholetti (1981), o avanço da frente fria concomitante ao avanço da onda de enchente numa bacia como a do Rio Ribeira de Iguape provoca maior entrada de água no sistema, no leito menor e maior, podendo agravar o extravasamento das águas, manifestado por uma notável elevação dos valores limnimétricos, ou seja, da cota do nível da água (m) e da vazão fluvial (m^3/s).

De acordo com Gutijahr (1993), na área do baixo Rio Ribeira de Iguape a média anual de precipitação pluviométrica situa-se entre 1500 e 2000 mm e as temperaturas são bastante elevadas, sendo as médias térmicas anuais da ordem de 20 até 22ºC e umidade relativa do ar acima de 70%.

Segundo Vianello (2000), o comportamento da temperatura e do regime pluviométrico na bacia sofre modificações importantes decorrentes das formas do relevo e sua orientação, bem como da orientação das vertentes em face dos ventos e da distribuição das chuvas.

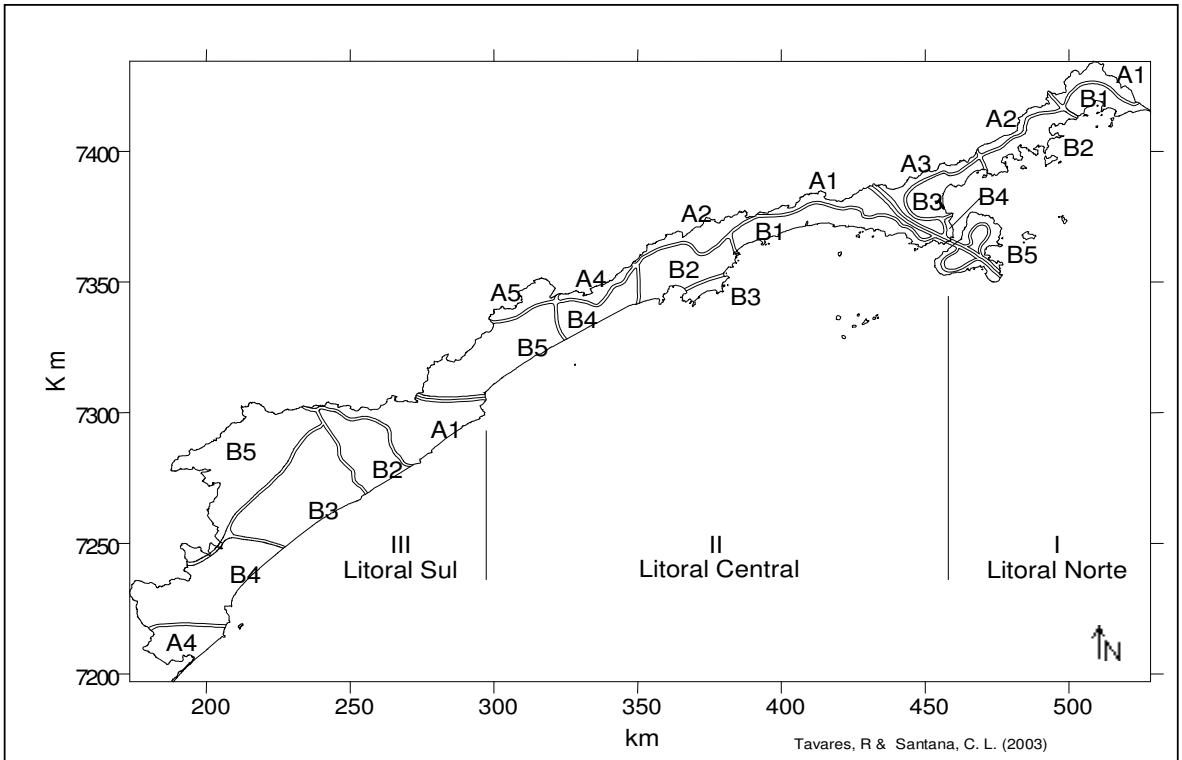
O Mapa de Unidades Climáticas apresentado no Mapa 5 foi elaborado para o Projeto SIIGAL (Souza, 2003), pelos seguintes autores: R. Tavares, , J. L. Silva Sant'Anna Neto A. C. & C. L. Santana (autor deste trabalho). É resultado da análise das chuvas em 64 postos pluviométricos distribuídos por todo o litoral paulista, para o período de 1971-1999, em níveis anual, sazonal, mensal e diário. Suas principais

referências são os estudos elaborados por Monteiro (1973) e Sant'Anna Neto (1990), sob o paradigma sistêmico e da análise rítmica, que identificam regionalmente diferentes climas do litoral paulista. Aliando-se a uma variada gama de técnicas de análise e representação dos dados pluviais de 29 anos, tornou-se possível detalhar e definir novas unidades da Zona Costeira, marcada pela elevada concentração pluvial e significativa variabilidade têmporo-espacial ao longo de sua extensão NE-SW. O Mapa 5 acompanhada do Quadro-Síntese mostram as Unidades Climáticas obtidas para o Litoral Sul de São Paulo.

De acordo com o Mapa de Unidades Climáticas, a Bacia do Rio Ribeira de Iguape situa-se no tipo de Clima Subtropical Úmido, com predominância dos Sistemas Tropicais Polares atuantes, de códigos III2Bb, III3Bc, III4Bc e III5Bd. Já a área de estudo situa-se na unidade climática de código III2Bb e III3Bc. Respectivamente, significa dizer que o padrão pluvial mínimo é < 2100 e < 1700, o padrão pluvial habitual está compreendido entre 2700 - 2800 e 1800-2200 e o padrão pluvial máximo é de > 3400 e > 2300. O semestre mais chuvoso se estabelece de dezembro a maio (nas duas unidades), sendo o trimestre mais chuvoso o de janeiro a março. O volume pluvial é alto para III2Bb e médio para III3Bb.

Ainda de acordo com esses estudos realizados para o Projeto SIIGAL, os maiores valores pluviométricos, considerados anos chuvosos, ocorreram em 1973, 1976, 1983 e 1995, onde os desvios positivos situaram-se acima de 20% em comparação às médias anuais, sendo que no ano de 1983 os totais de chuva superaram o limite de 50% da altura pluvial.

Mapa 5. Mapa de Unidades Climáticas do Litoral Paulista (fonte: Souza, 2003).



Identificação									Caracterização pluvial							
Sub zonas	*Tipo Clima*	*Sist*	*Feições*		*Un Id*	*Sub-Unidades*	*Tipo Chuva*	*Código*	*Padrão pluvial*			*Semestre Chuvoso*	*Trimestre Chuvoso*	*Volume pluvial*	*Nº dias c/chuva*	*Índice Variabil.*
									Mínimo	*Habitual*	*Máximo*					
Subtropical	Clima Úmido	Tropicais e Polares	Serras	A	1	Serra dos Itatins - Juréia	b	III1Ab	<2500	2600-3000	>3100	Dez-Mai	Jan-F-M	Alto	Alto	Médio
			Planície	B	2	Barra do Ribeira - Iguape	b	III2Bb	<2100	2700-2800	>3400	Dez-Mai	Jan-F-M	Alto	Alto	Médio
			Planície	B	3	Ilha Comprida - Norte - Iguape	c	III3Bc	<1700	1800-2200	>2300	Dez-Mai	Jan-F-M	Médio	Alto	Alto
			Serras	A	4	Ilha do Cardoso	b	III4Ab	<2000	2600-2800	>3200	Nov-Abr	Jan-F-M	Alto	Alto	Alto
			Planície	B		Ilha Comprida Sul - Cananéia	c	III4Bc	<1800	2200-2600	>2800	Dez-Mai	Jan-F-M	Médio	Alto	Médio
			Planície	B	5	Vale do Ribeira	d	III5Bd	<1400	1600-1800	>2000	Out-Mar	Jan-F-M	Alto	Alto	Alto

3.4. Inundações na Bacia do rio Ribeira de Iguape

Sob o ponto de vista de potencialidade de geração de inundações, a bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape apresenta características peculiares. Em primeiro lugar, as inundações em seu curso inferior são fatos antigos, sendo, inclusive, a razão da existência de extensas planícies aluvionares. Em segundo lugar, as condições climáticas da região são altamente favoráveis à ocorrência de chuvas do tipo frontal, de grande intensidade e duração, que tendem a produzir grandes volumes de escoamento superficial (DAEE, 1998). Em terceiro lugar, as características morfológicas da bacia também favorecem a ocorrência de grandes cheias. No trecho superior e médio, o rio Ribeira de Iguape e seus afluentes correm por vales encaixados, com declividade

média muito elevada (DAEE, 1998). No curso inferior, a partir da cidade Eldorado o Rio Ribeira de Iguape adentra a planície extensa e bem desenvolvida de declividade praticamente nula. Este setor recebe grande volume de escoamento superficial procedente da Serra de Paranapiacaba (Rodrigues et al, 2007). Este débito encontra dificuldade de escoamento em função da referida declividade. Neste curso inferior, marés excepcionais atuam no sentido de protelar a eficiência de sua descarga, exacerbando e prolongando as cheias em até várias semanas (Santana et al, 2004a).

Esse conjunto de fatores constitui a causa básica das cheias de grande magnitude, tanto em termos de pico da cota (1983), como de volume de água (1997), sendo o setor a partir de Eldorado o trecho da bacia que sofre as maiores e piores conseqüências das cheias (Santana 2004a, 2004b).

Neste sentido, passa-se da abordagem regional para a local. Conforme explanado no item anterior, o Setor ESB apresenta grande freqüência de extravasamento das margens plenas, além de resumir todas os pré-requisitos necessários para a pesquisa com o recorte de maior escala.

A Seguir, são apresentadas duas Imagens de Satélite referentes à área de estudo. A *Imagem de Satélite 1* é uma composição de duas imagens de satélites, 220/077 e 219/077, registradas pelo sensor ETM+/Landsat 7, datadas de 24/11/2000 e 26/09/1999. Escala aproximada de 1: 1400 . Como informação adicional visando auxiliar no processo de interpretação, o mosaico disponibilizado no *Google Earth* é apresentado a seguir (*Imagem de Satélite 2*), o qual é um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de imagens de satélites de média e alta resolução obtidas de fontes diversas, em de março de 2007.

Imagem de Satélite 1. Composição de duas imagens de satélites, 220/077 e 219/077. Sensor ETM+/Landsat 7. 24/11/00 e 26/09/99.

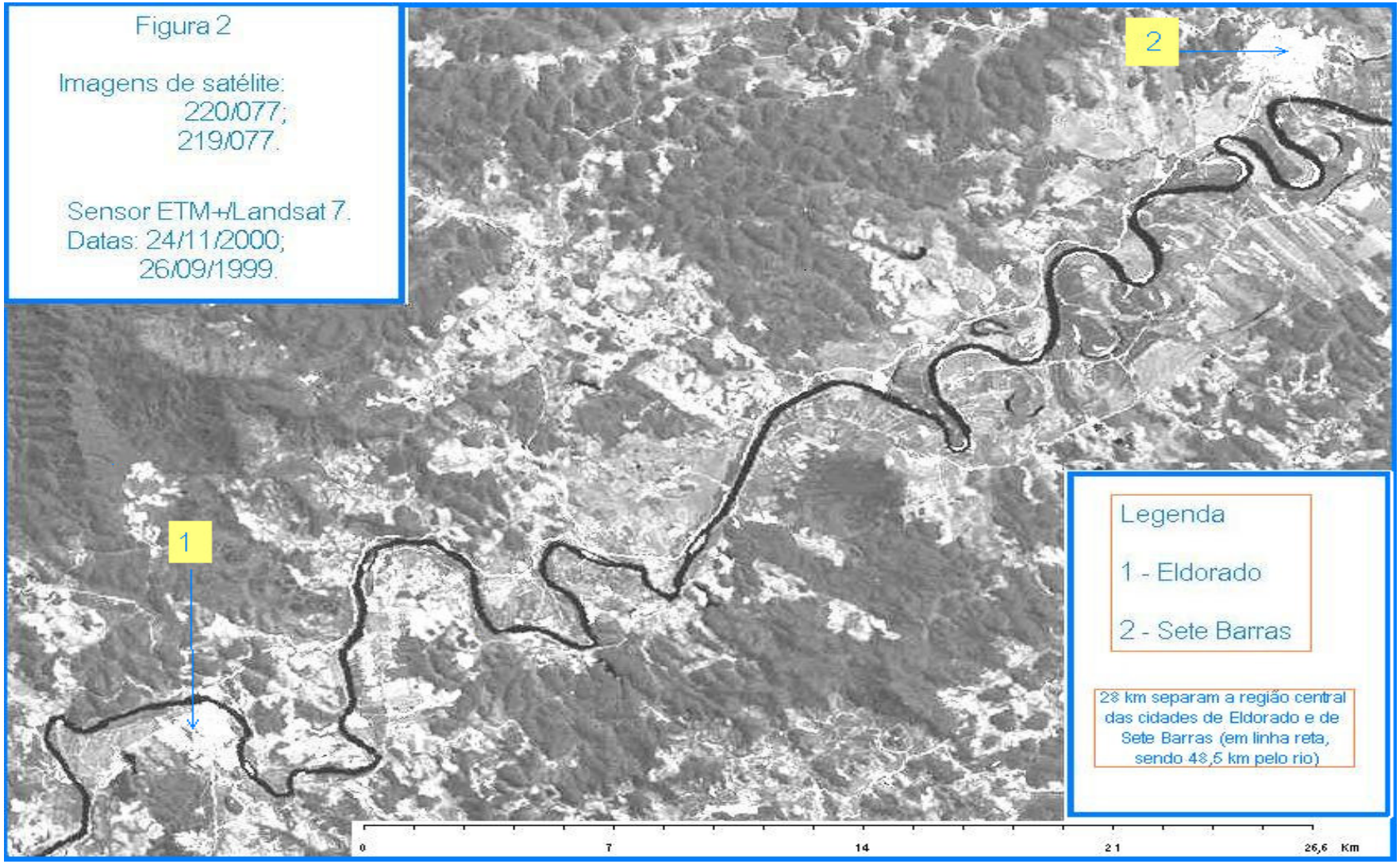


Imagem de Satélite 2. Planície fluvial do rio Ribeira de Iguape. Setor ESB. Imagem TM Landsat obtida pelo google earth em 09/08.

4*. Metodologia*

Do ponto de vista da sustentação teórico-conceitual, este estudo apóia-se em diversos autores da geomorfologia clássica e contemporânea. Neste item, serão apresentados alguns dos principais conceitos–chave da pesquisa, a fim de apresentar com clareza os objetivos e os resultados da mesma.

4.1. Introdução

Neste tópico é apresentada a revisão bibliográfica de alguns conteúdos e conceitos-chave pesquisa, bem como elencados os referencias teóricos que a subsidiaram.

4.1.1. Geomorfologia

Quanto à concepção da ciência geomorfológica, alguns autores a consideram como a ciência do estudo das formas, materiais e processos (Hart, 1986; Tricart, 1965). Para outros, ela corresponde ao ramo da geografia física que se ocupa com o estudo das formas do relevo terrestre, de sua gênese, de sua evolução no tempo e de suas relações dentro do espaço (Joly, 1977). Para Christofoletti (1980), a geomorfologia é a ciência que estuda a gênese e a evolução das formas de relevo sobre a superfície da Terra. Estas formas são resultantes dos processos atuais e pretéritos ocorridos sobre a litologia e originam-se a partir de dois tipos de forças:

(I) as endógenas, resultado da dinâmica interna da Terra e responsáveis por esculpir as formas de relevo; e

(II) as exógenas, resultado da interação sol, água e litologia que modelam a superfície terrestre.

A partir da morfogênese, ou seja, da ação das forças endógenas e exógenas, a superfície da Terra está em constante mudança. As formas de relevo se alternam entre as regiões como resultado da ação conjunta dos componentes da natureza, que, por sua vez, também são influenciados em diferentes proporções pelas formas de relevo.

O objetivo principal da caracterização geomorfológica de uma região é representar as formas atuais da superfície e também incluir informações a respeito da morfometria, morfogênese e morfocronologia dos terrenos (Ross, 1992). A definição do tipo de informação e do nível de detalhes que estarão presentes nos mapas geomorfológicos serão definidos pela escala do mapeamento e pela metodologia

proposta. A Geomorfologia, tradicionalmente, tem sido definida como o estudo do relevo e dos processos responsáveis pela sua esculturação. Estes processos vinculam-se tanto a dinâmica interna da Terra, como aos fatores exógenos associados à atuação bioclimática.

Modernamente, a Geomorfologia passou a incorporar em suas considerações, a intervenção antropomórfica sobre o relevo (Tricart, 1965; Rodrigues, 1997; etc), sendo uma grande aliada nos estudos ambientais, ao permitir entender, modelar e prever fenômenos como: Inundações, movimentos de massa, subsidências em grandes áreas, etc.

Na atualidade, é impossível compreender a organização do relevo e dos processos associados a este, sem considerar a ação humana. Assim, nas diversas pesquisas desenvolvidas, tem se buscado por técnicas de trabalho que possibilitem integrar as informações sobre as características litológicas, tectônicas, pedológicas e climáticas aos dados geomorfológicos para que, dessa forma, compreenda-se melhor os processos geomórficos atuantes e como estes se reestruturam perante a ação do homem.

Dessa forma, compreende-se a Geomorfologia como área do conhecimento que possibilita, através de seu instrumental técnico e teórico, fornecer informações de relevante interesse para o Planejamento e Ordenação do Território. Para que isto ocorra, é necessário analisar o relevo como elemento de suporte da atuação antrópica e, principalmente, compreender as relações de reciprocidade existentes entre tal atuação e os processos geomórficos. Como ciência de correlação, a geomorfologia é, das ciências físico-geográficas, aquela que mais se aproxima da própria geografia física. Rodrigues (1997) discute a perspectiva interdisciplinar e os objetivos de síntese em geomorfologia, e considera o princípio da interdisciplinaridade como o promotor de orientações teórico-metodológicas básicas para a abordagem do antrópico.

4.1.2. Concepção de geomorfologia aplicada

A Geomorfologia de processos ficou mais evidente a partir dos anos de 1960 e 1970. Desde então, houve certa unanimidade quanto à definição de seu objeto e de suas abordagens (Rodrigues, 1997). Assim, as formas, os materiais e os processos da

superfície terrestre, bem como sua distribuição e explicação em diversos contextos escalares têmporo-espaciais corresponderiam a seu escopo (Hart, 1986).

Esta disciplina dispõe de grande parte dos recursos conceituais e teórico-metodológicos necessários para a produção dos principais instrumentos técnicos de planejamento físico-territorial e ambiental no que se refere ao meio físico. Ela fornece recursos teórico-metodológicos básicos tanto para a formulação de previsão sobre o meio físico, como para a incorporação do antrópico nessas simulações. Na verdade, grande parte dos instrumentos técnicos hoje utilizados tem, efetivamente, conteúdos geomorfológicas quando se trata da abordagem do meio físico.

Segundo Rodrigues (1997), produtos como Cartas de 'vulnerabilidade', 'fragilidade', 'riscos', 'potencialidade a usos' ou 'aptidões' do meio físico tratam de analisar dados dos quatro níveis descritivos da Geomorfologia, a saber: morfografia, morfologia, mateirais superficiais e ações antrópicas. Eles devem ser qualificados quanto aos seus significados dinâmicos e processuais passados (morfogênese e morfocronologia) e, principalmente os presentes e futuros (morfodinâmica).

É conhecido o fato de que os procedimentos básicos de qualquer pesquisa são: levantamento, análise, sistematização e discussão dos resultados. Tais procedimentos aparecem na definição de muitos autores para esta ciência. Embleton e Verstappen (1988 apud Rodrigues, 1997) definem Geomorfologia Aplicada como a "aplicação de princípios e técnicas geomorfológicas para as análises e solução de problemas ambientais geomorfológicos"

Para estes autores, são 5 as principais áreas de atuação da geomorfologia aplicada:

1. Ciências da Terra, cartografia temática e estudos sobre recursos Naturais;
2. Levantamentos ambientais e estudos de riscos naturais;
3. Planejamento do Meio Físico e desenvolvimento Rural;
4. Planejamento do Meio Físico e desenvolvimento Urbano; e
5. Projetos de engenharia, incluindo-se a engenharia de áreas costeiras e fluviais.

Segundo Rodrigues (1997, 2006), traçar um limite entre a geomorfologia pura e aplicada não é uma tarefa tão simples como se poderia supor. Se no início da disciplina

havia maior ligação com a aplicação, em seu desenvolvimento posterior ocorreu uma cisão: interesses pragmáticos e científicos.

Na atualidade, à Geomorfologia Aplicada são atribuídas as fases de interpretação e adaptação do conhecimento geomorfológico geradas pela geomorfologia pura. Adaptações, interpretações, decodificações, apropriações estas, realizadas para fins de absorção em processos de planejamento dos mais variados. Dentro destes processos e, portanto, dentro das práticas externas à academia, há espaço para a ciência pura que está mais associada a uma de suas fases e de diagnose.

Por um lado, entende-se a inexistência de ruptura entre a geomorfologia pura e aplicada, por outro lado, faz-se necessário admitir que dentre as diferenças fundamentais, a emergência da conclusão e de respostas é muito mais freqüente dentro da aplicação. Nesta, também há maior necessidade de se trabalhar aspectos relativos à comunicação do conhecimento produzido (Rodrigues, 1997). Há, na verdade, vinculação e complementaridade. Hart (1986), por exemplo, considera a geomorfologia como estudo das formas, materiais e processos tem dois ramos principais: a moderna Geomorfologia pura e a moderna geologia aplicada constituindo disciplinas distintas, ainda que uma se apóie na outra.

Hart (1986) *apud* Rodrigues (1997) destaca como necessidade da Geomorfologia aplicada a utilização do conhecimento gerado pelo estudo dos processos, das técnicas quantitativas, a utilização do 'paradigma' da análise sistêmica, técnicas modernas como as de sensoriamento remoto, cartografia geomorfológica e a utilização da noção de limiares, compatível com a análise de magnitude e freqüência de processos.

Em planejamento físico-territurial e ambiental, quando não há informação geomorfológica, o que se produz nas fases de diagnose é, ou deveria ser, ciência pura e conhecimento substantivo (Rodrigues, 1997).

Se há propósitos distintos e semelhantes entre ambas, é preciso tomar certo cuidado quanto à sobrevalorização ou substituição de uma em detrimento da outra. O fluxo entre ambas deve ser altamente produtivo. Segundo Rodrigues (1997, 2006), a geomorfologia aplicada não sobrevive sem a geomorfologia pura, mas pode colocar em

cheque o conhecimento teórico-metodológico, trazendo novas questões à ordem do dia.

A autora afirma que a geomorfologia aplicada propõe novas questões, trazendo à luz aspectos mal desenvolvidos da ciência pura, o que pode auxiliar numa redefinição de prioridades tornando-a mais conseqüente. Ela conclui não ser possível afirmar que a geomorfologia aplicada seja algo muito diferente de geomorfologia pura. Na realidade, diz, a geomorfologia aplicada inclui e necessita ir além.

Da literatura em geomorfologia aplicada, são relevantes algumas obras, das quais orientações básicas foram obtidas. São elas: "*Geomorphology, Pure and Applied*" de Hart (1986), "Anthropogeomorphology" de Nir (1983), "*Applied Geomorphology: Geomorphological Survey for Environmental Development*" de Verstappen (1983), "*Géomorphologie Aplicable*" de Tricart (1978), "*Geomorphology and eclamation of Disturbed Lands*" de Toy e Hadley (1987).

4.1.3. Geomorfologia no Brasil e Tendências Atuais

A expansão dos estudos geomorfológicos no Brasil se deu nos últimos 50 anos, devido à valorização das questões ambientais e por aplicar-se diretamente à análise ambiental. No país, as primeiras contribuições geomorfológicas, datam do século XIX, quando pesquisadores "naturalistas" buscavam de maneira diversificada compreender o meio ambiente e pesquisadores "especialistas", ou seja, botânicos, cartógrafos, geógrafos e geólogos, dedicavam-se a conteúdos específicos.

Estudando vários temas e diversas regiões brasileiras, as primeiras gerações de geólogos brasileiros juntamente com alguns estrangeiros, desenvolveram, a partir do início do século até a década de 40, o conhecimento geomorfológico no Brasil. Vários trabalhos de brasileiros marcaram este período como, por exemplo, o de Guimarães (1943) e Azevedo (1949), que reúne e sintetiza o relevo brasileiro; Maack (1947) sobre a geologia do Paraná; King (1956) aborda a geomorfologia no Brasil oriental e Tricart (1959), que estabelece a divisão morfoclimática para o Brasil atlântico central.

A geomorfologia brasileira conheceu novos cenários a partir do final dos anos 60 e início dos anos 70, incorporando conceitos da Teoria Geral de Sistemas e aplicando idéias relativas ao equilíbrio dinâmico. Um dos maiores projetos já realizados, buscando o levantamento de recursos naturais, incluindo geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso do solo foi o Projeto Radam Brasil. De 1973 em diante,

publicou-se os relatórios, os documentos cartográficos (mapas temáticos) que recobrem todo o País, formando um total de 40 volumes.

Rodrigues (1997), ao discutir sobre tendências atuais da geomorfologia, deixa evidente a negligência da geomorfologia como campo de estudo dos processos deposicionais. Afirma que o imenso significado prático do estudo sobre tais processos como, por exemplo, caracterização e mapeamento de detalhes de áreas deposicionais para o entendimento/monitoramento de processos fluviais.

Para a pesquisa aplicada, o mais relevante é o reconhecimento dos processos atuais (ou da morfodinâmica) sem abandonar certas funções a serem desempenhadas pela pesquisa histórica (morfogênese) para o próprio reconhecimento das tendências para processos futuros.

4.1.4. Cartografia Geomorfológica

A cartografia geomorfológica constitui o instrumento adequado para reunir e apresentar as características geomorfológicas de uma área, entretanto, cartas para aplicação prática devem ser simples e incluir apenas informações relevantes para seu fim específico (Tricart, 1965; Verstappen, 1983; Hart, 1986). Constitui-se em importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos, bem como com a própria dinâmica dos processos, considerando suas particularidades.

Para Tricart (1965), o mapa geomorfológico refere-se à base da pesquisa e não à concretização gráfica da pesquisa realizada, o que demonstra seu significado para melhor compreensão das relações espaciais, sintetizadas através dos compartimentos, permitindo abordagens de interesse geográfico como a vulnerabilidade e a potencialidade dos recursos do relevo. Ao se elaborar uma carta geomorfológica deve-se fornecer elementos de descrição do relevo, identificar a natureza geomorfológica de todos os elementos do terreno e datar as formas (Ross, 1996).

Muitas são as propostas existentes para a representação do relevo. A maior unanimidade entre elas refere-se à questão do conteúdo geral dos mapas, independentemente da maneira de representação gráfica, que geralmente provoca divergência entre as diversas tendências. Portanto, “o que parece mais problemático é a questão relativa à padronização ou uniformização da representação cartográfica, pois ao contrário de outros tipos de mapas temáticos, não se conseguiu chegar a um

modelo de representação que satisfaça os diferentes interesses dos estudos geomorfológicos" (Ross, 1990).

Para resolver estes e outros problemas referentes à cartografia geomorfológica de planícies fluviais, serão utilizados os seguintes autores: Tricart (1965), (Christofoletti, 1977, 1981). Coltrinari (1979), Estaiano (2006), Ross (1990, 1992 1996, 2000). Hart (1986), Rodrigues (1997, 1999, 2001, 2008), Kondolf & Piégay (2003), Zancopé (2008) e Schumm (1977).

4.1.5. Geomorfologia Fluvial

Englobando o estudo dos cursos fluviais e das bacias hidrográficas, a geomorfologia fluvial coloca-se, na atualidade, entre os setores mais dinâmicos desse campo científico. A Geomorfologia Fluvial interessa-se pelo estudo dos processos e das formas relacionadas ao escoamento fluvial. Os cursos fluviais constituem os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas e dos continentes para o mar. Sua contribuição insere-se no contexto da análise das formas de relevo e dos processos que lhe são inerentes, procurando compreender a dinâmica do modelado terrestre (Christofoletti, 1981).

A seguir, são apresentados alguns dos principais conceitos–chave da pesquisa, a fim de apresentar com clareza os objetivos e os resultados da mesma. Assim, será feita revisão bibliográfica de alguns conteúdos e conceitos considerados pertinentes. Será utilizada a literatura clássica em Geomorfologia Fluvial: Leopold & Wolman (1970); Leopold et al. (1964); Christofoletti (1981); Morisawa (1985); Knighton & Hicks (1984); Nanson (1975); Schumm (1977); dentre outros, com enfoque em sete aspectos principais: (*i*) planície de inundação; *(ii)* cursos fluviais *(iii)* Vazão das margens plenas *(iv)* Extravasamento das margens plenas; *(v)* Enchimento das margens plenas; *(vi)* Esvaziamento das margens plenas*; e (vii)* canal fluvial meândrico.

(I) planície de inundação

Segundo Christofoletti (1981), a planície de inundação é a faixa do vale fluvial composta por sedimentos aluviais, bordejando o curso de água, e periodicamente inundada pelas águas de transbordamento provenientes do rio. Para o autor, embora esta definição seja razoável, a planície de inundação pode ser definida e delimitada por critérios diversos, conforme a perspectiva e os objetivos dos pesquisadores. O estágio de margens plenas assinala a descontinuidade entre o sistema canal fluvial e o sistema

planície de inundação. Até atingir o estágio de margens plenas, o escoamento das águas processa-se no interior do canal e origina diversas formas topográficas. Ultrapassando o estágio de margens plenas, considerado como sendo igual ao débito de 1,58 anos de intervalo de recorrência, as águas espraiam-se e há relacionamento diferente entre as variáveis geométricas hidráulicas. Embora englobando o canal fluvial, como um subsistema, a planície de inundação não deve ser confundida nem ser caracterizada pelos processos e formas de relevo desenvolvidas no canal.

As planícies de inundação desenvolvidas em trechos de canais meândricos, como é o caso da planície de inundação estudada, apresenta topografia altamente diversificada e podem ser consideradas como as mais importantes. O canal meândrico, em geral, situa-se em faixa aluvial que altimetricamente se encontra a decímetros ou metros acima das baixadas marginais adjacentes, conhecidas como bacias de inundação. A migração das curvas meândricas faz com que muitos aspectos topográficos relacionados com a erosão e sedimentação nos canais integrem a configuração topográfica da planície de inundação, como os cordões marginais convexos e os meandros abandonados. Todavia, há formas de relevo desenvolvidas por processos de sedimentação que ocorrem fora do canal, na superfície da planície de inundação, constituindo também elementos característicos da sua composição: os diques marginais, os sulcos e os depósitos de recobrimento e as bacias de inundação.

***(II)* cursos fluviais**

Os rios são considerados cursos naturais de água doce escoando por canais definidos, com fluxos permanente ou sazonal, que correm para outro curso fluvial, lago, mar ou oceano, sendo alimentado por precipitação pluviométrica (principalmente), por escoamento superficial ou subsuperficial e pela convergência com seus tributários ao longo de seu curso (Morisawa,1985). É um elemento do quadro natural que compõe uma das principais partes do ciclo hidrológico, estando intrinsecamente ligado ao fluxo e as variações de energia e matéria da hidrosfera.

Atentando-se para o ciclo hidrológico, observa-se que os oceanos contribuem com 84% do volume de água evaporada na Terra. Deste, 77% precipitam sobre os próprios oceanos e 7% sobre os continentes. Somado 16% do volume de água evaporada (evapotranspiração) dos continentes, a precipitação sobre estes, completa 23% do volume total de água precipitada no globo terrestre. O ciclo é fechado quando os

continentes devolvem aos mares e oceanos 7% do volume de água excedente através do fluxo subterrâneo e dos rios.

Para os cursos fluviais, o importante é o volume de água precipitado e evapotranspirado sobre os continentes, ou seja, o balanço hídrico continental. Ao precipitar, a água é interceptada pela vegetação ou cai diretamente sobre o solo. A depender da freqüência e intensidade das chuvas e das propriedades dos solos, a água se infiltra ou escoa sobre a superfície, caso a intensidade da chuva exceda a capacidade de infiltração do solo, ou este esteja saturado por um evento pluvial prolongado.

Escoando em superfície, o fluxo da água se rende a gravidade, caminhando em direção às porções mais baixas da topografia regional. O fluxo que percola pelo solo ou pelas camadas rochosas subjacentes submete-se às características e propriedades do substrato, porém caminhando preferencialmente para posições mais baixas da topografia. Esse caminhamento – tanto em superfície quanto em subsuperfície – acumula água no fundo dos vales, de modo que o nível freático se eleva e tangencia esses pontos. A pequena profundidade do nível freático no fundo dos vales promove o fenômeno da ressurgência, no qual a água que circula na zona freática brota na superfície devido à saturação. Onde há coincidência entre as ressugências, os solos, as camadas rochosas saturadas de água, o nível freático e a superfície dos fundos dos vales, a água passa a caminhar continuamente em superfície, dando origem aos canais fluviais – os rios. Esse mecanismo alimenta as nascentes e os rios em todo seu perfil longitudinal.

Variações periódicas na precipitação interferem nos fluxos de água em superfície e subsuperfície, interferindo na alimentação e descargas dos rios. Em algumas regiões onde as precipitações são distribuídas irregularmente (temporal e espacialmente) ou onde a evapotranspiração supera a precipitação (balanço hídrico negativo – déficit hídrico) em determinadas épocas, podem ocorrer que os canais fluviais percam seu volume de água ou até mesmo cessem seus fluxos. Nesses casos não há volume de água suficiente para alimentar e manter uma lamina de água nos rios, sendo assim classificados como internitentes ou sazonais.

Uma vez estabelecidos os canais fluviais, eles se rendem a uma hidrodinâmica de escoamento que dão origem aos processos fluviais. Ou seja, um conjunto de princípios físicos que regulam o escoamento da água na superfície da Terra. Na perspectiva

geomorfológica pesam a ação da água sobre o leito ou canal fluvial, o transporte de sedimentos ou carga detrítica, os mecanismos deposicionais e a esculturação da batimetria, pois esses processos são alguns dos principais responsáveis pela interferência permanente no modelado terrestre, fundamentalmente no tocante a morfodinâmica fluvial.

Ao escoar dos continentes para os oceanos, a água carrega consigo um conjunto de partículas, ordenadamente segundo um grupo de forças, muito embora, segundo Morisawa (1985), o rio consuma 95% de sua energia na turbulência interna das águas e na fricção com as paredes do leito. Executando a função de transporte do excedente de água e os detritos resultantes da meteorização na superfície da bacia, bem como da corrosão e do impacto hidráulico no leito, o rio organiza os processos de erosão, transporte e deposição dos detritos (sólidos e dissolvidos). Dessa organização resultam efeitos sobre o arranjo espacial plano da calha fluvial em todo o perfil longitudinal, originando os padrões de canal fluvial. Os fatores e variáveis que determinam os tipos de organização entre a erosão, o transporte e a sedimentação fluvial combinam-se diferentemente ao longo da bacia de drenagem, produzindo distintos padrões de canal no perfil longitudinal do curso de água. Cada padrão de canal fluvial corresponde a uma combinação específica do inter-relacionamento dos processos fluviais. A sucessão de combinações distintas gera uma sucessão de padrões de canal em um mesmo curso de água, de modo que o rio possa dar continuidade ao seu trabalho desde as cabeceiras até sua foz ou desembocadura.

***(III)* Vazão das margens plenas**

Wolman e Leopold (1957) definiram a vazão de margens plenas pela primeira vez como a descarga restrita ao canal fluvial (leito menor segundo Tricart, 1965) sem extravasar em direção à planície aluvial ativa. Christofoletti (1981), indo ao encontro com a definição acima, entende vazão de margens plenas como a vazão que preenche exatamente o leito menor do canal fluvial, acima da qual ocorrerá transbordamento para a planície de inundação.

***(IV)* Extravasamento das margens plenas**

Os canais fluviais apresentam cheias anuais, associadas ao regime climático na bacia hidrográfica. As cheias referem-se às maiores vazões diárias ocorridas em cada ano, independente do fato de causarem ou não inundação. Inundação (extravasamento

das margens plenas) constitui-se em um processo de espraiamento das águas do sistema canal fluvial para o sistema planície de inundação, quando o fluxo é superior à capacidade de descarga do canal (*Wolman & Leopold, 1957)*.

Para compreender o fenômeno de extravasamento das margens plenas, é necessário considerar os tipos de calhas fluviais e o conceito de vazão de margens plenas. Tricart (1965), analisando a freqüência das cheias e as formas dos canais fluviais, apresentou a seguinte classificação:

· leito menor: bem delimitado, encaixado entre margens definidas pelos diques marginais, onde a freqüência do escoamento impede o crescimento de vegetação;

· leito de vazante: encaixado no leito menor e escoa as águas de estiagem. Acompanha o talvegue (linha de maior profundidade do leito);

· leito maior: ocupado durante as cheias, correspondendo, portanto, ao leito menor mais a planície de inundação. A largura desta varia em função da intensidade da cheia, distinguindo-se o leito maior periódico, ocupado sazonalmente, e o leito maior excepcional, ocupado apenas durante eventos de grande magnitude.

Segundo Christofoletti (1981), o estágio de margens plenas assinala a descontinuidade entre o sistema canal fluvial e o sistema planície de inundação. Até atingir o estágio de margens plenas, o escoamento das águas processa-se no interior do canal e origina diversas formas topográficas. Ultrapassando o estágio de margens plenas (extravasamento), as águas espraiam-se no sistema planície de inundação. Dependendo da magnitude da inundação, ela ocorrerá no leito maior sazonal (inundação com freqüência regular), podendo chegar ao leito maior excepcional (inundação com freqüência irregular).

***(V)* Enchimento das margens plenas**

É aquele débito em elevação que preenche na medida justa o canal (Christofoletti, 1981 e Wolman & Leopold, 1957), sem, contudo, extravasar em direção à planície aluvial ativa, pois acima deste nível de margens plenas ocorrerá transbordamento para a planície de inundação.

***(VI)* Esvaziamento das margens plenas**

É aquele débito em declínio observado no leito menor (Christofoletti, 1981 e Wolman e Leopold, 1957), independentemente se o declínio ocorrer a partir de uma cheia ou de uma inundação.

***(VII) C*anal fluvial meândrico**

O padrão meândrico de canais fluviais é o tipo mais estudado, talvez pela sua curiosa e complexa forma. O termo meandro possui sua origem em razão da geometria característica do Rio Maiandros, atualmente Menderes, na Turquia (Steinberg, 1957).

Os rios deste padrão possuem elevada sinuosidade (Is = 1,5) ao descreverem curvas harmônicas e semelhantes entre si. Apresentam, pelas características do fluxo, escavamento nas margens côncavas e deposição nas margens convexas. Esta característica determina o processo conhecido como divagação meândrica, onde o canal desloca horizontalmente suas curvas tanto em direção de jusante, como lateralmente dentro da planície.

Christofoletti (1981) levanta uma observação importante ao relatar que o material detrítico erodido na margem côncava se deposita na margem convexa do mesmo lado, não atravessando o canal. Isto só é válido para o material que compõe a carga do leito, pois a carga em suspensão é dispersa por todo o canal, depositando-se em diversos lugares. Estes processos definem uma seção transversal assimétrica – profunda da margem côncava e rasa na margem convexa – e como o canal meândrico dá conta do transporte de carga detrítica que lhe é fornecida do seguimento à montante.

Os processos ligados à vazão, assim como os ajustes entre as variáveis hidráulicas fazem com que os meandros apresentem características geométricas independentes da grandeza e do traçado do seu vale, desenvolvendo amplas planícies. Estes são conhecidos como meandros livres ou divagantes. Porém, existem meandros em que o desenvolvimento de suas curvas acompanha o do seu vale. Estes são chamados de encaixados, quando a escala do meandramento do canal é semelhante a do vale (Carvalho, 2005).

4.1.6. Gênese e Evolução das Formas de uma Planície Meândrica em ambientes tropicais úmidos

Nas áreas tropicais úmidas do Brasil, devido ao predomínio do intemperismo químico, são formados profundos mantos de alteração de materiais finos, com grande presença de argila e silte. Em virtude desta produção de materiais, nas vertentes, originalmente (áreas preservadas), os cursos fluviais transportam a carga detrítica em suspensão, predominantemente no escoamento superficial e sub-superficial. Por outro lado, as disposições morfoestruturais da Faixa de Dobramentos do Atlântico (MFDA) e da Depressão Tectônica da Bacia do Ribeira (MDTBR), favorecem a produção de sedimentos na íngreme vertente atlântica, que vão se acumulando na planície costeira e nas planícies fluviais do rio Ribeira de Iguape.

Nos ambientes tropicais úmidos e planos, devido ao predomínio de deposição aluvial, predominam os sedimentos médios a finos nas áreas mais elevadas, bem como sedimentos grosseiros nas áreas mais rebaixadas e próximas ao eixo do rio, corroborando para a instalação dos meandramentos ao longo dos cursos inferiores desses ambientes.

Neste ambiente aluvial, as formas resultantes estão intimamente associadas aos processos deposicionais e a caracterização de muitos tipos de formas envolve, implicitamente, as condições de sedimentação e o arranjo estrutural do acamamento sedimentar. O entrelaçamento das ações erosivas e deposicionais, no tempo e no espaço, produz complexos de forma que surgem como respostas a ambientes de sedimentação em escala de grandeza maior, caracterizando as planícies e as formações sedimentares nelas contidas (Christofoletti, 1981).

Na Figura 1, pode-se identificar alguma das formas mais comuns na planície fluvial meãndrica. Christofoletti (1981) distingue oito formas características, a saber:

1-Canal Fluvial;
2-Meandros ou canais abandonados (oxbow lakes), representando os trechos abandonados de curvas meândricas, em virtude dos processos de recortamento dos pedúnculos;
3-Arco Meândrico, depressões e saliências no lado convexo das curvas, formados à medida que o canal migra lateralmente em direção a jusante e para a margem Côncava;
4-Cordões Marginais convexos ou Barras de Ponta (point bars), ambiente de deposição no lado convexo das curvas meândricas;

5-Lodaçais (*backswamps*), áreas de águas mortas, formadas nas depressões de lineamento curvos dos arcos meãndricos, ao longo das paredes do vale, em lugares escavados pela correnteza das cheias e posteriormente abandonados quando ocorreu o abaixamento dos níveis da água;

6-Diques Marginais (Levee), cristas ou saliências construídas acima da superfície da planície de inundação e adjacentes ao canal fluvial, geralmente contendo material de maior granulometria depositado durante as fases de transbordamento;

7-Bacias de inundação, contendo depósitos de transbordamento com materiais mais finos acumulados nas águas represadas entre os diques marginais e as escarpas dos terraços mais elevados;

8-Recobrimentos arenosos e depósitos de várzeas, depósitos formados durante as cheias.

9-Depósitos de rompimento de diques (*crevasses*) – são os depósitos formados a partir do rompimento de diques marginais.

As formas geradas por migração do leito são muito ativas nas planícies fluviais meândricas (Christofoletti, 1981). O processo de abandono da curva meândrica é muito comum nestes ambientes sendo formado por um conjunto de processos que erodem as margens côncavas (bancos de solapamento) e deposita nas margens convexas (cordões marginais convexos ou point bars). Na Figura 2, é apresentado o processo de formação de meandros abandonados.

Segundo Christofoletti (1981), o abandono dos canais meândricos podem ocorrer de duas maneiras:

1-pela separação do meandro, formando lagos em ferradura conhecidos com oxbow lakes; e

2-pelo deslocamento súbito de uma parte ou conjunto do canal meândrico, resultando no abandono de parte do canal.

Figura 1. Bloco diagrama esquemático de uma planície tipicamente meândrica. Nela estão contidas as principais formas geradas neste ambiente de sedimentação. (Fonte: Selby, 1985 – modificado).

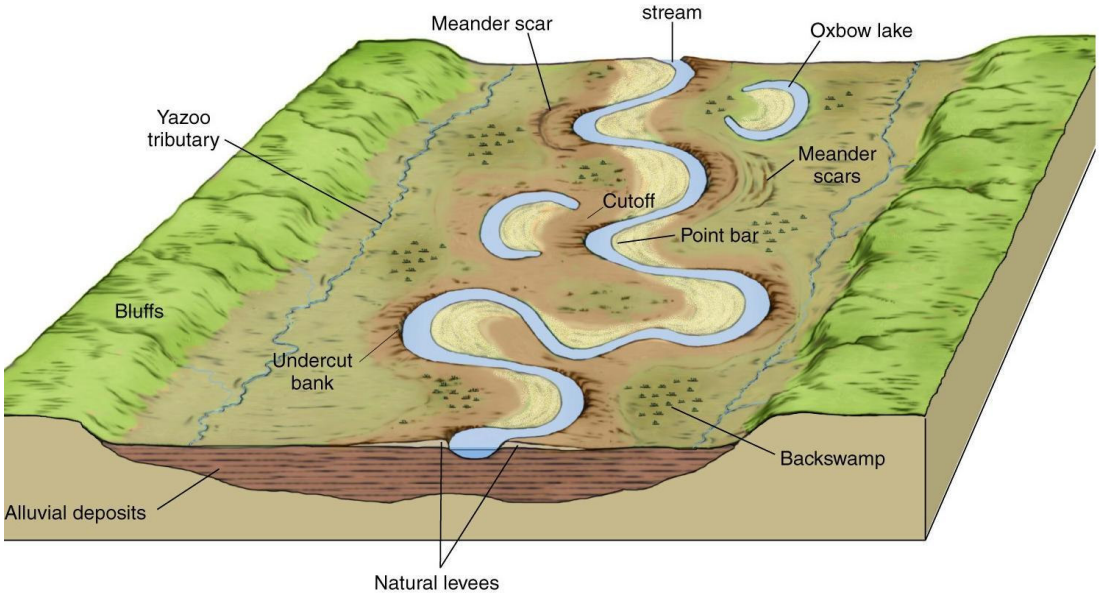
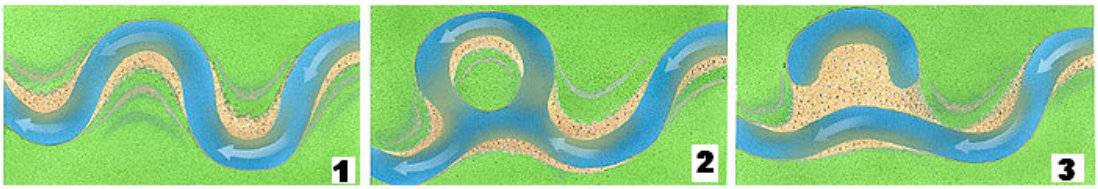


Figura 2. Esquema de desenvolvimento de meandros abandonados. A ação da água erode as margens côncavas e deposita nas margens convexas. A evolução desse processo gera abandono dos meandros. (Fonte: Selby, 1985 – modificado).



A evolução de uma planície meãndrica é muito complexa e sua dinâmica está estreitamente ligada aos episódios de inundação e de divagação do canal. A formação dos meandros abandonados representa o processo deposicional mais importante que gera as formas agradacionais na planície de inundação.

Os meandros abandonados, ao serem estrangulados do canal principal, passam a sofrer processos de colmatação. Os lagos são preenchidos gradualmente por sedimentos finos a muito finos advindos das inundações até serem totalmente colmatados. Portanto, o grau de colmatação pode representar a escala evolutiva dos meandros abandonados.

A migração das curvas meândricas faz com que muitos aspectos topográficos relacionados com a erosão e a sedimentação nos canais integrem a configuração topográfica da planície de inundação, como os cordões marginais convexos e os meandros abandonados.

Existem também formas de relevo desenvolvidas por processos de sedimentação que ocorrem fora do canal, na superfície da planície de inundação, constituindo elementos característicos de sua composição, como diques marginais, canais inadaptados (yazoo), sulcos, terrenos alagadiços ou lodaçais (*backswamps*), depósitos recobrindo a planície de inundação, entre outros. Toda essa diversidade de ambientes física, juntamente com a dinâmica regional, deve representar condições limitantes e particulares para o desenvolvimento de associações fitoecológicas e próprias destes ambientes, como se observou com a análise das espécies vegetais, constante nesta pesquisa.

4.1.7. Geomorfologia Contemporânea: noções de escala e seus recortes têmporo-espaciais

A geomorfologia contemporânea prioriza a abordagem multiescalar (Cailleux e Tricart, 1965; Chorley, 1972; Gregory, 1992; Wolmam e Miller,1960; Kohler, 2001; Lehrmeister, 1985; Kugler, 1982; Rodrigues, 1997).

A noção de escala espaço-temporal é discutida com o objetivo de posicionar os fatos de caráter geomorfológico integrantes no mapeamento e auxiliar a compreensão do sistema geomórfico em níveis diferenciados de detalhe, relativizando a importância dos eventos e mostrando fatos pertinentes a cada ordem selecionada.

Cailleux e Tricart (1965) apud Rodrigues (1997) destacam a aplicação do conceito de escala na pesquisa sistemática das "zonas de descontinuidade tanto espacial como temporal".

Chorley (1972, apud Gregory, 1992) ao agrupar os caracteres na análise espacial, assinala "a rede, as distribuições contínuas, o fracionamento do espaço e os aspectos de simulação e a extensão a outros aspectos da paisagem física".

Quanto ao fracionamento espacial, o caráter escalar é notado nos sistemas e expressos pela reação às tensões neles existentes, desiguais e descontínuas, cuja derivação é a ocorrência maior ou menor de processos individuais ou em conjuntos, em arranjos especiais.

Baker (1986) enfatiza o interesse intelectual do pensamento multiescalar e ressalta que "o raciocínio multiescalar é um exercício mental instintivo para os cientistas".

Rodrigues (1997) aponta a ampliação das abordagens escalares e a maior interdisciplinaridade nos estudos pelo surgimento das linhas de pesquisa geomorfologia climática e cronologia da denudação.

Outra evidência na discussão de conteúdo escalar, é a abordagem de magnitude e freqüência, que aplicada em geomorfologia, a princípio por Wolmam e Miller (1960), denota uma mudança na percepção tomada a partir dos resultados da distribuição ao longo do tempo dos eventos deflagradores de processos geomórficos em que pondere relativamente suas magnitudes e freqüências.

Partindo-se do princípio segundo o qual, determinado volume (medida do espaço ocupado por um sólido) só pode ocupar determinado espaço, em determinado tempo, a alteração do tempo imprime a noção de movimento, que será responsável pela dinâmica e evolução deste volume. Este, por sua vez, depende da escala da observação espacial e temporal (Kohler, 2001).

A escala de estudo de um relevo irá determinar as estratégias e técnicas de abordagem da análise geomorfológica. Numa escala espacial pequena ultiliza-se, por exemplo, imagens de satélites, já numa escala grande faz-se uso das fotografias aéreas. A noção de escala é fundamental na cartografia geomorfológica (Lehrmeister, 1985).

Kugler (1982) salienta a importância da escala no mapeamento geomorfológico, em função da mudança de conteúdo. Estabelece os limites abaixo das escalas de 1:100.000 (grande escala); 1:500.000 (média escala) e 1:1.000.000 (pequena escala). Enquanto cartas de grande escala permitem mapear pequenos relevos, os mapas de pequena escala permitem mapear a base morfoestrutural e variações climatofaciais dos relevos de grandes espaços.

4.2. Procedimentos

Foram realizados levantamentos bibliográficos, cartográficos, de sensoriamento remoto e limnimétricos, privilegiando, em um primeiro momento, uma abordagem regional, na qual se contextualizou toda a bacia do rio Ribeira de Iguape. Foram efetuados levantamentos em distintas escalas: (I) 1:1.000.000 (geomorfológico - Ross & Moroz, 1997; geológicos - Brasil, 1983; e pedológico - Embrapa, 1999), e

(II) 1: 500.000 (geomorfológico - Ross, 1999; unidades ambientais do vale do Ribeira - Ross, 2001; e compartimentação climática - Gutjhar, 1993).

A compartimentação da planície fluvial com a identificação das morfologias fluviais obtida por fotointerpretação de fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico de 1962, do AFA-USP, na escala aproximada de 1: 25.000.

Na etapa de caracterização regional, foram efetuados levantamentos e aquisições de documentos cartográficos de pequena e média escalas: (a) geomorfológico (Ross & Moroz, 1997); (b) geológicos (Brasil, 1983); (c) pedológico (Embrapa, 1999), em escala 1:1.000.000; e (d) geomorfológico (Ross, 1999); (e) unidades ambientais da bacia do Ribeira de Iguape (Ross, 2001); (f) compartimentação climática (Gutjhar, 1993), em escala 1:500.000. Estes documentos foram considerados para contextualização geral da bacia.

Os levantamentos, aquisições e sistematizações de dados secundários permitiram que se entendesse o contexto regional da bacia e se chegasse ao recorte de maior escala (Setor ESB). Assim, enveredou-se para abordagem em escala grande, com produtos em escalas maiores ou iguais a 1:25.000.

Estabelecida a área de atuação, conforme explanado no item anterior, promoveu-se o levantamento e aquisição de material cartográfico e produtos de sensoriamento remoto de grande escala, utilizando-se fundamentalmente imagens de satélite e fotografias aéreas, além das bases cartográficas, todas em escalas compatíveis com a pesquisa.

As imagens de satélite utilizadas foram as 220/077 e 219/077, registradas pelo sensor ETM+/Landsat 7, datadas de 24/11/2000 e 26/09/1999, respectivamente. Tomou-se o cuidado em utilizar imagens de satélites obtidas em espaço de tempo não muito distantes e na mesma estação do ano.

Após ter sido definido o setor da planície fluvial do rio Ribeira de Iguape a ser estudado e, com a aquisição do material cartográfico e de sensoriamento remoto, criou-se condições para se levantar o primeiro dos três níveis da pesquisa geomorfológica de acordo com a concepção de Hart (1986), o nível descritivo da *morfologia* (ou morfológico-morfométrico).

Por meio deste procedimento, foi possível espacialização das morfologias fluviais, como: planície de inundação periódica anual, isolada, em cordões arenosos, diques

marginais, meandros abandonados de colmatagem incipiente, avançada e completa, bancos de solapamento, bancos em cordões arenosos atuais e sub-atuais, bancos internos ao canal, bem como três níveis de terraço.

Quanto à produção cartográfica, estes procedimentos culminaram na elaboração de uma legenda inédita, em conteúdos e em escolha de representações, simulação da dinâmica espacial das inundações, apresentando-se o que acontece em cada uma das 4 fases dos eventos extremos de inundação do tipo 4, bem como estimativa da quantidade de horas que cada morfologia fluvial fica submersa, estocando parte do excedente de água, através de uma ferramenta também inédita proposta nesta pesquisa, denominada aqui de TMPS (Tempo Médio Ponderado de Submersão), ou seja, o tempo médio ponderado em que cada morfologia fica submersa, levando-se em consideração o percentual de área ocupada por cada morfologia e o número de horas em que elas ficaram submersas durante evento de inundação do Tipo 4.

Os dados complementares do canal e da planície de inundação do rio Ribeira de Iguape foram elencados utilizando-se cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística (IBGE) na escala 1:50.000 e do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC/SP) na escala 1:10.000, que recobrem as áreas do canal, da planície fluvial e vales assimétricos.

Tendo-se realizado a caracterização mais regional, escolheu-se o Setor ESB para se analisar a hidromorfodinâmica local em função de condições e características peculiares, tais como: é o setor em que se inicia o curso inferior do rio Ribeira de Iguape, no qual ocorrem as inundações de alma magnitude; presença de extensa planície fluvial; ocupação humana significativa a partir deste ponto, mesmo que majoritariamente para fins agrícolas; o setor é compreendido entre dois postos fluviométricos, o que permite estudar o papel da planície de inundação no armazenamento e estocagem das vazões de pico, através de análises e sistematizações de dados registrados nos postos à montante e à jusante deste setor; e este setor apresenta interferências no tempo de resposta da bacia, em função da presença da serra de Paranapicaba, cuja geomorfologia da vertente atlântica propicia chuvas do tipo orográficas, cujos volumes rapidamente chegam no setor estudado pelos rios.

Decidiu-se seguir o tripé geomorfológico proposto por Hart (1986). O nível descritivo da *morfologia* foi obtido mediante fotointerpretação de fotografias aéreas na

escala 1:25.000, o que permitiu localizar e caracterizar a morfologia fluvial, tal como cordões arenosos atuais, bancos internos, planície de inundação periódica (anual, isolada - *backswamp*, cordões arenosos sub-atuais), diques marginais, meandros abandonados em distintas fases do processo de colmatação.

O nível descritivo dos materiais superficiais e solos (análise da distribuição espacial desses materiais e solos quanto à textura e granulometria) foi obtido durante as coletas desses materiais nos perfis de coleta. Como complemento a este segundo nível e a fim de se relacionar os processos recentes de inundação, foi feita descrição da distribuição espacial das espécies vegetais (indicativas de determinadas condições do ambiente), como indicadores de processos, foi obtido.

O nível analítico interpretativo dos processos hidromorfodinâmicos dos eventos de vazões extremas com inundação (hidrodinâmica das inundações em fases de extravasamento das margens plenas, enchimento, esvaziamento e secamento das margens plenas), viabilizada pela cartografia geomorfológica, mediante correlação espacial das unidades morfológicas com os outros níveis descritivos. Uma vez lançadas nos mapas e perfis esquemáticos, essas dinâmicas e os níveis ou setores que ocupa, será possível ir além, ou seja, também interpretar a estocagem desses setores morfológicos, ou melhor, as quantidades de água que ficam aí estocadas e por quanto tempo.

A caracterização hidrológica do rio Ribeira de Iguape no setor ESB se deu mediante consultas e sistematizações de dados das séries históricas dos postos fluviométricos de Eldorado (5F-001) e de Sete Barras (4F-015), do DAEE-SP. Inúmeros cálculos foram realizados no sentido de se analisar o Regime Hidrológico Anual e a caracterização hidrológica do rio Ribeira de Iguape. Todos os cálculos e suas respectivas equações foram colocados na apresentação dos resultados para melhor entendimento dos mesmos.

O entendimento da dinâmica da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape foi possível através de consultas e sistematizações de dados das séries históricas de 22 postos pluviométricos do DAEE-SP. A partir desta caracterização, seguiu-se a elaboração do Mapa de precipitação da Bacia, servindo como subsídio para compreensão do padrão chuva-vazão.

As duas caracterizações citadas anteriormente propiciaram conhecimento da dinâmica e magnitude dos eventos extremos (vazões de pico). Subsidiaram também a

compreensão da hidromorfodinâmica, obtida com o cruzamento de todas as caracterizações supracitadas.

A cartografia geomorfológica foi obtida com as correlações de todos os dados levantados com as morfologias fluviais foram, que foram identificadas por estereoscopia de 40 fotografias aéreas, adquiridas junto ao AFA-USP, cujo levantamento aerofotogramétrico foi efetuado pela empresa Cruzeiro do Sul, em escala 1:25.000, datadas de 1962.

As coletas dos materiais superficiais (sedimentos e solos) e suas análises em laboratório desenvolveram-se segundo metodologia da Embrapa (1997) e Machado (2002). Tais procedimentos subsidiaram correlacionar materiais e morfologia fluvial, tendo sido fundamentais para se articular esses resultados aos dados limnimétricos e se aventar os processos hidromorfodinãmicos, além da elaboração da Carta Geomorfológica da área estudada.

Coletou-se, por fim, material botânico em campo, que foi indentificada e posteriormente correlacionado às unidades morfológicas, a fim de se identificar as plantas que, na planície de inundação, são plantas-indicadoras de eventos recentes de inundação.

4.2.1. Escalas de análise e recortes da pesquisa

Em um primeiro momento, desenvolveu-se uma abordagem regional da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape (escala média de Kugler, 1982), uma vez que se fez levantamento de dados secundários e primários entre escalas de 1:100000 e 1:250000. Os levantamentos e sistematizações de dados secundários permitiram que se entendesse o contexto regional da bacia e se chegasse ao recorte de maior escala (setor ESB da planície fluvial do rio Ribeira de Iguape). Assim, seguiu-se para abordagem em escala grande, com produtos em escalas inferiores a 1:25.000.

Ainda no início das pesquisas do aluno na área, por ocasião da iniciação científica, ficou evidente o trecho mais propenso ao desenvolvimento de inundação é o curso inferior, trecho este compreendido entre Eldorado e a foz (Santana et al 2004a; 2004b). Para esta pesquisa, portanto, a área de interesse seria esta.

Os estudos de Santana et al (2004a; 2004b), reforçaram a compreensão de que os setores Eldorado-Sete Barras e Registro-Iguape são os recordistas em eventos de

extravasamento das margens plenas. Assim, seria bastante pertinente e necessária a realização de estudos de geomorfologia para se apontar tendências espaciais recentes destes processos de inundação, podendo subsidiar o plano de defesa civil para o Vale do Ribeira. Restava, neste momento, escolher qual dos dois setores ofereceria melhores condições para se tratar da geomorfologia dessa extensa planície.

Com a finalidade de se obter o contexto regional da bacia e se chegar ao setor escolhido, foi realizado levantamento e aquisição de: (I) material cartográfico (escala pequena à média); (II) dados fluviométricos e pluviométricos. Para se chegar ao nível descritivo da morfologia do setor, foram levantados produtos de sensoriamento remoto, utilizando-se fundamentalmente imagens de satélite e fotografias aéreas de grande escala (1:25.000, empresa Cruzeiro do Sul, 1962). Foi realizada fotointerpretação de fotografias aéreas com o objetivo de localizar e dimensionar as características da morfologia fluvial do setor estudado.

A escolha do Setor ESB se deu em função de algumas características que lhe são peculiares, conforme mencionou-se anteriormente:

- a planície fluvial ali tem elevado grau de preservação morfológica devido à preservação da própria bacia hidrográfica;

- o setor encontra-se em posição privilegiada, devido seu encaixe à montante em setor de canal sem planície desenvolvida e à jusante em setor de ampla planície de inundação. , está compreendida entre dois postos fluviométricos e o entorno possui onze postos pluviométricos, o que permite trabalhar com parâmetros hidrometeorológicos;

- segundo Rodrigues *et alli* (2008), este setor recebe grande volume de escoamento superficial procedente da Serra de Paranapiacaba;

- o setor possui características morfológicas que favorecem a ocorrência de grandes cheias, como planície extensa e bem desenvolvida de declividade praticamente nula. Assim, há maior tempo de permanência das águas, que encontram dificuldade de escoamento;

- marés excepcionais atuam no sentido de protelar a eficiência de sua descarga, exacerbando e prolongando as cheias do curso inferior do rio Ribeira de Iguape em até várias semanas (Santana et al, 2004a).

Neste sentido, passa-se da abordagem regional para a local. Conforme explanado no item anterior, o Setor ESB apresenta grande freqüência de extravasamento das margens plenas, além de resumir todas os pré-requisitos necessários para a pesquisa com o recorte de maior escala.

Decorrida esta fase e, após a seleção da área a ser contemplada pelos 4 perfis transversais, obteve-se condições de realizar o segundo nível da pesquisa geomorfológica (Hart, 1986), o nível descritivo dos materiais superficiais e solos, em duas campanhas. Foram escolhidas as áreas para os perfis transversais, que abrangeram distintas morfologias da planície fluvial, servindo para que se realize coleta e descrição dos materiais superficiais e de solos.

A descrição e análise de atributos dos materiais superficiais, de vegetação e de solos podem ajudar a revelar as dimensões dos processos hidromorfodinâmicos recentes, a exemplo da discriminação dos diversos níveis de colmatação; da consideração de fito-indicadores de ambientes com características hídricas peculiares; ou da discriminação de características estratigráficas como as granulometrias diferenciadas, que podem evidenciar certa competência do escoamento em carregar ou depositar este tipo de material, por exemplo).

As variações da vazão e da cota do N. A. do rio acabam por induzir ao retrabalhamento de sedimentos depositados, o que induz a modificação das morfologias fluviais. As morfologias mais elevadas da planície de inundação, por exemplo, recebem sedimentos associados às águas de extravasamento ou procedentes das vertentes adjacentes. Entretanto, estes estão sofrendo erosão mais acentuada que deposição. Já as morfologias mais baixas, no geral, sofrem maior retrabalhamento dos sedimentos.

Neste sentido, foram realizados levantamentos de registros de dados limnimétricos (cota do nível de água do rio e vazão) e de dados pluviométricos. Tais dados são disponibilizados pelo DAEE (http://www.daee.sp.gov.br/ hidrometeorologia/ index.htm). Os dados de vazão são disponibilizados em termos de média diária. Os de cota, são registrados às 7 horas e às 18h. Tomou-se o cuidado de selecionar dados de cota registrados às 7h em Eldorado (à montante do setor) e às 18h em Sete Barras (à jusante do setor). Os postos fluviométricos e pluviométricos utilizados são respectivamente, Eldorado (5F-001 e F5-007), Sete Barras (4F-015 e F4-015). Para

subsidiar a avaliação dos processos hidromorfodinâmicos de eventos de inundação, os dados levantados e tratados foram:

- Variação do nível de água (N.A.) do rio;
- Variação da vazão (débito);
- Comportamento do regime pluvial;
- Eventos extremos;
- Análises de magnitude e freqüência das cheias;
- Espacialização dos eventos, das áreas inundadas; e
- Freqüência das inundações.

O terceiro Nível da pesquisa geomorfológica de acordo com a concepção de Hart (1986), pode, então, ser alcançado, na medida em que essas análises foram correlacionadas aos compartimentos ou unidades morfológicas identificadas na cartografia, especialmente para elaborar hipóteses sobre tendências hidromorfodinâmicas da planície fluvial do Setor ESB.

Decorridos os dois níveis da pesquisa geomorfológica (Hart, 1986) explanados anteriormente, as sistematizações geradas com as análises do regime hidrológico, pluvial, análises pedo-estratigráficas e de material botânico foram correlacionadas e espacializadas às unidades morfológicas, na tentativa de se caracterizar os processos hidromorfodinâmicos do setor ESB.

4.2.2. Campo

Em estudos do meio físico, a metodologia de trabalho obedece a um roteiro praticamente consolidado, em que são contempladas atividades distintas, desde a coleta prévia de informações, sistematização e tabulação desses dados secundários, análises, interpretações e elaboração de documentos conclusivos. As etapas de campo também são úteis para a obtenção de informações de natureza primária e para a aferição e sitematização (no caso, fotointerpretação morfológica) de gabinete.

É conhecido o fato de que a descrição e análise de atributos dos materiais superficiais e de solos revelam as dimensões dos processos hidromorfodinâmicos recentes.

Em campo, foram realizados quatro tipos de trabalho: (*i*) o de aferição da morfologia fotointerpretada; (*ii*) aferição das altitudes relativas de cada unidade morfológica em relação à cota zero do rio; (*iii*) o levantamento de perfis topográficos e pedológico-sedimentológicos; e (*iv*) coleta de material botânico para identificação posterior, tendo em vista a função bio-indicador de eventos de inundação desse material.

A fotointerpertação propiciou, dentre outras coisas, a escolha das áreas dos perfis transversais. Tendo-se definido em gabinete, as possíveis áreas para os perfis, partiu-se para a coleta de materiais superficiais e de solo em distintas morfologias levantadas e fotointerpretadas.

A primeira campanha foi realizada no final do período das cheias, nos dias 20 e 21 de março de 2008. Prezou-se inicialmente a preparação e montagem da logística para o seguinte campo. Foi possível coletar materiais superficiais e levantamento do primeiro perfil transversal.

A segunda ocorreu em maio/2008, entre os dias 01 e 03, em que foram coletados materiais superficiais nos três perfis transversais restantes, bem como levantamento e coleta para análise dos tipos de plantas representativas de ambientes diversos e, por vezes, características, de determinada morfologia fluvial.

Vale ressaltar que a preferência por não ir à campo no auge da estação das cheias deu-se obviamente para se evitar possíveis transtornos ligados aos eventos de vazão de pico. Mesmo assim, neste segundo campo, foi possível observar a precipitação acumulada da ordem de 65 mm ao longo dos 3 dias[1] no baixo Ribeira. Este evento se intensificou durante a coleta do quarto perfil transversal, encharcando a *backswamp*, o que impediu a coleta completa ao longo do perfil.

Para as campanhas, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- trena;
- bússola;
- trado;
- pá;

[1] Consulta realizada no *site* da ANA, que apresenta os dados das Estações Hidrometeorológicas do Estado de São Paulo (http://hidroweb.ana.gov.br/ - 10/jun/2008).

- enxada;

- sacos de amostra;

- teodolito (manual, elaborado especialmente para esta pesquisa pelo aluno, segundo instruções de construção e recomendações no *site* do curso de Matemática do Departamento de Matemática Pura e Aplicada do Instituto de Matemática da UFRS http://mathematikos.psico.ufrgs.br/disciplinas/ufrgs/mat01039032/webfolios/grupo4/teodolito.htm - visitado em 10/fev/2008).

4.2.3. Amostras

Do ponto de vista hidromorfodinâmico, a planície fluvial tende a ser instável, pois nela ocorre acumulação de sedimentos, bem como retrabalhamento dos mesmos tanto por erosão lateral realizadas pelos meandros divagantes. Estes sedimentos, provenientes do arraste de outras áreas pela ação da água, decorrem dos processos de modificação do relevo. Os materiais superficiais removidos à montante são depositados à jusante, pelo transporte superficial realizado pela água em eventos intensos de chuva. A análise dos materiais superficiais e solos é importante para a pesquisa, pois através da descrição de suas características, é possível tecer hipóteses sobre o tipo de processo hidromorfodinâmico dominante.

No perfil transversal 1, foram coletadas 16, distribuídas em 5 pontos de coletas, efetuadas pelos métodos de quadrante, perfis de solo expostos e tradagem. O perfil transversal 2 propiciou tradagem em três pontos, rendendo 12 amostras. O perfil transversal 3 possibilitou três tradagens e 12 coletas. Em função do enchimento da *backswamp*, só foi possível fazer uma tradagem com 4 amostras. Portanto, no total, contou-se com 44 amostras de solo.

No Laboratório de Pedologia (DG-USP), foram analisados os aspectos texturais, a saber: a granulometria, umidade do solo, DMP, bem como sistematizadas as amostras que apresentaram matéria orgânica parcialmente decomposta, com alto teor de enxofre e de alumínio, devido à dissolução da gibsita. Este dado é importante porque evidencia que os ambientes dos quais elas foram retiradas são redutores, mal drenados, encharcados por longos períodos, impossibilitando a decomposição completa da matéria orgânica.

Parte II – Resultados e Interpretações

Introdução

Esta segunda parte da pesquisa possui 4 capítulos (Capítulos 5-9), sendo os três primeiros referentes aos resultados e o último à conclusão. No capítulo 5 estão presentes os resultados hidrometereológicos que possibilitaram entendimento da hidrodinâmica, os resultados. No capítulo 6 abordam-se os resultados referentes às análises texturais das amostras de materiais superficiais e de solos. O capítulo 7 apresenta a distribuição espacial de espécies vegetais na planície fluvial, enfocando-se aquelas que podem constituir-se enquanto bioindicadoras de ambiente e de dinâmica fluvial. No capítulo 8 apresenta-se a Carta Geomorfológica da Planície Fluvial Meândrica do Setor ESB do rio Ribeira de Iguape – SP, bem como se faz a leitura dela, empregando as correlações e sistematizações obtidas com os dois capítulos anteriores. Por fim, apresenta-se a conclusão.

Como resultado dos procedimentos e análises e sistematizações propostos na pesquisa, foi possível realizar:

- Caracterização da dinâmica hidrológica do rio Ribeira de Iguape, de seu regime hidrológico, magnitude e freqüência dos eventos extremos;
- Caracterização do regime pluviométrico na bacia hidrográfica;
- Caracterização das Unidades Morfológicas;
- Disposições espacial e estratigráfica do material superficial e de solo;
- Distribuição espacial de espécies vegetais bioindicadores de ambientes;
- Magnitude e freqüência dos tipos de eventos extremos de inundação;
- Participação relativa de cada unidade morfológica no amortecimento das vazões de pico;

Assim, foi possível obter de produtos que propiciaram a espacialização de processos hidromorfodinâmicos:

- Mapa de precipitação pluviométrica na Bacia do rio Ribeira de Iguape (Mapa 6);
- Mapa índice das fotografias aéreas utilizadas (Mapa 7);
- Carta Geomorfológica da Planície Fluvial Meândrica do Setor ESB do rio Ribeira de Iguape – SP (Mapa 8);
- *Detalhamentos* da Carta Geomorfológica da Planície Fluvial Meândrica do Setor ESB do rio Ribeira de Iguape – SP (Mapas 9 – 12);
- Simulação da Dinâmica Espacial das Inundações em Eventos Tipo 4.
    - Fase 1 – Transbordamento (Mapa 13);
    - Fase 2 – Enchimento (Mapa 14);
    - Fase 3 – Esvaziamento 1 (Mapa 15);
    - Fase 3 – Esvaziamento 2 (Mapa 16);
    - Fase 4 – Secamento (Mapa 17).

A seguir, são apresentados de forma mais detalhada esses resultados e caracterizações obtidos nesta pesquisa.

5. Caracterizações Hidrometeorológicos

5.1. Caracterização Hidrológica do rio Ribeira de Iguape no Setor ESB

Os rios apresentam a forma mais visível de escoamento da água, sendo parte integrante do ciclo hidrológico e são alimentados por águas superficiais e subterrâneas (Christofoletti, 1981). A vazão (débito) é a principal grandeza que caracteriza um rio, correspondendo à quantidade de água que passa através de uma seção transversal, por unidade de tempo. A unidade de medida mais utilizada para expressar a vazão é em metros cúbicos por segundo (m^3/s). As vazões também podem ser calculadas por meio da altura do nível da água pela margem em extravasamento, onde se mede a altura atingida pela água em relação a um datum ou nível de referência (DAEE, 1998) e geralmente é expressa em metros (m) ou em centímetros (cm).

As vazões que escoam em um curso fluvial oscilam no tempo e no espaço, segundo um pulso sazonal. É representada pela subida e descida das águas consideradas no decorrer de um ano civil (janeiro – dezembro) ou um ano hidrológico (ciclo de vazante-cheia-vazante) corresponde ao ***regime fluvial ou hidrológico.***

Como o regime das vazões é caracterizado pela variação do nível das águas, interessa para o seu conhecimento o estudo do comportamento das vazões diárias, médias, mínimas e máximas. A vazão média diária é a média aritmética das vazões medidas no decorrer do dia (o DAEE é o órgão que disponibiliza este tipo de dado no Estado). A distribuição das vazões diárias é importante para se identificar períodos sazonais.

Para cursos fluviais localizados em regiões de clima com estação bem definida, a identificação é bem mais prática e rápida. Entretanto, bacias hidrográficas estabelecidas em localidades climatologicamente híbridas (em diferentes climas), como é o caso do rio Ribeira de Iguape (subtropical – curso superior; tropical de altitude – curso superior e médio; e clima tropical – curso inferior), pode haver dificuldade na identificação dos períodos de cheia e estiagem.

Por este motivo é comumentemente utilizada a média das vazões diárias ocorrida em um mês, ou seja, a vazão média mensal como um indicador das características do ano hidrológico ou dos períodos sazonais da bacia hidrográfica revelada pela variabilidade dos meses ao longo do ano (Tucci, 1993). Isso pode, portanto, mascarar eventos extremos que também podem ocorrer em épocas de estiagens.

As vazões mínimas são consideradas de estiagem, sendo representadas pelos valores mais baixos da série histórica. No entanto, a vazão mínima mensal é o valor mais inferior de cada mês e não é necessariamente uma vazão correspondente a um período de estiagem. Geralmente a vazão mínima é aplicada para avaliação da demanda mínima que um rio pode oferecer.

As vazões de cheia diferem-se das vazões de pico, uma vez que a primeira não caracteriza, necessariamente, evento de inundação. O estado de margens plenas não é ultrapassado no caso, Já as vazões de pico incorrem em inundações e são de grande interesse para o estudo desses eventos, pois por ocasião delas, há extravasamento das águas do sistema do rio para o sistema planície de inundação (Christofoletti, 1981). Nesta pesquisa, separa-se, portanto, os termos “cheia” de “inundação”, seguindo-se o critério de Christofoletti (1981).

No intuito de se facilitar as análises do regime hidrológico anual da caracterização hidrológica do rio Ribeira de Iguape e de sua correspondente planície de inundação, seccionou-se o seu curso em 4 setores, quais são: Ribeira-Apiaí, Apiaí-Eldorado, Eldorado-Sete Barras e Sete barras-Registro (respectivamente, RiAp, ApEl, ESb, e SeRe). O de maior interesse nesta pesquisa é o setor ESB.

Para se caracterizar o comportamento do regime hidrológico anual do rio Ribeira de Iguape, em termos da variabilidade temporal sazonal dos débitos, bem como os tipos de regimes de fluxos mais representativos, dois foram os postos fluviométricos analisados. Foram realizados levantamentos dos registros de cota e vazão em toda a série histórica que ultrapassa 30 anos (1970 - 2004) de dois postos fluviométricos, sendo um em Eldorado (5F-001) e outro em Sete Barras (4F-015). Isso permitiu caracterizar:

- o regime hidrológico do Rio Ribeira de Iguape, de acordo com parâmetros como periodicidade, estacionariedade, freqüência, duração e intervalo de recorrência;
- Regime Hidrológico Anual (características sazonais), de acordo com parâmetros como mês, bi, tri e semestre de maiores e menores vazões e cotas do N. A. do rio; e
- Comparação entre Regimes Fluviométricos e Pluviométricos de alguns eventos de inundação.

Os Mapas 2 e 3 mostram a localização de postos fluviométricos e pluviométricos presentes na área de estudo.

Tanto o posto Eldorado (5F-001) quanto Sete Barras (4F-015) registram valores limnimétricos do curso fluvial Ribeira de Iguape, sendo que o primeiro encontra-se no município de Eldorado e antecede a planície fluvial extensa e bem desenvolvida e o segundo localiza-se em Sete Barras, no trecho inferior da extensa planície fluvial, localizando-se na margem esquerda, de morfologia íngreme.

A bacia hidrográfica até o posto Eldorado (5F-001) possui uma área de 14.582 Km^2. As coordenadas Geográficas do posto são: 24°31'00" de latitude sul e 48°06'45" de longitude oeste. A bacia hidrográfica até o posto Sete Barras (4F-015) possui uma

área de 15.292 km^2. As coordenadas Geográficas do posto são: 24°23'35" de latitude sul e 47°55'30" de longitude oeste.

Os dados disponíveis e consistentes de ambos os postos têm intersecção de 30 anos (1971-2001). Em Eldorado, o rio Ribeira de Iguape apresenta vazão histórica média de 262,14 m^3/s e cota histórica média de 1,94 m. Já em Sete Barras, a média histórica calculada é de 278,78 m^3/s e 1,51m (cálculos feitos ineditamente para esta pesquisa), conforme pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2. Média de dados Limnimétricos (Cota e Vazão) para os postos Eldorado (5F-001) e Sete Barras (4F-015) em 30 anos (1971 e 2001).

Posto	Limnimetria	Médias
Eldorado (5F-001)	Cota (m)	1,94
	Vazão (m^3/s)	262,74
Sete Barras (4F-015)	Cota (m)	1,51
	Vazão (m^3/s)	278,78

Para se obter os dados dos parâmetros hidrológicos constantes nesta pesquisa, foram realizados inúmeros cálculos. Os resultados mais relevantes são os das médias das máximas e mínimas mensais, bimestrais, trimestrais e semestrais, que evidenciam os períodos de maior e de menor vazão e cota, sendo apresentadas a seguir:

As médias Mensais, Bimestrais, Trimestrais e Semestrais de cotas e vazões são apresentadas na Tabela 3. Estas informações são pertinentes para se elaborar os tipos de usos do solo pertinentes em quais períodos. Por exemplo, estabelecimento determinadas culturas pouco resistentes à inundação nos meses e bimestres de maiores cotas e vazões poderão ser completamente perdidas durante um evento.

Tabela 3. Relação de médias máximas e mínimas Mensais, Bimestrais, Trimestrais e Semestrais de cotas e vazões para os postos Eldorado (5F-001) e Sete Barras (4F-015) em 30 anos (1971 e 2001).

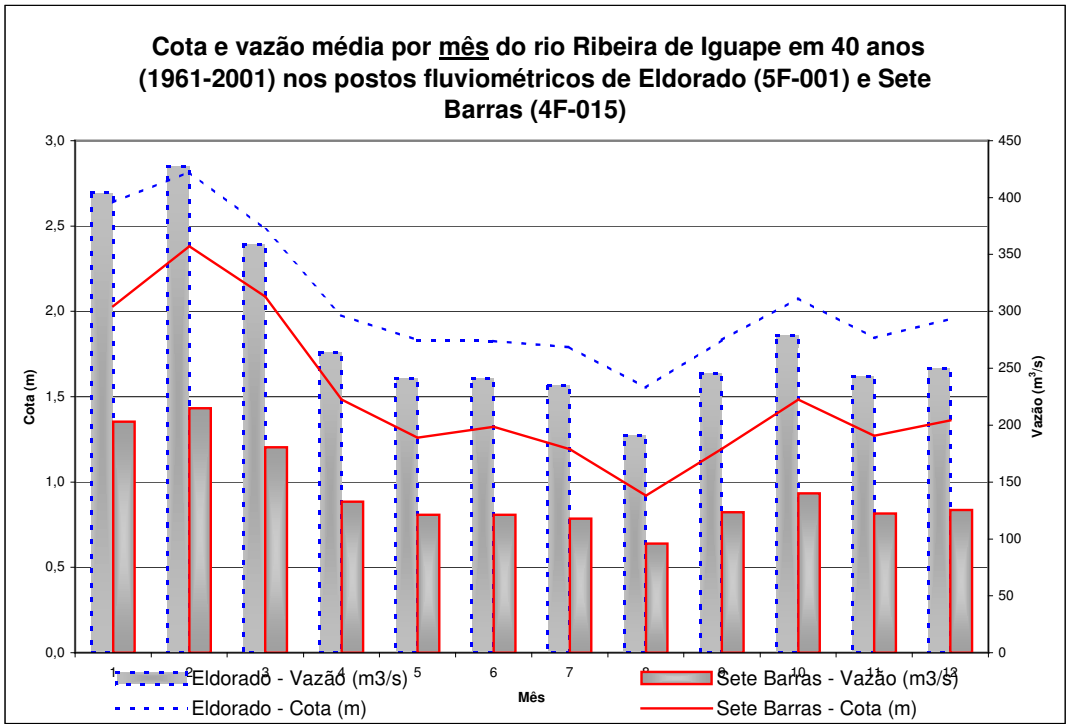
	Posto	Limnimetria	Mês	Valor	Bimestre	Valor	Trimestre	Valor	Semestre	Valor
Máxima	Eldorado (5F-001)	Cota (m)	Fev	2,82	J-F	2,73	J-F-M	2,64	Out-Mar	2,30
		Vazão (m^3/s)	Fev	427,41	J-F	415,73	J-F-M	396,79	Out-Mar	327,07
	Sete Barras (4F-015)	Cota (m)	Fev	2,38	J-F	2,23	J-F-M	2,77	Out-Mar	1,77
		Vazão (m^3/s)	Fev	214,89	J-F	208,97	J-F-M	199,48	Out-Mar	164,42
Mínima	Eldorado (5F-001)	Cota (m)	Ago	1,55	J-A	3,34	J-J-A	5,17	Abr-Set	10,81
		Vazão (m^3/s)	Ago	191,16	J-A	425,65	J-J-A	666,71	Abr-Set	1418,01
	Sete Barras (4F-015)	Cota (m)	Ago	0,92	J-A	2,11	J-A-S	3,31	Abr-Set	7,37
		Vazão (m^3/s)	Ago	96,04	J-A	213,88	J-J-A	335,07	Abr-Set	712,69

A Tabela 4 e o Gráfico 2 apresentam as Médias mensais de Cota do N. A. do rio e Vazão para Eldorado (5F-001) e Sete Barras (4F-015) entre 1971 e 2001.

Tabela 4. Média de Cota do N. A. do rio e Vazão para Eldorado (5F-001) e Sete Barras (4F-015) entre 1971 e 2001.

Mês / Local	Eldorado		Sete Barras	
	Cota (m)	Vazão (m3/s)	Cota (m)	Vazão (m3/s)
Janeiro	2,64	404,05	2,03	203,04
Fevereiro	2,82	427,41	2,38	214,89
Março	2,48	358,91	2,09	180,50
Abril	1,98	264,17	1,48	132,82
Maio	1,83	241,31	1,26	121,29
Junho	1,83	241,05	1,32	121,19
Julho	1,79	234,49	1,19	117,84
Agosto	1,55	191,16	0,92	96,04
Setembro	1,83	245,83	1,19	123,51
Outubro	2,08	278,92	1,48	140,20
Novembro	1,84	243,22	1,27	122,25
Dezembro	1,96	249,89	1,36	125,63

Gráfico 2. Regime hidrológico do Rio Ribeira de Iguape em 40 anos (1971-2001). Cota e vazão média por mês. Postos fluviométricos de Eldorado (5F-001) e Sete Barras (4F-015)



Como se pode notar, ao se observar a Tabela 4 e o Gráfico 2, fevereiro é o mês que apresenta os valores limnimétricos médios mais elevados, assim como Jan-Fev constitui o bimestre com as maiores máximas. J-F-M é o trimestre que apresenta a maior média dos valores limnimétricos. Out-Mar cujos valores limnimétricos foram os mais elevados (para ambos os postos).

As menores médias de valores limnimétricos mensais, bi, tri e semestrais ocorrem, respectivamente em Ago, J-A, J-J-A e Abr-Set (para ambos os postos).

Os Gráficos 2 à 5 apresentam a distribuição de cota e vazão médias por bimestre, trimestre e semestre.

Gráfico 3. Distribuição de cota e vazão médias por bimestre.

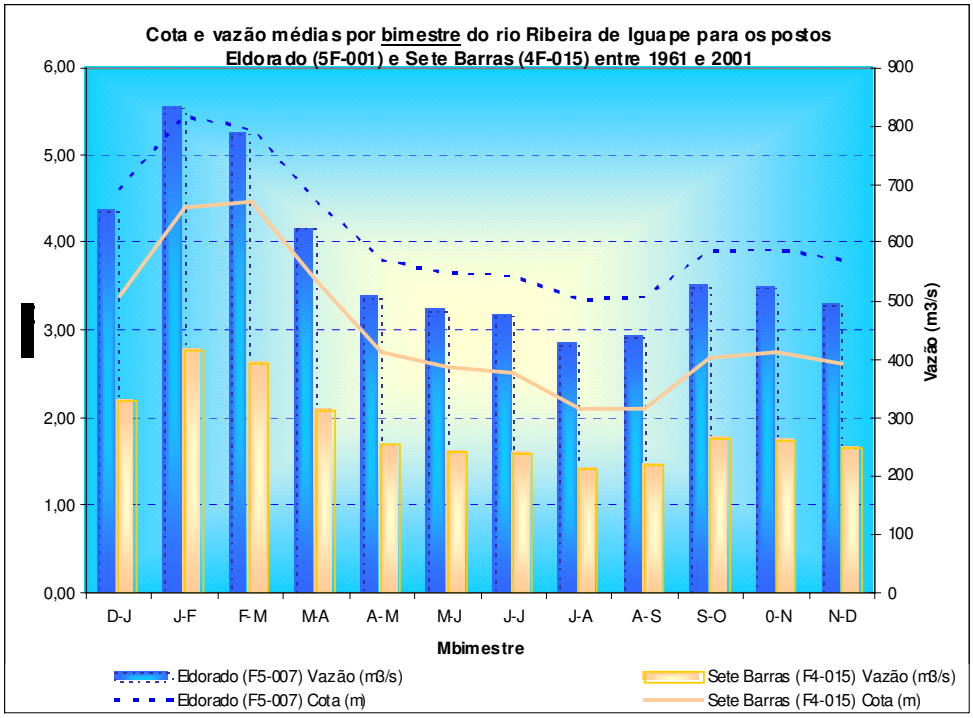


Gráfico 4. Distribuição de cota e vazão médias por trimestre.

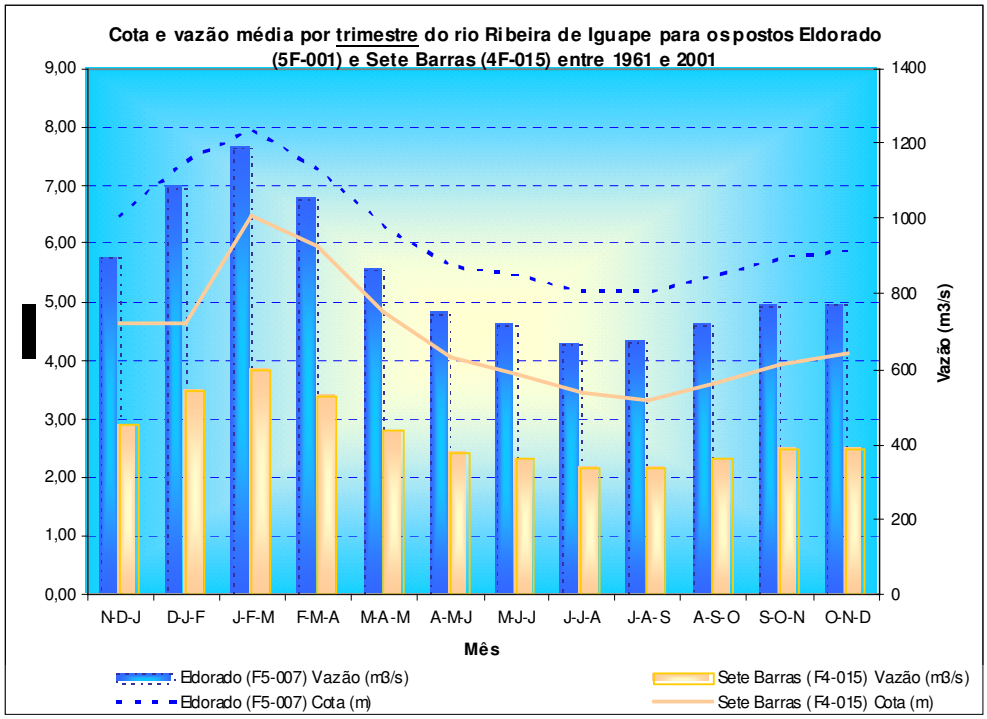
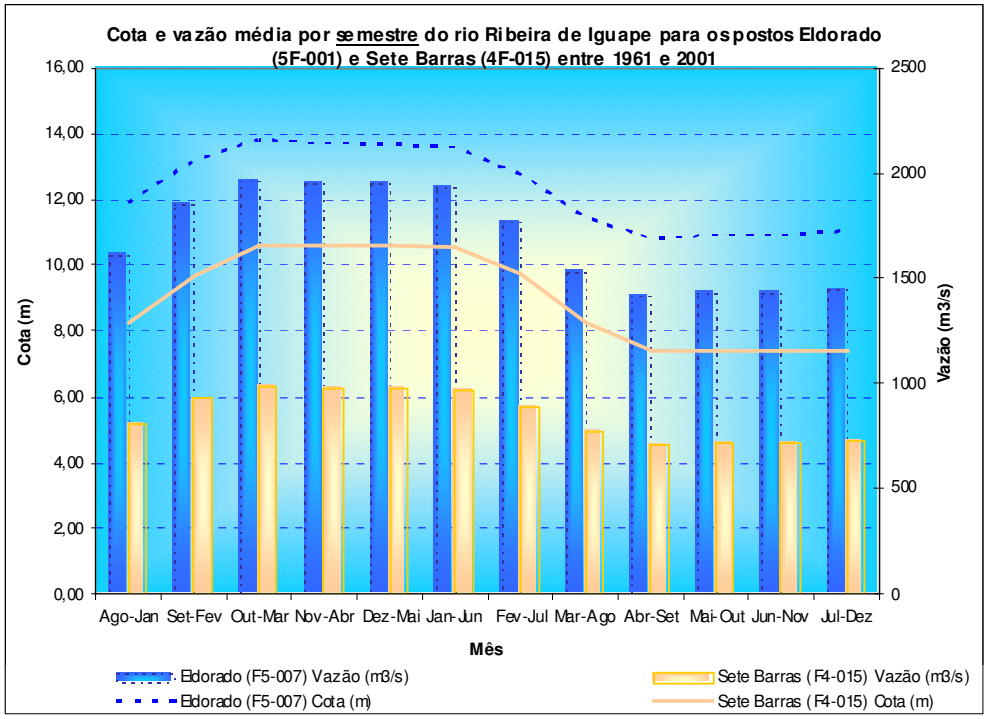


Gráfico 5. Distribuição de cota e vazão médias por semestre.



O rio Ribeira de Iguape apresenta as seguintes oscilações sazonais de cota e vazão: as médias mensais máximas de débito e cota ocorrem em fevereiro (Gráfico 2). O bimestre, trimestre e semestre de maiores registros de cota e vazão foram J-F, J-F-M e Out-Mar (Gráficos 2-5). Já o mês, bi, tri e semestre que apresentam menores valores limnimétricos são, respectivamente, agosto, Jul-Ago, J-J-A (só para cota em Sete Barras que é J-A-S) e Abr-Set (Gráficos 2-5).

5.2. Caracterização Pluviométrica: Médias Pluviométricas Histórica, Anuais e Mensais

É conhecido o fato de que o regime fluvial acompanha de perto o regime pluvial (Gutijahr, 1993). Porém, no caso específico do setor estudado, as Serras de Paranapiacaba, com rampa íngreme e que produz chuvas do tipo orográfica, esta correlação não é totalmente estabelecida. Dito de outra forma, o tempo de resposta da bacia sofre interferência pela Serra de Paranapicaba. Daí entendeu-se serem pertinentes elaborações mais detalhadas sobre o tempo de resposta da bacia no setor estudado, usando-se os dados secundários de Gutijahr (1993) como referência e consulta.

Do ponto de vista comparativo entre os regimes fluvial e fluvial, eles apresentam características semelhantes: os meses mais chuvosos correspondem aos que apresentam débitos mais volumosos e cotas mais elevadas. Em contrapartida, para os meses menos chuvosos, observamos débitos menos volumosos e cotas menores.

O ideal para se comparar o regime pluviométrico com o fluviométrico seria o estudo conjugado de postos fluviométrico e pluviométrico próximos um do outro. Assim, no município de Eldorado existem sete postos que estão sendo usados. O principal para esta pesquisa é o posto Eldorado (F5-007). Situa-se a uma altitude de 20 m. Suas coordenadas geográficas são: 24°31'S e 48°06'O. É o mais próximo do posto fluviométrico de mesmo nome (5F-001). O município de Sete Barras conta com seis postos pluviométricos, sendo que o mais consultado para os propósitos deste estudo é o Sete Barras (F4-015), por se tratar do mais próximo ao posto fluviométrico Sete Barras (4F-015). Está também a 20 m de altitude e suas coordenadas são 24°23'S e 47°56'O.

Os Gráficos 6 e 7 evidenciam precipitação Média Histórica (1971-2001) para ambos os postos pluviométricos. O Gráfico 8 mostra a comparação entre os dois anteriores. Os Gráficos 9 à 11 evidenciam os bimestres, trimestres e semestres mais e menos chuvosos.

Gráfico 6. Precipitação Média Histórica (1971-2001) para Eldorado (F5-007)

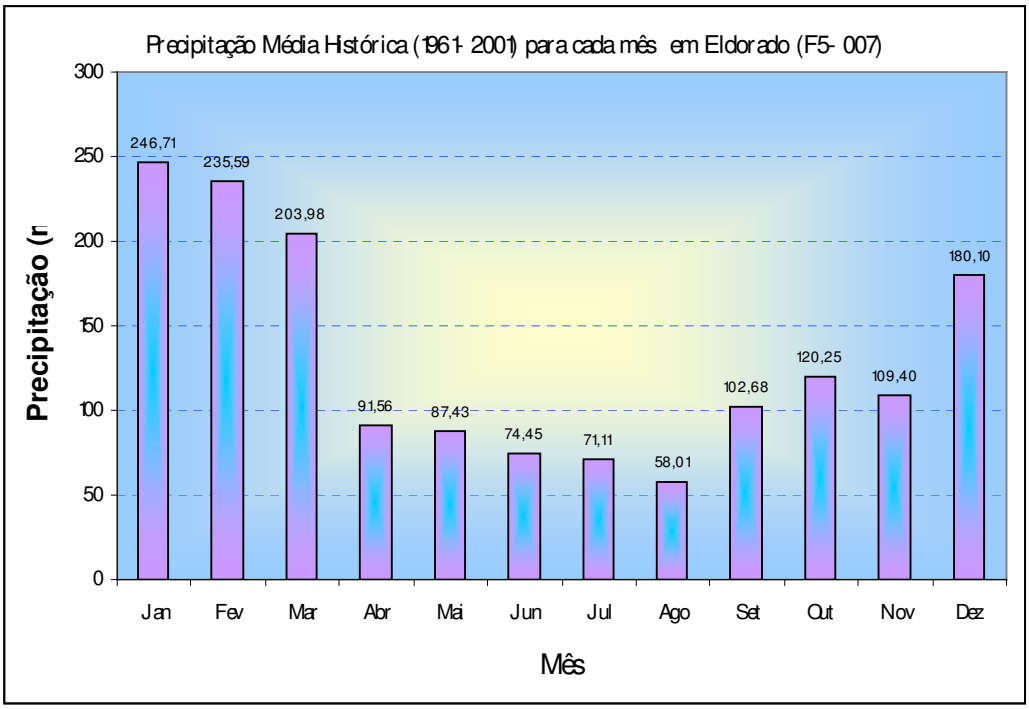


Gráfico 7. Precipitação Média Histórica (1971-2001) para Sete Barras (F4-015)

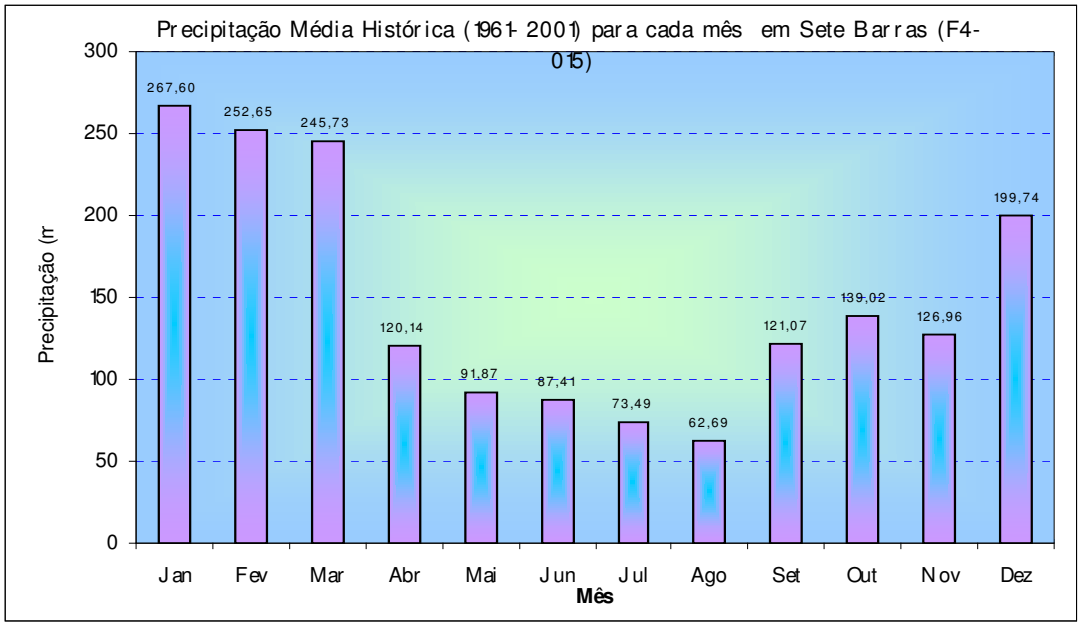


Gráfico 8. Comparação entre Precipitação Média Histórica Mensal em Sete Barras (F4-015) e em Eldorado (F5-007)

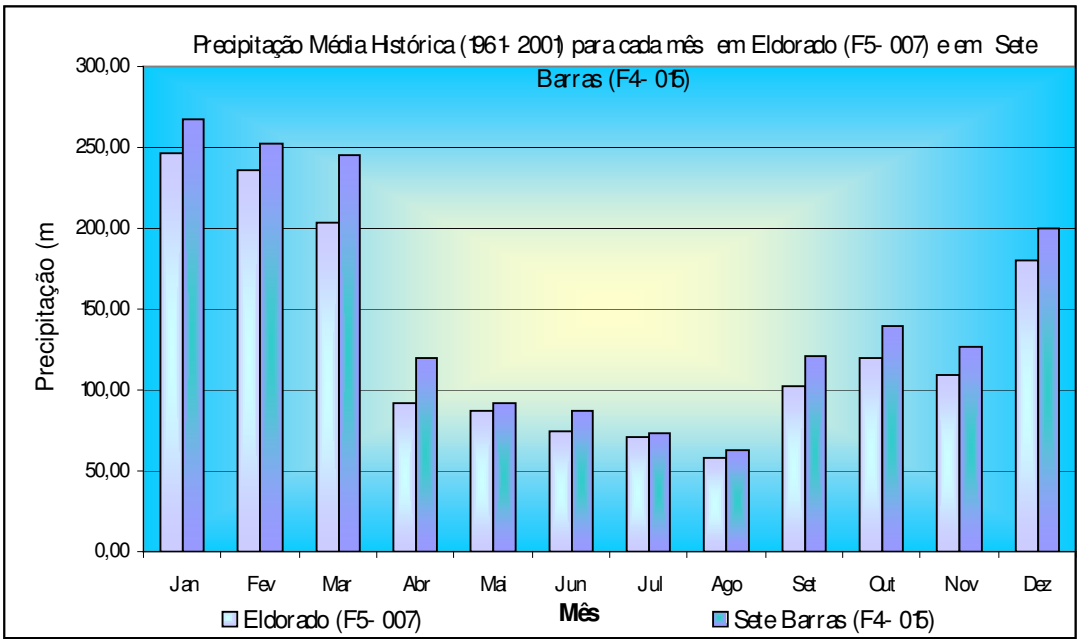


Gráfico 9. Comparação entre Precipitação Média Histórica Bimestral em Sete Barras (F4-015) e em Eldorado (F5-007)

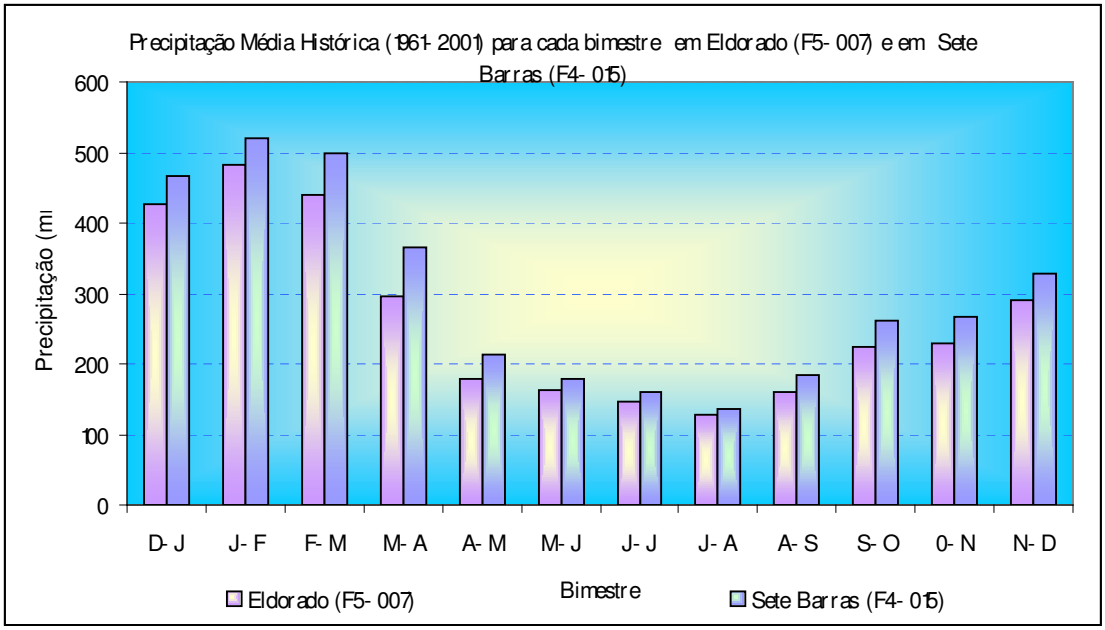


Gráfico 10. Comparação entre Precipitação Média Histórica Trimestre em Sete Barras (F4-015) e em Eldorado (F5-007)

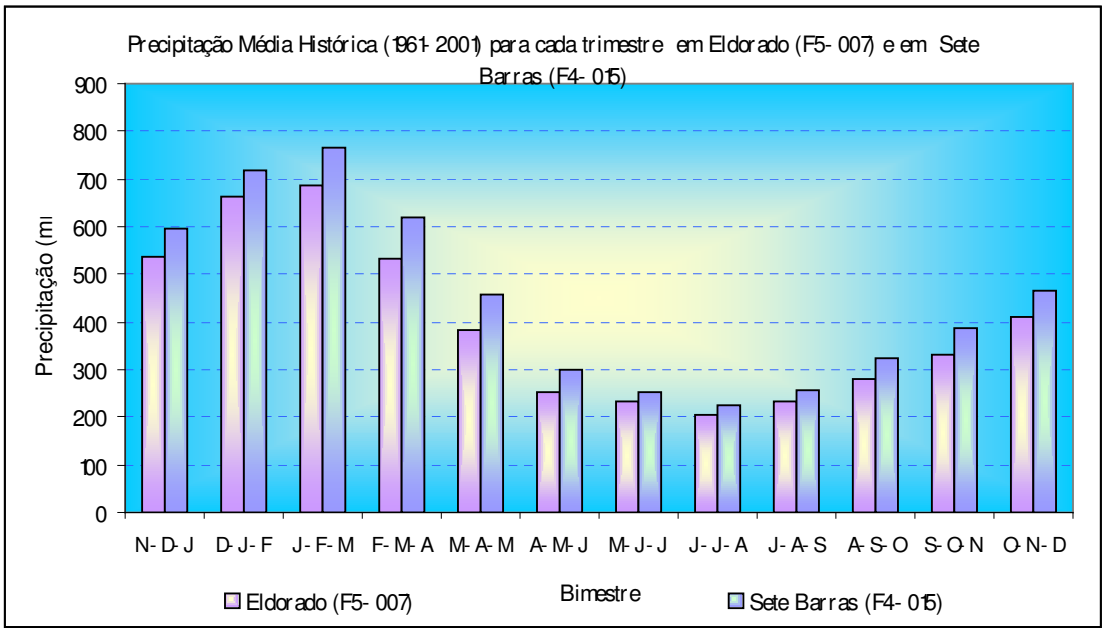
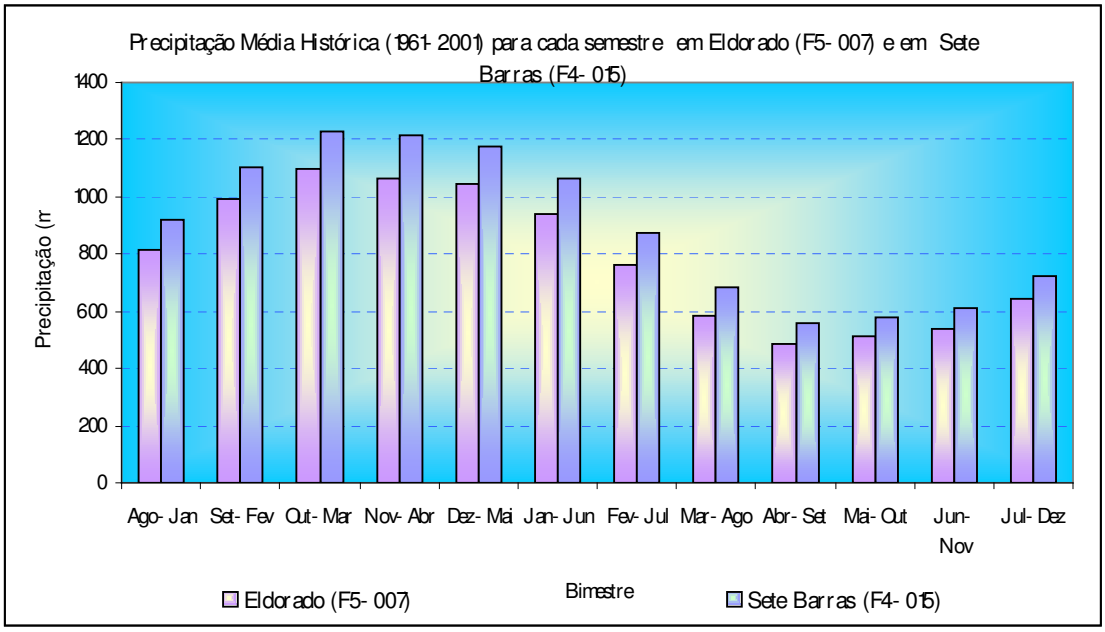


Gráfico 11. Comparação entre Precipitação Média Histórica Semestral em Sete Barras (F4-015) e em Eldorado (F5-007)



A média anual histórica calculada no período de intersecção de dados pluviométricos e fluviométricos (1971 à 2001) é de 1788,37 mm em Sete Barras (F4-015) e de 1608,13 mm em Eldorado (F5-007).

A relação dos meses, bimestres, trimestres e semestres mais e menos chuvosos para os postos Eldorado (F5-007) e Sete Barras (F4-015) em 30 anos (1971 e 2001) são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5. Relação dos meses, bimestres, trimestres e semestres mais e menos chuvosos para os postos Eldorado (F5-007) e Sete Barras (F4-015) em 30 anos (1971 e 2001).

Mais Chuvosos	Mês	Chuva (mm)	Bimestre	Chuva (mm)	Trimestre	Chuva (mm)	Semestre	Chuva (mm)
Eldorado (F5-007)	Jan	246,71	J-F	482,30	J-F-M	686,27	Out-Mar	1096,03
Sete Barras (F4-015)	Jan	267,60	J-F	520,25	J-F-M	765,98	Out-Mar	1231,70

Menos Chuvosos	Mês	Chuva (mm)	Bimestre	Chuva (mm)	Trimestre	Chuva (mm)	Semestre	Chuva (mm)
Eldorado (F5-007)	Ago	58,01	J-A	129,12	J-J-A	203,57	Abr-Set	485,24
Sete Barras (F4-015)	Ago	62,69	J-A	136,18	J-J-A	223,59	Abr-Set	556,68

Como se pode notar, o mês (Gráfico 6 - 8) mais chuvoso é o de janeiro. Em Eldorado foram registrados 246,71 mm e em Sete Barras foram precipitados 21,90 mm a mais que em Eldorado (267,60 mm). O bimestre (Gráfico 9) J-F constitui-se o mais chuvoso (482,30 e 520,25 mm, respectivamente). O trimestre (Gráfico 10) mais

chuvoso é o J-F-M (686,27 e 765,98 mm) e, o semestre (Gráfico 11) mais chuvoso é o Out-Mar (1096,03 e 1231,70 mm).

Sumarizando, o mês, o bimestre, o trimestre e o semestre mais chuvosos são, respectivamente, janeiro, Jan-Fev, J-F-M e Out-Mar. Já os menos chuvosos são, respectivamente, agosto, Jul-Ago, J-J-A e Agr-Set (Gráficos 6 - 11).

Vale ressaltar que esses dados são importantes para se realizar o planejamento físico-territorial desse setor, que possui oscilações sazonais dos valores limnimétricos e regime pluvial claramente estabelecido, sendo que o tempo de resposta da bacia sofre interferência no trecho mais à jusante deste setor em função das vertentes íngremes da Serra de Paranapiacaba.

5.3. Comparação e correlações entre o comportamento dos regimes Fluvial e Pluvial

Conforme dito anteriormente, em fevereiro são verificadas as máximas de valores limnimétricos. J-F, J-F-M e Out-Mar, respectivamente, são bimestre, trimestre e semestre com maiores registros de cota e vazão (Gráfico 3 à 5). O mês, o bimestre, o trimestre e o semestre que apresentam menores valores limnimétricos são, respectivamente, agosto, Jul-Ago, J-J-A (só para cota em Sete Barras que é J-A-S) e Abr-Set (Gráficos 1-5).

Na Tabela 6 é apresentada a comparação percentual de valores limnimétricos mais e menos elevados por mês, bi, tri e semestres.

De acordo com o observado na Tabela 6 e nos Gráficos 6 à 11, em ambos os postos, no mês de menores valores limnimétricos (agosto) são registrados para Eldorado e *Sete Barras*, respectivamente, 181,94 e 223,59% e *258,70 e 223,75%* a menos de vazão e de cota que o mês de maiores valores limnimétricos (fevereiro). Tal registro chega a 163,13 e 195,34% e *208,88 e 195,40%* de diferença entre o bimestre de maiores (J-F) e menores (J-A) valores limnimétricos. As diferenças de registros para o trimestre são de 153,47 e 178,60% e *196,30 e 178,60%* entre os que apresentam maiores (J-F-M) e menores (J-J-A) valores limnimétricos. As diferenças percentuais entre os semestres que registram os maiores (Out-Mar) e os menores (Abr-Set) valores limnimétricos, são 127,77 e 138,39% para Eldorado e *143,93 e 138,42% para Sete Barras*.

Tabela 6. Comparativa percentual de valores limnimétricos mais e menos elevados por mês, bi, tri e semestres (obs: o valor percentual refere-se ao quanto foi registrado a mais do valor limnimétrico no período mais chuvoso em relação ao menos chuvoso).

Posto	Limnimetria	Mês (%)	Bimestre (%)	Trimestre (%)	Semestre (%)
Eldorado (5F-001)	Cota (m)	181,94	163,13	153,47	127,77
	Vazão (m^3/s)	223,59	195,34	178,55	138,39
Sete Barras (4F-015)	Cota (m)	258,70	208,88	196,30	143,93
	Vazão (m^3/s)	223,75	195,40	178,60	138,42

No que se refere à precipitação, o mês, o bimestre, o trimestre e o semestre mais chuvosos são, respectivamente, janeiro, Jan-Fev, J-F-M e Out-Mar. Já os menos chuvosos são, respectivamente, agosto, Jul-Ago, J-J-A e Abr-Set (Tabela 5; Gráficos 6-11).

Note-se bem que os meses mais chuvosos são os de janeiro a março (Gráficos 6-8), bem como os que apresentam os maiores valores limnimétricos (Gráfico 2). Tal fato vai ao encontro da constatação presente em Gutjahr (1993), segundo a qual o comportamento fluvial orienta-se de forma paralela ao regime pluvial. O trimestre J-J-A apresenta-se como o de menores débito, cota e precipitação (Gráficos 6 e 8), o que corrobora com o anteriormente citado em Gutijahr (1993).

Na Tabela 7 é apresentada a comparação percentual de valores de precipitação mais e menos elevados por mês, bi, tri e semestres.

Tabela 7. Comparativa percentual de valores de precipitação mais e menos elevados por mês, bi, tri e semestres (obs: o valor percentual refere-se ao quanto foi registrado a mais de valor precipitado no período mais chuvoso em relação ao menos chuvoso).

Posto	Mês (%)	Bimestre (%)	Trimestre(%)	Semestre (%)
Eldorado (F5-007)	425,29	373,53	337,12	225,87
Sete Barras (F4-015)	426,82	382,02	342,57	221,26

No mês mais chuvoso (janeiro - Gráfico 6 - 8) é registrado cerca de 425,29% (Eldorado) e 426,82% (Sete Barras) mais precipitação que o menos chuvoso (agosto). O bimestre (Gráfico 9) mais chuvoso (J-F) registra 373,53% (Eldorado) e 342,57% (Sete Barras) mais precipitação que o menos chuvoso (J-A). O trimestre (Gráfico 10) e o semestre (Gráfico 11) mais chuvosos (J-F-M e Out-Abr) registraram, respectivamente, 337,12 e 225,87% (ambos para Eldorado) 342,57 e 221,26 (ambos para sete barras) mais chuva que os trimestres e semestres menos chuvosos (J-J-A e Abr-Set).

O primeiro trimestre do ano apresenta as mais elevadas taxas de precipitação, cota e vazão (Gráficos 2 e 8). Após o trimestre de maior vazão (J-F-M), com o início do outono, averigua-se uma tendência de queda das taxas de precipitação, cota e de vazão (Gráficos 4 e 10). Este comportamento é progressivo até agosto. Decorrido o trimestre de estiagem (J-J-A), com a primavera, verifica-se a tendência a elevação tanto das taxas de precipitação quanto de cota e vazão (Gráficos 4 e 10). Entretanto, tal comportamento é interrompido apenas em novembro para todas as taxas (Gráficos 1 e 8).

Para Eldorado, o mês (Tabelas 6 - 9 e Gráficos 6 - 8) mais chuvoso (janeiro) é registrado cerca de 430% mais precipitação e 181,94 e 223,59% maior elevação e volume de cota e débito que o menos chuvoso (agosto). O bimestre (Gráfico 9) mais chuvoso (J-F) registra 373,53% mais precipitação e 163,13 e 195,34% maior elevação e volume de cota e débito que o menos chuvoso (J-A). O trimestre (Gráfico 10) e o semestre (Gráfico 11) mais chuvosos (J-F-M e Out-Abr) registraram, respectivamente, 337,12 e 225,87% mais chuva e 181,94 e 223,59% maior elevação e volume de cota e débito que os trimestres e semestres menos chuvosos (J-J-A e Abr-Set).

Para Sete Barras, o mês (Tabelas 6 – 9 e Gráficos 6 - 8) mais chuvoso (janeiro) verificou-se cerca de 430% a mais de precipitação e *258,70% e 223,75%* a mais de elevação e volume de cota e débito que o menos chuvoso (agosto). O bimestre (Gráfico 9) mais chuvoso (J-F) registra 382,02% mais precipitação e *208,88 e 195,40*% maior elevação e volume de cota e débito que o menos chuvoso (J-A). Os trimestre (Gráfico 10) e semestre (Gráfico 11) mais chuvosos (J-F-M e Out-Abr) registraram, respectivamente, 342,57 e 221,26% mais chuva e *196,30 e 143,93 %* maior elevação da cota do N. A. do rio e *178,60 e 138,42%* maior intensificação da vazão que os trimestres e semestres menos chuvosos (J-A-S, J-J-A e Abr-Set).

5.4. Análise da Rede de Alerta Civil do DAEE a eventos de cheia no rio Ribeira de Iguape

A partir do levantamento e da análise de diversos dados limnimétricos e pluviométricos, comprovou-se o anteriormente citado em Gutjahr (1993): o tempo de resposta da bacia até Eldorado é bem característico, comportando-se conforme esperado na literatura. Entretanto, para Sete Barras este tempo de resposta da bacia sofre interferência em função da Serra de Paranapiacaba.

A partir desta comprovação, passou-se a explorar muito mais esse elemento no tratamento estatístico de correlação linear (linha de tendência) entre tais dados, analisando-se o comportamento dos mesmos. Vale ressaltar aqui que índice de correlação linear (R^2) varia de 0,0, para nenhuma correlação linear entre dois parâmetros até 0,99, para total correlação linear.

Após tratamento estatístico de correlação linear, verificou-se que o ano de 1996 foi considerado um ano hidrológico aproximado ao que é considerado ano hidrológico típico, se comparado com o padrão anual histórico do rio Ribeira de Iguape, tanto para Eldorado quanto para Sete Barras, uma vez que as médias mensais para o ano tiveram comportamento similar com o observado para a média histórica entre 1971 e 2001 (Tabelas 8 à 9 e Gráficos 12 à 22). Dessa forma, será analisado a seguir este ano hidrológico.

A seguir, são apresentadas as Tabelas 8 e 9 e o Gráfico 14, que evidenciam correlações existentes entre os dados de cota, vazão e precipitação médios históricos (1971-2001) e médios para 1996.

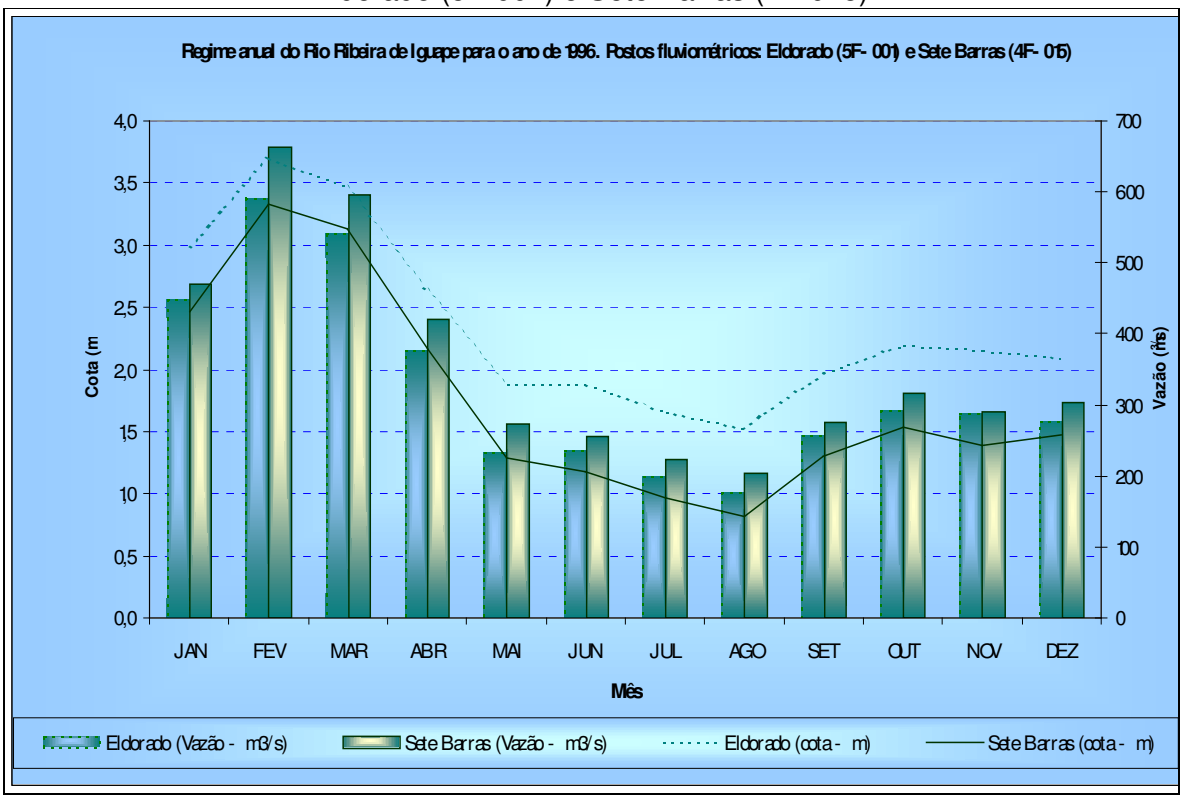
Tabela 8. Correlação entre os dados limnimétricos observados em cada ano o os observados na média histórica.

Ano	R^2	Ano	R^2	Ano	R^2	Ano	R^2
1961	0,84	1971	0,74	1981	0,9	1991	0,88
1962	0,76	1972	0,56	1982	0,78	1992	0,54
1963	0,84	1973	0,74	1983	0,34	1993	0,65
1964	0,78	1974	0,68	1984	0,45	1994	0,69
1965	0,65	1975	0,55	1985	0,78	1995	0,88
1966	0,54	1976	0,48	1986	0,69	1996	0,96
1967	0,87	1977	0,58	1987	0,58	1997	0,58
1968	0,58	1978	0,88	1988	0,59	1998	0,88
1969	0,69	1979	0,87	1989	0,87	1999	0,86
1970	0,58	1980	0,48	1990	0,89	2000	0,42

Tabela 9. Comparação entre Cota, vazão e precipitação médias mensais históricas e médias mensais para o ano de 1996. Rio Ribeira de Iguape em Eldorado (5F-001; F5-007) e Sete Barras (4F-015; F4-015).

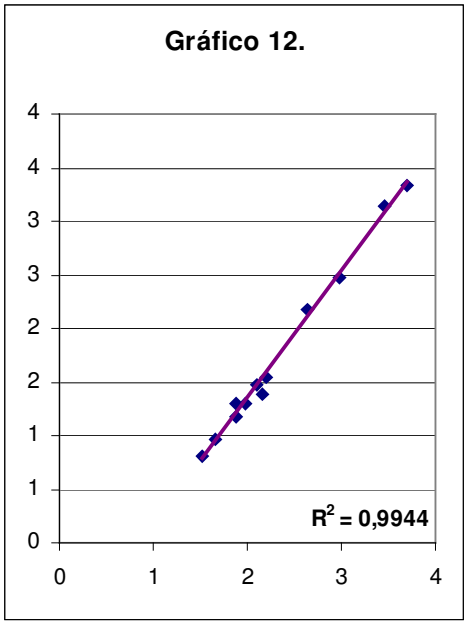
Mês \ Local	Média Histórica						Média para o ano de 1996					
	Eldorado			Sete Barras			Eldorado			Sete Barras		
	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm)	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm)	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm)	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Precipitação (mm)
Janeiro	2,64	404,05	246,71	2,03	217,60	267,60	2,98	449,34	247,10	2,47	469,62	249,30
Fevereiro	2,82	427,41	235,59	2,38	221,79	252,65	3,70	592,28	455,50	3,34	664,15	531,30
Março	2,48	358,91	203,98	2,09	188,33	245,73	3,47	541,13	223,90	3,14	596,74	306,20
Abril	1,98	264,17	91,56	1,48	119,07	120,14	2,63	377,19	120,70	2,17	420,32	169,90
Maio	1,83	241,31	87,43	1,26	110,00	91,87	1,88	235,01	42,30	1,29	273,29	34,10
Junho	1,83	241,05	74,45	1,32	105,61	87,41	1,88	235,24	101,50	1,18	255,84	105,10
Julho	1,79	234,49	71,11	1,19	102,26	73,49	1,66	199,95	43,70	0,96	224,15	53,40
Agosto	1,55	191,16	58,01	0,92	83,36	62,69	1,53	177,57	50,80	0,81	203,13	65,90
Setembro	1,83	245,83	102,68	1,19	116,57	121,07	1,97	258,88	115,30	1,30	275,10	202,00
Outubro	2,08	278,92	120,25	1,48	133,55	139,02	2,19	291,74	127,10	1,54	315,99	213,80
Novembro	1,84	243,22	109,40	1,27	117,97	126,96	2,15	287,20	63,20	1,38	290,91	38,40
Dezembro	1,96	249,89	180,10	1,36	143,78	199,74	2,09	276,92	297,20	1,48	304,20	360,40

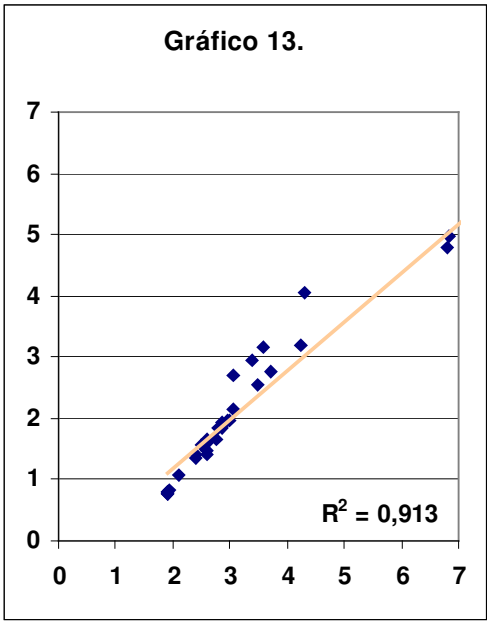
Gráfico 14. Regime anual do Rio Ribeira de Iguape para o ano de 1996. Postos fluviométricos: Eldorado (5F-001) e Sete Barras (4F-015).



Note-se bem que o ano de 1996 apresenta maior correlação com dados limnimétricos históricos. Já os anos de 1983, 1984 e 1997 apresentaram menor correlação, uma vez que os meses de estio foram atipicamente chuvosos. Em função da semelhança entre o comportamento do regime hidrológico anual para 1996 com o comportamento médio histórico, dados referentes a este ano foram estudados e sistematizados, como se verá mais adiante.

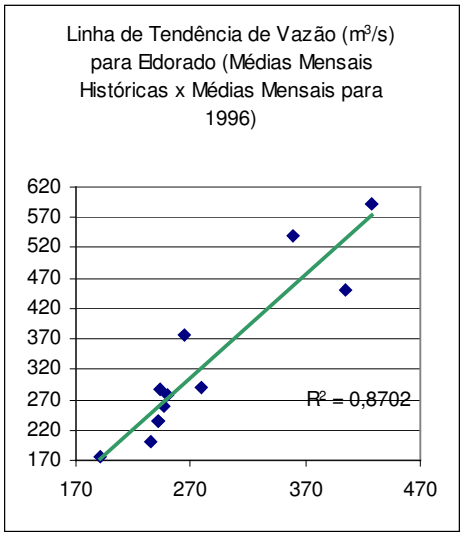
Gráficos 12. Correlação de dados de Cota (m) do N. A do rio de Eldorado (obtidos às 7h) com dados de Cota (m) do N. A do rio de Eldorado (obtidos às 18) para o ano de 1996.
Gráficos 13. Correlação de dados de Cota (m) do N. A do rio de Eldorado com dados de Cota (m) do N. A do rio de Eldorado (Ambos registrados às 7h)

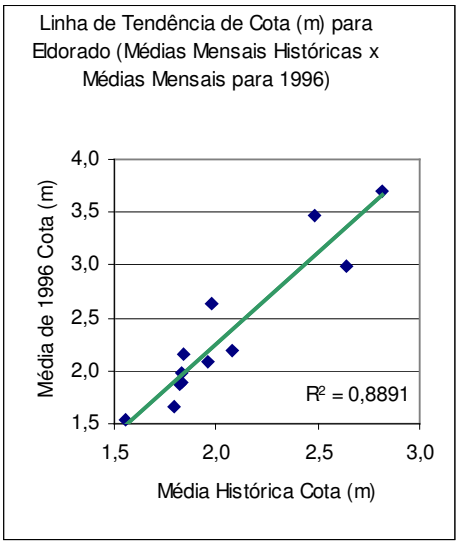




Analisando-se comparativamente a Tabela 8 e os Gráficos 12 e 13, percebe-se que há significativa correlação entre os registros de cada mês em 1996 e os registros limnimétricos históricos de cada mês no período 1971-2001.

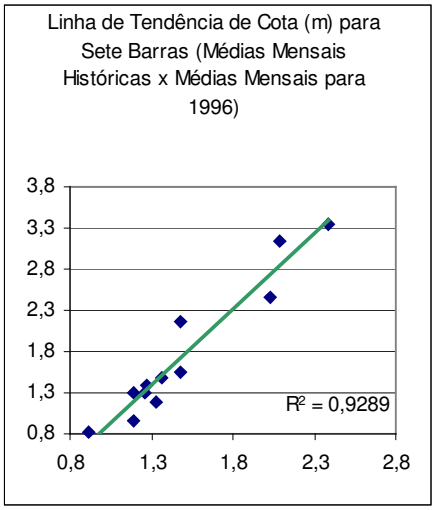
Gráficos 15 e 16. Linhas de Tendência de Cota (m) e Vazão (m^3/s) para Eldorado (Médias Mensais Históricas x Médias Mensais para 1996).

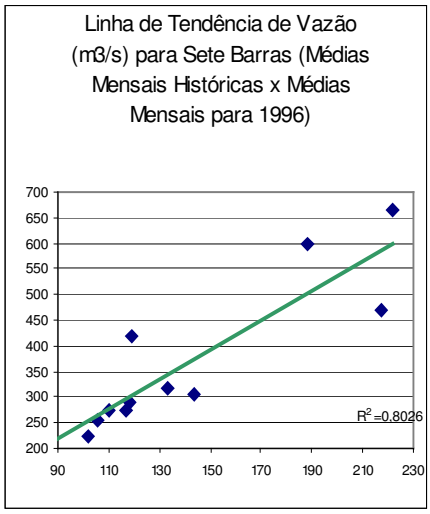




Os índices de correlação para ambos os valores limnimétricos entre as médias históricas e as médias de 1996 para Eldorado superam 0,87, sendo considerado um valor elevado.

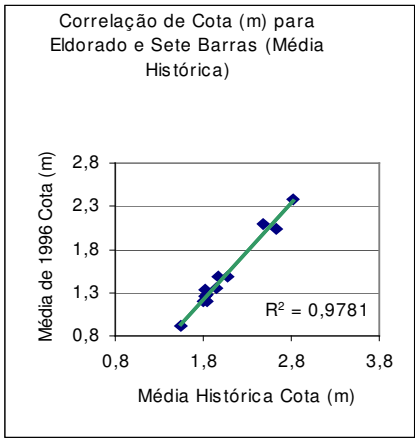
Gráfico 17 e 18. Linhas de Tendência de Cota (m) e Vazão (m^3/s) para Sete Barras (Médias Mensais Históricas x Médias Mensais para 1996).





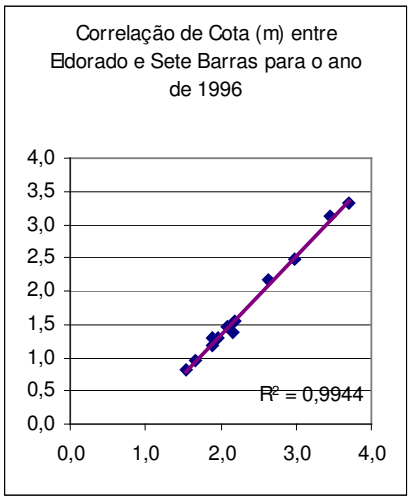
Os índices de correlação para ambos os valores limnimétricos entre as médias históricas e as de 1996 para Sete Barras ficam entre 0,80 e 0,92.

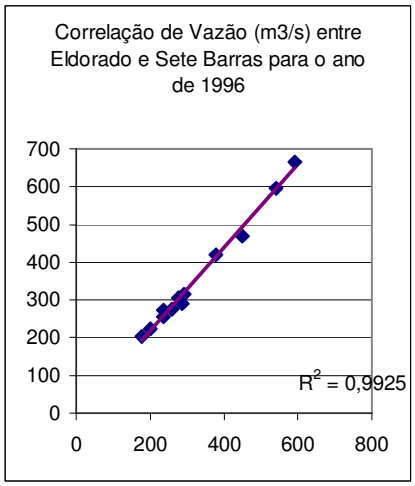
Gráfico 19 e 20. Correlação de Cota (m) e Vazão (m^3/s) para Eldorado e Sete Barras (Média Histórica).



Note-se bem que há grande correlação (0,96 e 0,97) entre os valores limnimétricos observados em ambos os postos.

Gráficos 21 e 22. Correlação de Cota (m) e Vazão (m^3/s) entre Eldorado e Sete Barras para o ano de 1996.





Está é a correlação maior observada, pois há grande correlação (0,99) entre os valores limnimétricos observados em ambos os postos no ano de 1996, evidenciando que, embora a Serra de Paranapiacaba cause ruídos no tempo de resposta da bacia, este ano tal fato não interferiu muito.

A Tabela 10 apresenta as informações da Rede de Alerta operada na bacia do Ribeira segundo o DAEE, sobre as condições das inundações em cada local de monitoramento, incluindo o Setor ESB.

Tabela 10. Rede de Alerta de Alguns municípios do Vale do Ribeira (DAEE, 1998).

		ESTADO			
Local	Indicador	Normal	Atenção	Alerta	Emergência
Iporanga	Cota (m)	< 4	4 a 5	5 a 6	>6
	Vazão (m^3/s)	< 1060	1060 a 1400	1400 a 1750	>1750
Eldorado	Cota (m)	< 5	5 a 6	6 a 7,5	> 7,5
	Vazão (m^3/s)	< 900	900 a 1160	1160 a 1580	>1580
Sete Barras	Cota (m)	< 2	2 a 2,6	2,6 a 3	>3
	Vazão (m^3/s)	< 370	370 a 470	470 a 540	> 540
Registro	Cota (m)	< 3	3 a 3,5	3,5 a 4	>4
	Vazão (m^3/s)	< 870	870 a 1000	1000 a 1120	>1120

Baseando-se na bibliografia disponível no CTH-USP, juntamente com informações obtidas via telefônica junto a engenheira Seico Ono, do DAEE, além obviamente dos resultados obtidos nesta pesquisa (e que inclusive serão elencados em capítulos posteriores), foi possível correlacionar os conceitos hidrológicos também utilizados pelo DAEE à Rede de Alerta Morfológicos à Inundações, inédito e etapa fundamental desta

pesquisa. Entretanto, conforme dito anteriormente, neste capítulo, será explorada apenas a Rede de Alerta Civil do DAEE à inundações. Já a Rede de Alerta Morfológicos à Inundações será explorada apenas no capítulo 7.

Os conceitos do DAEE sobre normalidade, cheia e estados (normal a emergência) para Sete Barras são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Descrição de conceitos sobre a Rede de Alerta de alguns municípios do Vale do Ribeira, associando dados apenas hidrológicos do DAEE com os Morfológicos.

Conceito		Descrição
Normalidade		estado caracterizado por indicadores cota e vazão em estado 'normal'. O perímetro molhado limita-se ao leito menor. Wolman e Leopold (1957) definiram a vazão de margens plenas pela primeira vez como a descarga restrita ao canal fluvial (leito menor segundo Tricart, 1965) sem extravasar em direção à planície aluvial ativa. Christofoletti (1981), indo ao encontro com a definição acima, entende vazão de margens plenas como a vazão que preenche exatamente o leito menor do canal fluvial, acima da qual ocorrerá transbordamento para a planície de inundação.
Cheia		Os canais fluviais apresentam cheias anuais, associadas ao regime climático na bacia hidrográfica. As cheias referem-se às maiores vazões diárias ocorridas em cada ano, independente do fato de causarem ou não inundação.
Estado	Normal	este estado significa que os níveis de cota e vazão estão abaixo do estado de atenção, a partir do qual se caracteriza início de evento de cheia.
	Atenção	É aquele débito em elevação que preenche na medida justa o canal (Christofoletti, 1981 e Wolman & Leopold, 1957). Os bancos de solapamento, os bancos internos e os cordões arenosos atuais são submergidos.
	Alerta	Inundação de recorrência anual, ocorrendo extravasamento em direção às partes mais rebaixadas da planície aluvial ativa, como as planícies periódicas de inundação, o terraço mais baixo, as back swamps e os meandros abandonados.
	Emergência	Inundação Excepcional. Constitui-se em um processo de espraiamento das águas acima do nível de margens plenas, quando o fluxo é superior à capacidade de descarga do canal (Wolman & Leopold, 1957). Todos os terraços são tomados ao menos parcialmente.

A Rede de Alerta à inundações em Eldorado não pode ser relacionada às morfologias, pois esta rede proposta pelo DAEE é apenas hidrológica. Como a parte urbana da cidade está em terraços elevados ou na vertente, a água teria que subir

muito para inundar a cidade. Por exemplo, quando é acionado o estado de “atenção” em Eldorado, cidade que está implatada em partes nos terraços elevados e nas vertentes, bairros rurais mais à jusante e em morfologias mais baixas já estariam submersos (ou em estado de “emergência”). Com isso, a rede de alerta de inundações para Eldorado (cidade) perde sentido, o Estado de “atenção” nesta cidade corresponderia à inundação de vastas áreas baixas[2].

Em Sete Barras, o estado 'Normal' é o estado caracterizado por indicadores cota e vazão respectivamente, 370 m^3/s e 2 m (Tabela 10). Para este estado, o perímetro molhado limita-se ao sistema canal (Wolman e Leopold, 1957; Tricart, 1965) sem extravasar em direção à planície aluvial ativa. Christofoletti (1981), indo ao encontro com a definição acima, entende este tipo de vazão como a vazão que preenche exatamente o leito menor do canal fluvial, acima da qual ocorrerá transbordamento para a planície de inundação.

Cotas entre 2 e 2,6 m e vazão entre 370 e 470 m^3/s imprime o estado de 'atenção', segundo o qual a cota do N. A. do rio fica em progressiva elevação, observado ainda limitado ao canal fluvial (Christofoletti, 1981 e Wolman & Leopold, 1957), podendo haver extravasamento para os cordões arenosos sub-atuais e certamente para os atuais e os bancos internos.

Cota compreendida entre 2,6 a 3 m e vazão entre 470 e 540 m^3/s caracterizam o estado de 'alerta'. Trata-se daquele débito em elevação que incorre em extravasamento em direção às partes mais rebaixadas da planície aluvial ativa (Christofoletti, 1981 e Wolman & Leopold, 1957).

Por fim, acima de 3 m de cota e dos 540 m^3/s de débito, rio Ribeira de Iguape, em Sete Barras, entra para o Estado de Emergência, acometendo todas as morfologias fluviais, ao menos parcialmente. Constitui-se em um processo de espraiamento das águas acima do nível de margens plenas, quando o fluxo é superior à capacidade de descarga do canal (Wolman & Leopold, 1957). Como muitas áreas urbanizadas do município de Eldorado (e de Sete Barras) estão nestas feições morfológicas, tais áreas são assoladas pelos eventos de inundação (Tabela 10).

Vale ressaltar que este sistema de alerta foi proposto pelo DAEE e que não é a rede de alerta morfológica à inundação, que será proposto mais adiante.

5.5. Ocorrência de eventos extremos de Inundação no Setor ESB-SP

[2] Em função disto, mais adiante será proposta a Rede de Alerta Morfológica a inundações, nivelando-se todas as áreas possíveis de serem inundadas mediante determinadas vazão e cota.

Os eventos de precipitação intensa repercutem de forma diferenciada na bacia em função de sua condição prévia. Se a bacia já foi submetida a um evento de precipitação, mesmo que não intenso, o solo pode apresentar-se encharcado. O escoamento superficial será muito mais significativo neste caso comparativamente a como ele se daria em condições de estiagem ou de um razoável período sem chuvas.

Assim, após um período seco, determinado volume de precipitação pluviométrica pode não representar conseqüente inundação, enquanto que o mesmo volume sobre a bacia há pouco acometida por evento de precipitação pode desenvolver inundações de grande magnitude.

No que se refere à ocorrência de eventos extremos, durante o período entre 1971 e 2001, por 20 vezes simultaneamente nos postos de Eldorado e de Sete Barras foi registrado o estado de 'emergência', o que corresponderia à ultrapassagem do estágio de margens plenas. Significa dizer que a cada um ano e meio, nos 30 anos, ocorreu inundação de grande proporção concomitantemente em ambos os municípios. Tal cifra (período de retorno, intervalo de recorrência ou *'Ir'* de 1,5 ano), vai ao encontro com o Intervalo de Recorrência citado por Christofoletti (1981), quando afirma que, "ultrapassando o estágio de margens plenas, considerado como sendo igual ao débito de 1,58 anos de intervalo de recorrência, as águas espraiam-se na planície de inundação".

Por 31 vezes foram registrados estados de 'alerta' em Eldorado concomitantemente ao estado de 'emergência' em Sete Barras. No total, por 174 vezes o estado de 'emergência' foi acionado em Sete Barras.

Para esta pesquisa, inúmeros gráficos foram elaborados para os eventos simultâneos de 'emergência' em Eldorado e Sete Barras, bem como para eventos em estado de 'alerta' em Eldorado e 'emergência' em Sete Barras. A seguir, é apresentado um exemplo da descrição inicial de eventos.

Os Gráficos 23 à 27 tratam de eventos ocorridos em ambos os municípios no ano de 1998, no qual, segundo a Defesa Civil, as inundações deixaram mais de 20 mil desabrigados em todo o Curso inferior do Ribeira de Iguape.

Em Eldorado (Gráfico 23), no dia 8 de setembro observou-se evento de enchimento, com auge no dia 9 e esvaziamento a partir de então até o dia 13 (nenhum valor limnimétrico, entretanto, saiu do estado 'normal'. Ocorreu, então, cheia e não inundações, de acordo com Christofoletti, 1981). Oscilações menores ocorreram entre

os dias 14 e 19. No dia 20, iniciou-se novo enchimento, sendo um evento significativo, no qual a cota atingiu 6,88 metros (21/09). Ainda assim, não foi atingido o estado de 'emergência' em Eldorado, mas em Sete Barras, sim (Gráfico 24). O esvaziamento se deu entre 22 e 28, quando novo enchimento se estabeleceu, adentrando ao mês de outubro, com vazões de pico chegando até 1676 m3/s e cota atingindo 7,95 m.

Gráfico 23. Comportamento da cota (m) do N. A. do rio e da vazão (m^3/s) em setembro de 1998 para Eldorado.

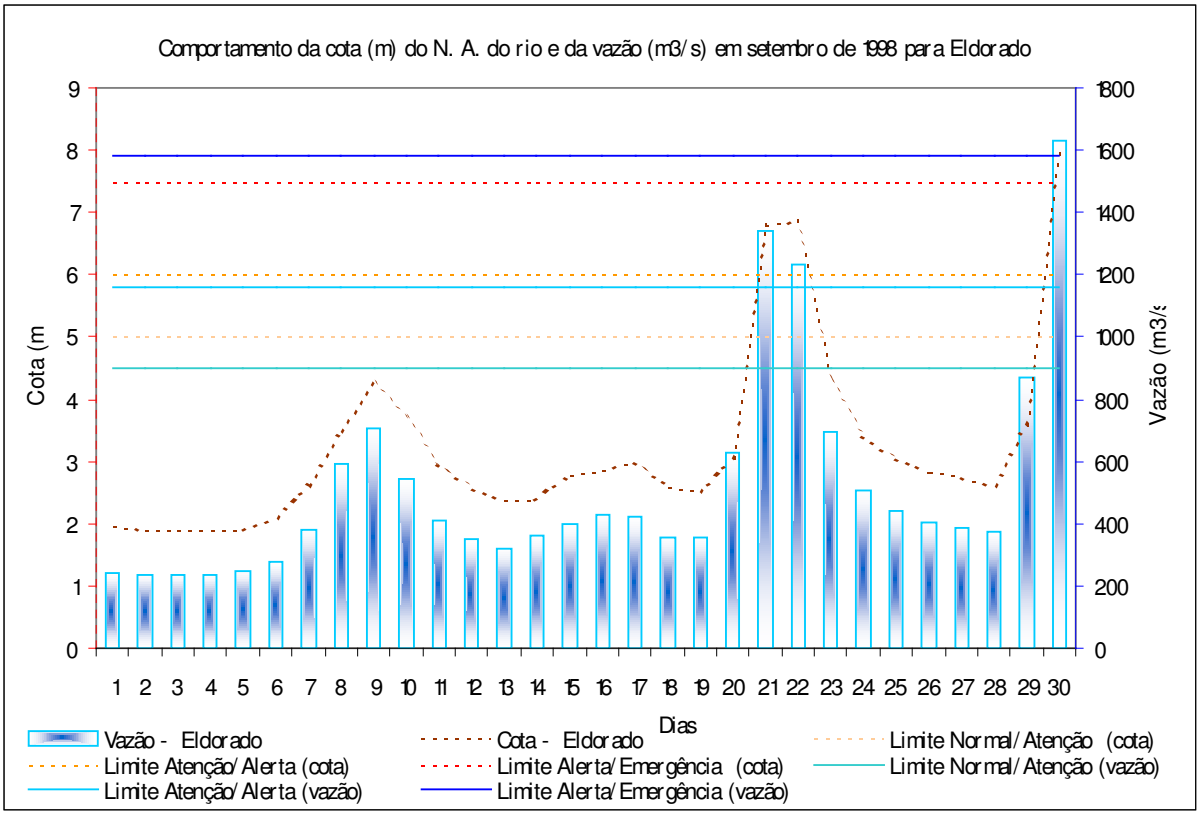
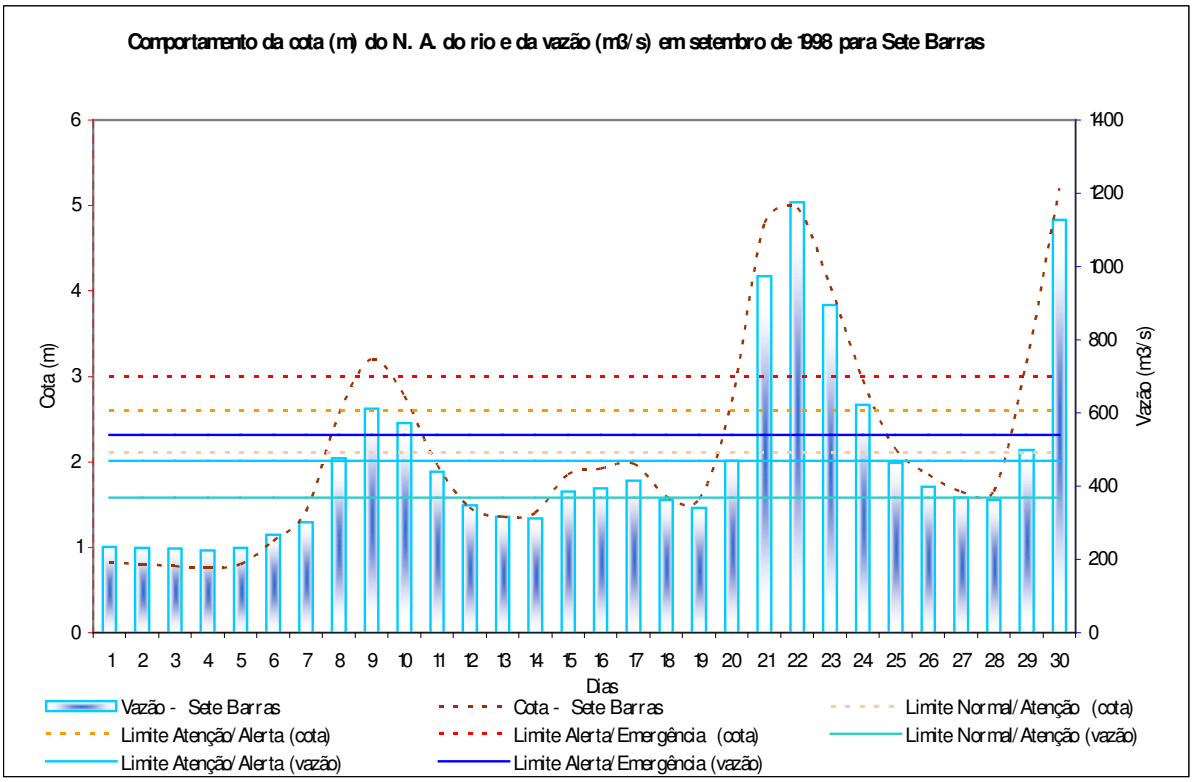
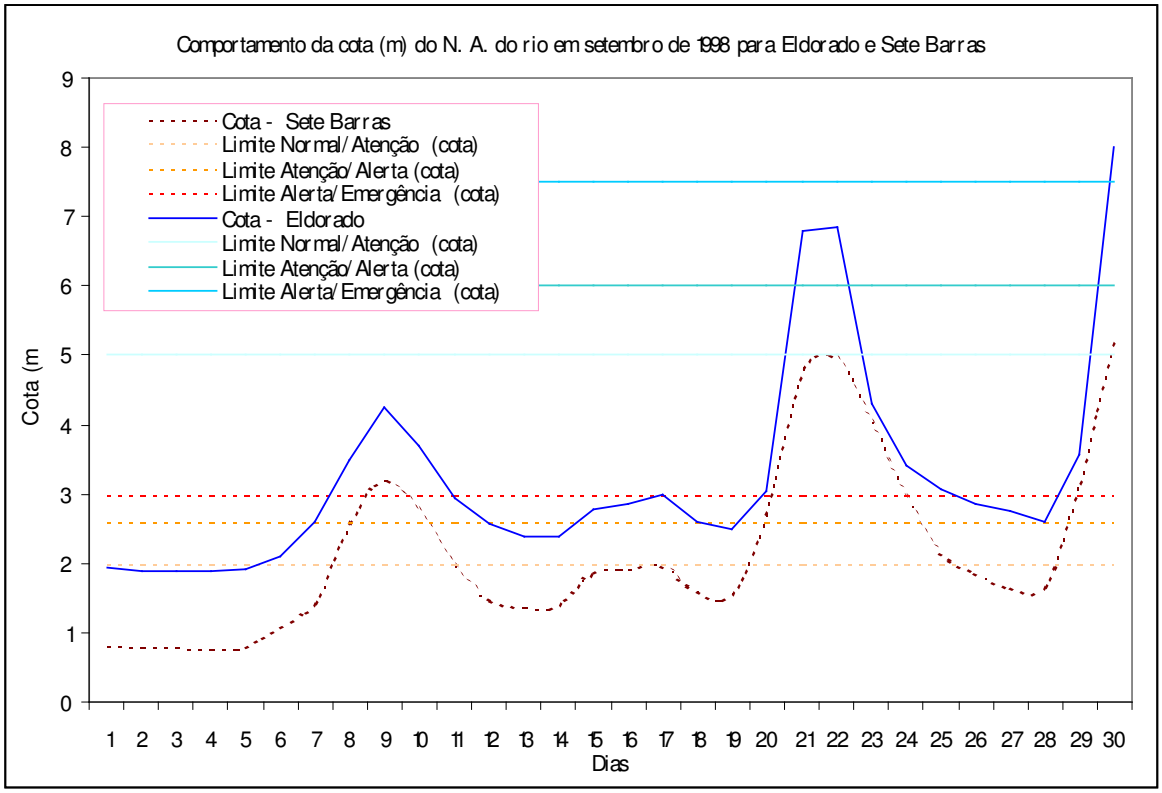


Gráfico 24. Comportamento da cota (m) do N. A. do rio e da vazão (m^3/s) em setembro de 1998 para Sete Barras.



Em Sete Barras (Gráfico 24), no dia 8 de setembro tanto cota quanto vazão saíram do estado 'normal' para o de 'atenção'. No dia seguinte, oscilaram entre valores de estado de 'atenção' e 'alerta'. Entre os dias 10 e 14, ambos apresentaram-se em declínio. Do dia 15 ao 18, apenas a vazão esteve em estado de 'atenção'. No dia 20, iniciou-se novo enchimento, sendo um evento significativo, no qual a cota atingiu 5 metros (22/09). O esvaziamento se deu entre 22 e 28, quando novo enchimento se estabeleceu, adentrando ao mês de outubro, com vazões de pico chegando até 1421,2 m^3/s e cota atingindo 5,64 m.

Gráfico 25. Comportamento da cota (m) do N. A. do rio em setembro de 1998 para Eldorado e Sete Barras.



Os dados de cota do N. A do rio em Eldorado foram analisados os registrados às 7h e em Sete Barras, os registrados às 18h, devido ao tempo de defasagem da propagação da onda de cheia entre os dois Municípios. Comparativamente, o comportamento da cota do N. A do rio em ambos os postos foi de praticamente 100% de correlação (Gráficos 11 e 12). Analisando-se os Gráficos 24 e 25, percebe-se que, em Sete Barras, os estados de 'alerta' à 'emergência' são atingidos muito mais frequentemente que em Eldorado. O mesmo pode ser observado para a vazão (Gráfico 26), que apresentou correlação linear dos registros de vazão de 0,99 (Gráfico 22).

Gráfico 26. Comportamento da vazão (m^3/s) em setembro de 1998 para Eldorado e Sete Barras.

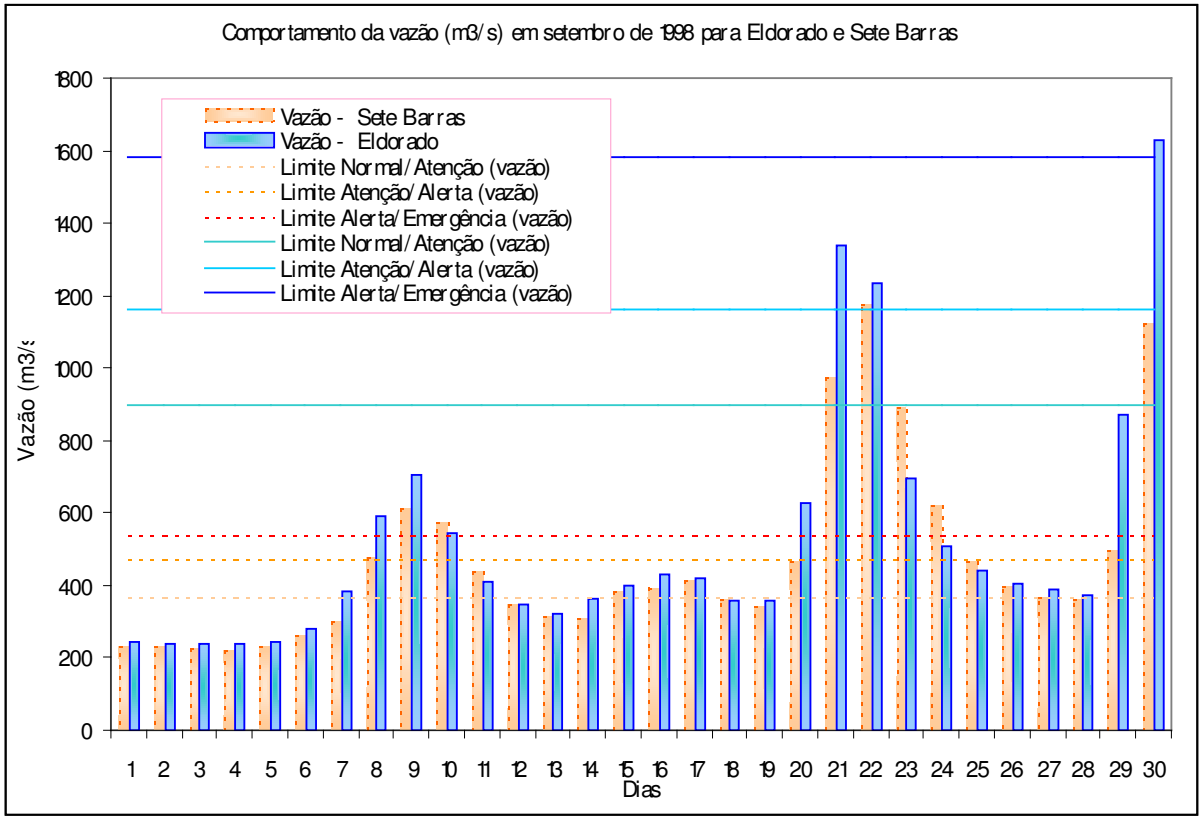
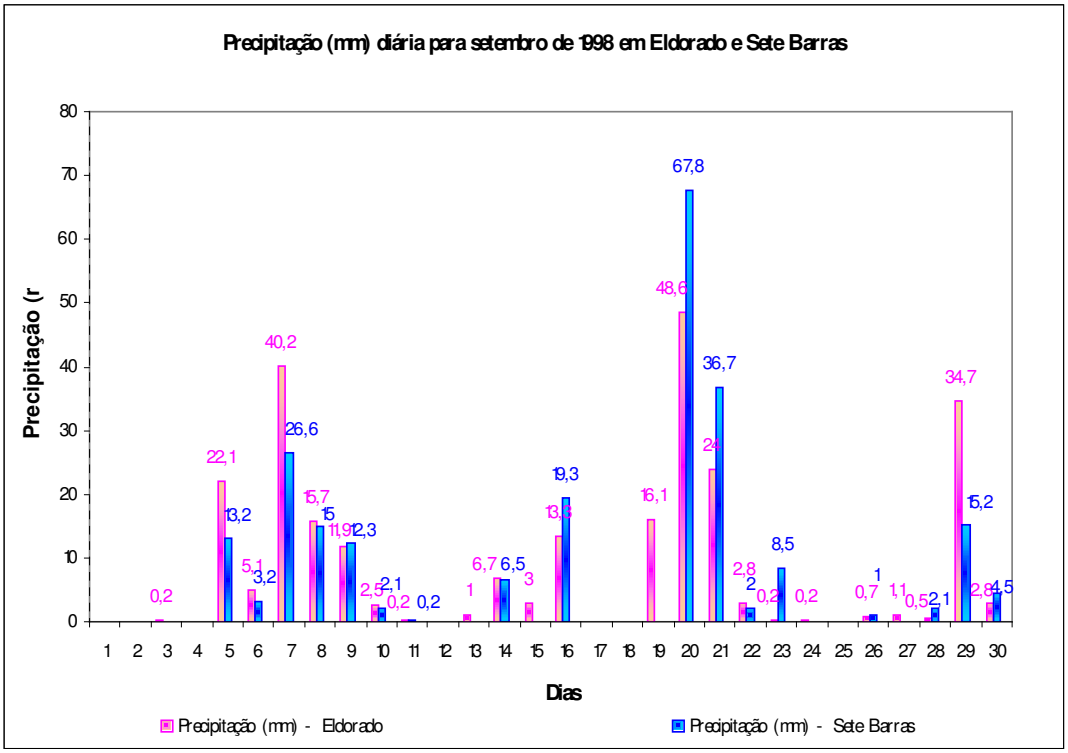


Gráfico 27. Precipitação (mm) diária para setembro de 1998 em Eldorado e Sete Barras



Analisando-se o Gráfico 27, pode-se dizer que, em termos de precipitação pluviométrica, o mês de setembro foi considerado chuvoso para Eldorado e normal para Sete Barras. Em Eldorado foram registrados 254 mm, sendo que a média histórica para o mês é de 102,68 mm (147% a mais que a média histórica) (Gráfico 6). Em Sete Barras, foram registrados 236 mm e a média histórica é de 252,65 mm (apenas 7% a menos que a média histórica) (Gráfico 27).

Registros de precipitação diários significativos - Entre os dias 5 e 9, em Eldorado, acumularam-se 95 mm de precipitação, sendo o dia 7 o de maior registro (26,6 mm). Até dia 19, o acumulado era de 138 mm e, entre os dias 20 e 21, chegou a 211 mm (dia 20 precipitaram 49 mm). Até o dia 28, acumularam-se 216 mm e, nos dias 29 e 30, totalizaram-se 254 mm. Já em Sete Barras, entre os dias 5 e 9, acumularam-se 70mm de precipitação, sendo o dia 7 o maior registro (26,6 mm). Até dia 19, o acumulado era de 98 mm e, entre os dias 20 e 21, chegou a 203 mm (no dia 20 registrou-se 67,8 mm). Até o dia 28, acumularam-se 217 mm e, nos dias 29 e 30, totalizaram-se 236 mm.

No total, durante 4 dias de setembro de 1998 a cota em Eldorado esteve acima do estado considerado 'normal' pelo DAEE e por um dia foi registrado o estado de 'emergência'. Em sete Barras, foram 11 dias, sendo que em estado de 'emergência' foram 6 dias.

Em setembro de 1998, tonalizaram-se 3 eventos de cheia em ambos os municípios (com picos nos dias 9, 22 e 30) , sendo que um evento de cheia evoluiu para inundação em Eldorado (dia 30). Os três eventos de cheia evoluíram para inundação em Sete Barras.

Foram 3 os eventos de precipitação pluviométricas significativos e, pela duração e distribuição ao longo do mês, pode-se dizer que o solo estava muito encharcado. Daí, no dia 30, mesmo com índices pluviométricos inferiores aos registrados nos dias 7, 20 e 21, mesmo nos postos pluviométricos de toda a bacia, houve maior elevação dos valores limnimétricos, que os registrados anteriormente (Gráficos 25 e 27).

5.6. Cinco Parâmetros da análise do Regime Hidrológico Anual

O regime hidrológico é controlado por diversas variáveis presentes na bacia hidrográfica e que interagem entre si, tais como: distribuição têmporo-espacial de precipitação pluviométrica (e outras), conformação da bacia (geomorfologia); intensidade e variação da radiação solar, evapotranspiração, geologia, solos, cobertura

vegetal, uso do solo (impermeabilização) e ações antrópicas (como barragens, que controlam o regime).

O Regime Hidrológico de um sistema fluvial pode ser analisado e caracterizado por duas vertentes principais, ou seja, amparado por uma base teórica conceitual e por meio de tratamento estatísticos. Ambos as formas constituem-se como parâmetros que se complementam.

Com que se refere à base teórica, diversos parâmetros conceituais podem ser considerados na interpretação das informações hidrológicas e tornam-se ao mesmo tempo, um ponto de referência para a análise, demonstrando a natureza dos dados hidrológicos. Os parâmetros mais comuns são periodicidade, estacionariedade, freqüência, duração e recorrência (Destefani, 2005). Os 5 parâmetros supracitados serão tratados neste item.

Periodicidade representa uma forma de variação regular ou oscilatória das vazões, com mudanças diárias, sazonais e seculares, relacionando-se às vazões que se sucedem em intervalos de tempo regulares.

Estacionariedade é a situação na qual não ocorrem modificações nas características estatísticas da série de dados ao longo do tempo, havendo oscilações quase insignificantes no comportamento da vazão. É preciso ressaltar aqui que uma série deixaria de ser estacionária se modificações antrópicas significativas forem estabelecidas na bacia hidrográfica, como a construção de uma barragem, pois o fluxo seria controlado à jusante da mesma, mas seria algo antropicamente induzido.

Freqüência refere-se ao número de vezes que se repete uma vazão de determinada magnitude durante um determinado intervalo de tempo. A duração das vazões é estimada elaborando-se a curva de duração ou curva de permanência do fluxo e também está relacionado à freqüência com que ocorrem vazões de determinada magnitude. O período de retorno ou intervalo de recorrência (Ir) é o intervalo médio de tempo que uma vazão de dada magnitude pode ser igualada ou excedida.

Duração é o número de dias que uma determinada magnitude de vazão permanece no canal de um curso fluvial. Rocha (2002) afirma que a duração seria uma condição de fluxo associado a um período de tempo.

Em relação ao tratamento estatístico empregado à análise do regime hidrológico, destaca-se, *a priori*, a representação gráfica das séries históricas das informações hidrológicas por meio de fluviogramas. Pode ser produzida uma hidrógrafa ou hidrograma plotando-se dados de vazão ou de cota a partir dos dados do nível de água (N. A.) do rio. A posteriori, tais informações são organizadas em função do tempo de ocorrência. Esses gráficos mostram a variabilidade da vazão ou da altura do N. A. do

rio, numa escala temporal que se pode ser organizada em valores diários, mensais ou anual, visando a facilitar a identificação de períodos de enchimento ou de vazante, podendo-se identificar também a sazonalidade do regime hidrológco.

A variabilidade do regime hidrológico pode ser examinada e detalhada com maior precisão ao se atribuir à representação gráfica alguns parâmetros estatísticos, como desvio médio, desvio padrão, variância, amplitude e o coeficiente de variação, como parâmetros de distribuição auxiliares na avaliação da variabilidade de um evento hidrológico em questão (Chow, 1964).

A ocorrência ou caracterização das vazões não pode ser determinada no momento imediato em que ocorre, mas pode ser prevista e conhecida por meio de tratamento estatístico baseado em métodos probabilísticos que ajustam os valores da amostra a uma função matemática, que procura retratar a distribuição dos valores (Tucci, 1993). A maioria das técnicas matemáticas e estatísticas direcionada ao estudo dos eventos hidrológicos são aplicadas no sentido de expressar os fenômenos em termos quantitativos baseando-se em freqüência e probabilidade de ocorrência. Lana (1997) ressalta que os dados registrados no passado que exprimem a forma como ocorreram os eventos, deverão ocorrer de forma semelhante no futuro, caso não existam modificações nos processos de formação das vazões.

Freqüência de ocorrência das vazões é obtida a partir do método da curva de permanência ou também denominada curva de duração do fluxo. Para isso, são utilizadas as séries de vazões diárias, mensais ou anuais e determinado o número de vezes em que ocorreram determinados intervalos de vazão em certo período pré-definido. A freqüência é transformada em porcentagem e acumulada do menor para o maior valor de vazão. O resultado é apresentado de forma gráfica, no qual cada valor de vazão tem uma correspondente percentagem de tempo referente àquela seção do canal em que foi medida a vazão. O conhecimento da freqüência com que ocorrem vazões de um determinado intervalo, além de estabelecer o regime de um rio, mostra a potencialidade de sua utilização e a distribuição dos fluxos (Christofoletti, 1981).

Período de retorno ou intervalo de recorrência (Ir) é um dos procedimentos mais utilizados para estudar as vazões de pico. Os valores das descargas máximas anuais são tratadas através de método estatísticos de distribuição, sendo os principais: distribuição log-normal, distribuição Gumbel Tipos I e II (valores extremos), distribuição de Person III, distribuição Gamma, entre outros. Essas funções matemáticas permitem ajustar os dados a uma curva de distribuição, que nada mais é do que uma curva de freqüência, que indica a relação da magnitude da vazão e sua provável freqüência de ocorrência (Silva, 2002). Assim, estabelece-se o Ir para cada cheia, como sendo o

intervalo de tempo que decorre entre duas cheias de igual magnitude (Christofoletti, 1981).

Alguns autores consagrados da geomorfologia fluvial indicaram a ***Equação 1*** para calcular o Ir (Christofoletti, 1981; Morisawa, 1968; Dunne e Leopold, 1998; Leopold Wolman e Miller, 1964).

$$Ir=(n+1)/m$$

Ir – Intervalo de recorrência

N – número total de eventos considerados

M – número de ordem do evento organizado numa escala em ordem decrescente.

Lambert (1990) propõe a elaboração do período de retorno de cheias considerando-se dados do N. A. do rio (cotas). A curva de distribuição é organizada a partir da ***Equação 2***. Este método é semelhando ao indicado anteriormente. Junto à disposição da curva em escala logarítmica são traçadas linhas retas sobre os pontos que podem apresentar quebras que correspondem à cota de transbordamento do canal.

$$f= r/n$$

f - recorrência das cheias

r – ordem do evento

n – número de anos (n) da série histórica

Richter et al (1997) e Poff et al (1997) apresentaram uma metodologia para o estudo da variabilidade do regime de vazões dos cursos fluviais considerando-se magnitude, freqüência, duração, periodicidade e taxa de alteração como parâmetros de análise. Eles utilizaram 32 índices hidrológicos como Indicadores de Alterações Hidrológicas (IAH) e a Taxa de Aproximação da Varialibidade do fluxo pode ser estimada através da Taxa de Aproximação da Variabilidade Natural (TAV).

Para esta pesquisa, usar-se-á:

→ Periodicidade e Estacionariedade (Gráficos 28-31; Tabelas 12,14-16);
→ Variabilidade (Gráficos 32-34; Tabela 12)
→ Freqüência e Duração (Gráficos 35 e 38)
→ Análise das Magnitudes Elevadas (Gráficos 39-40; Tabelas 17 e 18)
→ Intervalo de Recorrência (Gráficos 41-44 e Tabelas 17 e 18)

5.6.1. Variabilidade das vazões: Periodicidade e estacionariedade

Para se analisar a variabilidade do regime hidrológico, as informações de vazão diária foram organizados em hidrogramas projetando-se as vazões em função do tempo. O intuito foi o de observar o comportamento das vazões ao longo do tempo de registro, verificando-se a existência de periodicidade e estacionariedade, assim como a possível existência de anomalias hidriogramas de vazão média mensal também foram elaborados no sentido de facilitar a identificação de períodos sazonais.

A variabilidade das vazões também foi expressa pelo cálculo do coeficiente de variação, por fornecer valores numéricos que representam a dispersão dos dados e por ser amplamente utilizado em hidrologia. Para tanto, faz-se necessário primeiramente conhecer a média e o desvio padrão da série histórica. Segundo Barbetta (2002) a medida do desvio padrão fornece informações complementares à informação contida na média, avaliando a dispersão do conjunto de valores. Para o cálculo do desvio padrão aplicou-se a equação 3:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2}{(n - 1)}}$$

sendo,

s – desvio padrão

x – vazão

$\overline{x}$ – vazão média

n – número de vazões registrados na série histórica

Quanto maior for o desvio padrão, maior será a dispersão dos dados. Algumas propriedades do desvio padrão, que resultam imediatamente da definição, são:

- o desvio padrão é sempre não negativo e será tanto maior, quanta mais variabilidade houver entre os dados.
- se s = 0, então não existe variabilidade, isto é, os dados são todos iguais.

O cálculo do coeficiente de variabilidade por sua vez, é expresso pelo inverso da relação vazão média da série histórica de vazões diárias pelo seu desvio padrão, assim tem-se a ***Equação 4***:

C_v = vmh/s

Sendo,

vmh = vazão média histórica

S = desvio padrão

C_v – Coeficiente de Variabilidade

5.6.2. Freqüência e curva de duração do fluxo

A freqüência representa o número de vezes que uma vazão de determinada magnitude ocorre na seção do canal em que foi registrada. Para se analisar a freqüência, foram elaboradas curvas que relacionam uma determinada vazão com a respectiva porcentagem de tempo em que permanece no canal. Assim, considerando-se as séries de vazões diárias e aplicando-se a ***Equação 5*** de Sturges, define-se o número de classes e pela ***Equação 6*** amplitude dos intervalos de classe. A freqüência é obtida então pela contagem do número de ocorrências de vazões pertencentes a cada intervalo de classe.

Equação 5:

$M=1 + 3,3.\log(n)$

Sendo,

M – intervalo de classe

N – número de vazões registradas na série histórica

Equação 6:

$A=(Qmáx – Qmin)/m$

Sendo,

A – amplitude para os intervalos de classe

Qmáx – vazão máxima da série histórica

Qmin – vazão mínima da série histórica

m – número de intervalos de classe

Para a elaboração da curva de duração do fluxo, as freqüências de ocorrência das vazões determinadas conforme o procedimento anterior, foram organizadas e acumuladas em ordem decrescente e transformadas em porcentagem. Assim, estabeleceu-se uma relação entre vazão e porcentagem de tempo. Desta forma, a cronologia de ocorrência das vazões é ignorada.

5.6.3. Variabilidade do rio Ribeira de Iguape no setor ESB-SP

A variabilidade do regime hidrológico de um rio pode ser avaliado por meio da periodicidade e estacionariedade de sua vazão. Para a análise desses parâmetros, podem ser utilizados os fluviogramas das vazões médias diárias.

No caso do rio Ribeira de Iguape, existem 7 postos fluviométricos e, para esta pesquisa, os dados de dois postos estão sendo intensamente consultados, notadamente, do setor ESB. Os demais são utilizados na análise dos três tipos de cheias. A variabilidade das vazões em cada um dos dois postos pode ser observada nos Gráficos 28 a 31, para o décimo dia do mês de menores registros de vazão (agosto) e para o décimo dia do mês de maiores registros de vazão (fevereiro). A escolha do décimo dia dos referidos meses não foi escolhida de forma arbitrária, pois após testes, leitura de gráficos, etc, ficou evidente que ambos correspondem ao pico das estações chuvosa (10 de fevereiro) e de estiagem (10 de agosto). Assim sendo, o dia 10 foi eleito para ambos os meses, pois correspondem ao auge das respectivas estações.

Gráfico 28. Vazão Média Diária (10/ago) do rio Ribeira de Iguape no posto de Eldorado (5F-001).

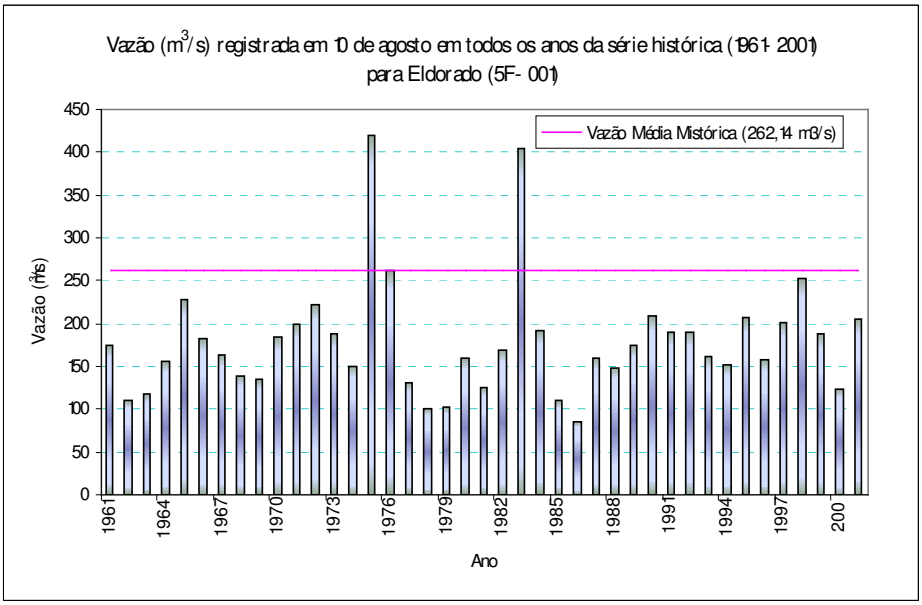


Gráfico 29. Vazão Média Diária (10/fev) do rio Ribeira de Iguape no posto de Eldorado (5F-001).

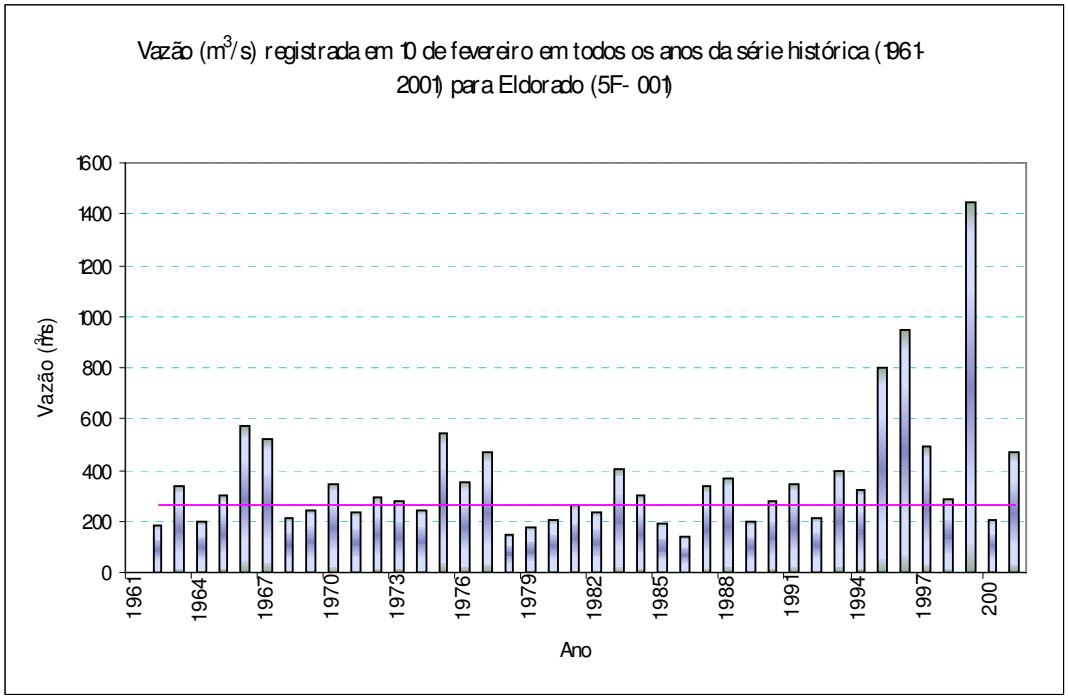


Gráfico 30. Vazão Média Diária (10/ago) do rio Ribeira de iguape no posto de Sete Barras (4F-015).

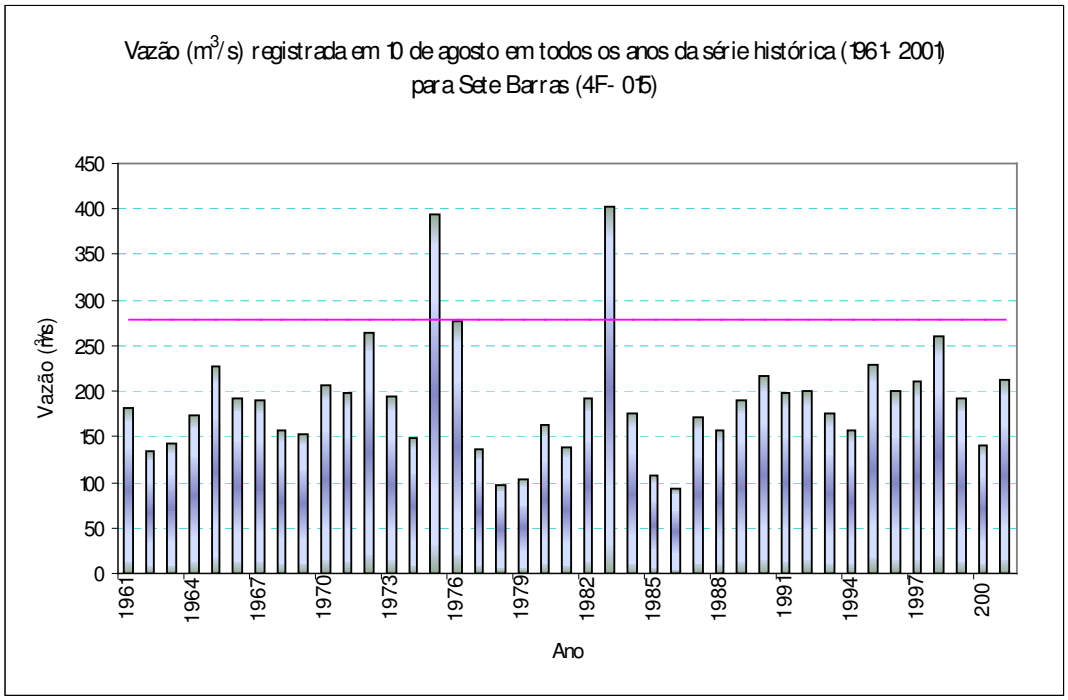
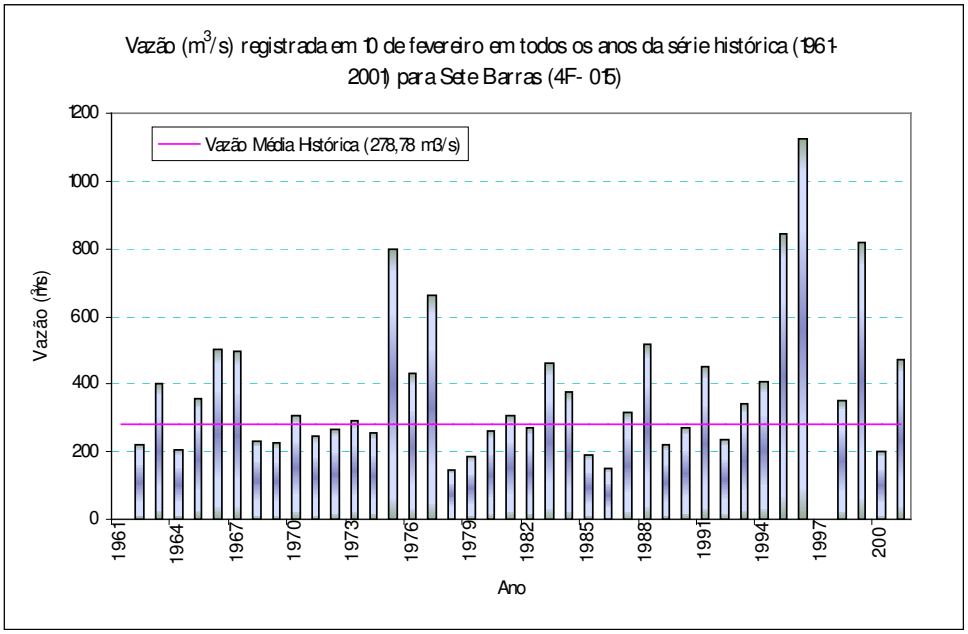


Gráfico 31. Vazão Média Diária (10/fev) do rio Ribeira de Iguape no posto de Sete Barras (4F-015).



De acordo com a Tabela 11, nos dias 10 de fevereiro da série histórica, foi registrado volume de vazão 202,85% mais elevado que nos dias 10 de agosto para Eldorado, sendo que a porcentagem para Sete Barras foi de 201,14.

Tabela 11. Vazão Média Diária nos dias 10/ago e 10/fev para os postos Eldorado (5F-001) e Sete Barras (4F-015).

Dia	Eldorado	Sete Barras
10/8	178,85	189,12
10/2	362,81	380,39

Os fluviogramas evidenciam que o regime hidrológico do rio Ribeira de Iguape tanto em Eldorado quanto em Sete Barras caracteriza-se por apresentar variabilidade não muito significativa das vazões. Uma vez que trechos inferiores dos rios, em função do aumento da área de drenagem e, da contribuição das vazões e do desenvolvimento de planícies de inundação, a oscilação tende a apresentar um leve amortecimento e a amplitude entre os picos e as descidas tornam-se menor.

Observando-se a Tabela 12, percebe-se que os trechos à jusante apresentam coeficientes de variabilidade (Cv) menos elevados que os observados à montante. Como em Eldorado não há presença de planície de inundação bem desenvolvida, o Cv é ligeiramente maior que em Sete Barras.

Tabela 12. Coeficiente de Variabilidade para Eldorado e Sete Barras.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Histórica
Média Mensal	319,07	355,19	312,72	233,84	226,73	223,38	211,93	179,41	211,48	236,10	218,38	232,90	246,76
Desvio Padrão	165,48	137,10	103,83	77,86	106,62	131,70	101,83	68,13	117,67	116,43	79,97	81,72	107,36
Coef. De Variabilidade	0,5186	0,3860	0,3320	0,3330	0,4702	0,5896	0,4805	0,3798	0,5564	0,4931	0,3662	0,3509	0,44
Média Mensal	375,70	390,68	352,70	262,08	255,17	258,94	242,07	197,36	234,82	265,94	249,13	266,89	279,29
Desvio Padrão	191,13	139,59	121,24	88,24	116,89	178,76	115,31	60,88	108,16	125,08	97,70	85,46	119,04
Coef. De Variabilidade	0,5087	0,3573	0,3438	0,3367	0,4581	0,6903	0,4764	0,3085	0,4606	0,4703	0,3922	0,3202	0,43

De acordo com a Tabela 12, junho foi o mês que apresentou os maiores coeficientes de variabilidade (Cv). Sendo um mês de estiagem, ocorreram significativos eventos de inundação, como nos anos de 1982, 1983, 1987 e 1998. O Cv foi ligeiramente maior em Sete Barras (0,69) que em Eldorado (0,59). O mês que apresentou menor Cv foi em Março (0,33) para Eldorado e em Agosto (0,31) para Sete Barras. Comparativamente, Eldorado apresentou Cv mais elevados em 8 meses (jan, fev, mai, jul, ago, set, out e dez), enquanto que em Sete Barras foram 4 meses (mar, abr, jun, nov). Em Eldorado, o Cv supera 0,5 em Jan, Jun e Set. O mesmo ocorre em Sete Barras apenas em jan e jun.

Conforme já se disse, os coeficientes de variabilidade nos setores inferiores dos rios tendem a ser menores que os observados à montante. Entretanto, podemos observar que a oscilação entre máximos e mínimos é mais significativa em janeiro, junho e setembro (Gráficos 32 e 33). Por outro lado, março, abril, agosto e dezembro apresentam os menores coeficientes de variabilidade, evidenciando que as oscilações entre máximos e mínimos nestes meses não são grandes. Isso significa dizer que mesmo em períodos de estiagem (J-J-A) ocorrem ondas de cheias, esporadicamente, mas não sazonalmente.

Gráfico 32. Distribuição de Coeficientes de Variabilidade por mês em Eldorado.

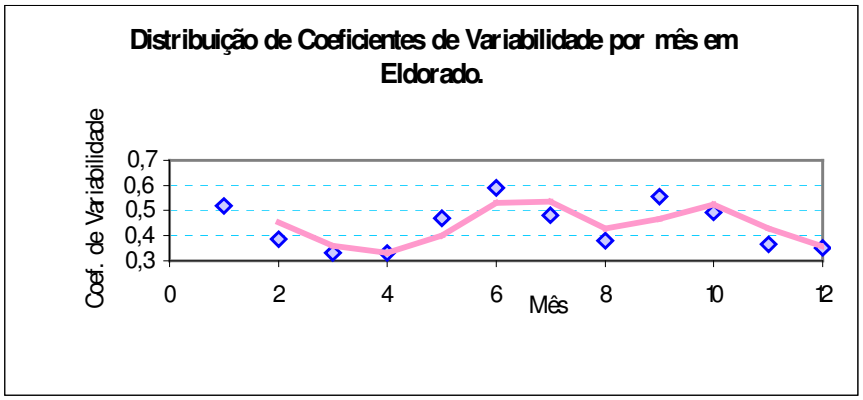
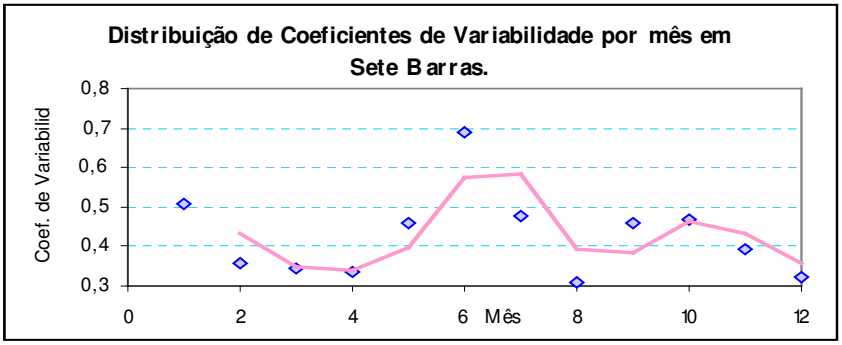


Gráfico 33. Distribuição de Coeficientes de Variabilidade por mês em Sete Barras.



Na verdade, as ondas de cheia podem ocorrer em qualquer mês do ano e mudam de um ano para outro, sendo mais freqüentes no mês de fevereiro, no bimestre Jan-Fev e no trimestre J-F-M. Sendo assim, pode-se dizer que o rio Ribeira de Iguape caracteriza-se por elevada periodicidade, com cheias bem concentradas nos referidos mês, bimestre e trimestre (Tabelas 13-15). Contudo, isso não revela um período sazonal de cheia para o rio Ribeira de Iguape, mas mostra apenas o mês em que ocorre seu pico máximo durante o ano. Outros picos muitas vezes de magnitude minimamente inferior ocorrem em vários outros meses do ano, comportando-se, portanto, também como cheias.

Tabela 13. Período de ocorrência de Freqüência das cheias máximas mensais em Eldorado (1938-2000) e em Sete Barras (1961-2002).

	Eldorado (1938-2000) 63 anos		Sete Barras (1961-2002) 41 anos	
Mês	Freqüência	%	Freqüência	%
Jan	14	22,22	8	19,51
Fev	18	28,57	10	24,39
Mar	10	15,87	7	17,07
Abr	2	3,17	0	0,00
Mai	4	6,35	2	4,88
Jun	3	4,76	4	9,76
Jul	0	0,00	0	0,00
Ago	1	1,59	0	0,00
Set	2	3,17	1	2,44
Out	4	6,35	2	4,88
Nov	1	1,59	4	9,76
Dez	4	6,35	3	7,32
Total	63	100,00	41	100,00

Tabela 14. Período de ocorrência de Freqüência das cheias máximas por bimestre em Eldorado (1938-2000) e em Sete Barras (1961-2002).

	Eldorado (1938-2000) 63 anos		Sete Barras (1961-2002) 41 anos	
Bimestre	**Freqüência**	**%**	**Freqüência**	**%**
Jan-Fev	32	50,79	18	43,90
Ma-Abr	12	19,05	7	17,07
Mai-Jun	7	11,11	6	14,63
Jul-Ago	1	1,59	0	0,00
Set-Out	6	9,52	3	7,32
Nov-Dez	5	7,94	7	17,07
Total	**63**	**100,00**	**41**	**100,00**

Tabela 15. Período de ocorrência de Freqüência das cheias máximas por trimestre em Eldorado (1938-2000) e em Sete Barras (1961-2002).

	Eldorado (1938-2000) 63 anos		Sete Barras (1961-2002) 41 anos	
Trimestre	**Freqüência**	**%**	**Freqüência**	**%**
Jan-Mar	42	66,67	25	60,98
Abr-Jun	9	14,29	6	14,63
Jul-Set	3	4,76	1	2,44
Out-Dez	9	14,29	9	21,95
Total	**63**	**100,00**	**41**	**100,00**

Observando-se as Tabelas 13 a 15, nota-se que fevereiro foi o mês em que se observou maior freqüência das cheias máximas anuais. Para Eldorado, significou 28,57 % das ocorrências e para Sete Barras, 24,39 % (Tabela 13). Jan-Fev é o bimestre no qual se concentram 50,79% das máximas em Eldorado e 43,9% em Sete Barras (Tabela 14). O trimestre Jan-Mar registram mais que 60% dos eventos de cheia em ambos os municípios (Tabela 15).

A delimitação dos períodos sazonais é importante no sentido de projetar estudos da biota, hidromorfológicos da planície e para aplicação de metodologias para coleta de informações que estão relacionadas às diferenças hidrodinâmicas estabelecidas nos períodos de cheia e vazante.

A precipitação é a variável mais importante a definir um padrão para um sistema fluvial, pois é a principal entrada de água na bacia hidrográfica (Destefani, 2005). Tal fato foi comprovado nesta pesquisa (Gráficos 6-11 e 27- 31)

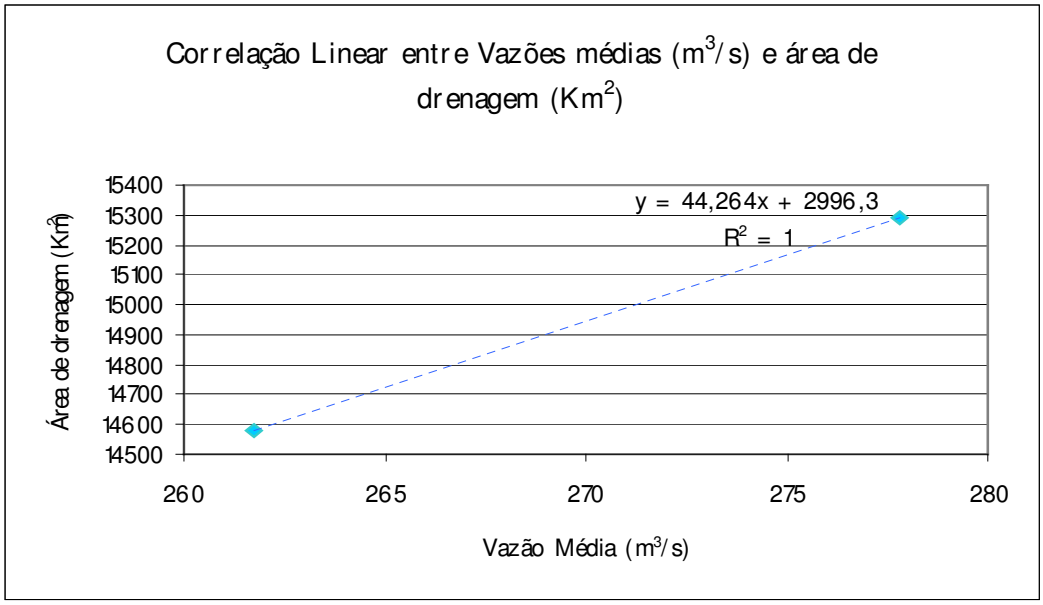
Para o rio Ribeira de Iguape, como se pode notar, o período sazonal padronizado de cheia seria de outubro a março e de vazante, de abril a setembro. Este comportamento se mantém semelhante ao longo do tempo indicando um regime hidrológico estacionário sem expressivas mudanças.

Espacialmente, a vazão média registrada nos dois postos fluviométricos apresenta um aumento da magnitude das vazões à medida que se aumenta a área de drenagem, mostrando um regime hidrológico regularmente normal (Tabela 16 e Gráfico 34).

Tabela 16. Relação entre vazão média e área de drenagem.

Posto	Vazão Média(m^3/s)	Área de Drenagem (Km^2)
Eldorado (5F- 001)	261,74	14582
Sete Barras (4F- 015)	277,78	15292

Gráfico 34. Correlação Linear entre vazões médias e área de drenagem



De acordo com Villela & Mattos (1975), os rios que possuem tal comportamento em relação ao escoamento fluvial, apresentam uma resposta rápida de escoamento pelo fato da bacia constituir vertentes com determinada qualidade de rocha e solos menos permeáveis, fazendo com que as chuvas, ao precipitar na bacia, escoem numa quantidade e velocidade rápida até o canal do rio, formando, portanto, picos de vazões agudos e de subida rápida. Já em Sete Barras, em função da planície de inundação bem desenvolvida, as vazões de pico tendem a ser amortecidas. Daí os picos suavizados.

Além disso, a bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, pela sua própria geologia e, principalmente geomorfologia, caracteriza-se, em seus cursos superior e médio, por declividades acentuadas, havendo pouco a insignificante declive no curso inferior (Ross, 2002).

Outro fator a se considerar é a forma alongada e de certo modo estreita que a Bacia apresenta no sentido longitudinal do rio. Segundo Villela e Mattos (1975), as bacias com essa configuração originam picos maiores de cheia, pois o escoamento pluvial tem um espaço menor para percorrer até alcançar o canal do rio.

Diante das considerações acima apontadas, o comportamento que o rio Ribeira de Iguape mostra nas fases de águas baixas e altas é reflexo do tipo de escoamento pluvial e fluvial condicionado pelas próprias características físicas da bacia e dos eventos de precipitação distribuídos temporalmente e espacialmente na área de sua bacia hidrográfica.

5.6.4. Freqüência e Permanência das Vazões no canal Fluvial

Conhecer a freqüência com a qual ocorrem vazões de diferentes magnitudes, assim como o seu tempo de permanência no canal é relevante para se ter conhecimento da potencialidade do sistema fluvial necessário para se estabelecer determinados tipos de uso pertinentes. Além disso, o trabalho Geomorfológico e a quantidade de material transportado são realizados por fluxos de magnitude variada e, portanto, a estimativa da freqüência pode ser correlacionada aos mesmos, permitindo-se analisar a magnitude dos eventos envolvidos na formação de específicas morfologias fluviais (Leopold, Wolman e Miller, 1964; Hart, 1984).

A curva de duração do fluxo (ou da vazão) foi elaborada para ambos os postos (Eldorado e Sete Barras), mostrando o quanto de tempo uma vazão de determinada magnitude se mantém durante o período analisado. Tendo-se como referência a vazão média, pode ser notado que:

→ em Eldorado, as vazões com valores abaixo da média histórica admitida de 262,14 m^3/s são observadas em 71,12% do tempo, enquanto que as vazões acima da média permanecem por apenas 28,88% (Gráficos 35 e 36).

→ em Sete Barras, as vazões inferiores à média admitida de 278,78 m^3/s tem duração de 67,34% e as vazões consideradas superiores à média perduram em 32,66% do tempo (Gráficos 37 e 38).

Gráfico 35. Curva de Duração da Vazão em Eldorado (Geral)

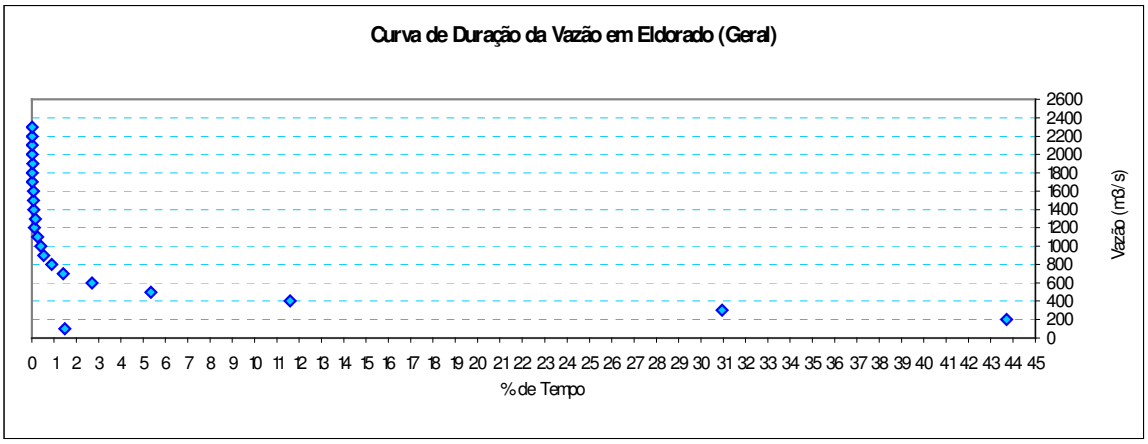


Gráfico 36. Curva de Duração da Vazão em Eldorado (Detalhada de acordo com a Rede de Alerta do DAEE, 1998)

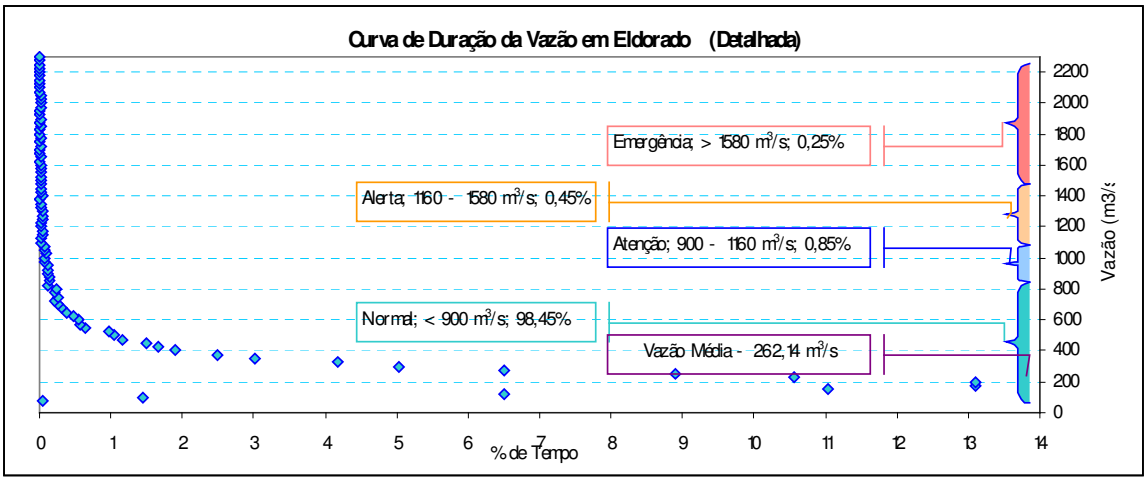


Gráfico 37.Curva de Duração da Vazão em Sete Barras (Geral)

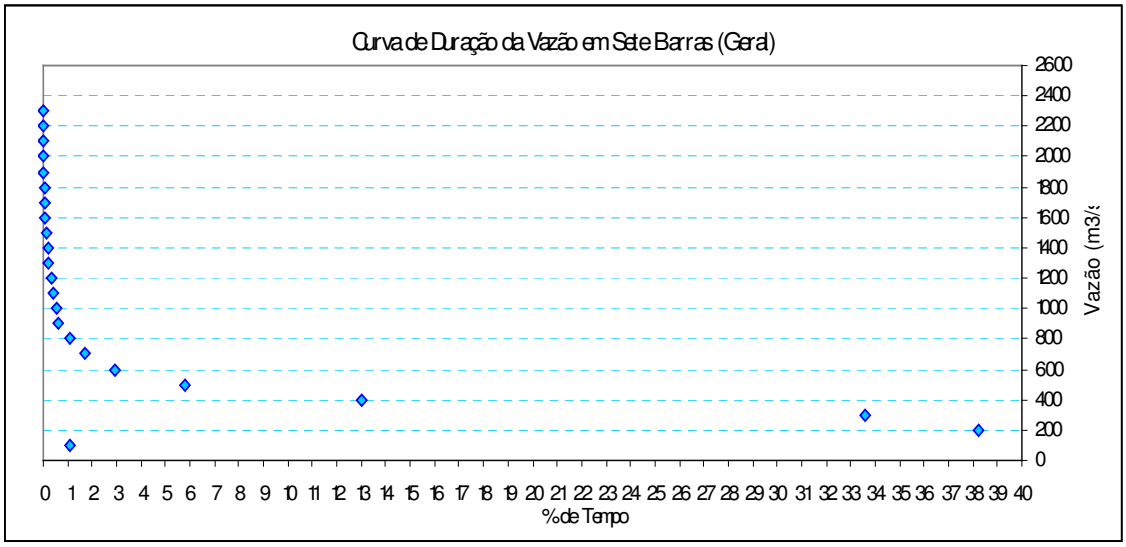
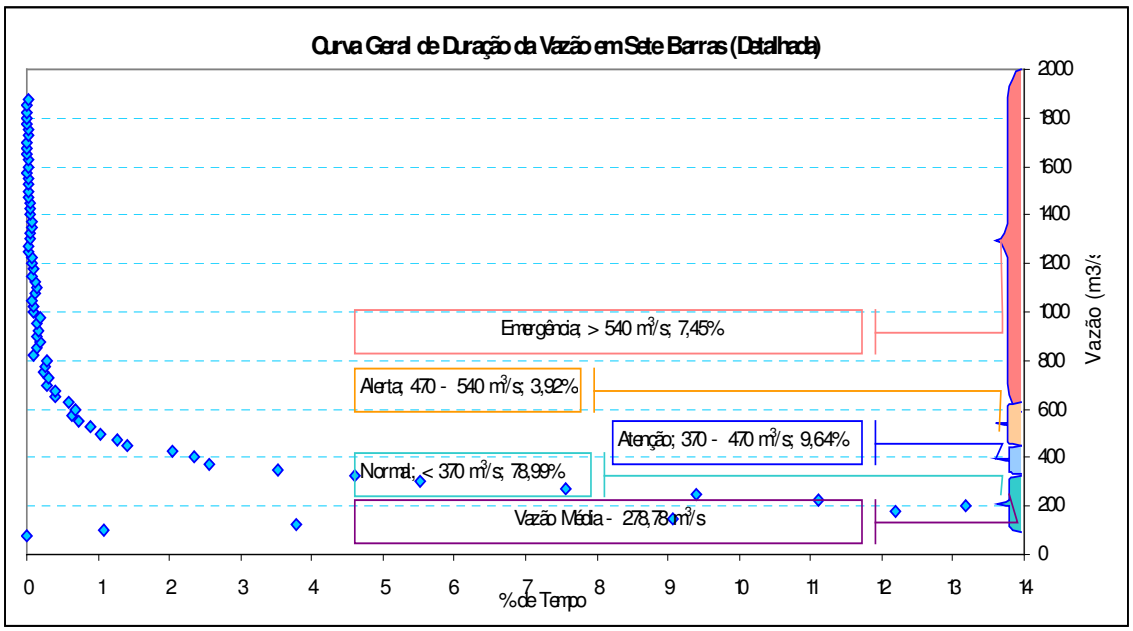


Gráfico 38. Curva de Duração da Vazão em Sete Barras (Detalhada de acordo com a Rede de Alerta do DAEE, 1998)



Como se pode notar, na maior parte do tempo o rio ficou em estado “Normal” (DAEE, 1998), sendo 98,51 % do tempo para Eldorado e 78,99 % do tempo para Sete Barras. Em estado de ‘Atenção’, o rio permaneceu por 0,85% em Eldorado e por 9,64% em Seta Barras. As percentagens obtidas para o estado de ‘Alerta’ foram, respectivamente, 0,45 e 3,92. Em Estado de ‘Emergência', totalizaram, 0,25 e 7,45 % do tempo para Eldorado e Sete Barras, respectivamente (Gráficos 36 e 38).

Resumidamente, em ambos os municípios, vazões que caracterizam o Estado considerado “Normal” pelo DAEE perduraram até 78,99 % do tempo. O Estado de ‘Atenção’ perdurou até 9,64% do tempo. “Alerta” e ‘Emergência’ duraram, respectivamente, 3,92 e 7,45, no máximo. Ficou nítido que há maior disparidade no que se refere ao tempo em que as vazões maiores ocorrem em Eldorado, se comparadas às que ocorrem em Sete Barras, havendo maior freqüência de cheia neste que naquele município.

É importante ressaltar aqui que as curvas de duração da vazão mostram uma considerável curvatura. A forma da curva possui significado e reflete as condições de escoamento na bacia e no canal do rio. De acordo com Burt (1996), por exemplo, quanto mais curvatura possuir a curva, maior é a variabilidade do fluxo, ocasionado por fluxos rápidos e pouca base de fluxo.

5.6.5. Vazões de Elevada Magnitude no Setor ESB-SP

Geralmente, as vazões de elevada magnitude são as que recebem maior atenção, pois durante o período em que os rios estabelecem-se na fase de águas altas, são verificadas as transformações mais significativas e rápidas no ambiente, sendo visualizado nos aspectos: (i) geomorfológico (esculturação e modificação das formas do leito, margens e planície); (ii) ecológico (conectividade entre canal e planície); e (iii) antrópico (perdas na atividade agropecuária, destruição de residências e de estabelecimentos comerciais, com prejuízos materiais e muitas vezes humanos). Tais aspectos evidenciam que as cheias são eventos hidrológicos que podem causar instabilidades ambiental e econômica.

As vazões de grande magnitude configuram elevada altura do N. A. do rio, descarga e volume a ponto de poder causar inundação. Cheia é a vazão máxima observada em

um determinado mês, independentemente se causar ou não inundação, entendida como extravasamento/espraiamento das águas do sistema canal fluvial para o sistema planície de inundação Christofoletti, 1981).

É conhecido o fato de que existe dificuldade em se determinar que magnitude possa ser considerada cheia e, principalmente, se esta se desenvolve enquanto inundação. Inexiste um método ou técnica que forneça um limite padronizado para se determinar o ponto de descarga a partir do qual se inicia a cheia. Assim, cada pesquisador tem a liberdade para se definir uma onda de cheia ou vazões de pico conforme os objetivos da pesquisa. Em geral, consideram-se cheias mensais ou anuais que correspondem ao pico de descarga máximo ocorrido no decorrer dos meses ou anos respectivamente, independentemente se a mesma se propaga como inundação ou não.

5.6.6. Recorrência de Eventos

A recorrência foi elaborada para as vazões máximas anuais, ajustando-se os dados pela função matemática de Gumbel. Tal função foi escolhida por ser de uso mais prático e ser frequentemente utilizada por hidrólogos e outros profissionais, além de apresentar resultados satisfatórios em relação ao tratamento de extremos. Para aplicação da função de Gumbel, os valores são ordenados conforme a seqüência de magnitude numa escala crescente e aplicados à ***Equação 7*** que, conforme apresentado no trabalho de Martoni (1998), pode ser expressa como a ser exemplificado a seguir.

A distribuição de Gumbel tem como função densidade de probabilidades:

$$f_x(x) = \frac{1}{\beta^e}^{-\left(\frac{x-a}{\beta}\right)} e^{-e^{\left(\frac{x-a}{\beta}\right)}}$$

Consequentemente, a função cumulativa de probabilidades de não-excedência:

$$\text{FCP: } P[x \leq x] = F_x(x) = e^{-e^{\left(\frac{x-a}{\beta}\right)}} = e^{-e^{-y}}, \qquad \text{para } -\infty < x < +\infty$$

Onde.

$Y= (x-\alpha)/\beta$

Sendo,

Y – variável reduzida

X – é a variável (Qmáx)

α e β - parâmetros da distribuição dos valores extremos do Tipo I, que podem ser estimados pelo método dos momentos

α - parâmetro de locação (moda da distribuição)

$\alpha = x – 0,45*\delta$

β - parâmetro de mudança de escala ou parâmetro de escala (proporcional ao desvio padrão)

$\beta=\delta/1,283$

e - 2,71 (constante de Euler).

Analisando-se Intervalo de Recorrência dos eventos registrados no Setor ESB (Gráficos 39-42 e Tabelas 17 e 18), percebe-se que as vazões de pico suficientes para produzir eventos de inundação têm Ir pelo menos anual. Entretanto, o que se observa é que elas têm ocorrido inúmeras vezes ao ano, uma vez que apresentam mais que 180 registros em 40 anos de monitoramento (Tabelas 17 e 18; Gráficos 39, 40a e 40b). As vazões mais extremas já observadas ocorreram em 1983, 1995, 1997 e 2001 (Gráfico 41).

Gráfico 39. Curva de Intervalo de Recorrência de vazão para Eldorado e Sete Barras

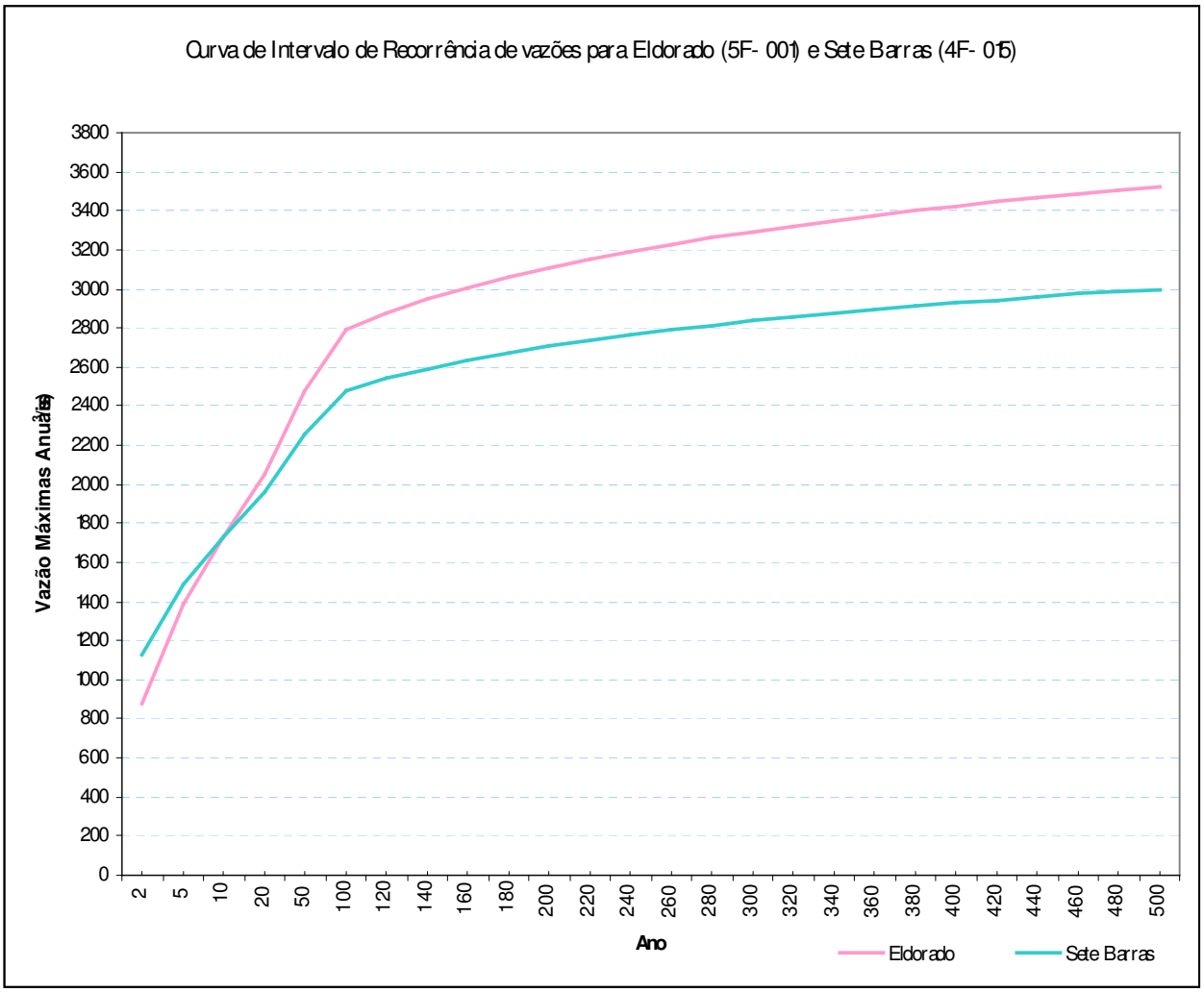


Gráfico 40. Intervalo de Recorrência por Registro para Eldorado.

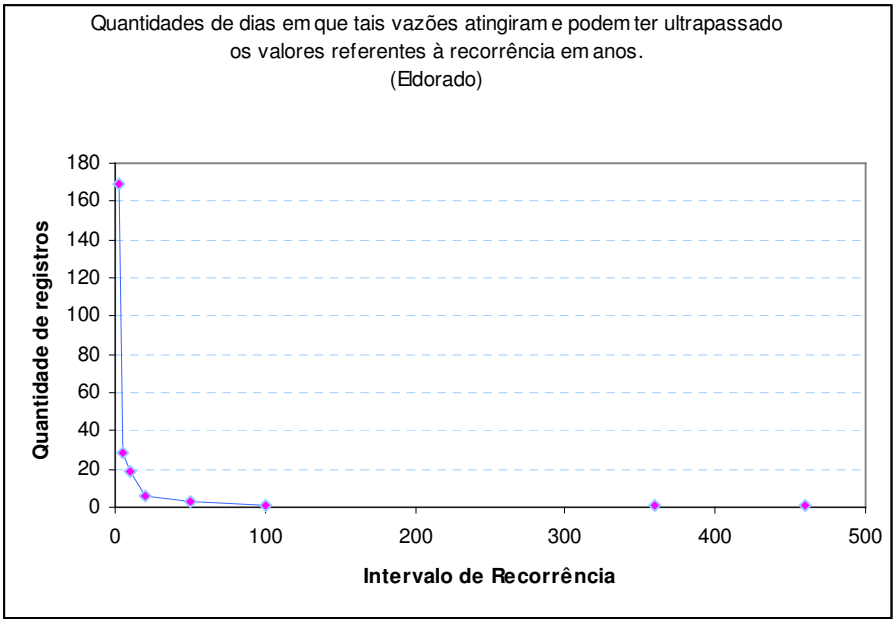


Gráfico 41. Intervalo de Recorrência por Registro para Sete Barras

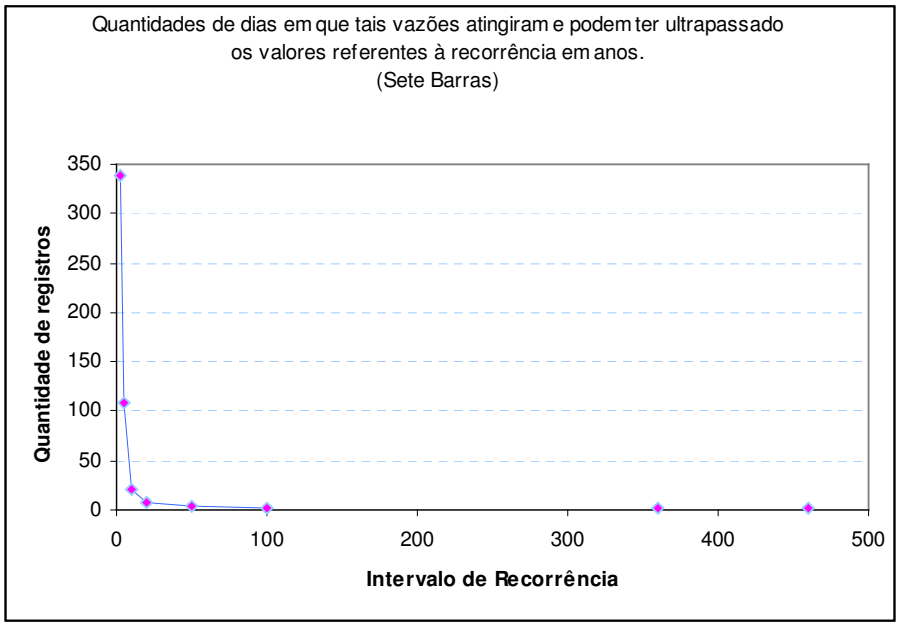
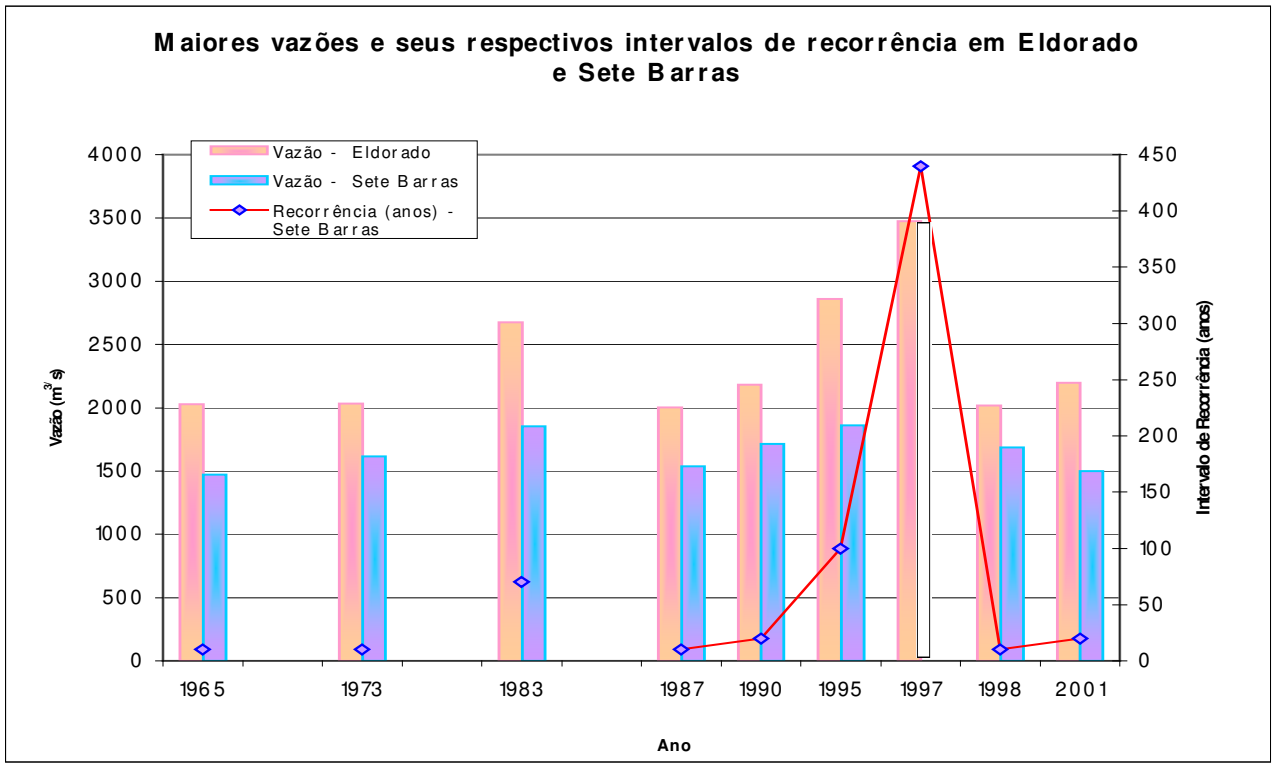


Gráfico 42. Maiores Vazões já observadas em Eldorado e em Sete Barras



Obs: A vazão média histórica em Eldorado é de 262,14 m3/s e que a vazão máxima de 1997 correspondeu a 1234,84 % deste valor (3473 m^3/s). A vazão média histórica em Registro é de 1417 m^3/s e que a vazão máxima de 1997 correspondeu a 192 % deste valor (2723,2 m^3/s). Para se calcular a vazão de Sete Barras, uma vez que o posto estava com defeito, optou-se por multiplicar a vazão média de Sete Barras pelo mesmo valor em porcentagem calculada para Eldorado. O resultado obtido foi de 3472,95 m^3/s, sendo um valor intermediário entre o observado em Eldorado e em Registro.

Em capítulo posterior, quando for analisada a Carta Geomorfológica, os *'Ir'*$_s$ serão mais explorados, ao se correlacionar vazão, cota, Ir e as morfologias atingidas por tais vazões.

Tabela 17. Intervalo de recorrência de vazões e quantidades de dias em que tais vazões atingiram e podem ter ultrapassado os valores referentes à recorrência em anos.

Anos	Eldorado	Freqüência	Sete Barras	Freqüência
2	876,84	169	1124,38	339
5	1390,00	29	1487,93	108
10	1729,75	19	1728,64	21
20	2055,65	6	1959,53	7
50	2477,49	3	2258,39	4
100	2793,60	1	2482,35	2
120	2876,52	0	2541,10	0
140	2946,59	0	2590,74	0
160	3007,24	0	2633,71	0
180	3060,73	0	2671,60	0
200	3108,56	0	2705,49	0
220	3151,81	0	2736,13	0
240	3191,29	0	2764,10	0
260	3227,60	0	2789,83	0
280	3261,22	0	2813,64	0
300	3292,51	0	2835,81	0
320	3321,77	0	2856,55	0
340	3349,26	0	2876,02	0
360	3375,18	1	2894,38	1
380	3399,69	0	2911,75	0
400	3422,94	0	2928,22	0
420	3445,06	0	2943,89	0
440	3466,14	0	2958,83	0
460	3486,29	1	2973,10	1
480	3505,58	0	2986,77	0
500	3524,08	0	2999,88	0

Tabela 18. Maiores vazões e seus respectivos intervalos de recorrência em Eldorado e Sete Barras

Ano	Eldorado		Sete Barras	
	Vazão	Recorrência (anos)	Vazão	Recorrência (anos)
1965	2030,1	10	1471,70	2
1973	2033,3	10	1616,50	5
1983	2675,3	70	1852,40	10
1987	2001,6	10	1536,90	5
1990	2184,2	20	1716,40	10
1995	2863,5	100	1862,00	15
1997	3473,3	440	??	??
1998	2019,5	10	1686,60	10
2001	2199,5	20	1500,00	5

5.6.7. Os eventos ENOS e as vazões de pico anuais no setor ESB-SP

Para relacionar os eventos ENOS (El Niño-Oscilação Sul) com as vazões de pico foram consideradas as vazões máximas anuais para caracterizar as cheias que ocorrem no rio Ribeira de Iguape. Os Gráficos 43 e 44 apresentam as cheias tendo a vazão média histórica e a Média das máximas anuais como referências de análise (a Tabela 19 apresenta a relação dos anos de El Niño e de La Niña). A vazão histórica média foi obtida pela média aritmética simples de todos os registros de vazão. Já a média das máximas anuais foram obtidas pela média aritmética dos maiores registros de vazões anuais.

Gráfico 43. Vazões Máximas Anuais em Eldorado, para o período 1938-2001.

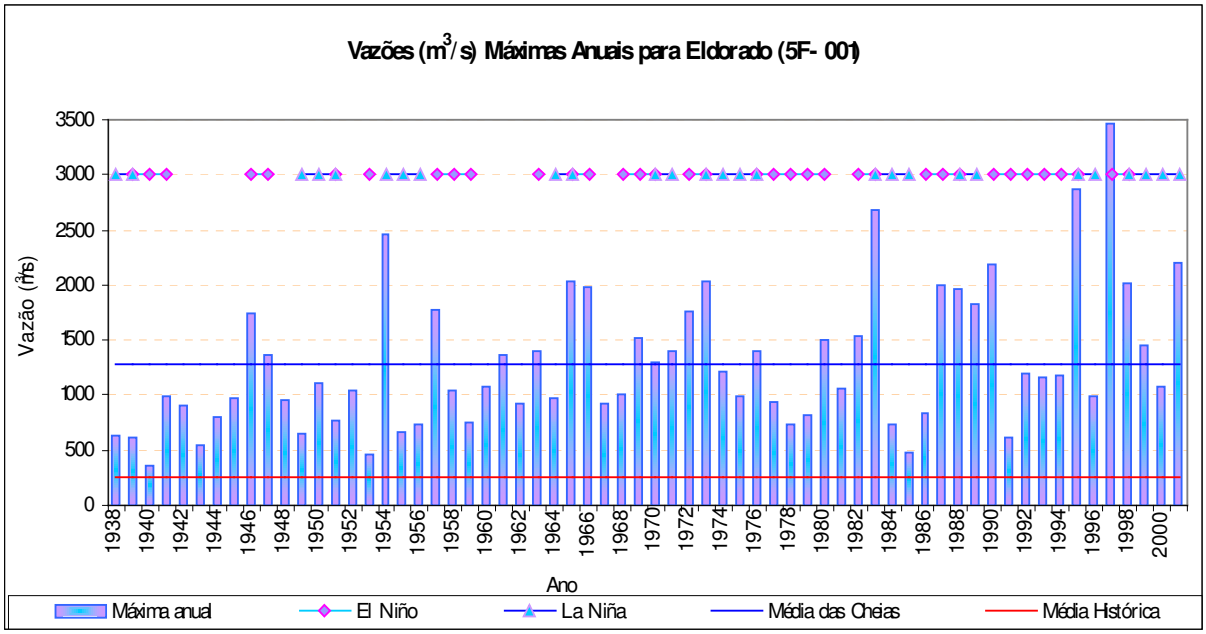


Gráfico 44. Vazões Máximas Anuais em Sete Barras, para o período 1961-2001.

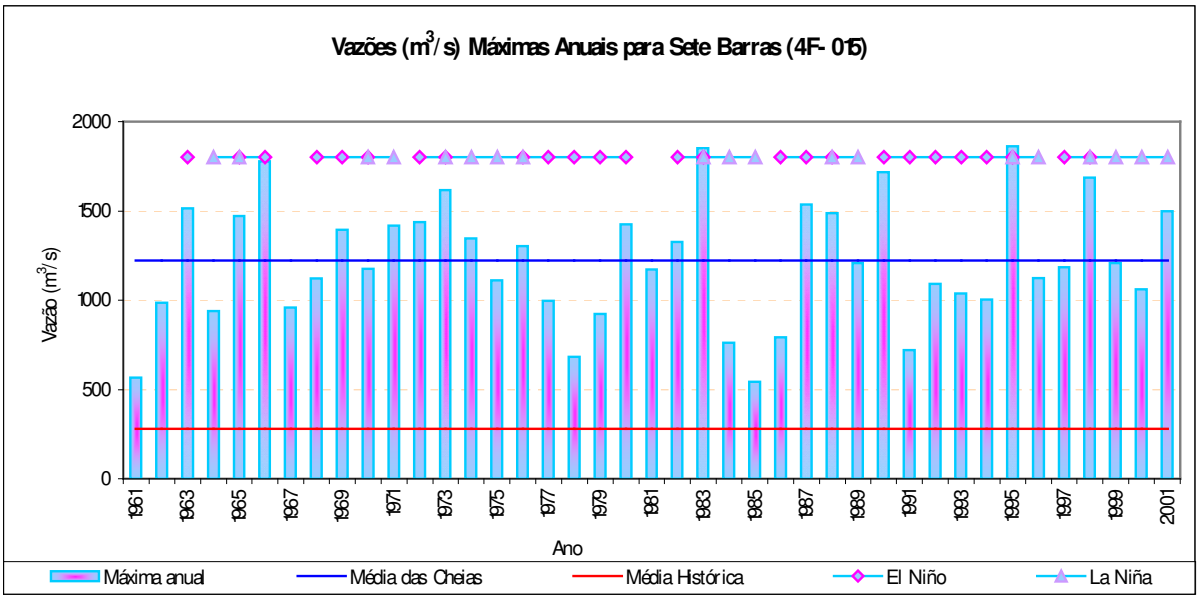


Tabela 19. Anos de El Niño e de La Niña

Anos de El Niño / La Niña				
ID	El Niño	Intensidade	La Niña	Intensidade
1	1877 - 1878	Forte	1886	Forte
2	1888 - 1889	Moderada	1903 - 1904	Forte
3	1896 - 1897	Forte	1906 - 1908	Forte
4	1899	Forte	1909 - 1910	Forte
5	1902 - 1903	Forte	1916 - 1918	Forte
6	1905 - 1906	Forte	1924 - 1925	Moderada
7	1911 - 1912	Forte	1928 - 1929	Fraca
8	1913 - 1914	Moderada	1938 - 1939	Forte
9	1918 - 1919	Forte	1949 - 1951	Forte
10	1923	Moderada	1954 - 1956	Forte
11	1925 - 1926	Forte	1964 - 1965	Moderada
12	1932	Moderada	1970 - 1971	Moderada
13	1939 - 1941	Forte	1973 - 1976	Forte
14	1946 - 1947	Moderada	1983 - 1984	Fraca
15	1951	Fraca	1984 - 1985	Fraca
16	1953	Fraca	1988 - 1989	Forte
17	1957 - 1959	Forte	1995 - 1996	Fraca
18	1963	Fraca	1998 - 2001	Fraca (98 - 99)
19	1965 - 1966	Moderada		Fraca (99 - 00)
20	1968 - 1970	Moderada		Moderada (00 - 01)
21	1972 - 1973	Forte		
22	1976 - 1966	Fraca		
23	1977 - 1978	Fraca		
24	1979 - 1980	Fraca		
25	1982 - 1983	Forte		
26	1986 - 1988	Moderada		
27	1990 - 1993	Forte		
28	1994 - 1995	Moderada		
29	1997 - 1998	Forte		
30	2002 - 2003	Fraca		

Fonte:Destefani (2005), atualizada.

Eldorado, a vazão média histórica e a média das vazões máximas obtidas foram respectivamente, 262,14 e 1283,79 m^3/s. Para Sete Barras, tais valores foram 278,78 e 1220,65 m^3/s.

Em ambos os postos, as maiores vazões foram observadas em 1997. No mês de março de 1997, foi registrada a vazão máxima 2019,5 m^3/s em Eldorado. Em Sete Barras, em função da magnitude da cheia, no primeiro semestre do ano de 1997, o posto apresentou problemas, não registrando corretamente os dados, o que provocou descarte dos dados pelo próprio DAEE. Não fosse este contratempo, certamente a maior vazão deste ano neste município seria muito mais elevada, provavelmente também no mês de março. A maior vazão do segundo semestre deste ano foi 1185,2 m^3/s.

Obviamente, todas as vazões máximas anuais estiveram acima da média histórica. Em Eldorado, as vazões máximas observadas ficaram acima da média das vazões máximas nos anos 1946-47, 1954, 1957, 1961, 1963, 1965-66, 1970-73; 1976, 1980, 1982-83, 1987-90, 1995, 1997-99 e 2001. Em Sete Barras, as vazões máximas observadas ficaram acima da média das vazões máximas nos anos 1963, 1965-66, 1969, 1971-74; 1976, 1980, 1982-83, 1987-88, 1990, 1995, 1998 e 2001.

Observando-se os Gráficos 43 e 44, verifica-se que em Eldorado, por 3 vezes as vazões se distinguiram pela sua magnitude, atingindo até 270% da média das vazão máximas anuais (em 1997, sendo 153% em 1995) da média das máximas anuais (1983, 1995 e 1997). Em Sete Barras, por 10 vezes as vazões se distinguiram pela sua magnitude, atingindo até 153% da média das máximas anuais (1995[3]).

O principal fator que leva a formação das cheias são os eventos intensos de precipitação. Tais eventos, por sua vez, podem estar associados a fenômenos climáticos como o El Niño. Este é um fenômeno de interação atmosfera-oceano, associado à elevação dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e a Austrália, gerando períodos chuvosos acima do normal e que afeta toda a circulação atmosférica global.

A La Niña estaria associada à diminuição dos padrões normais da Temperatura da

[3] Note-se bem que, caso não houvesse problemas com o posto fluviométrico no primeiro semestre de 1997, provavelmente este seria o ano da maior vazão já registrada no município.

Superfície do Mar (TSM), repercutindo também nos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e a Austrália.

A partir de 1887, os cientistas registraram 30 ocorrências do Fenômeno El Niño e 18 La Niña. Estes fenômenos não têm um período certo de ocorrência e a duração dos mesmos pode perdurar por meses e até anos, como mostra a Tabela 17. Para tanto, considerou-se as cheias que ocorreram até um mês antes e até dois meses depois do período considerado El Niño. Procedeu-se desta forma porque os períodos apresentados na Tabela 19 referem-se ao período no qual o fenômeno foi detectado no Pacífico, sendo que seus efeitos repercutem sobre a dinâmica climatológica da região sul brasileira (onde se encontra 42% da bacia do rio) um pouco antes e, principalmente, depois do período definido como El Niño (Destefani, 2005).

Entre 1971 e 2001, por 20 vezes simultaneamente nos postos de Eldorado e de Sete Barras foi registrado o estado de 'emergência', o que corresponderia à ultrapassagem do estágio de margens plenas, sendo que 70% destas ocorreram em período de El Niño, 10% destas ocorreram em período de La Niña e 20% ocorreram em período de normalidade (Tabela 20). Por 31 vezes foram registrados estados de 'alerta' em Eldorado concomitantemente ao estado de 'emergência' em Sete Barras, sendo que 77,42% destas ocorreram em período de El Niño, 6,45% destas ocorreram em período de La Niña e 16,13% ocorreram em período de normalidade. No total, por 181 vezes o estado de 'emergência' foi acionado em Sete Barras, sendo que 40,88% destas ocorreram em período de El Niño, 30,39% destas ocorreram em período de La Niña e 28,73% ocorreram em período de normalidade.

Tabela 20. Distribuição dos Eventos de Inundação nos períodos de El Niño, La Niña e Normal

	El Niño	**% (El Niño)**	**La Niña**	**% (La Niña)**	**Normal**	**% (Normal)**	**Total**
Intersecção de Emergência em Ambos os Municípios	14	70,00	2	10,00	4	20,00	20
Alerta em Eldorado e Emergência em Sete Barras	24	77,42	2	6,45	5	16,13	31
Emergência em Sete Barras ('Normal' à 'Atenção' em Eldorado)	74	40,88	55	30,39	52	28,73	181

Vale ressaltar aqui que tanto a inundação de 1983 quanto à de 1997 ocorreram em períodos de atuação do fenômeno El Niño.

Por fim, em Eldorado, foram 28 registros de vazão superiores ã média das máximas anuais, durante o período 1971-2001. Destes, 19 registros (67,85%) ocorreram em período de El Nino. Em Sete Barras, foram 18 registros acima da média das máximas anuais, dos quais 12 (66,67%) ocorreram em período de El Nino.

5.7. Tempos de Defasagens e Amortecimento das vazões de pico

A onda de cheia representa forte agente que atua diretamente nas morfologias fluviais pois, por sua força, erode significativamente as margens de solapamento e apresenta competência para elevar parte deste sedimentos para morfologias mais elevadas.

No setor estudado, embora as ondas de cheia sejam muito fortes, parte desta força é dissipada pela amplitude da planície fluvial, com morfologias que armazenam e estocam no espaço e no tempo parte do excedente de água (Crhistofoletti, 1981).

Neste tópico, em um primeiro momento é analisada isoladamente a dinâmica das ondas de cheia. Em um segundo momento, são caracterizadas as tipologias de cheia quanto à sucessão dessas ondas. Posteriormente, descreve-se como a planície fluvial amortece estes picos e estoca parcelas significativas da água de cheia. Por fim, discorre-se sobre produção de água no Setor ESB, deixando evidente que, embora o volume histórico de água registrado em Sete Barras seja maior, durante os eventos de inundação é menor, pois o espraiamento da água na larga planície fluvial e a conseqüente estocagem contribui para tal constatação.

5.7.1. Tempo de Defasagem das vazões de pico no Setor ESB-SP

No baixo Rio Ribeira de Iguape ocorrem os maiores problemas relacionados aos eventos de inundação de toda a bacia. Entender como se dá a propagação de ondas de cheia entre os segmentos do rio é importante para se estabelecer o que seria o “toque de recolhida” dos núcleos urbanos e de bairros rurais localizados dentro da planície. O tempo de defasagem das vazões de pico entre os dois postos foi ineditamente calculada para esta pesquisa.

A Tabela 21 mostra os tempos médios, máximos e mínimos de defasagem das vazões de pico entre Eldorado e Sete Barras e entre Sete Barras e Registro obtidos para os eventos registrados nos anos de 1983, 1995, 1997 e 1998 a partir de dados fluviométricos (cota e vazão) do DAEE, considerando-se as cotas e as vazões máximas observadas nos dois postos. Vale ressaltar que este cálculo pode causa imprecisões, pois a cota máxima observada à jusante pode ocorrer horas depois que as cotas elevadas do N. A. do rio tenham chegado às cidades mais à jusante (milímetros menores que o maior registro). Entretanto, como este é um procedimento dos hidrólogos, foi utilizado.

Tabela 21. Distância (Km) pelo rio entre os postos fluviométricos de Eldorado, Sete Barras e Registro e Intervalos de tempo de defasagem Médio, Máximo e Mínimo entre Eldorado e Sete Barras e entre Sete Barras e Registro (calculados para os anos de 1983, 1995, 1997 e 1998).

Distância (Km) pelo rio entre os postos fluviométricos	Sete Barras	Registro	Eldorado
Eldorado	48,5 Km		
Sete Barras		26 Km	
Registro			74,5 Km

Intervalo médio da propagação da onda de cheia	Sete Barras	Registro	Eldorado
Eldorado	16h		
Sete Barras		22h48	
Registro			38h48

***Máximo* intervalo da propagação da onda de cheia**	Sete Barras	Registro	Eldorado
Eldorado	38h20		
Sete Barras		23h17	
Registro			61h37

***Mínimo* intervalo da propagação da onda de cheia**	Sete Barras	Registro	Eldorado
Eldorado	7h20		
Sete Barras		5h40	
Registro			13h

Analisando-se a Tabela 21, verifica-se que, entre Eldorado e Registro, o tempo médio de defasagem das vazões de pico calculado para os anos de 1983, 1995, 1997 e 1998, foi de 38 h 48 min. A média histórica geral desta defasagem de registro das vazões de pico entre estes dois municípios é de 40 horas para percorrer distância de 74,5 Km (de leito do rio) (Santana et al, 2004a). Assim, entende-se que os anos

utilizados nesta pesquisa como referência para os cálculos dos tempos de defasagem das vazões de pico constituem um bom período de referência (padrão) para se resgatar esses valores.

Entre Eldorado e Sete Barras (48,5 km pelo rio e 28 km em linha reta) o tempo médio de defasagem das vazões de pico é de 16h e entre Sete Barras e Registro é de 22h48. Resultados estes pouco superiores à média histórica admitida de 13h e 24h, respectivamente e confirmada pelo Engenheiro Gilson Nashiro, do DAEE de Registro (Comunicação Via Telefônica).

Como o tempo médio de defasagem das vazões de pico entre Eldorado e Sete Barras é de 13h, optou-se por consultar dados de cota do N. A. do rio de Eldorado registrados às 7h da manhã e registrados 12 h depois em Sete Barras (O DAEE só disponibiliza duas cotas diárias -7 h e 18h). Os Gráficos 12 e 13 mostram as correlações lineares entre os dados registrados às 7h em Eldorado com (a) dados registrados no mesmo horário e (b) dados registrados às 18h (ambos em Sete Barras).

Note-se bem que os dados de Sete Barra que apresentam melhor correlação com os dados registrados às 7 h em Eldorado são aqueles observados às 18h do mesmo dia (Gráfico 12). Em função deste teste que os dados coletados em tais horários, nas respectivas localidades, foram selecionados.

Por outro lado, o intervalo máximo do tempo médio de defasagem das vazões de pico obtido para o Segmento Eldorado-Sete Barras foi de 38h20min e de Sete Barras-Registro 23h17 min, totalizando 61h37min entre Eldorado e Registro (março de 1998). O intervalo de tempo de defasagem das vazões de pico obtido para os respectivos segmentos foram 7h20, 5h40 e 13h (30/set/98).

Embora o segmento Eldorado-Sete Barras seja mais longo que o segmento Sete Barras-Registro , o tempo de defasagem das vazões de pico é menor (em Km/h) no primeiro que no segundo, o que causa intriga, uma vez que as amplitudes altimétricas entre os dois segmentos (10 e 9 m, respectivamente) são semelhantes entre si. Além disso, como o cumprimento do primeiro é 186,54 % maior que o segundo (48,5 Km e 26 Km, respectivamente), seria de se supor que o tempo de defasagem das vazões de pico seja menor no segundo segmento que no primeiro e não o contrário, como o observado. Tal fato se deve em função de:

- a declividade no perfil longitudinal é menor no segundo segmento, conferindo maior tempo de residência das águas neste segundo setor; e
- a maré se faz sentir até pouco à montante de Registro, conforme sugerido pela

Geobrás (1966) e confirmado em Santana et all (2004 a, 2004b).

5.7.2. Caracterização do tempo de defasagem das vazões de pico

As ondas de cheia podem ser caracterizadas pelas formas com que os registros de vazão distribuem-se nos fluviogramas. A forma que uma onda de cheia adquire pode ser reflexo da morfologia do canal e da bacia hidrográfica, uso e ocupação do solo, intensidade e duração dos eventos de precipitação e nível de encharcamento da bacia, em função de sucessivos eventos de precipitação, intensos ou não. Assim, as cheias podem se destacar pela sua magnitude, duração, volume, oscilação e número de picos. Dessa forma, uma classificação das cheias é um critério que auxilia no entendimento do comportamento do regime hidrológico de um rio.

Adotou-se aqui o termo cheia extraordinária, como sendo aquela de magnitude superior à vazão média das cheias máximas anuais; e cheia ordinária, aquela de magnitude superior à vazão média das cheias máximas anuais.

Assim, foram elaborados hidrogramas de vazão diária referentes ao período de doze meses do ano da cheia considerada e comparou-se os hidrogramas de cheias não apenas dos dois postos principais da pesquisa, mas também com os dados referentes ao posto de Apiaí e, na ausência de dados deste, o de Ribeira, como base de comparação. Cabe ressaltar aqui que Ribeira e Apiaí ficam no setor superior do rio e que Registro fica em seu trecho inferior, à jusante da confluência do rio com seu principal afluente, o Juquiá.

Dessa forma, pode-se verificar aqui, que o rio Ribeira de Iguape apresenta três tipos distintos de cheias quanto à oscilação da curva, sendo denominadas nesta pesquisa de Alfa, Beta e Gama[4].

---

[4] Existência de duas tipologias de cheia: 1 – Tipologia quanto à oscilação da curva (alfa, beta e gama); e 2 – Tipologia quanto à Magnitude e freqüência (Tipo 1, 2, 3 e 4), que será abordado mais adiante.

Cheias do tipo Alfa (α): são aquelas cheias extraordinárias mais significativas do ponto de vista de sua magnitude, apresentando maior volume e duração, sendo por isso mais raras. Constam de um pico principal mais importante, precedido e sucedido por vários picos que aumentam e diminuem de magnitude sucessivamente, caracterizando um efeito de cascata. A subida do pico principal se desenvolve de forma mais lenta, em função de ser precedido por inúmeros picos menores. Tal tipo de cheia é formado em média por 3 a 4 picos e podem ocorrer até duas vezes ao ano. As cheias de 1983, 1995 e de 1997 são bem expressivas e retratam muito bem as cheias alfas (Gráficos 45, 46 e 47). Cabe ressaltar aqui que é justamente em função do grande volume procedente do Juquiá que a onda de cheia em Registro atinge características distintas dos postos à montante.

Gráfico 45. Cheia tipo Alfa em jun/1983

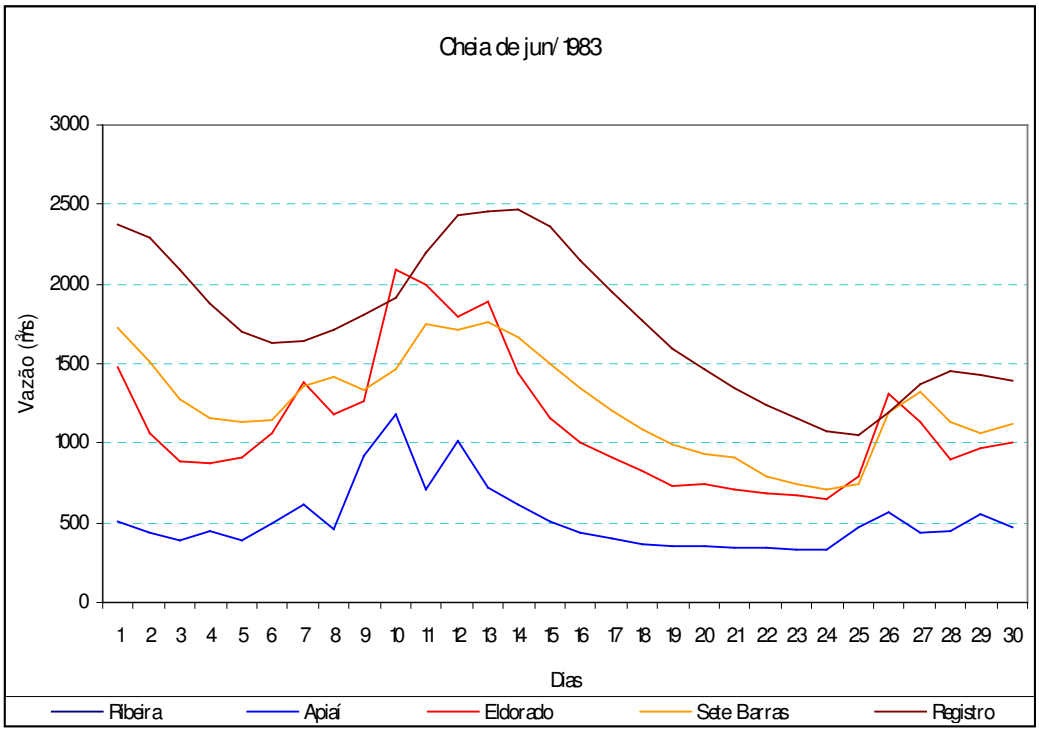


Gráfico 46. Cheia tipo Alfa em jan/1995

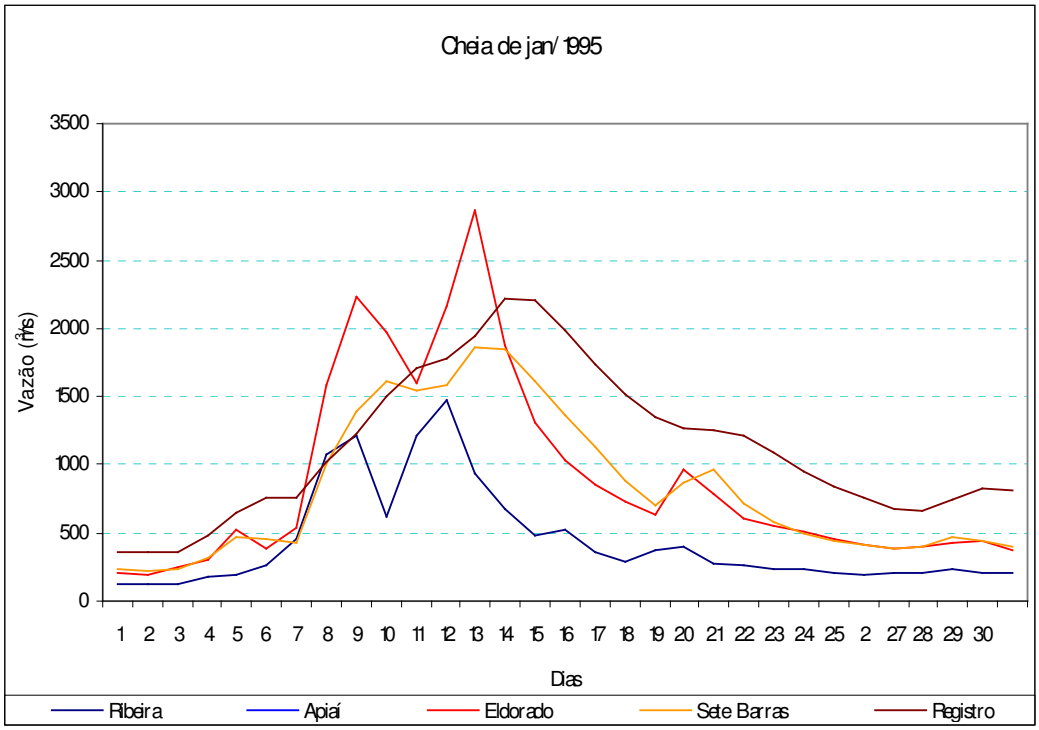
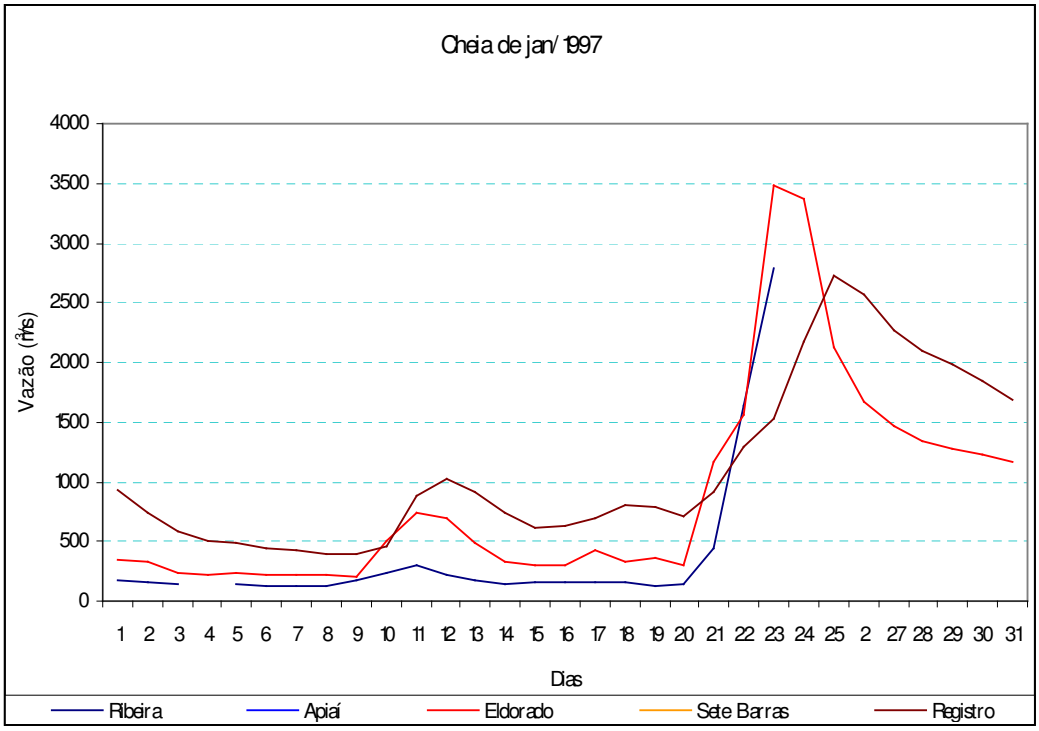


Gráfico 47. Cheia tipo Alfa em jan/1997



Cheias do tipo Beta (β): são representadas por cheias de grande à média magnitude, podendo ser extraordinária ou ordinária. Apresentam dois picos sucessivos de subida rápida, sendo um superior ao outro. Essas cheias são freqüentes e podem prenunciar a cheia Alfa. Exemplos de cheias betas podem ser vistos nos eventos de 1996, 1998 e 1999 (Gráficos 48, 49 e 50).

Gráfico 48. Cheia tipo Beta em jul/1996

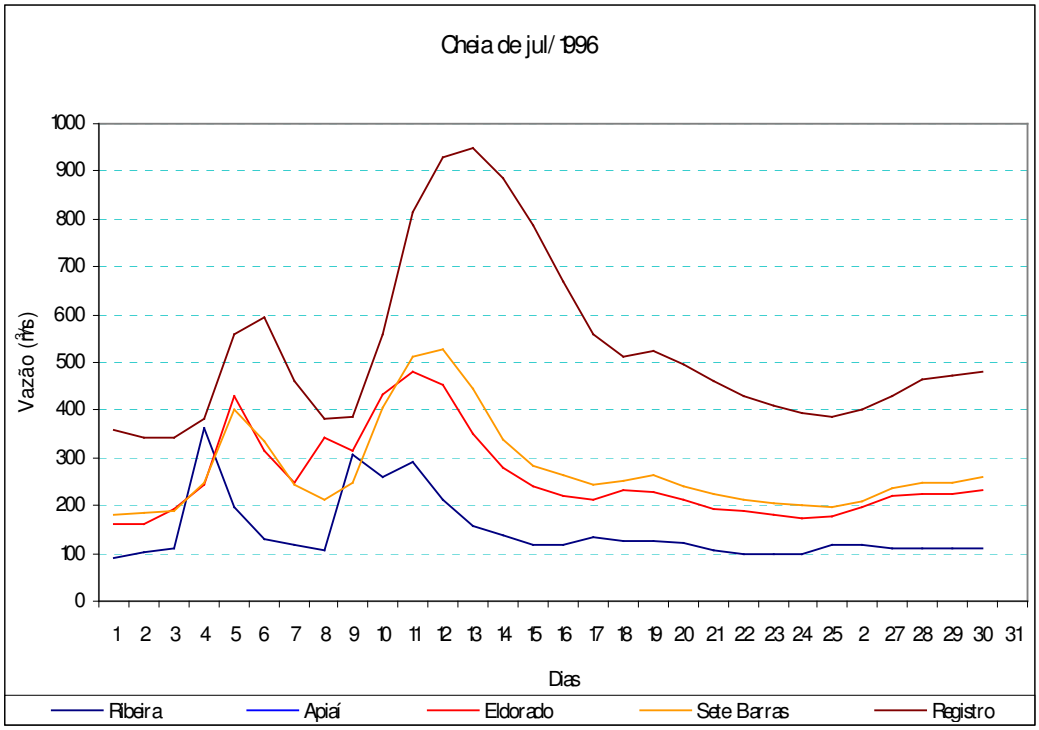


Gráfico 49. Cheia tipo Beta em jul/1998

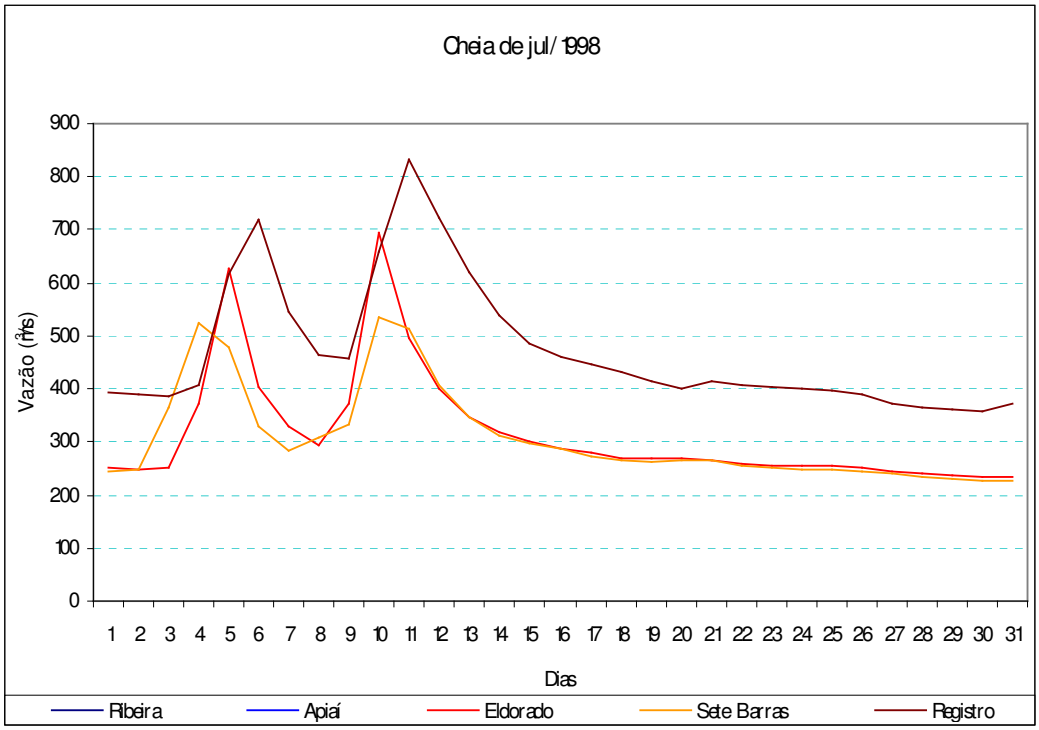
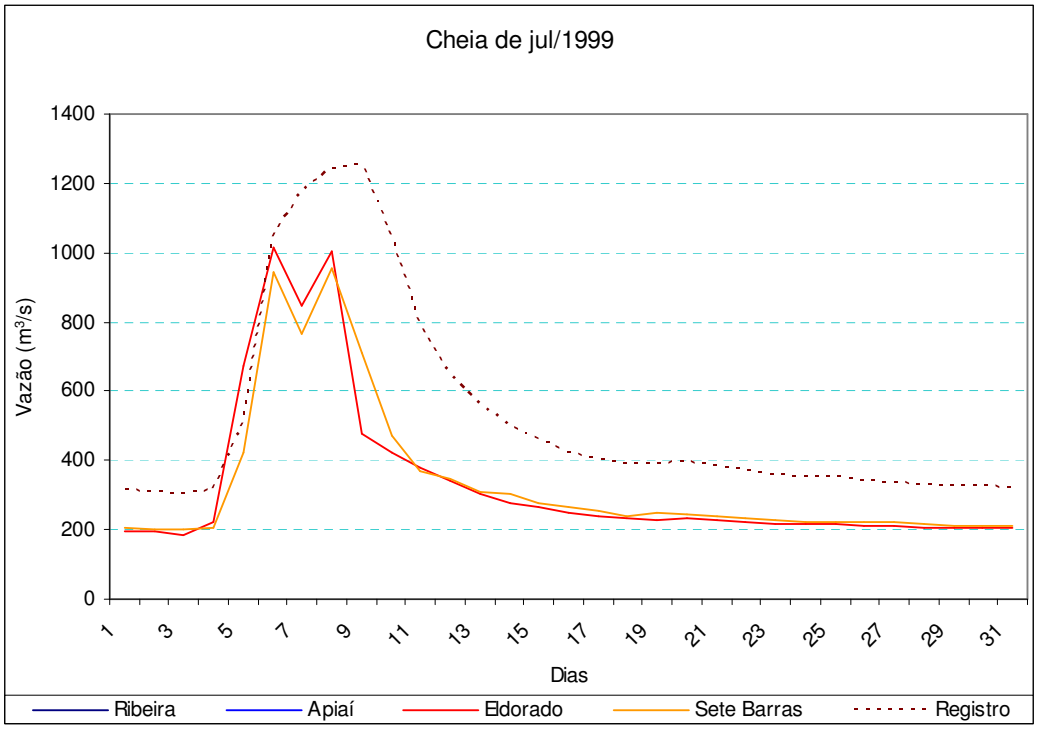


Gráfico 50. Cheia tipo Beta em jul/1999



Cheias do tipo Gama (Ÿ): representam as cheias do tipo simples e freqüente, sendo caracterizadas por apenas um pico principal, que pode vir ou não acompanhado de outros picos periféricos, podendo ser extraordinária ou ordinária. Alguns exemplos podem ser visualizados nos Gráficos 51, 52 e 53, referentes aos anos de 1980, mai-1990 e set-1990. Também este tipo de cheia pode estar acompanhando outra cheia do tipo alfa ou beta.

Gráfico 51. Cheia tipo Gama em jul/1980

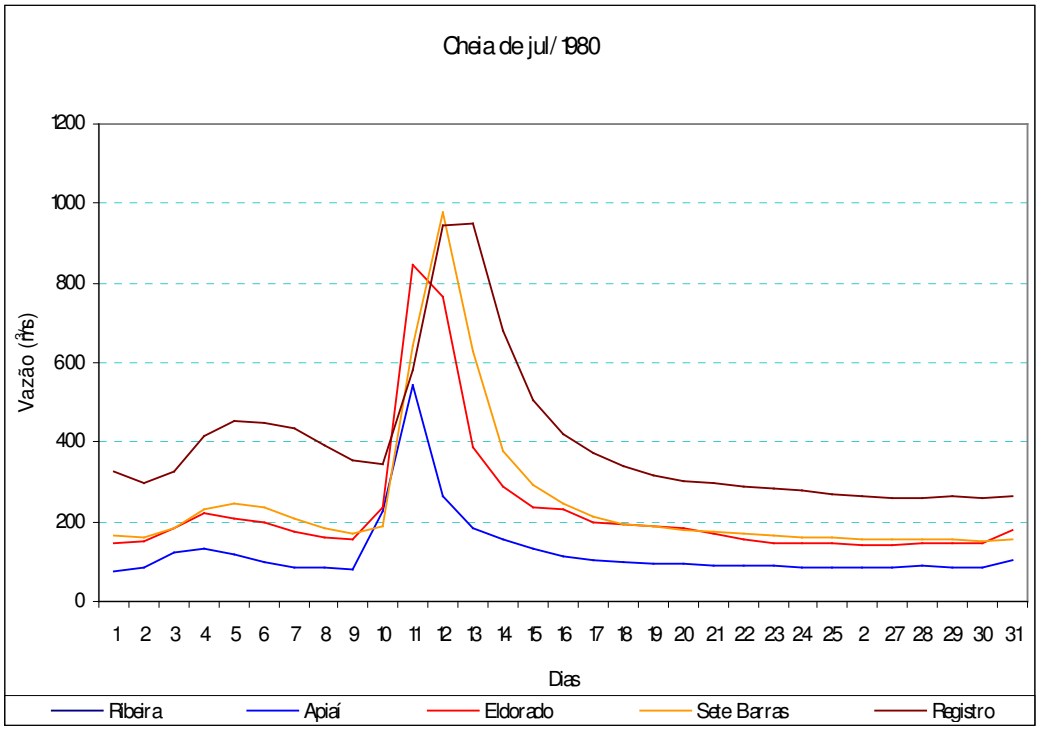


Gráfico 52. Cheia tipo Gama em mai/1990

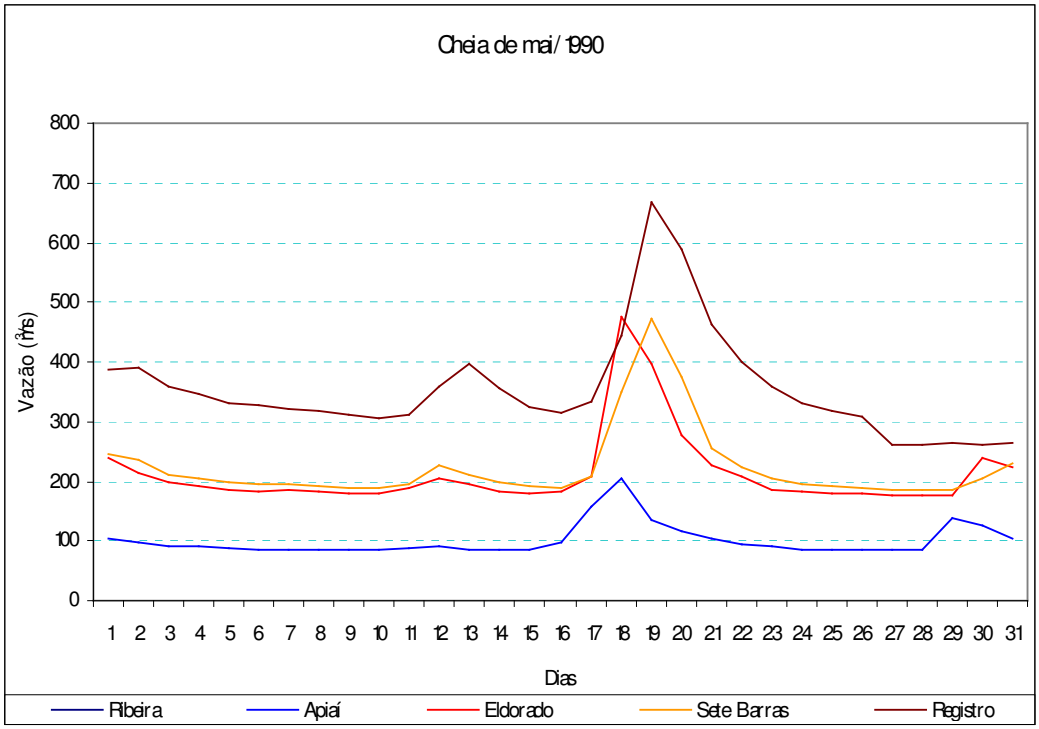
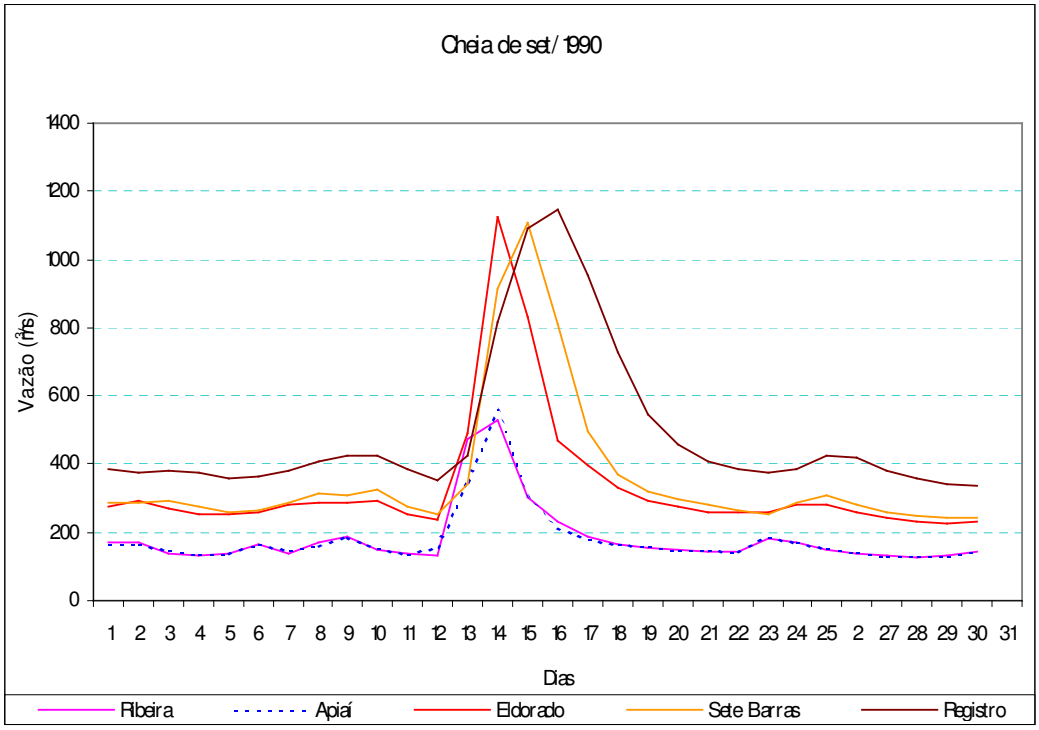


Gráfico 53. Cheia tipo Gama em set/1990



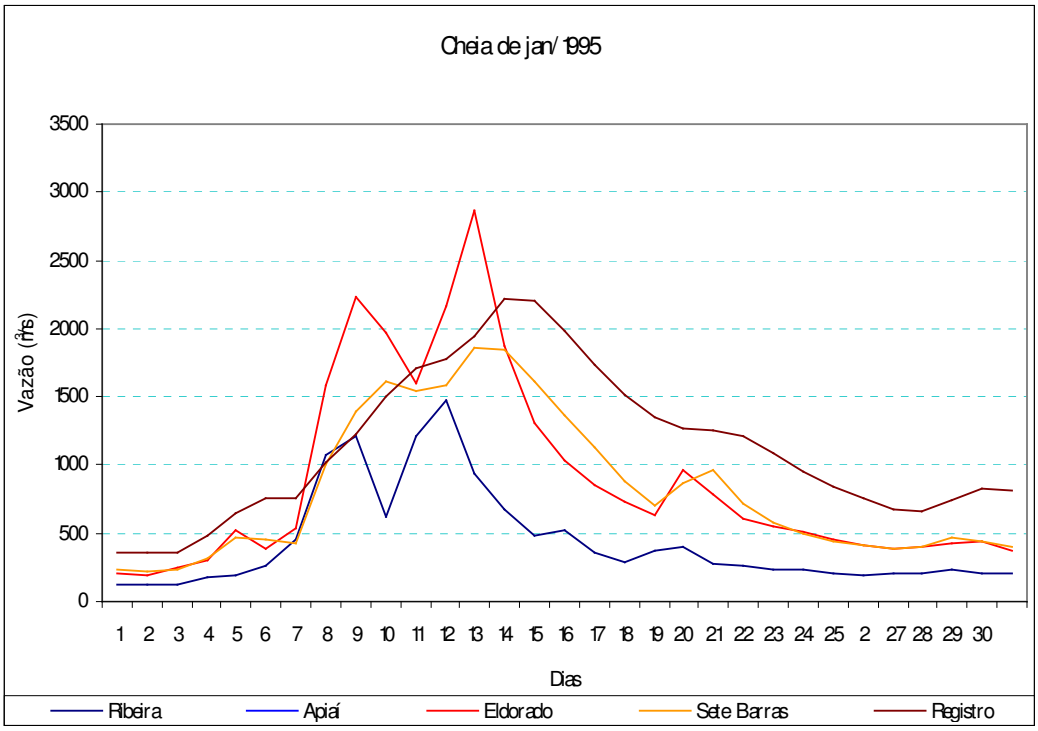
Sabe-se que os eventos de inundação são caracterizados pela ascensão de diversos picos nas cheias do tipo Alfa e Beta. As vazões de pico apresentam formato de 'estaca' para Ribeira, Apiaí, Eldorado e Sete Barras. Já para Registro, por ser um posto a jusante da confluência do rio Ribeira de Iguape com seu principal afluente, o Juquiá, por estar bem no trecho inferior, no qual as águas têm um período de residência bem maior (Ross, 2002), a curva apresenta pico aplainado em função de valores conservatório. É conhecido o fato de que nos trechos superior e médio os vales são encaixados, o que dificulta o amortecimento dos picos que pode ocorrer caso haja extravasamento para a planície de inundação ou refluxo em afluentes, por exemplo. Neste sentido, a quantidade e a magnitude dos picos que as ondas de cheia apresentam estão relacionadas aos episódios de precipitação que ocorrem na bacia hidrográfica.

5.7.3. Planície de inundação e Amortecimento das vazões de pico

No intuito de se tentar evidenciar o papel da planície de inundação na estocagem e armazenamento das vazões de pico, foram elaborados alguns hidrogramas que permitem comparação do comportamento da onda de cheia entre vários setores: Ribeira-Apiaí, Apiaí - Eldorado, Eldorado-Sete Barras e Sete barras-Registro (ou RiAp, ApEl, ESB, e SeRe). Os dois primeiros setores estão encravados em meio a vales bem encaixados. O setor ESB compreende uma planície de inundação muito significativa, a Lagoa Nova. O último setor também possui planície de inundação bem significativa, estando sujeito tanto às oscilações de vazão devido tanto aos pulsos de marés extremas quanto às flutuações decorrentes da contribuição de seu principal afluente, o Juquiá (Santana et al, 2004a).

Foi escolhido o mês jan/95 por apresentar dados nos 5 postos (Gráficos 54). Ao que tudo indica, as cheias do tipo Alfa têm seus picos amortecidos em Sete Barras, se comparado o seu desenvolvimento nos demais postos. Como se verão em capítulos posteriores, a porosidade do material superficial, bem como a capacidade de algumas morfologias de estocagem de água, devido ao represamento da água excedente teria forte influência neste amortecimento das vazões de pico.

Gráfico 54. Amortecimento das vazões de pico em jan/1995



Como se pode verificar, os picos de cheias são breves e pontiagudos em Eldorado, sendo mais suavizados e longos em Sete Barras.

5.7.4. Estimativa da produção de água e o amortecimento das vazões de pico no Setor ESB

Foi elaborada estimativa de produção de água na bacia até Sete Barras. Entretanto, se faz necessário ressaltar alguns aspectos do ciclo hidrológico e do modelo de precipitação-vazão.

O ciclo hidrológico não é um fenômeno isolado, sendo resultado de uma interação de processos hidrometeorológicos, geomorfológicos e biológicos, tendo como agentes dinâmicos a água, o clima e a gravidade. Cada processo interfere e sofre interferência dos demais processos.

Diversos autores colocam que o processo de precipitação-vazão de uma bacia é complexo e engloba não somente a influência hidrológica, mas também a influência da geologia e da biologia, o que demonstra as relações ambientais que compõem o meio.

A água distribui-se de forma irregular no tempo e no espaço e, em função desta distribuição, observa-se que a vazão média de uma bacia sofre variações sazonais multianuais significativas. Percebe-se a necessidade de utilização de modelagem matemática, que é uma ferramenta importante para a compreensão e manejo de bacias hidrográficas.

Sabendo-se que o processo chuva-vazão de uma bacia é complexo e engloba uma gama de fatores; e que a água distribui-se de maneira irregular no tempo e no espaço, aventa-se que, numa área em que precipita x mm/ano, há diferenças substanciais nas relações vazão/área entre o sistema vertente, com declividades elevadas, e a planície fluvial ampla, com declividade nula, com atributos de solo (porosidade, condutividade, etc) diferentes.

A estimativa de produção de águas em toda a bacia o rio Ribeira de Iguape deve levar em conta ao menos dois contextos geográficos distintos: as áreas de grande altitude, na Serra de Paranapiacaba, onde chega a precipitar 4000 mm anuais e a Planície Costeira, com 1600 mm anuais de precipitação.

Assim, espacialmente, a produção de água não é homogênea em toda a bacia. Tampouco as formas de escoamento, pois o que é precipitado nas serras é rapidamente escoado para a planície fluvial do trecho inferior do rio, desenvolvendo *flashploods.*

Ao longo de toda a bacia do rio Ribeira de Iguape, há 22 postos pluviométricos e 6 estações meteorológicas, inclusive uma em Eldorado, ao lado do antigo posto pluviométrico.

A bacia do rio Ribeira de Iguape até Eldorado possui área de 14582 km^2, com vazão histórica média de 262,14 m^3/s. Já até Sete Barras, a bacia estendendo-se a 15292 km^2, com 278,78 m^3/s de vazão histórica média (1971-2000).

Para estimativa da produção de água em toda a bacia, optou-se por trabalhar com níveis de altitude, relacionada ao observado de precipitação média anual na referida altitude, pois o fenômeno chuva orográfica é bem emblemático na Serra do Paranapiacaba.

Em função desta demanda, foi feito o Mapa de Precipitação na bacia do rio Ribeira de Iguape (Mapa 6). Ao se comparar o Mapa 6 percebe-se que seus resultados corroboram com o Mapa de Compartimentação Climática da bacia proposta por Gutijahr (1993). A autora aponta precipitação pluviométrica oscilando entre 1500 e 2000mm para a área do baixo Ribeira ao encontro com os dados apresentados no Mapa 6.

Mapa 6. Mapa de precipitação pluviométrica na Bacia do rio Ribeira de Iguape

Foram encontrados postos nas altitudes de 20, 110, 160, 180, 200, 780 e 800m. É conhecido o fato de que em altitudes mais elevadas os índices de precipitação tendem a ser mais elevadas. Para os propósitos desta pesquisa, foi feita interpolação linear a fim de se conseguir relacionar mesmo que precariamente todas as faixas de altitude com as referidas taxas de precipitação (Gráfico 55; Tabela 22).

Gráfico 55. Relação entre Altitude e Precipitação na Bacia do rio Ribeira de Iguape

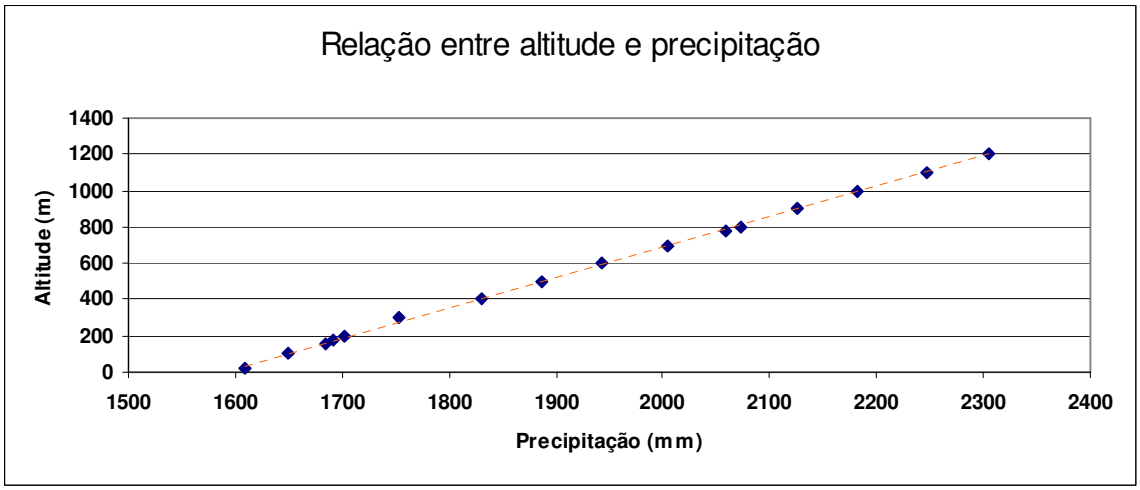


Tabela 22.Cálculo da Precipitação Média Ponderada por altitude (PMP).

Intervalo de altitude	% da Área	precipitação (mm)	PMP
0-20	5	1608,13	80,41
20-100	7	1650,25	115,52
100-200	5	1701,65	85,08
200-300	6	1753,87	105,23
300-400	7	1830,1	128,11
400-500	9	1887,53	169,88
500-600	11,2	1942,65	217,58
600-700	13	2004,12	260,54
700-800	21	2072,25	435,17
800-900	13	2125,65	276,33
900-1000	1,2	2181,65	26,18
1000-1100	0,8	2247,24	17,98
1100-1200	0,6	2305,04	13,83
1200-1300	0,2	2361,74	4,72
Total	**100**	**-**	**1936,55**

Para relacionar o montante precipitado por faixas de altitude, elaborou-se o que aqui será denominado de PMP (precipitação média Ponderada), obtida a partir da ***Equação 8***:

PMP= P*Ar/100, onde:

P – Precipitação observada na faixa de altitude em questão

Ar – Área percentual dessa faixa de altitude

Ao se ponderar a quantidade estimada de chuva sobre a bacia até Sete Barras nas faixas de altitude, chega-se a uma precipitação média anual de 1936,55 mm em toda a bacia.

O cálculo da estimativa de produção de água é obtido pela ***Equação 9***:

PA=Q/A,

Onde:

PA – produção de água

Q – vazão

A – área

Para Eldorado, a relação área/vazão é de 0,017976958 $m^3/s/km^2$. Já para Sete Barras é de 0,018230447 $m^3/s/km^2$ (Tabela 24). É interessante notar que em eventos de precipitação intensa, com a elevação da cota e intensificação da vazão, a relação Q/A fica muito mais elevada. Por exemplo, elaborando-se a relação Q/A a partir das vazões de pico observadas no evento de cheia de 1997, tem-se para Eldorado e Sete

Barras, respectivamente, 0,23819092 e 0,227108946 $m^3/s/km^2$. Para as vazões de pico em 1995, esta relação foi de 0,19637224 e 0,121763013 $m^3/s/km^2$, respectivamente (Tabela 24).

É importante ressaltar que, embora a média de produção de água histórica de Sete Barras tenha sido pouco superior à de Eldorado, nas vazões de picos a média é inferior, por causa da ampla planície fluvial que amortece as vazões de pico, estocando e controlando o fluxo no setor ESB (Tabela 24), o que corrobora para a afirmação de que parte significativa da água extravasada na ampla planície fluvial do Setor ESB jamais retorna ao rio via fluxo superficial.

Tabela 23. Cálculo da Produção de água no setor ESB.

Posto	Municipio	Vazão (m^3/s)	Área (km^2)	PMP*	Relação Q/A ($m^3/s/Km^2$)
5F-001	Eldorado	262,14	14582	1936,55	0,017976958
4F-015	Sete Barras	278,78	15292		0,018230447

Tabela 24. Comparação entra a Relação Q/A histórica e em vazões de pico.

	Eldorado	Sete Barras
1995	0,19637224	0,121763013
1997	0,23819092	0,227108946
Média Histórica	0,017976958	0,018230447

6. Caracterizações e Análises pedo-estratigráficas

6.1. Classes Texturais e Análise Granulométrica das amostras de sedimentos

A parte inorgânica (sólida) do solo e dos sedimentos é constituída de partículas de diferentes tamanhos: argila, silte, areia, cascalhos, calhaus e matacões. A textura do solo refere-se à proporções de areia, silte e argila. No que se refere à distribuição granulométrica.

Para descrever as distintas camadas das morfologias fluviais em termos granulométricos, foram

coletadas 42 amostras de solo em diversos setores dessas morfologias, nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm (eventualmente 80-100 cm e 100-120 cm). As amostras foram analisadas quanto à textura (distribuição quantitativa das classes de tamanho de partículas de que se compõem as camadas) pela metodologia Camargo *et alli* (1986) adaptada por Machado (2002). O cálculo para se obter o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) foi obtido segundo metodologia de Manfredini *et alli* (1981).

As classes texturais encontradas foram: Areia (Ar), Areia-franca (ArFr), Franco-arenosa (FrAr), Franco-argilo-arenosa (FrArgAr) Argila (Arg), Argila-franca (ArgFr), Franco-siltosa (FrSi), Argilo-siltosa (ArgSi), Franco-argilo-siltosa (FrArgSi), Franco (fr) e Franco-argilosa (FrArg).

As amostras foram sistematicamente coletadas em 4 perfis (Mapas 8; Figuras 3 - 10), geralmente com três pontos de coletas, podendo ser por perfil exposto, coleta em quadrante ou por tradagem. No que se refere ao Perfil 4, foi feita apenas uma tradagem expedita, com 4 camadas. Daí, a partir de agora este último perfil também ser denominado de ponto único.

Para a análise das amostras, foi feita duplicata apenas para as amostras do perfil 1. Como foi observado que as duplicatas apresentavam valores muito próximos das análises feitas com as amostras matrizes, concentrou-se esforços apenas para as amostras matrizes. Eventualmente, quando necessário, foram refeitas algumas análises, para confirmar ou não certos dados.

A seguir, discute-se sobre o uso das duplicatas de amostras para as análises granulométricas bem como o não uso das mesmas para os demais perfis. Também, pontua-se a re-análise de uma amostra, cuja matriz apresentou resultados desconexos com o contexto do perfil. Em seguida, é feita a discussão acerca do diâmetro médio ponderado (DMP).

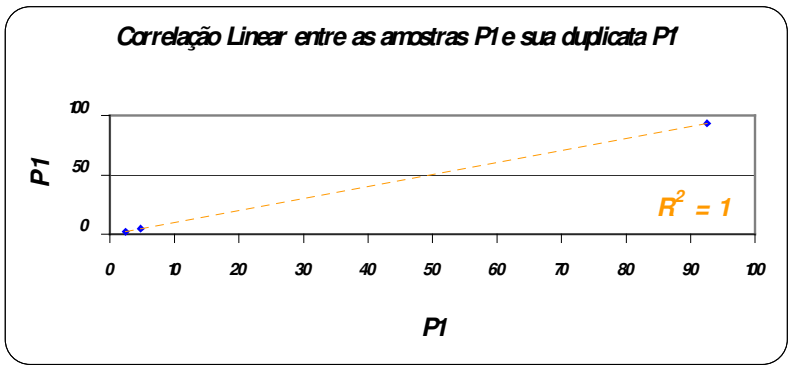
Em um segundo momento, apresenta-se os resultados da análise granulométrica e a respectiva classificação textural.

A tabulação dos resultados pode ser observada nas Tabelas 25-31 (Anexo 1).

6.1.1. Duplicatas e correção de erros

Só foram feitas duplicatas para o perfil 1, pois 98% delas apresentavam entre 98 e 100% de correlação linear com a amostra original (Gráfico 56). Apenas a amostra P3A2 (perfil 1) apresentou correlação linear baixa. Analisando-se as outras amostras referentes aos horizontes inferiores a esta, entendeu-se que sua duplicata (P3A2') estava mais coerente que a original e foi escolhida.

56. Correlação Linear entre dados originais e duplicatas



Foi refeita a análise granulométrica da amostra P1A2 (perfil 2), pois apresentou desconexão com o contexto do perfil (houve derramamento durante o processo de 'banho de areia'). O resultado da segunda análise foi mais coerente e foi aproveitado.

6.1.2. Diâmetro Médio Ponderado

O diâmetro médio ponderado (DMP), segundo Manfredini *et alli* (1981), é calculado considerando-se também o "peso" relativo de cada uma das frações, de acordo com a ***Equação 10***.

Equação 10:

DMP= P*M/100,

onde

DMP – Diâmetro Médio Ponderado

P – proporção de cada classe em relação ao total. (em porcentagem)

M – Malha da peneira para a referida classe

Para estas análises, foram elaborados inúmeros gráficos (barras trifásicas para as três classes maiores, histograma de 8 classes, triângulo granulométrico), bem como inúmeras tabelas (Classes e fração correspondente, diâmetro médio ponderado).

A Tabela 32 refere-se às classes granulométricas e suas frações correlatas. A Tabela 33 situa cada amostra em sua respectiva classe em relação ao DMP.

Tabela 32. Classes e frações granulométricas correlatas.

Classe	sigla	Fração (cm)
areia muito grossa	1	2,000 - 1,000
areia grossa	2	0,999 - 0,530
areia média	3	0,529 - 0,250
areia fina	4	0,249 - 0,125
areia muito fina	5	0,124 - 0,063
siltes g/m	6	0,062 - 0,051
silte fino	7	0,050 - 0,002
argila m/g/f	8	0,002 ou menor

Tabela 33. Classificação do DMP das amostras.

1	Perfil 1 (P1; P2A2)
2	Perfil 1 (P2A2)
3	Perfil 1 (P2A1)
4	Perfil 1 (P2A3, P3A2. P3A3, P3A4, P3A6 e P5A1)
5	Perfil 1 (P3A1e P3A5); Perfil 2 (P3A2); Perfil 3 (P1A3-A4 e P2A2) e Ponto 4 (1 e 4)
6	Perfil 2 (P1A2, P2A1, P3A3-A4); Perfil 3 (P3A1-A4); Ponto 4 (2)
7	Perfil 2 (P1A1, P1A3-A4, P2A3-A4, P3A1); Perfil 3 (P1A1-A2, P2A1, P2A3); Ponto 4 (3)
8	Sem amostras na classe

Perfil 1									
AM	DMP								
P1	1,64	P2A1	0,27	P3A1	0,08	P4A1	0,16	P5A1	0,20
-	-	P2A2	1,32	P3A2	0,23	P4A2	0,16	-	-
-	-	P2A3	0,14	P3A3	0,16	P4A3	0,13	-	-
-	-	P2A4	0,71	P3A4	0,16	-	-	-	-
				P3A5	0,11				
				P3A6	0,13				

Perfil 2					
AM	DMP				
P1A1	0,04	P2A1	0,05	P3A1	0,04
P1A2	0,05	P2A2	0,06	P3A2	0,08
P1A3	0,02	P2A3	0,05	P3A3	0,06
P1A4	0,02	P2A4	0,04	P3A4	0,06

Perfil 3					
AM	DMP				
P1A1	0,03	P2A1	0,04	P3A1	0,06
P1A2	0,04	P2A2	0,08	P3A2	0,06
P1A3	0,09	P2A3	0,04	P3A3	0,06
P1A4	0,08	-	-	P3A4	0,06

Ponto 4	
AM	DMP
1,00	0,09
2,00	0,05
3,00	0,04
4,00	0,08

Os resultados da análise granulométrica e a respectiva classificação textural são apresentados a seguir.

6.2. Análise texturais dos perfis

PERFIL 1

Ponto: 1

Amostra: P1

Gráfico: 57

Morfologia em questão: 1c - planície de inundação periódica (cordões arenosos sub-atuais)

Mapa: 9

Figuras: 3 e 4

Tabela 34. Relação de dados referentes à Amostra 1 do Perfil 1.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P1	areia	1 e 2	57, 62, 66, 67,124

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 57.

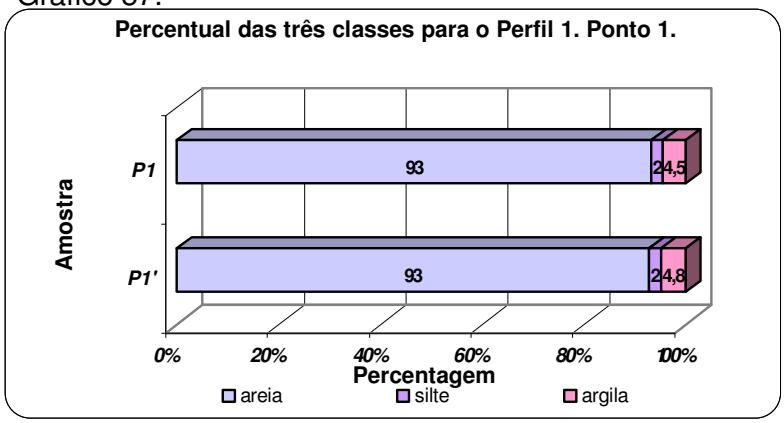


Figura 3. Perfil 1, evidenciando as distâncias e alturas relativas ao rio, bem como os pontos de coleta.

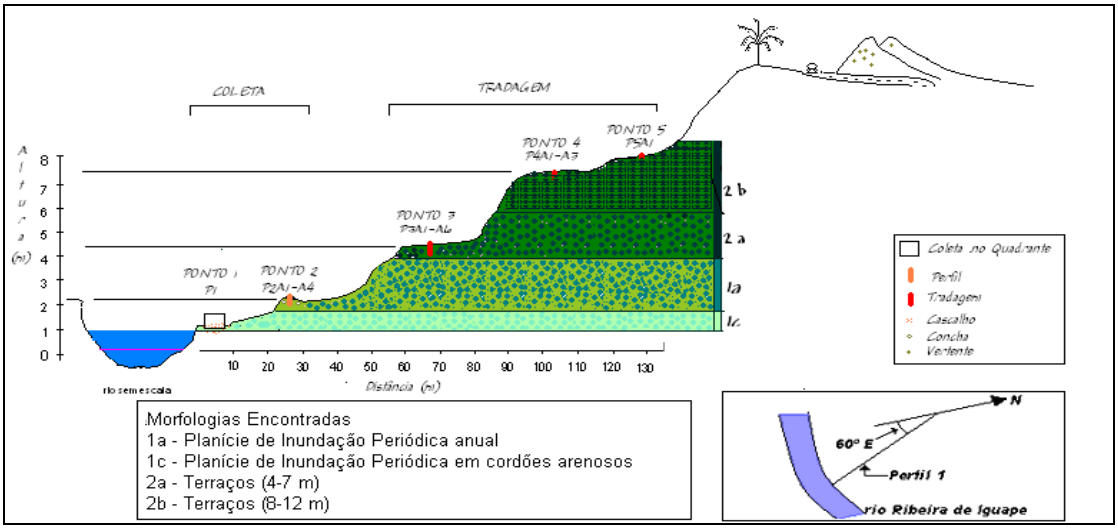
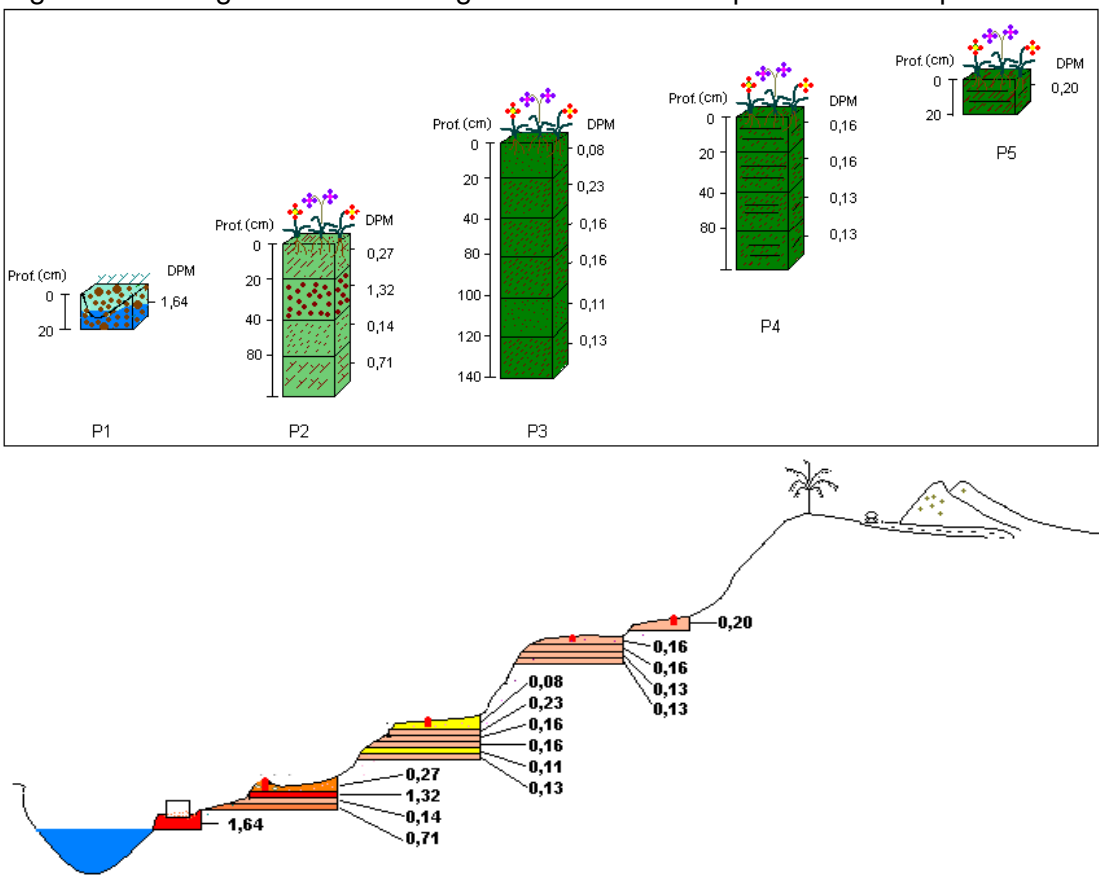

COLETA
TRADAGEM
PONTO 5
PONTO 4
PONTO 3
PONTO 2
PONTO 1
Altura (m)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
Distância (m)
2 b
2 a
1a
1c
Coleta no Quadrante
Perfil
Tradagem
Cascalho
Concha
Vertente
N
60° E
Perfil 1
rio Ribeira de Iguape
Morfologias Encontradas
1a - Planície de Inundação Periódica anual
1c - Planície de Inundação Periódica em cordões arenosos
2a - Terraços (4-7 m)
2b - Terraços (8-12 m)

Figura 4. Estratigrafia das morfologias encontradas no perfil 1 e DMP por camada.



Sem escalas (horizontal ou vertical). As cores correspondem às classes granulométricas constantes na Tabela 32.

A Amostra P1 foi extraída por coleta expedita (única), por meio do método do quadrante (20cm^2). Constituiu-se de material grosseiro (de cascalho a areia grossa).

Grande parte do material coletado foi descartado por possuir diâmetro superior à 2 cm. Apresentou o maior DMP de todas as amostras analisadas, cerca de 1,64 (Figura 4).

Mais de 93,5% do material selecionado para análise (50 g de material com diâmetro menor ou igual a 2 cm) corresponde à fração areia.

Ponto: 2

Amostras: P2A1- P2A4

Gráfico: 58

Morfologia em questão: 1a **-** Planície fluvial articulada às margens plenas

Mapa: 9

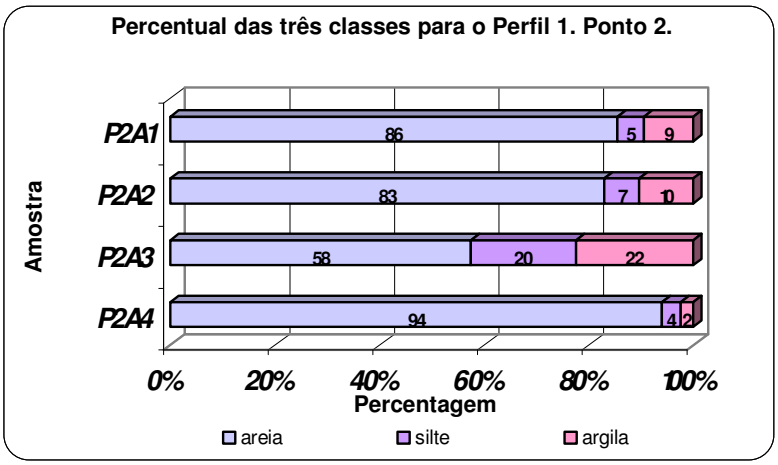
Tabela 35. Relação de dados referentes à Amostra 2 do Perfil 1.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P2A1	areia franca	4,5,3	58, 62, 69
P2A2	areia franca	1,2,8	70
P2A3	franco argilo arenosa	5,4,8	71
P2A4	franco argilo arenosa	4,5,7	72
Ponto 2	areia	-	124

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 58.



As Amostras deste perfil foram extraídas por meio de coletas em perfil exposto. Os materiais encontrados são grosseiros, da classe areia, predominando areia grossa (Tabelas 25 e 26). Estas amostras estão assim esquematizadas:

P2A1≅ P2A2.

P2A3 ≠P2A4

Analisando-se o histograma referente às amostras P2A1 e P2A2, percebe-se que elas são parecidas, com mais de 83% de areia, tendo mais argila que silte.

Entretanto, quando se atenta para o DMP, percebe-se que a segunda camada tem DMP bem maior que a primeira (1,32 e 0,27, respectivamente).

A camada referente à amostra P2A3 apresenta 58% de argila, com silte e argilas entre 20 e 22%. Em campo, observou-se elevada concentração de mica neste setor do sedimento, indicando que tais sedimentos procederam de área mais a montante, em fluxo não tão competente. Possui o mesmo DMP do ponto 2.

Enfim, embora as duas primeiras camadas sejam parecidas, através do DMP, percebe-se que elas têm diferenças significativas. Na verdade, para este ponto, nenhuma camada tem relação com a outra, pois se trata de deposições diferenciadas, em momentos provavelmente distintos.

Ponto: 3

Amostras: P3A1- P3A6

Gráfico: 59

Morfologia em questão: 2a Terraço – inundações excepcionais (2 – 5m)

Mapa: 9

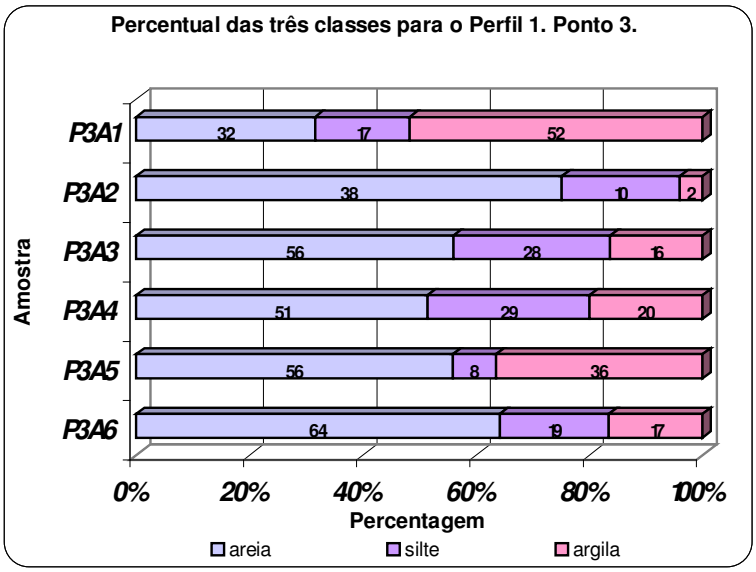
Tabela 36. Relação de dados referentes à Amostra 3 do Perfil 1.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P3A1	argila	8, 5, 4	59, 63, 73
P3A2	Franco arenosa	4,7,5	74
P3A3	franca	4,7,5	75
P3A4	Franco arenosa	4,7,5	76
P3A5	Argila franca	8,5,4	77
P3A6	Franco arenosa	5,4,7	78
Ponto 3	franco argilo arenosa	-	124

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 59.



As Amostras deste perfil foram extraídas por tradagem. Foram encontradas areias finas e muito finas (Tabelas 25 e 26). As amostras P3A1-A6 do ponto 3 (Gráfico 59) estão assim esquematizadas:.

P3A1≠P3A2

P3A2≅P3A3=P3A4=P3A6

P3A5≠P2A6

P3A1 – Camada mais superficial, que recebe contribuição de sedimentos procedentes das vertentes e eventualmente do rio, durante inundações, cujo fluxos não são tão competentes. Possui a maior quantidade de argila do ponto (52%), provavelmente alóctone, trazida por drenagem superficial procedente das vertentes (sedimentação mais local), conforme drenagem observada no campo.

A primeira e a quinta camadas são muito parecidas, com DMP correspondendo à areia muito fina, e estão separadas pelas camadas referentes às amostras P3A2, P3A3, P3A4 e P3A6, que são parecidas (DMPs = 0,23, 0,16 e 0,16, respectivamente).

Para estas, o silte diminui a medida em que vai ficando mais profundo, ao passo que a argila fica maior, pois ela aqui provavelmente é resultado do intemperismo do

silte. Os fluxos que trouxeram estes materiais são pouco menos intensos que o citado anteriormente.

A segunda camada e a sexta apresentam respectivamente 75 e 64% de areia, evidenciando um fluxo suficiente capaz de arrastar este material.

Com relação ao DMP geral do ponto 3, apenas a primeira e a quinta camadas se enquadraram na classe 'areia muito fina'. As quatro outras se enquadraram na classe 'areia fina'.

Ponto: 4

Amostras: P4A1- P4A3

Gráfico: 60

Morfologia em questão: 2.b. Terraço – inundações excepcionais (5- 15m)

Mapa: 9

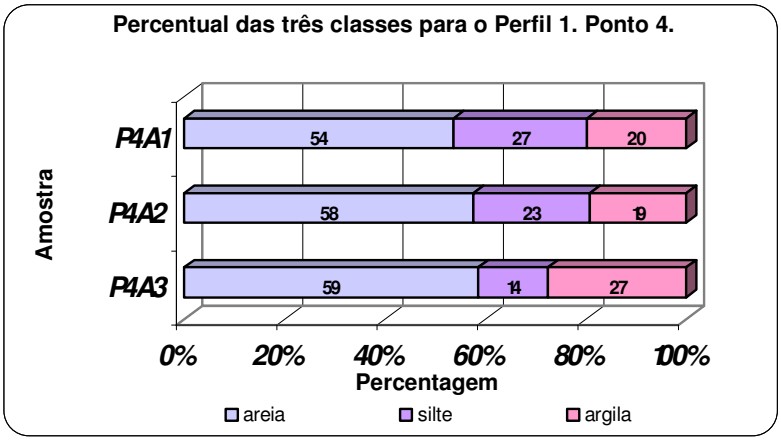
Tabela 37. Relação de dados referentes à Amostra 4 do Perfil 1.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P4A1	Franco arenosa	4,7,5	60, 64, 79
P4A2	Franco arenosa	4,5,7	80
P4A3	Franco siltosa	7,4,5	81
Ponto 4	franco argilo arenosa	-	124

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 60.



As Amostras do ponto 4 foram extraídas por tradagem. Foram encontradas areias com DMP entre 0,013 e 0,016, o que as classificam como sendo “areia fina” (Tabelas 25 e 26). Observando-se os histogramas, percebe-se que as amostras P4A1-A3/4 (Gráfico 60) estão assim esquematizadas:

P4A1= P4A2= P4A3/4

Tal esquematização é corroborada pelo DMP, pois as três camadas pertencem à mesma classe textural (areia fina). Da mesma forma, o ponto 5, embora seja aparentemente diferente no gráfico trifásico (Gráfico 60), apresenta DMP na mesma classe textural (Figura 4).

A areia é a maior parcela (54%). Superficialmente, há 1% a mais de argila que na segunda camada. Ocorre migração de argila na terceira camada em relação às de cima e uma correlata diminuição do silte, provavelmente fruto do seu intemperismo.

Em campo, foram descartadas as amostras das camadas mais profundas, por tratar-se da mesma camada. Foi observado que trata-se de camadas que já configuram solo, pois é bem estruturado, possuindo horizonte ‘b’ bem definido.

Ponto: 5
Amostras: P5A1
Gráfico: 61
Morfologia em questão: 2b. Terraço – inundações excepcionais (2- 5m)

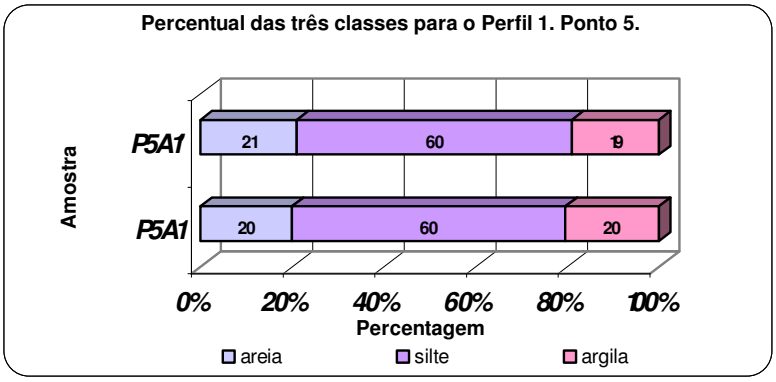
Mapa: 9
Tabela 38. Relação de dados referentes à Amostra 5 do Perfil 1.

Amostra	*Triângulo*	*Classe(s) Mais freqüente(s)**	*Gráficos***
P5A1	Franco siltosa	7,8,5	61, 64, 82

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 61.



Neste ponto, a parcela de areia decresceu muito. Há forte presença de mica e o silte corresponde a 60% da camada, indicando um material muito recentemente depositado, provavelmente por contribuição da vertente.

PERFIL 2

Ponto: 1

Amostra: P1A1-A4

Gráfico: 83

Morfologia em questão: 1b planície de inundação periódica (isolada - backswamps)

Mapa: 10

Figuras: 5 e 6

Tabela 39. Relação de dados referentes à Amostra 1 do Perfil 2.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P1A1	Argilo siltosa	6,7,8	86,99
P1A2	Franco argilo siltosa	6,7,8	87
P1A3	Argila	6,7,8	88
P1A4	Argila	6,7,8	89
Ponto 1	Franco argilosa	-	125

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 83.

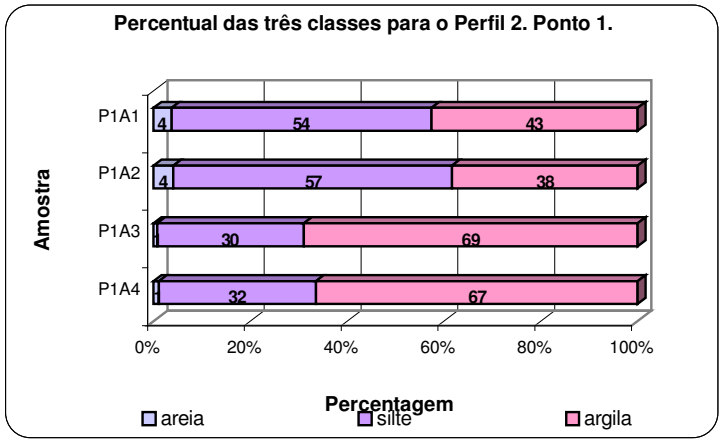


Figura 5. Perfil 2, evidenciando as distâncias e alturas relativas ao rio, bem como os pontos de coleta.

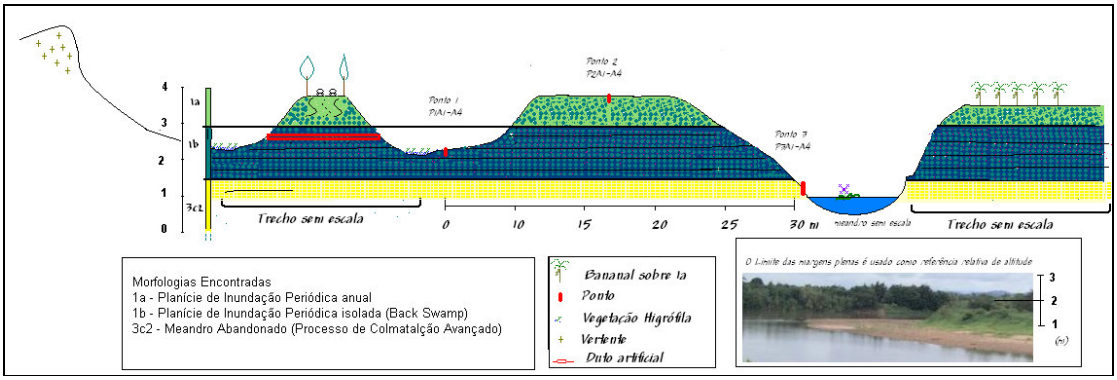
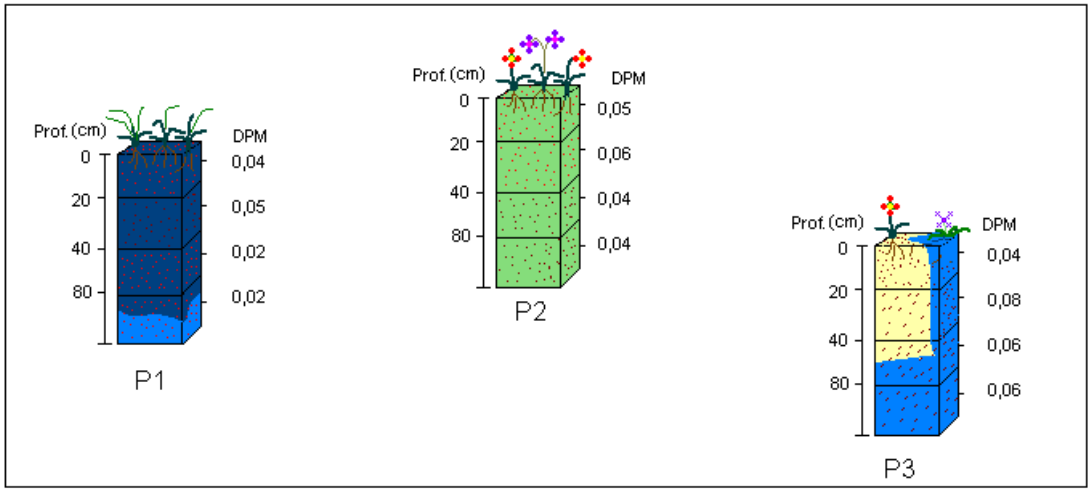
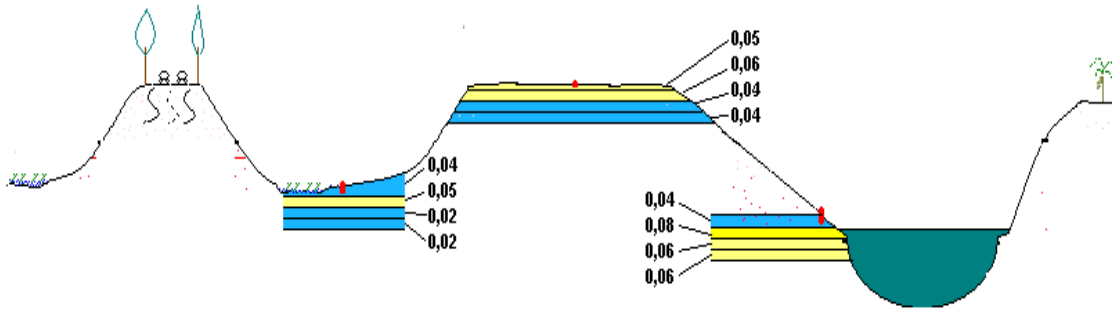


Figura 6. Estratigrafia das morfologias encontradas no perfil 2 e DMP por camada





Sem escalas (horizontal ou vertical). As cores correspondem às classes granulométricas constantes na Tabela 32.

As amostras P1A1-A4 do ponto 1 (Gráfico 83) estão assim esquematizadas:

P1A1≅P1A2≅P1A3≠P1A4

A parte mais superficial (P1A1) possui 54% de silte, sugerindo um material relativamento novo, recentemente depositado. O silte vai gradativamente decrescendo com a profundidade, enquanto que a argila apresenta elevação. Tal dinâmica é observada até 60 cm de profundidade (P1A3). A partir desta profundidade (P1A4), a quantidade de silte diminui em 2%, ao passo que a de argila aumenta em 2%, sugerindo eluviação incipiente com a profundidade. Vale ressaltar aqui que este processo de elviação foi amplamente constatado na amostra 4 do Ponto 4, em que a argila diminui bruscamente a partir de 60 cm (sai de 44% para apenas 23 %), ao passo que a areia salta de 4% para 23%.

Quanto ao DMP, percebe-se que apenas a segunda camada aparece na classe 'areia fina'. As demais camadas estão situadas na classe 'silte fino'.

Ponto: 2

Amostra: P2A1-A4

Gráfico: 84

Morfologia em questão: articulado às margens plenas (0 m)

Mapa: 10

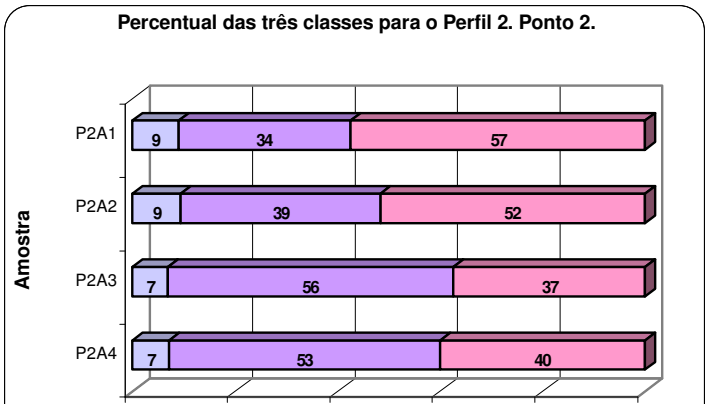
Tabela 40. Relação de dados referentes à Amostra 2 do Perfil 2.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P2A1	Franco argilo siltosa	4,7,8	84,90, 100
P2A2	Franco argilo siltosa	4,7,8	91
P2A3	Franco argilo siltosa	4,7,8	92
P2A4	Franco argilo siltosa	5,7,8	93
Ponto 2	Franco argilo siltosa	-	125

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 84.



Observando-se os histogramas referentes às amostras P2A1-A4 do ponto 2 (gráfico 84), pode-se esquematizá-las da seguinte forma:

P2A1=P2A2

P2A3=P1A4

Tal esquematização também é reforçada pelo DMP, pois as duas primeiras camadas estão situadas na classe 'areia fina' e as duas últimas, na classe 'silte fino'. Como se pode observar, as duas primeiras camadas são idênticas, bem como as duas últimas, indicando apenas duas camadas e não 4.

Comparando-se os resultados das análises deste ponto com o ponto anteriormente analisado (perfil 1, ponto 2), nota-se que existem diferenças de classes texturais por dois motivos, a saber:

1 – a área do o perfil 1 está numa zona fora do cinturão de meandros, em planície fluvial bem estreita, distando apenas 20 m da margem do rio; ao passo que a do perfil 2 está dentro deste cinturão de meandros abandonados, no setor amplo da planície fluvial;

2 – a área do o perfil 1 está na parte convexa do rio e, portanto, o processo vigente aqui foi sempre de deposição. Já a área do o perfil 2 está adjacente a parte côncava de um meandro abandonado, que sofreu significativo processo erosivo, em ampla planície fluvial, distando cerca de 750m da margem plena do rio.

Em função destes dois aspectos elencados, as classes texturais de ambos os pontos, embora na mesma morfologia, são pouco diferentes. Esta morfologia no perfil 1, por exemplo, apresentou camadas distintas para cada profundidade. Já no perfil 2, as duas primeiras camadas aparentam ter relação com outra (9% de areia, entre 34 e 39% de silte e 25 e 59% de argila), da mesma forma que as duas últimas também apresentam similaridades (7% de areia, entre 53 e 56% de silte e 37 e 40% de argila).

Ponto: 3

Amostra: P3A1-A4

Gráfico: 85

Morfologia em questão: meandros abandonados (colmatagem incompleta)

Mapa: 10

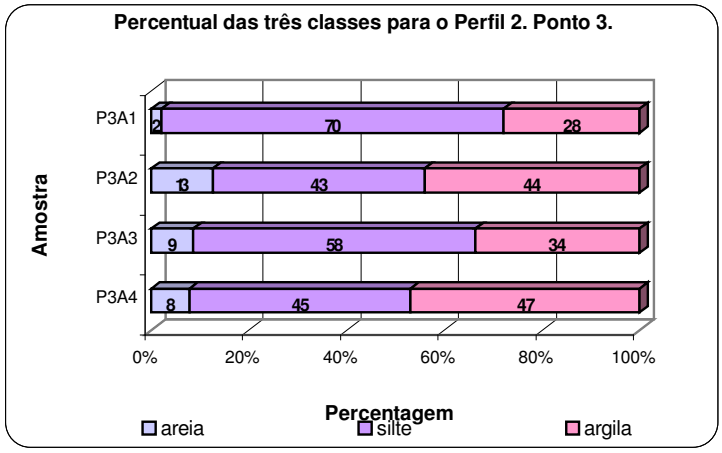
Tabela 41. Relação de dados referentes à Amostra 3 do Perfil 2.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P3A1	Franco argilo siltosa	6-7-8	94,101
P3A2	Argilo siltosa	4-7-8	95
P3A3	Franco argilo siltosa	5-7-8	96
P3A4	Argilo siltosa	5-7-8	97
Ponto 3	Franco argilosa	-	125

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 85.



Observando-se os histogramas, referentes às amostras P1A1-A4, pode-ser chegar ao seguinte esquema:

P3A1≠P3A2

P3A3≅P1A4

Tal esquematização é confirmada pelo DMP, que de cima para baixo, situa as camadas nas seguintes classes texturais: silte fino, areia muito fina e areia fina (para as duas últimas).

As duas primeiras camadas se diferenciam entre si, bem como das duas últimas, que são semelhantes. De acordo com a amostra P3A1, as inundações recentes não trazem sedimentos grossos (padrão 6-7-8), com apenas 2% de areia, 70% de silte e 28% de argila. A camada subseqüente apresenta maior quantidade de areia (13%), pressupondo fluxo maior. As duas camadas subseqüentes apresenta pouco menos areia, com silte diminuindo com a profundidade e argila aumentando, indicando que o silte sofre intemperismo, endossando a percentagem de argila.

É pertinente observar que parte do meandro abandonado possui lagos internos, com macrófitas e muitos peixes.

PERFIL 3

Ponto: 1

Amostra: P1A1-A4

Gráfico: 102

Morfologia em questão: 2a Terraço – inundações excepcionais (2 – 5m)

Mapa: 11

Figuras: 7 e 8

Tabela 42. Relação de dados referentes à Amostra 1 do Perfil 3.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P1A1	Argilo siltosa	7-8-5	105,116
P1A2	Franco argilo siltosa	7-8-5	106
P1A3	Franco	7-5-8	107
P1A4	Franco	7-5-8	108
Ponto 1	Argilo siltosa	-	126

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 102.

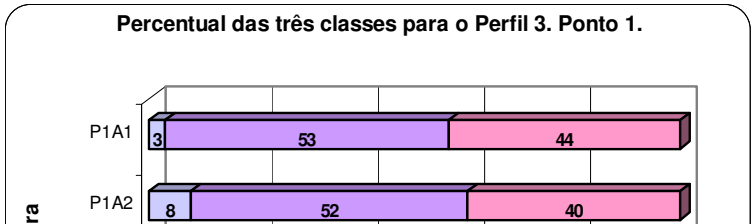


Figura 7. Perfil 3, evidenciando as distâncias e alturas relativas ao rio, bem como os pontos

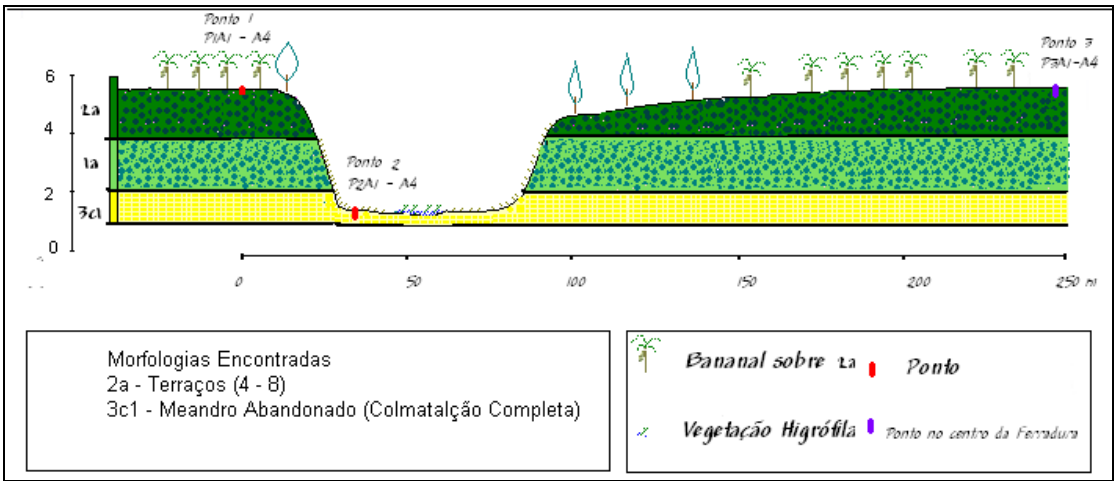
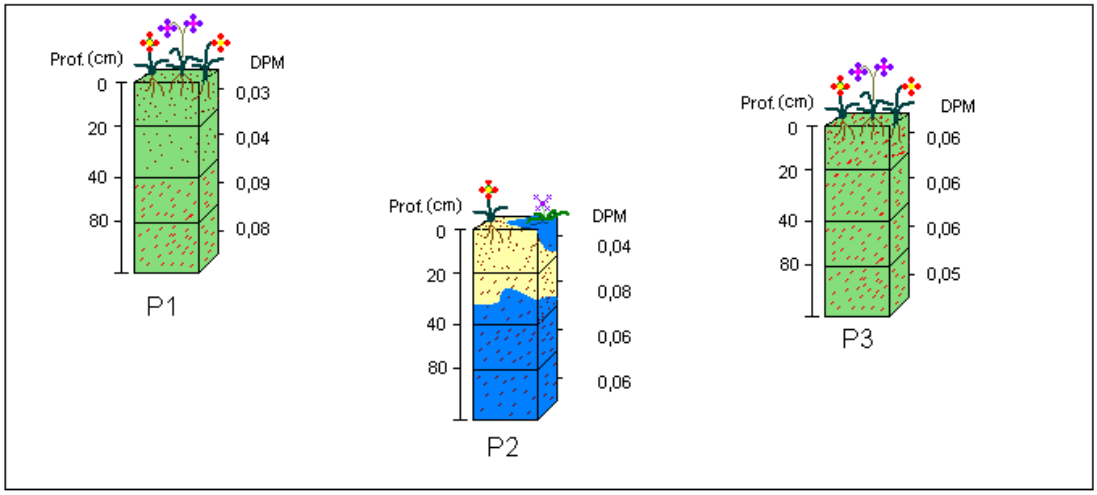
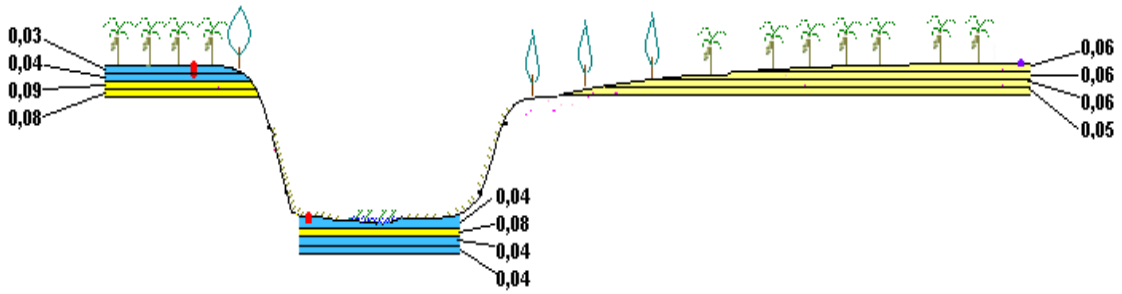


Figura 8. Estratigrafia das morfologias encontradas no perfil 3 e DMP por camada





Sem escalas (horizontal ou vertical).
As cores correspondem às classes granulométricas constantes na Tabela 32.

Este terraço fluvial é parecido em altitude relativa com o observado no ponto 3 do perfil 1. Porém, em termos de classes texturais, são consideravelmente diferentes, também pelos mesmos motivos já elencados, resumindo:

1 – a área do perfil 1 está numa zona fora do cinturão de meandros, ao passo que a do perfil 3 está dentro deste cinturão. O perfil 1 está situado na parte bem estreita da planície fluvial, distando apenas 20 m da margem do rio;
2 – a área do o perfil 1 está na parte convexa do rio e, portanto, o processo vigente aqui foi sempre de deposição. Já a área do ponto 1 do perfil 3 está adjacente à parte côncava de um meandro abandonado, que sofreu significativo processo erosivo, em ampla planície fluvial, distando cerca de 500m da margem plena atual do rio.

Uma outra característica a se considerar diz respeito ao mesmo perfil: ambos os pontos 1 e 3 correspondem à morfologia 2a Terraço – inundações excepcionais (2 – 5m), pontos estes separados pela área referente ao ponto 2, dentro do meandro abandonado. Note-se bem que o centro da ferradura (ponto 3) é ligeiramente mais baixa que a parte côncava.

As amostras P1A1-A4 do ponto 2 estão assim esquematizadas:

P1A1≅P1A2
P1A3≅P1A4

As duas primeiras camadas do ponto 1 são similares e apresentam pouca areia (até 8%), com até 53% de silte e até 44% de argila. Como se trata de uma área relativamente baixa, entende-se que as últimas inundações que trouxeram estas

camadas. Da mesma forma, as duas últimas camadas são parecidas, com argila acima de 35% e argila acima de 19%.

Tais constatações são reforçadas pelos DMPs que situam as duas primeiras camadas na classe ‘silte fino’ e as duas últimas na classe ‘areia muito fina’.

O fluxo que teria trazido os sedimentos das duas camadas inferiores foi bem mais competente que o responsável pela deposição das camadas superiores.

Ponto: 2

Amostra: P2A1-A3

Gráfico: 103

Morfologia em questão: 3c1 meandros abandonados (colmatagem completa)

Mapa: 11

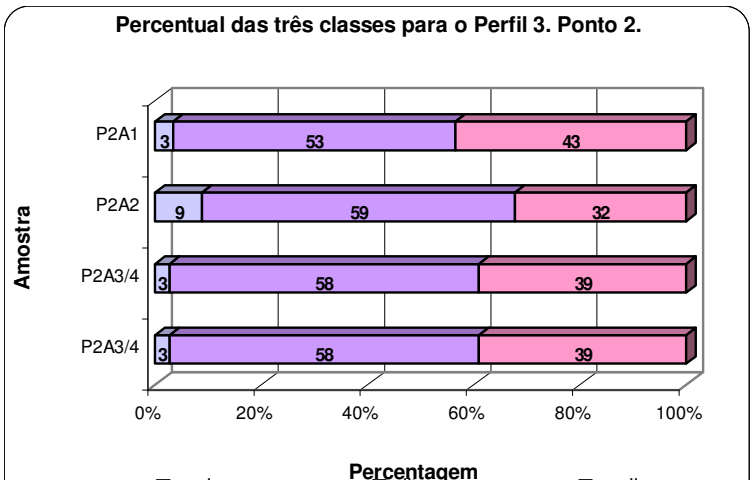
Tabela 43. Relação de dados referentes à Amostra 2 do Perfil 3.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P2A1	Franco argilosa	7-8-5	104,109,117
P2A2	Franco argolo siltosa	7-8-5	110
P2A3	Franco argilosa	7-8-6	111
P2A4	Franco argilosa	7-8-6	111
Ponto 2	Argolo siltosa	-	126

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 103.



Este meandro está 250m mais próximo do rio (cerca de 500m de distância), se comparado com o outro já analisado (perfil 2-ponto 3), que dista 750m.

As amostras P2A1-A4 do ponto 2 estão assim esquematizadas:.

P2A1=P2A3≅P2A2

Por sua regularidade textural ao longo de todas as camadas, percebe-se que o refluxo pós-inundação é eficiente e consegue carregar bastante areia, pois ao longo de 3 camadas do perfil, esta fração foi de 3%, com silte superando os 53%.

Apenas a segunda camada apresenta maior quantidade de areia, pressupondo grande inundação, cujo período de vazante se deu bem lentamente, a ponto de o refluxo não ser tão competente em devolver parte dos sedimentos mais grossos ao rio, como teria ocorrido na camada acima, bem como nas camadas inferiores.

Ponto: 3

Amostra: P3A1-A4

Gráfico: 104

Morfologia em questão: 2a Terraço – inundações excepcionais

Mapa: 11

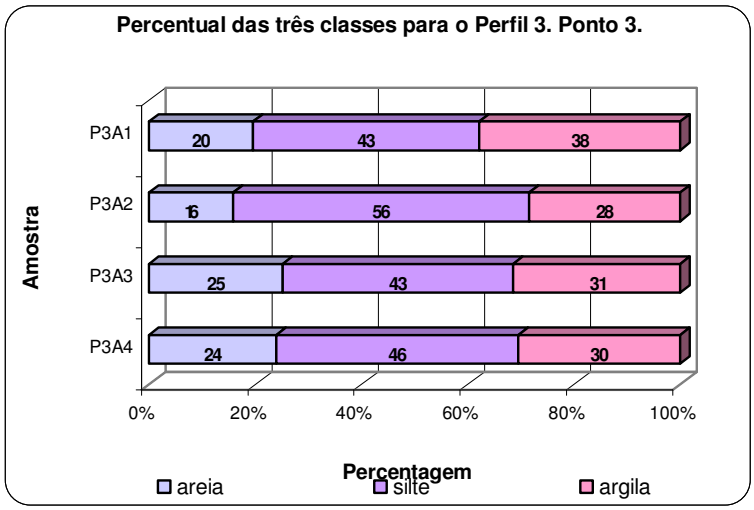
Tabela 44. Relação de dados referentes à Amostra 3 do Perfil 3.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
P3A1	Franco argilosa	7-8-5	112,118
P3A2	Franco argilo siltosa	7-8-5	113
P3A3	Franco argilosa	7-8-5	114
P3A4	Franco argilosa	7-8-5	115
Ponto 3	Franco argilo siltosa		126

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 104.



Analisando-se o ponto 3, percebe-se que, embora ele esteja representando os sedimentos da mesma granulometria que a do ponto 1, como está pouco mais baixo, apresenta pouco mais quantidade de areia nas camadas superiores. Porém, da mesma forma que no ponto 1, as duas primeiras camadas são semelhantes entre si, bem como as duas últimas (Gráfico 103), conforme segue o esquema:

P3A1≅P3A2

P3A3≅P3A4

Refinando-se mais a análise, ao observar o DMP destas camadas, observa-se que todas foram enquadradas na classe siltes grosso e médio.

Vale ressaltar que no geral, estes terraços elevados estão sendo erodidos e só as inundações excepcionais e pouco freqüentes (Ir = 8 anos) atingem seus topos. Como o centro da ferradura é pouco mais baixo, recebe maior quantidade de sedimentos.

Na verdade, de um modo geral, observando a mesma morfologia dentro do cinturão de meandros, as margens convexas tendem a apresentar mais finos e, as partes côncavas, mais sedimentos grossos, como se pode observar na comparação:

Na morfologia 2a Terraço – inundações excepcionais (2 – 5m): pontos 1 (côncava) e 3 (convexa) do mesmo perfil 3 (Gráfico 125).

PERFIL 4

Ponto: único

Amostra: 1-4

Gráfico: 119

Morfologia em questão: 1b planície de inundação periódica (isolada - backswamps)

Mapa: 12

Figuras: 9 e 10

Tabela 45. Relação de dados referentes às Amostras do Perfil 3.

Amostra	***Triângulo***	***Classe(s) Mais freqüente(s)****	***Gráficos*****
1	Franco argilo siltosa	7-8-3	120,124
2	Argilo siltosa	7-8-4	121
3	Argilo siltosa	7-8-5	122
4	Franco siltosa	7-8-5(6)	123
Ponto único	Franco argilo siltosa	-	124

*de acordo com a Tabela 32, por ordem decrescente de porcentagem

**os gráficos aqui referidos estão constantes no Anexo 1.

Gráfico 119.

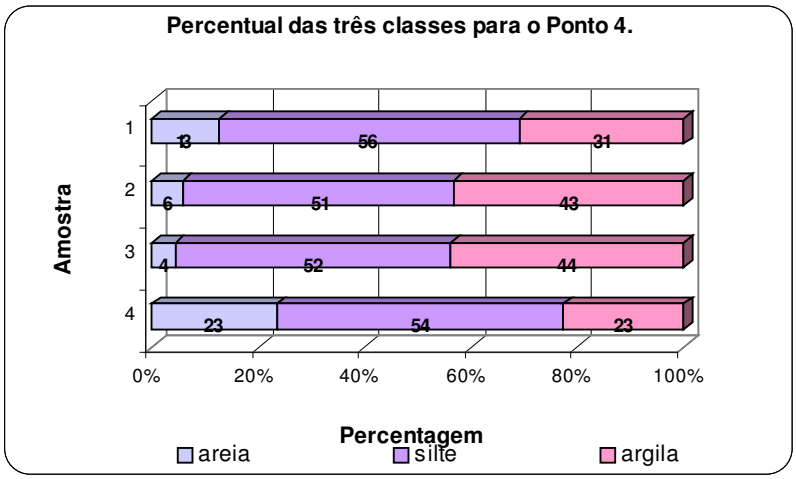


Figura 9. Perfil 5, evidenciando as distâncias e alturas relativas ao rio, bem como os pontos de coleta.

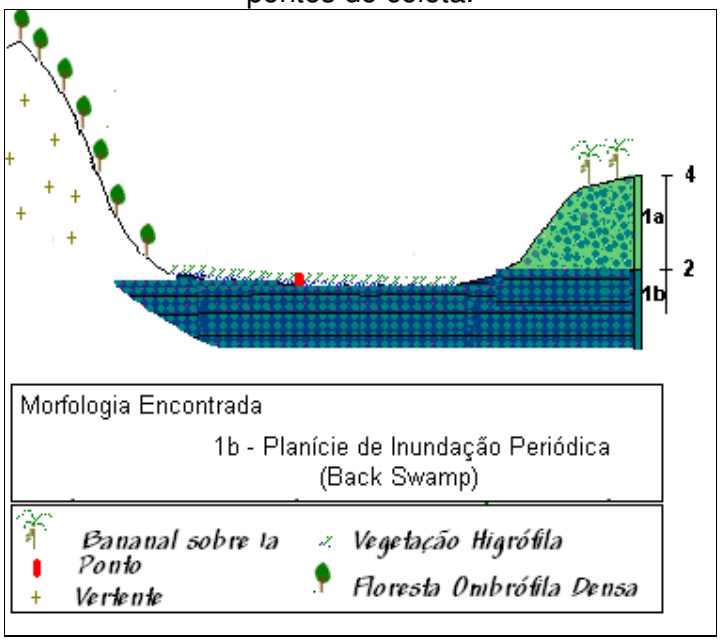
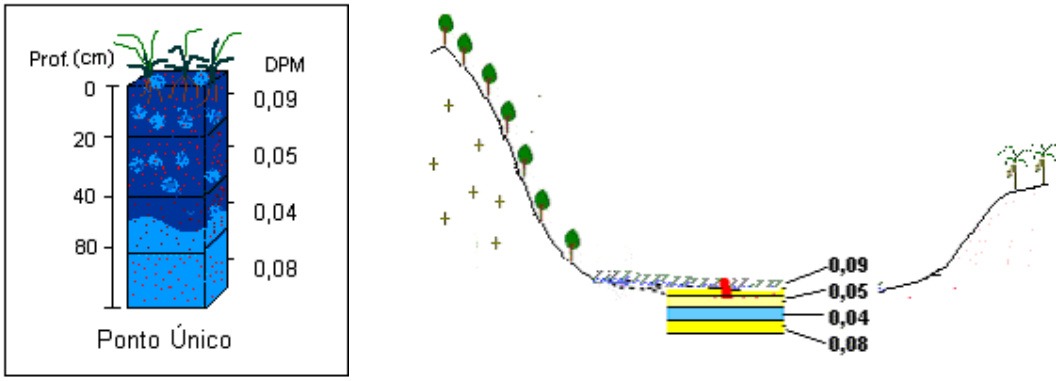


Figura 10. Estratigrafia da morfologia encontrada no perfil 4 e DMP por camada



Sem escalas (horizontal ou vertical).
As cores correspondem às classes granulométricas constantes na Tabela 32.

Esta é a maior das três áreas de *backswamp* do setor ESB. A distância do perfil 4 (ou ponto único) em relação ao rio é de cerca de 450m. Assim, é provável que os materiais mais grossos encontrados no local tenham vindo das vertentes ou mediante a determinado fluxo muito competente.

As amostras 1-4 do Ponto único estão assim esquematizadas:

Amostra 1 ≅ Amostra 4

Amostra 2 ≠ Amostra 3

Vale ressaltar que, enquanto as três primeiras camadas apresentam padrão 7-8-***x***, com ***x*** variando de 3 para 5, conforme profundidade. Este fato pressupõe intemperismo da areia conforme o tempo. De fato, observando-se os DMPs dessas três camadas, elas são estão situadas nas seguintes classes, respectivamente, 'areia muito fina', 'silte g/m' e 'silte fino'. O silte aumenta com a profundidade a partir da segunda camada e a argila diminui, pois, em função do terreno encharcado durante as cheias e as inundações, parte significativa dela sofreu dissolução (eluviação). Em função disso, na camada inferior (60-80cm), a areia aumenta 19% em relação à camada acima e a fração silte alcança 54%.

6.3. Médias por perfis e média geral

Após as análises acima descritas, foram elaborados gráficos que situam todos os perfis no triângulo granulométrico, na tentativa de sumarizar e localizar os perfis como um todo à classe textural a que pertencem.

A Tabela 46 e os Gráficos 125-128 referem-se às freqüências de cada uma das frações granulométricas por perfil e no total das amostras.

Tabela 46. Relação das freqüências de cada uma das frações granulométricas por perfil

Perfis	Amostras	Sigla*	Freqüência	% no perfil	% relativa ao total
1	15	1	2	13,33	4,76
		2	1	6,67	2,38
		3	1	6,67	2,38
		4	9	60,00	21,43
		5	2	13,33	4,76
2	12	5	1	8,33	2,38
		6	5	41,67	11,90
		7	6	50,00	14,29
3	11	5	3	27,27	7,14
		6	4	36,36	9,52
		7	4	36,36	9,52
Ponto 4	4	5	2	50,00	4,76
		6	1	25,00	2,38
		7	1	25,00	2,38
		Total	42	-	100

* observe a Tabela 32, que relaciona as siglas às frações granulométricas correspondentes.

Assim, para o perfil 1, todos as amostras do Ponto 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, foram classificados como areia, franco-arenosa, franco-argilo-arenosa, franco-argilo-arenosa e argilosa. Para o perfil 2, as amostras para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente, foram classificadas como argilo siltosa, argilo siltosa e franco argilo-siltosa. O perfil 3 teve as seguintes classes para as médias dos pontos 1,2 e 3: franco argilosa, franco-argilo-siltosa e franco argilosa. O perfil 4 teve suas amostras classificadas como franco-argilo-siltosa (Gráficos 125-128).

No tocante à média geral, todas as amostras do perfil 1 juntas correspondem à classe franco arenosa. Já o perfil 2 corresponde à classe argilo siltosa. Por fim, o perfil 3, cuja amostra foi coletada apenas por uma tradagem, corresponderam à classe franco argilo siltosa (Gráficos 129).

6.4. Correlação Espacial entre sedimentos mais significativos e morfologias fluviais

Há evidente correlação entre as morfologias fluviais e os sedimentos que as constituem, em decorrência dos processos hidrodinâmicos, relação esta que podemos denominar de hidromorfodinâmica (Miall, 1977). Assim, conhecer as classes de sedimentos mais representativas de determinada morfologia e encontrar a faixa de vazão e cota que teriam depositado tais sedimentos parece bem pertinente, apesar de dificultoso.

Neste item, relacionam-se as classes de sedimentos predominante às morfologias. Posteriormente, pretende-se associar a estes dados, as vazões limítrofes que tem propiciado as deposições dessas classes de sedimentos nas morfologias descritas e analisadas.

Os Gráficos 130-134 e a Tabela 47 situam todas as amostras em classes granulométricas.

Tabela 47. Relação das freqüências de cada uma das frações granulométricas no total das amostras.

Sigla*	Freqüência	% por classe
1	2	4,76
2	1	2,38
3	1	2,38
4	9	21,43
5	8	19,05
6	10	23,81
7	11	26,19
8	-	-
Total	42	100

* observe a Tabela 32, que relaciona as siglas às frações granulométricas correspondentes.

Como se pode observar no item anterior, 100% das amostras do perfil 1 está concentrada na fração 'areia', sendo que 60% delas corresponde à fração de sigla 4 ('areia fina'). A segunda maior representatividade para o perfil 1 diz respeito à fração de sigla 5 ('areia muito fina'), com 13,33 % (Gráfico 130).

As amostras do perfil 2 agregaram os mais finos DMPs, com 50% das amostras correspondendo à fração de sigla 7 (‘silte fino’), seguido pela fração de sigla 6 ('silte g/m'), com 41,67% (Gráfico 131).

Analisando-se as amostras do perfil 3 (Gráfico 132), percebe-se que elas estão mais freqüentes nas frações de sigla 6 e 7 ('silte g/m' e 'silte fino'), ambas com 36,36%, seguidas da fração de sigla 3 (´areia média').

Já para o ponto 4, na *backswamp*, verificou-se que 50% destas amostras se enquadram na fração de sigla 5 ('areia muito fina') e as duas últimas frações representativas (6 e 7 -'silte g/m' e silte fino') apresentavam 25% cada (Gráfico 133).

Analisando-se os DMPs no âmbito geral dos perfis (Tabela 28; Gráfico 134), percebe-se que estão predominantes com 50% na fração geral silte, sendo 26,19% a fração 'silte fino', seguido por siltes grosso e médio, com 23,81%. No que se refere à fração areia, são muito mais freqüentes as mais finas (21,43% de 'areia fina' e 19,05% de 'areia muito fina'). Vale ressaltar aqui que essa correspondência de areia é muito representativa para a área do perfil 1 que está muito próximo ao rio, recebendo fluxos suficientemente competentes para depositar sedimentos dessa fração (como vimos, o perfil 1 tem 100% de seus sedimentos com DMPs concentrados na fração areia).

6.5. Correlações entre classes texturais e vazões de pico

A maneira pela qual se dão as variações de vazão em uma seção em relação à chuva é denominada *resposta de uma bacia*. Uma bacia responderá diferentemente à tempestades de intensidade e duração diferentes, assim como com chuvas idênticas, se a condição antecedente variar. Pode-se observar o comportamento da bacia em relação a uma chuva específica, analisando o hidrograma no período, ou seja, o gráfico da vazão em função do tempo.

Como vimos, a extensão da planície fluvial do setor ESB tem apresentado grande papel no retardamento das vazões de pico, estocando parcela significativa da água excedente tanto em superfície quanto em subsuperfície.

As *backswamps*, por exemplo, a partir dos 60 cm de profundidade, apresentam porosidade e permeabilidade significativas. De fato, as tradagens no perfil 2 e, principalmente na tradagem do ponto único do perfil 4, precisaram ser refeitas inúmeras vezes, pois a partir desta profundidade, por gravidade, o trado afundava. Da mesma forma, os meandros abandonados (parcialmente ou totalmente colmatados) apresentam

grande aptidão para armazenar água, alem de servirem de canais preferenciais de água para as áreas mais afastadas e deprimidas da planície de inundação.

Vale ressaltar que pouco a jusante de Eldorado, tem-se o único aqüífero quaternário do Estado de São Paulo, o aqüífero litorâneo paulista (GOESP, 2005). Este aqüífero é livre (sem aquiclude de confinamento) de porosidade granular e transmissividade média a elevada[5].

A profundidade da superfície potenciométrica (a partir da qual atinge-se o lençol), exibe cotas entre 0 e 20 m e os valores mais elevados situam-se nas proximidades do embasamento pré-Cambriano. Há conexão hidráulica entre o aqüífero (aluvial) e o rio Ribeira, pois as linhas de fluxo no setor ESB indicam sentidos de escoamento da água predominantemente para o rio Ribeira de Iguape (GOESP, 2005), corroborando com a suspeita de que a planície armazena no espaço, retardando/amortecendo as vazões de pico, para depois devolver parte desta água ao rio, seja em superfície, devolvendo ao rio parte dos sedimentos, seja em subsuperfície, quando as águas abaixam.

7. Análise da Distribuição espacial das espécies vegetais na planície fluvial

As plantas presentes na planície fluvial do rio Ribeira de Iguape são características de ambientes úmidos, incluindo as que necessitam de solos encharcados, bem como aquelas adaptadas ao ambiente aquático. Por suas peculiaridades, foram subdivididas nas seguintes categorias: aquáticas flutuantes, fixas no substrato úmido a encharcado, de mata paludosa e ruderias.

A seguir, são discutidas e apresentadas cada uma das categorias as espécies encontradas na área de estudo.

---

[5] . A porosidade granular refere-se relação entre o volume de vazios e o volume total, que é de 0,3, indicando média a elevada transmissividade, entendida como a capacidade de percolação na secção vertical do aqüífero (DAEE 2002; GOESP, 2005).

7.1. Plantas Aquáticas Flutuantes (Foto 01)

As plantas aquáticas são conhecidas pelos pesquisadores como macrófitas (macro = grande, fita = planta). Esse termo é utilizado para descrever o conjunto de vegetais adaptados ao ambiente aquático. São vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos (isto é, debaixo da água).

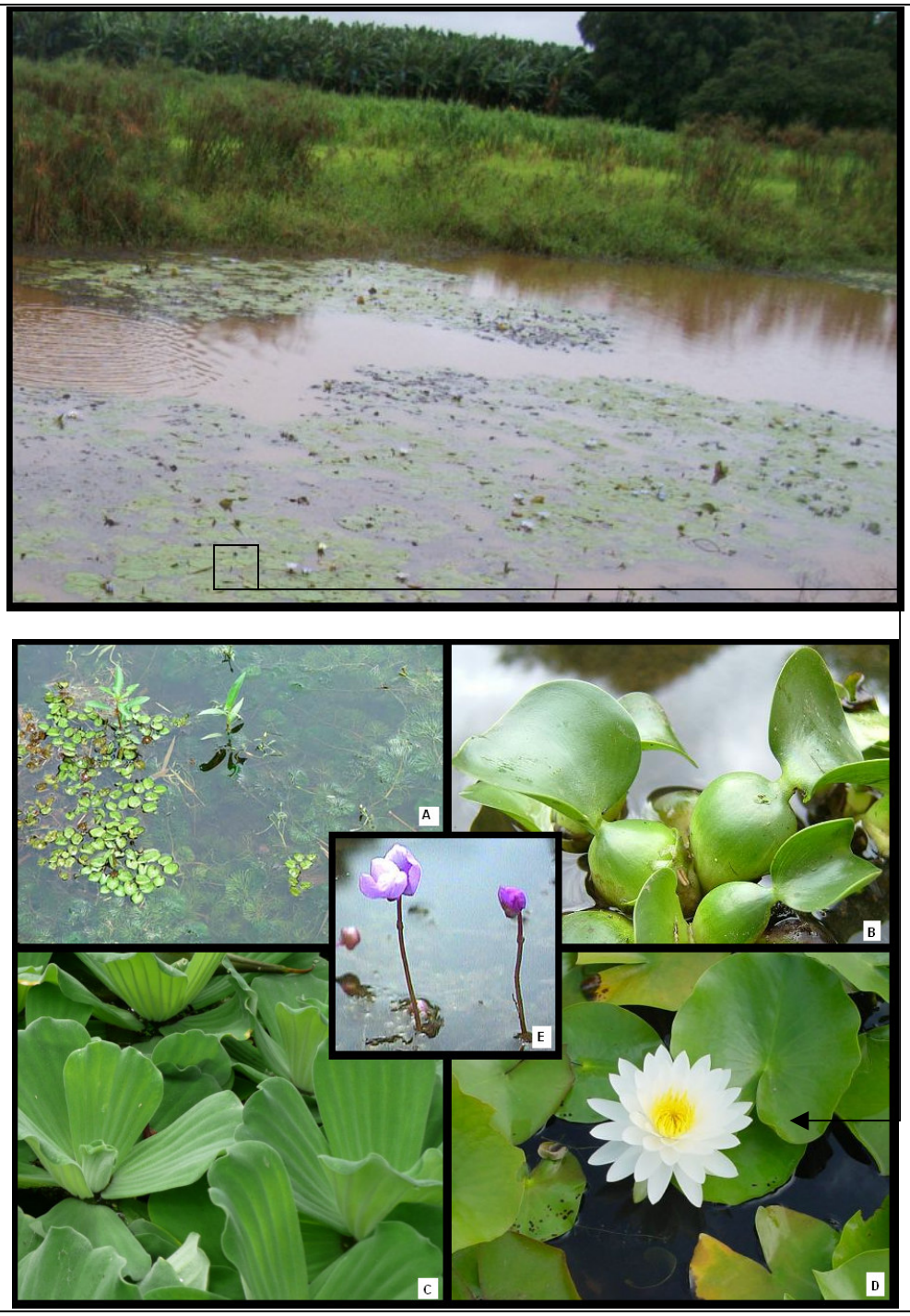


Foto 01. Plantas aquáticas flutuantes (macrófitas).

Nome científico

31a - salvinia auriculata aubl.
31b - eichhornia crassipes
31b - pistia stratiotis l.
31b - nymphaea elegans
31b – utricularia ssp

As macrófitas aquáticas são, em sua grande maioria, vegetais terrestres que ao longo de seu processo evolutivo, se adaptaram ao ambiente aquático. Por isso apresentam algumas características de vegetais terrestres e suas capacidades de adaptações a diferentes tipos de ambientes, o que torna suas ocorrências muito amplas (Pott & Pott, 2000).

Durante na última campanha foi possível reconhecer as seguintes espécies de macrófitas constantes na Tabela 48.

Tabela 48. Relação de Macróficas no Setor ESB

ID	Família	Gênero	Espécie	Nome Popular	Foto
1	**Salviniaceae**	*Salvinia*	*auriculata*	orelha-de-onça	**1A**
2	**Pontederiaceae**	*Eichhornia*	*crassipes*	aguapé	**1B**
3	**Araceae**	*Pistia*	*stratiotis* L	erva-de-santa-luzia	**1C**
4	**Nymphaeaceae**	*Nymphaea*	*elegans*	ninféia	**1D**
5	**Lentibulariaceae**	*Utricularia*	spp	U. graminifolia	**1E**

N a planície, observou-se que elas são características de lagos dos meandros abandonados em processo incipiente ou mesmo avançado de colmatação (3c2 e 3c3). Em meandros abandonados de colmatação completa elas não ocorrem porque seus lagos são eventuais. A utricularia (E) é uma planta insetívora adaptada para pegar inseto em ambientes de pouco nitrogênio, que ela supri com as carapaças dos insetos. Sua presença, portanto, pode indicar ambiente deficiente de nitrogênio (Rizzini, 1997).

7.2. Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado (Fotos 02-05)

Este tipo de vegetação está condicionada a viver em locais úmidos, alagados, em bordas de lagoas e canais, sobre meandros abandonados com lagos, brejos, margens de

rios, e em áreas que apresentam lençol freático muito próximo à superfície. A maioria delas podem até viver em locais que apresentam alternância de substrato úmido e seco.

As Fotos 02 – 05 evidenciam as plantas desta categoria. Na Tabela 49 encontram-se a relação das Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado.

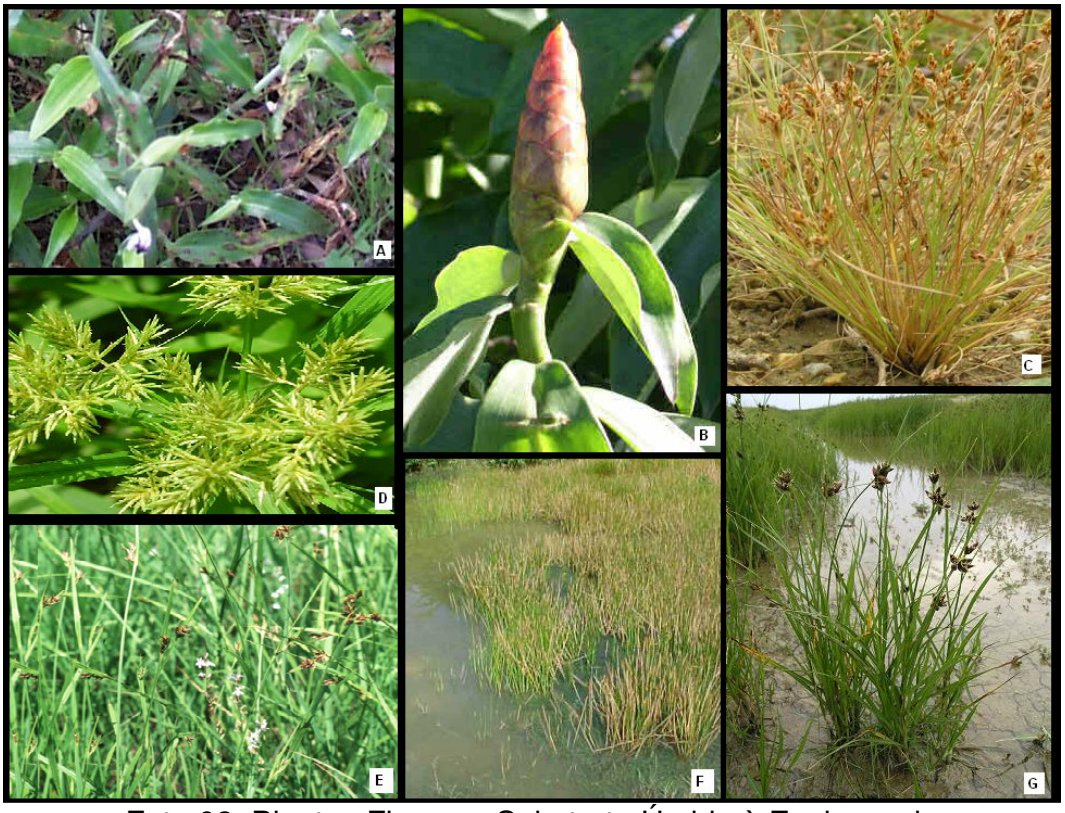


Foto 02. Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado

Nome científico

32a - commelina erecta l.

32b - costus spiralis

32c - bulbostylis capillaris
32d - cyperus spp
32e - eleocharis interstincta.
32f - scirpus maritimus l.
32g - scleria spp

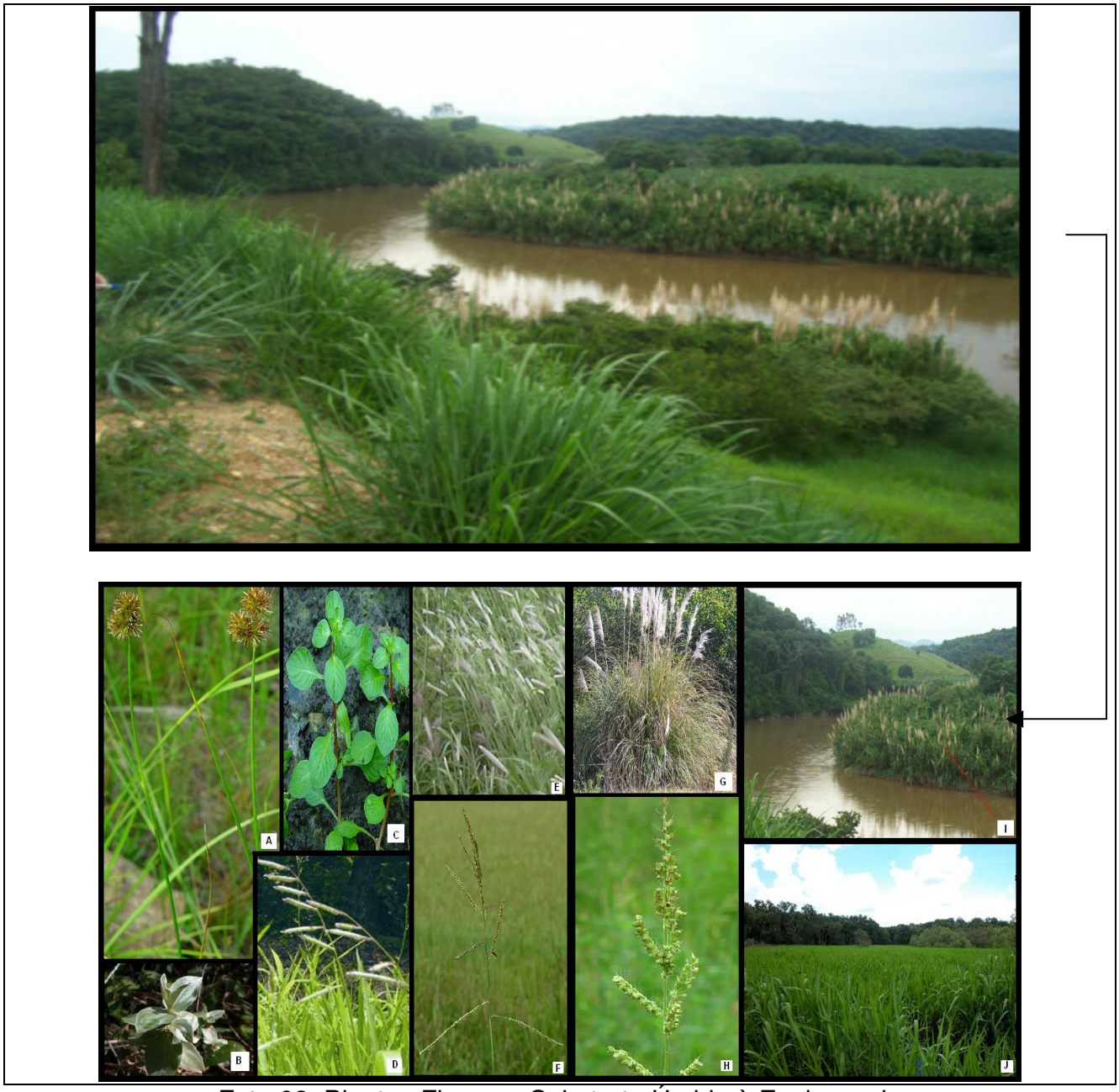


Foto 03. Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado

Nome científico

33a - juncus sp
33b - utricularia spp
33c - tibouchina clavata baill.
33d paspalum spp
33h - cortaderia selloana
33i - gynerium sagittatum (aubl.)
33j – hymenachne amplexicaule

Foto 04. Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado

Nome científico

34a - polygala spp
34b - polygonum hidropiperoides
34c - pontederia cordata l.
34d - typha domingensis l.
34e - hedychium ssp
34f - hedychium coronarium
34g - hedychium koenig

Foto 05. Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado

Nome científico

35a - sagittaria ssp
35b - sagittaria sagittifolia
35c - sagittaria latifolia
35d - ipomoea purpúrea

Tabela 49. Relação de Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado no Setor ESB

ID	Família	Gênero	Espécie	Nome Popular	Foto
6	**Commelinaceae**	*Commelina*	*erecta* L.	trapoeraba	02A
7	**Costaceae**	Costus	spiralis	Cana-de-macaco	02B
8	**Cyperaceae**	*Bulbostylis*	*capillaris* L.	grama de praia	02C
9		*Cyperus*	*ssp*	chufas	02D
10		*Eleocharis*	*interstincta*	Dandá-de-lagoa	02E
11		*Scirpus*	*maritimus* L.	cipreste	02F
12		*Scleria*	spp	Navalhas-de-macaco	02G
13	**Juncaceae**	*Juncus*	sp	junco	03A
14	**Melastomataceae**	*Tibouchina*	*clavata*	orelha-de-onça	03B
15	**Onagraceae**	*Ludwigia*	spp	cruz-de-malta	03C
16	**Poaceae**	*Bracchiaria*	spp	forrageiras	03D
17		*Panicum*			03E
18		*Paspalum*			03F
19		*Echinochoa*			03G
20		*Cortaderia*	*selloana*	capim-dos-pampas	03H
21		*Gynerium*	*sagittatum*	capim flecha	03I
22		*Hymenachne*	*amplexicaule*	canarana	03J
23	**Polygalaceae**	*Polygala*	spp		04A
24		*Polygonum*	*hidropiperoides*	erva-de-bicho	04B
25	**Pontederiaceae**	*Pontederia*	*cordata L.*	orelha-de-burro	04C
26	**Typhaceae**	*Typha*	*domingensis*	taboa	04D
27	**Zingiberaceae**	*Hedychium*	*ssp*	lírio-do-brejo, ciosa	04E
28			*coronarium*		04F
29			Koenig		04G
30	**Alismataceae**	Sagittaria	*Ssp*	erva-do-pântano	05A
31			sagittifolia		05B
32			latifolia		05C
33	**Convolvulaceae**	*Ipomoea*	purpurea	gitirana-roxa	05D

Tanto a *commelina erecta* quanto a *costus spiralis* foram encontradas no terraço 2b. elas possuem folhas relativamente largas e não têm estrutura para envergar mediante correnteza. Provavelmente elas ocupem as morfologias mais elevadas mesmo.

O bulbostylis capillaris é popularmente conhecido como capim de praia, sendo característico com substrato extremamente arenoso. Este exemplar estava sobre cordão arenoso atual, mas devido à hidromorfodinâmica desta morfologia, ele deve ser removido logo!

Os cyperus e eleocharis interstincta são amplamente encontrados na planície. Possuem folhas filiformes eretas finas e têm estrutura que permite envergadura em correnteza. Ocupava quase todas as morfologias do perfil transversal 1, sendo rarefeita sua distribuição pelo cordão arenoso sub-atual, provavelmente por não suportar substrato tão arenoso (Fotos 1-5).

As plantas scirpus maritimus e scleria foram encontradas tanto em *backswamps* quanto em meandros abandonados, pois precisam de substrato encharcado. Apenas nos meandros abandonados completamente colmatados não foi visualizada (talvez exista, mas não foi visto).

Os seguintes gêneros têm espécies amplamente encontradas ao longo de toda a planície: *juncus, ludwigia, bracchiaria, panicum, cortaderia, paspalum, gynerim e hymenachne. Eles suportam até os solos álicos dos meandros abandonados.*
Esta última pode ser encontrada em todas as morfologias nao encharcadas ou muito arenosas.

Os paspalum e gynerium são apreciados pelos que passam pela SP-165, pois, com suas imponentes hastes de inflorescência, enchem os olhos de quem os vê.

As espécies polygonum hidropiperoides, pontederia cordata, typha domingensis, hedychium, hedychium coronarium e hedychium koenig são de brejo e foram encontradas nas *backswamps*. Eventualmente, as três últimas podem resistir a certos período sem água, mas só foram encontradas nas morfologias supracitadas.

A espécie *sagittaria latifólia* (folha larga) foi encontrada no terraço 2b, onde só excepcionalmente as águas chegam. A *sagittaria sagittifolia*, cujas folhas são menores e a a *sagittaria trifolia*, foram encontradas na backswamp. Esta disposição parece coerente, pois as folhas largas da primeira espécie seriam estouradas em correnteza, enquanto que as segunda e terceiras espécies suportariam maior fluxo.

A *ipomoea purpúrea* foi encontrada em cordão arenoso sub-atual, mas não é indicativo de ambiente, pois suporta solos tanto arenosos quanto argilosos, necessitando apenas que sejam úmido.

7.3. Mata Paludosa (Foto 06)

Também conhecida como Floresta Ombrófila Densa Paludosa (ou até como caixetal0, a Mata Paludosa caracteriza-se como uma mata semidecídua e heliófita de distribuição descontínua, que apresenta predominantemente a espécie Tabeluia cassinoides Lam.- caixeta. No Vale do Ribeira o caixetal acompanha os cordões arenosos que vão do litoral e avançam continente adentro, nas planícies aluviais (Carvalho, 1994). Além da conservação da biodiversidade, a manutenção dos caixetais está ligada à questões socioambientais, já que a caixeta é utilizada para extração de madeira (artesanato, confecção de lápis, outros).

Na área de estudo foi encontrada sua principal representante nas backswamps, a *Tabebuia cassinoides* Lam. (Foto 6; Tabela 50)

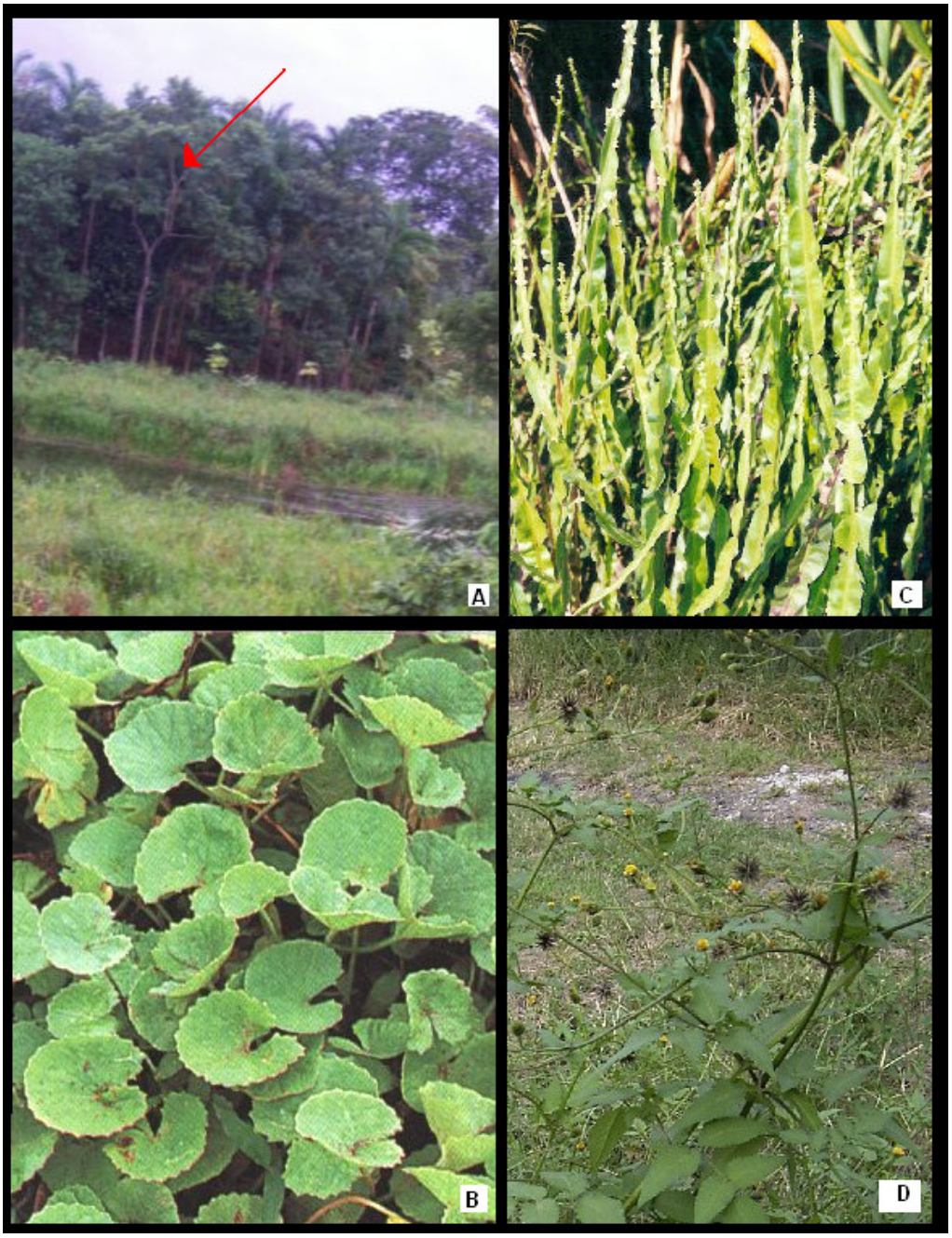


Foto 06. Mata Paludosa (A) e Plantas Ruderais (B-D)

Nome científico

36a - tabebuia cassinoides
36b - centella asiatica
36c - baccharis spp
36d - bidens pilosa

Tabela 50. Relação de Plantas Fixas no Substrato Úmido à Encharcado no Setor ESB

ID	Família	Gênero	Espécie	Nome Popular	Foto
34	**Bignoniaceae**	*Tabebuia*	*cassinoides*	*caixeta*	06A

7.4. Ruderais (Foto 06)

Plantas ruderais (do grego ruderes = ruínas) são aquelas que durante o processo evolutivo adaptaram-se a ambientes humanos; ocupando beiras de calçadas, terrenos baldios e outros tipos de ambientes urbanos, que são áreas com grande concentração de nitrogênio. São, portanto, plantas que acompanham a humanidade em suas diversas atividades agropecuárias, sendo amplamente encontrada no planeta.

Na área de estudo, foi possível encontrar três espécies, que não são indicativas de ambiente por serem amplamente difundidas pelo planeta, independente do ambiente, desde que não muito hostil (Tabela 51).

Tabela 51. Relação de Plantas Ruderais no Setor ESB

ID	Família	Gênero	Espécie	Nome Popular	Foto
35	**Apiaceae**	*Centella*	*asiatica*	Pata-de-burra	06B
36	**Asteraceae**	*Baccharis*	spp	carqueja	06C
37		*Bidens*	*pilosa* L.	picão preto	06D

7.5. Discussão geral

A vegetação da planície fluvial é herbácea, com exemplares arbóreos isolados. Há predominância de poáceas (gramíneas), juncáceas e cyperáceas, persistindo aos solos álico e tiomórficos. As espécies que possuem folhas filiformes e eretas tendem a se estabelecer mais próximas do eixo do rio, ao passo que as que são latifoliadas tendem a habitar áreas mais afastadas do rio. As espécies como folhas mais finas, assim, apresentam-se como indicadoras da resistência à passagem de água de inundação (Figura 11; Foto 07).

Figura 11. Esquema sobre a disposição espacial das espécies vegetais encontradas na área de estudo de acordo com o distanciamento do rio.

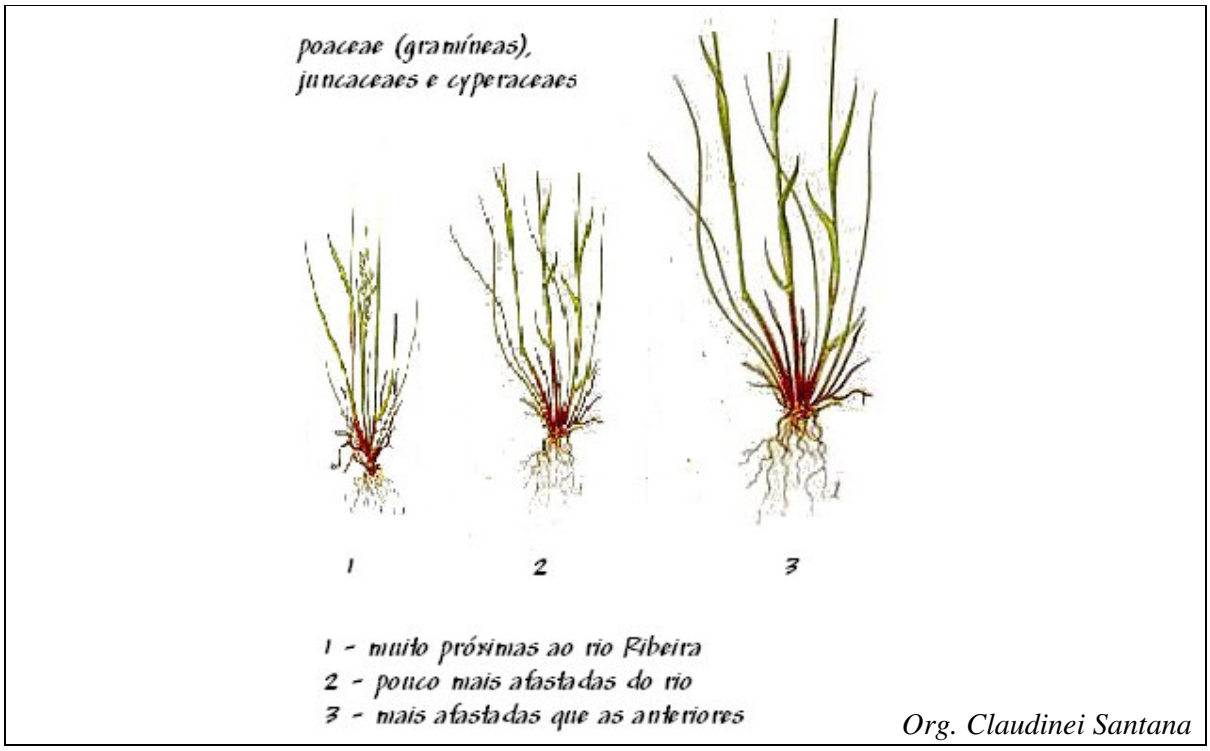


Foto 07. Plantas das famílias poaceae, jucaceae e cyperaceaes deitadas após evento de precipitação pluviométrica

As poucas árvores encontradas próximas do rio são cultivadas (plantadas), como a paineira *chorisia speciosa,* tipicamente de floresta fechada e densa. Isso porque quando a onda de cheia da inundação passa, pode levar todas as plantas de folhas largas em desenvolvimento (Fotos 08).

Foto 08. Paineira (*chorisia speciosa*) provavelmente cultivada.

As plantas estritamente aquáticas só foram encontradas em lagos de meandros abandonados parcialmente colamatados e nos sem colmatagem aparente, pois nos meandros totalmente colmatado os lagos não são perenes.

Nos meandros abandonados (3c1, 3c2 e 3c3), observa-se elevada concentração de enxofre e de alumínio, pois o mineral gipsita $Al(OH)_3$ se solubiliza em ambientes com águas sulfatadas ácidas, como resultado da má drenagem e conseqüente parcial decomposição da matéria orgânica. Tal fato constitui fator limitante para o pleno desenvolvimentos de muitas plantas. Vale ressaltar que a análise das amostras de materiais superficiais e solos referentes à estas morfologias apresentaram fortes odores (indicativo de matéria orgânica mal decomposta - enxofre).

8. Análises e Interpretações Geomorfológicas

Neste capítulo é apresentada a Carta Geomorfológica da Planície Fluvial Meândrica do Setor ESB do rio Ribeira de Iguape – SP, bem como se faz a leitura dela, empregando as correlações e sistematizações obtidas com os dois capítulos anteriores. É proposta a Tipologia de inundações quanto à magnitude e freqüência dos eventos, bem como é feita a Simulação da dinâmica espacial dos eventos de inundação Tipo 4 durante suas 4 fases (transbordamento, enchimento; esvaziamento e secamento).

8.1. Carta Geomorfológica da Planície Fluvial Meândrica do Setor ESB do rio Ribeira de Iguape – SP

A elaboração da Carta Geomorfológica da Planície Fluvial Meândrica do setor ESB do rio Ribeira de Iguape (Mapa 8), bem como de sua Legenda (Tabela 52) se deu através de inúmeros procedimentos, levantamentos e sistematizações de dados primários, tais como:

- fotointerpretação de 40 fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico realizado em 1962 pela empresa Cruzeiro do Sul. Com a fotointerpretação foi possível obtenção dos polígonos das morfologias fluviais (Mapa 7);
- digitalização do *overlay* no *ArcView 9.2*, uma software GIS rico em funcionalidades para visualização, gerenciamento, elaboração e análises de dados geográficos, o que permitiu realização de uma gama de análises;
- Caracterização hidrológica do rio Ribeira de Iguape no setor ESB;
- Caracterização pluviométrica da Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, enfatizando-se o setor estudado;
- Caracterização textural dos materiais superficiais e solos, estratigrafia dos sedimentos nas morfologias e umidade do solo; e
- Sistematização da Legenda da Carta Geomorfológica (Tabela 29)

Mapa 7

Mapa 8

Legenda da carta – Tabela 52.

8.2. Caracterização das Unidades Morfológicas

A partir da Ponte de Eldorado em direção à jusante, tem-se os 8 quilômetros finais do médio Ribeira. Por este pequeno trecho, a planície fluvial não é bem desenvolvida, tendo largura média de 500 m. Tal segmento corresponde a 20 % comprimento total do rio no setor e a 2,6 % da área da planície fluvial em todo o setor.

Do ponto citado em diante, o rio adentra à planície de fluvial muito extensa, com largura média de 5 quilômetros, representando 80% do comprimento total do rio no setor e 97,4% da área total da planície fluvial no setor.

As morfologias da Planície Fluvial foram organizadas em três níveis, a saber:

1 – Planície de Inundação – são morfologias articuladas aos níveis de ruptura das margens plenas, com altitudes relativas à cota zero[6] variando entre 2,00 e 3,75 m, subdivididas em Planície de Inundação anual, Planície de Inundação isolada (ou *backswamp*), em Planície de Inundação em cordões arenosos sub-atuais e diques marginais (1 a–d, respectivamente);

2 – Terraços – são as morfologias articuladas às margens plenas ou acima do nível 1, apresentando altitudes relativas à cota zero oscilando entre 4 e 17 m, subdivididas em 2 a - terraços de Inundações excepcionais (4-7 m); 2 b - terraços de Inundações excepcionais (10 – 12 m); e 2 c - terraços de Inundações excepcionais (12 – 17 m)[7]; e

3 – Canal – são as morfologias articuladas às margens plenas ou ao nível 2 (0 – 2m), sendo representadas por cordões arenosos atuais, bancos internos e meandros abandonados em diversos processos de colmatagem (incipiente, avançado e total), sendo respectivamente representadas pelas siglas 3a, 3b e 3c (1,2 e3).

Em termos aproximados de dimensões, as morfologias do Nível 1 constitui o de maior área da planície fluvial, representando 63% do total: a partir do primeiro quilômetro da ponte de Eldorado, aparece a morfologia 1a – planície de inundação periódica (Ir = anual), representando 31% da área da planície; a morfologia 1b –

[6] Cota zero é entendida como sendo a maior cota do leito do rio jamais emersa (Tucci, 1993).

[7] A morfologia 2c - terraços de Inundações excepcionais (12 – 17 m) não foi densamente pesquisada por se tratar de depósitos da formação Pariquera-açú, depósitos aluviais e colúvio-aluviais não selecionados pleistocênicos das formações, que sustentam níveis mais altos de terraços e topos de algumas baixas colinas posicionadas próximo ao eixo fluvial do Ribeira (Bigarella et alli, 1965), não tendo relação genética direta com as morfologias aqui trabalhadas.

backswamp responde por 18% da área; os cordões arenosos sub-atuais abrangem 13 % da área; e os diques marginais possuem menos que 1% da área da planície fluvial.

As morfologias do Nível 2 representam 28% da área do setor, sendo 15% para o terraço 2a, 11,5% para o 2b e 1,5% para o terraço 2c.

Já as morfologias do nível 3 correspondem a 5%, na qual os cordões arenosos atuais e os bancos internos (3a-b) responde juntos por menos de 2% da área; e os meandros abandonados pouco mais de 3%. Há cicatrizes de cordões arenosos em morfologias mais elevadas que o 1c (por exemplo, no 1a), mas são nitidamente mais erodidos e, em função da altitude relativa, foram considerados como pertencentes à morfologia 1a.

Por fim, o rio corresponde a 4% do total da planície fluvial do rio Ribeira de Iguape no setor estudado.

Ao se comparar o percentual da área ocupada por meandros com o da ocupada pelo leito do rio, chega-se à relação ¾, ou seja, a área ocupada pelos meandros abandonados corresponde a 75% da área ocupada pelo rio ao longo de todo o setor. Comparando-se a área percentual dos meandros com a área percentual ocupada pelo rio dentro do cinturão de meandros (área em que o rio chicoteou), chega-se à relação $^{3/2}$, o que significa dizer que dentro da área de cinturão de meandros abandonados, os meandros ocupam uma área 33% maior que o rio. Tais constatações revelam processos hidromorfodinâmicos intensos.

8.3. Hidrodinâmica e condições de deposição nas unidades morfológicas

Este item foi organizado de acordo com as coletas nos perfis. Foram quatro perfis que abrangeram distintas morfologias. A seguir, apresenta-se algumas possíveis correlações sobre as condições de deposição nas unidades morfológicas abrangidas por cada perfil.

Perfil 1

ponto 1

Como um cordão arenoso sub-atual, com vegetação higrófila de correnteza estabelecida, as condições de deposição aqui pressupõe fluxo muito intenso e

competente para arrastar cascalhos de até 5 cm de diâmetro, provavelmente quando o fundo do vale estava em uma altitude pouco superior, ou em eventos extremos inundação, como os de 1983 e 1997, em que o fluxo foi tão intenso que arrastou as duas casas vizinhas à da residência do senhor Jessé, que ficavam a 200 m de distancia e a 12 m de altitude relativa à cota zero do N. A. do rio.

Ponto 2

para este ponto, entendeu-se que nenhuma camada tem relação com a outra, pois se trata de deposições diferenciadas, em momentos provavelmente distintos. A quantidade de conchas encontradas neste perfil, bem como a descontinuidade das classes granulométricas para cada profundidade do perfil (Gráfico 58) pressupõe que as condições de sedimentação deste perfil ocorreu em um ambiente de oscilação de fluxos, ora mais competente, ora menos competente.

Vale ressaltar aqui que o médio e, principalmente, o baixo ribeira, foram parcialmente tomados pelo mar nas duas últimas transgressões marinhas (Cananéia, há 120.000 anos a. P, na qual o mar teria apresentado elevação em até 9 m; e a Santos, há 5.100 anos a. P, em cuja elevação do nível médio do mar teria atingido 6 m). Tais transgressões teriam propiciado o desenvolvimento/construção de mais de 30 sambaquis no baixo Ribeira de Iguape, em altitudes absolutas até superiores às desta morfologia.

Pode-se aventar também que a combinação de sucessivas vazantes e enchentes do mar teria promovido a sedimentação nesta morfologia, bem como a deposição natural destas conchas, sendo preservadas e eventualmente expostas em suas margens.

Como as vazantes e as enchentes do mar oscilam em função de fatores como período de baixa vazão, fases da lua, precipitação intensa, perturbações por sistemas atmosféricos do tipo ciclone extratropical intenso (Santana, 2004), considera-se que a sobreposição de distintas classes granulométrica para cada profundidade seja justificada por oscilações fluvio-marinhas pretéritas às fluviais atuais.

Verificou-se que estes sedimentos apresentam camadas alternadas de materiais distintos sendo, portanto, sedimentos de origens aluvial ou fluvio-marinho[8], depositados por distintos processos de sedimentação, sem relação entre si.

No que se refere ao perfil P2A4, trata-se provavelmente da fase regressiva associada à vazão intensa do rio teriam permitido a sedimentação desta porção, com fluxo muito competente com (94% de areia), podendo-se aventar também que se possa tratar de paleoleito do rio, sendo coerente com a presença de cascalhos deste diâmetro.

Ponto 3

estando cerca de 2m acima do ponto anterior, aventa-se que o processo de sedimentação neste ponto ocorre quando a cota do nível de água (N. A.) do rio está elevada, por espraiamento, em fluxo não muito competente. Há predomínio de material mais fino, mas não há estrutura de solo ainda, além de apresentar muita mica. O conjunto dessas características indica deposição recente, sendo depositado em eventos competentes o suficiente para elevar tais sedimentos a 7 m acima do zero hidráulico.

---

[8] Segundo Amador e Ponzi (1974) os sedimentos flúvio-marinhos constituem uma interdigitação de depósitos fluviais e marinhos regressivos. Litologicamente são constituídos de sedimentos finos, síltico-argilosos ou argilo-siltosos, ricos em matéria orgânica, sendo sua ocorrência demarcável pelas condições de má drenagem do terreno e vegetação higrófila Genericamente os sedimentos flúvio-marinhos correspondem a ambiente de planície de maré, paleo-planície de maré. Estes sedimentos são encontrados até dezenas de quilômetros para o interior, apresentando uma superfície suavemente inclinada. O maior desenvolvimento destes depósitos na região em estudo ocorre nas morfologias 1a e 1b .

Ponto 4

Aparentemente, o mesmo fluxo que trouxe os sedimentos das camadas P3A3, P3A4 e P3A5, do ponto 3, trouxe as deste perfil terraço superior, provavelmente quando o rio estava pouco acima do nível atual. Há predomínio de material mais fino, com estrutura que pressupondo predomínio da pedogênese sobre a morfogênese. O processo de deposição aqui se deu mediante fluxo suficientemente competente para ocorrer em elevada altitude relativa (12 m).

Ponto 5

Ponto correspondendo à amostra do mesmo terraço. Entretanto, a presença de mica e a ligeira diferenciação granulométrica em relação ao anterior pressupõe contribuição mais local procedente da vertente.

Perfil 2

Ponto 1

As *backswamps* são morfologias que ocorrem nas partes mais baixas das planícies fluviais, por vezes um pouco afastada do rio, na retaguarda da vertente, em termos de altitude relativa, quase sempre abaixo do limite das margens plenas. Dessa forma, é uma das morfologias da planície de inundação que mais estocam o excedente das águas da inundação, pois parte deste excedente que chega a ela não retorna ao sistema rio, uma vez que a água fica represada pelas morfologias 1a e1b, a partir de quando o processo de esvaziamento atinge cota inferior ao do limite das margens plenas. O aporte de sedimentos para esta morfologia, bem como a predominância da classe textural, vai depender da competência do fluxo.

Em vários setores no interior da *backswamp* pode ocorrer eluviação (perda de material ao longo do perfil do solo), por meio de dissolução da argila, como ocorreu no Ponto 4, analisado depois do perfil 3. Já nas bordas, a eluviação pode ser incipiente ou inexistente, conforme o caso deste ponto de amostragem.

No que se diz respeito às classes mais freqüentes observa-se que o padrão 6-7-8 pressupõe que, como se trata da parte mais próxima do rio, no refluxo (ou esvaziamento - quando parte da água reservada na *backswamp* volta para o rio após inundação), este refluxo vai gradativamente perdendo força, depositando areia mais ao

centro, e material cada vez mais fino no contato com o rio ou com os meandros abandonados que escoam parte deste excedente de volta para o rio.

Assim, a *backswamp* desempenha importante papel como esponja para o excedente de água extravasada do rio e que a ela chega, servindo como reservatório natural que amortiza as vazões de pico, através da estocando/armazenando.

Ponto 2

Todas as morfologias mais elevadas da planície de inundação tendem, no geral, a ser erodidas. Esta morfologia já foi parcialmente analisada anteriormente (perfil 1, ponto 2).

Pelo que se observou na camada superior desta morfologia, bem como as segundas camadas dos pontos 1 e 3, pode-se presumir que ela tem apresentado erosão e que este material erodido é acrescentado imediatamente nas morfologias mais baixas ao seu redor.

Ponto 3:

este tipo de morfologia recebe aporte de sedimentos, cuja boa parte ficam presos, pois entram com um fluxo competente, e o refluxo de horas à dias depois, que precisa passar pelo paleodique marginal deste meandro abandonado, contém apenas o material que ficou em suspensão. Portanto, cada camada aponta pista do tipo de fluxo que contribuíram para sua composição. Os materiais mais grossos trazidos pelos eventos extremos devem estar no fundo do lado deste meandro abandonado. Entretanto, parte dos que sairiam pelo refluxo (ou esvaziamento), ficam retidos em suas bordas, evidenciando refluxo nada competente, pois constitui-se de materiais muito fino (Gráfico 85).

Perfil 3

Ponto 1

Ligeiramente diferente do ponto 3 do perfil 1, em termos de classes texturais, este ponto também corresponde à morfologia 2a. O ambiente em que foi depositada esta morfologia se diferencia do ambiente do ponto anterior por motivos já elencados:

1 – a área do perfil 1 está numa zona fora do cinturão de meandros, ao passo que a do perfil 3 está dentro deste cinturão. O perfil 1 está situado na parte bem estreita da planície fluvial, distando apenas 20 m da margem do rio;
2 – a área do o perfil 1 está na parte convexa do rio e, portanto, o processo vigente aqui foi sempre de deposição. Já a área do ponto 1 do perfil 3 está adjacente à parte côncava de um meandro abandonado, que sofreu significativo processo erosivo, em ampla planície fluvial, distando cerca de 500m da margem plena atual do rio.

Uma outra característica a se considerar diz respeito ao mesmo perfil: ambos os pontos 1 e 3 correspondem à morfologia 2a Terraço – inundações excepcionais (2 – 5m), pontos estes separados pela área referente ao ponto 2, dentro do meandro abandonado. Note-se bem que o centro da ferradura (ponto 3) é ligeiramente mais baixa que a parte côncava.

As camadas superiores possuem sedimentos mais finos que as camadas inferiores, indicando que o fluxo teoricamente responsável por estas deposições foram mais competentes que aquelas.

Ponto 2:

Este meandro abandonado possui regularidade textural ao longo de todas as camadas, o que poderia indicar refluxo pós-inundação eficiente suficiente para carregar parte da areia, pois ao longo de 3 camadas do perfil, esta fração foi de 3%, com silte superando os 53%, indicando material jovem.

Ponto 3:

Mesma morfologia que o ponto 1 do mesmo perfil e ponto 3 do perfil 1, apresenta, no geral, tendências à erosão, por um lado, e pedogênese ocorrendo de forma mais significativa que a morfogênese, pois as deposições por inundação se dão de forma mais lenta, uma vez que só as inundações excepcionais e pouco freqüentes (Ir = 8 anos) atingem seus topos.

No caso particular do ponto 3, como o centro da ferradura é pouco mais baixo, recebe maior quantidade de sedimentos.

Perfil 4 (Ponto único):

Esta é a maior das três áreas de *backswamp* do setor ESB. A distância do perfil 4 (ou ponto 4) em relação ao rio é de cerca de 450m. Assim, é provável que os materiais mais grossos encontrados no local tenham vindo das vertentes ou mediante a determinado fluxo muito competente.

Na porção sudoeste desta *backswamp* é possível visualizar as poucas cicatrizes de cordões antigos, indicando ser uma área híbrida, tendo deixado de ser área de cordões arenosos e passado a se comportar mais como *backswamp* há não muito tempo, conferindo a ainda presença de tais cicatrizes.

As camadas mais profundas são muito porosas devido à dissolução da argila (eluviação), propiciando a elevação dos percentuais de silte e argila respectivamente em 54 e 19% na camada inferior (60-80cm).

Como se pode notar, as morfologias têm diferenciações internas, dependendo de sua localização relativa (distanciamento) em relação à vertente e ao rio.

Comparando-se as camadas do ponto 2, perfil 1, com as do ponto 2, perfil 2, correspondendo à mesma morfologia, nota-se que os teores de areia e argila diminuem de acordo com a profundidade enquanto o de silte aumenta no perfil 1, ocorrendo o oposto com o perfil 2, no qual os teores de silte diminuem com a profundidade. Essa variação textural observada deve-se provavelmente ao fato de ter ocorrido deposição de materiais de origens diversas com vários estágios de intemperismo, uma vez que os solos do perímetro são pertencentes predominantemente à classe dos Neossolos Flúvicos, sendo caracterizados por terem camadas derivadas de sedimentos aluviais sem relação pedogenética entre si (EMBRAPA, 1999).

Durante as coletas, verificou-se que nas imediações das morfologias *Backswamps* e meandros abandonados parcialmente e totalmente colmatados havia forte odor, indicando elevada concentração de enxofre, sendo os ácidos procedentes deste um fator limitante para o pleno desenvolvimento raticular da maioria das plantas. De fato, nessas morfologias, apenas gramínias e, no máximo, arbustos baixos sobrevivem.

Ao serem expostos e manuseados no laboratório, durante a peneiragem, as camadas destas morfologias exalaram odores fortíssimos, quase insuportáveis, pois uma vez secos, esses solos aparentemente Glei Tiomórficos, foram expostos à oxidação, e seu ph já baixo deve ter ficado ainda menor. Vale ressaltar aqui que os

Solos Tiomórficos têm maior ocorrência nas faixas litorâneas ou em áreas cuja drenagem é limitada (como é o caso). Assim, a matéria orgânica não se decompõe adequadamente, o que incorre na diminuição do ph, com elevados teores de enxofre, exalando, assim. um mau cheiro característico. Além do enxofre, como a gibsita é imtemperizada em ambiente ácido, grandes quantidades de alumínios são disponibilizadas neste ambiente, deixando-o mais insalubre para as plantas.

Em suma, nas morfologias mais elevadas, encontramos os Neossolos Flúvicos, caracterizados por camadas diferencidas, resultantes de distintas deposições, sem relação aparente entre elas. Já nas morfologias mais rebaixadas, encontramos os gleissolos tiomórficos, com horizontes sulfúricos e/ou materiais sulfídricos, dentro de 100 cm da superfície do solo.

8.4. Análises individuais das Unidades Morfológicas

As morfologias fluviais foram analisadas através de perfis transversais que abrangeram inúmeras morfologias.

O perfil transversal 1 (P1 – Fotos 09-14; Mapa 9; Fotografia aérea 1) abrangeu 4 morfologias fluviais, a saber:

1a - planície de inundação periódica (anual)

1c - planície de inundação periódica (cordões arenosos sub-atuais)

2a - Terraço – inundações excepcionais (4-7m)

2b - Terraço – inundações excepcionais (10 - 12 m)

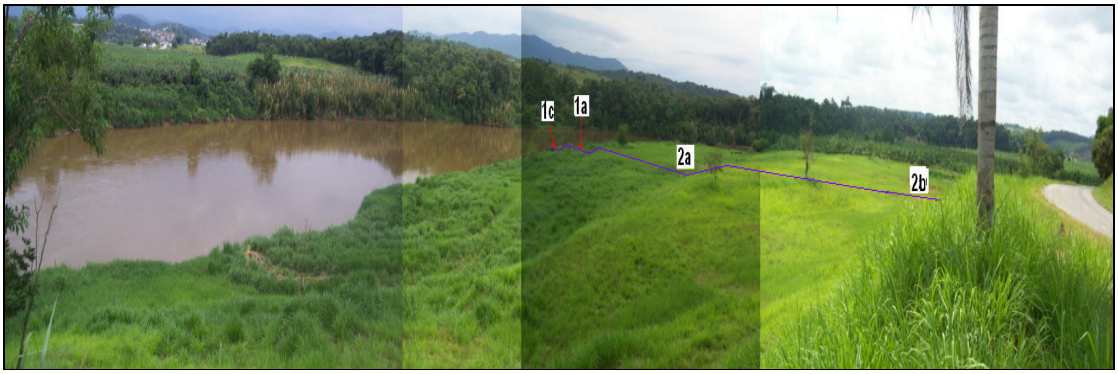


Foto 09. Composição da área do perfil 1, permitindo visualização das seguintes morfologias, por ordem crescente de altitude: 1c, 1a, 2a e 2b. Data: 20/03/2008.

Foto 10. Composição da área do perfil 1, permitindo visualização das seguintes morfologias, por ordem crescente de altitude: 1c, 1a, 2a e 2b. Data: 01/05/2008. Ao se comparar as duas composições, é possível perceber a morfologia mais baixa (1a) não recebeu aração para plantio.

Foto 11. Perfil 1: zoom dos pontos 1 e 2. Ponto 1: coleta de material com cascalho no cordão arenoso sub-atual (1c), por meio do método quadrante (20x20cm). Ponto 2: planície de inundação periódica (1a) note-se bem a presença de conchas.

Foto 12. Separação dos dois terraços da planície no perfil 1 (2a e 2b), bem como da planície de inundação periódica 1a.

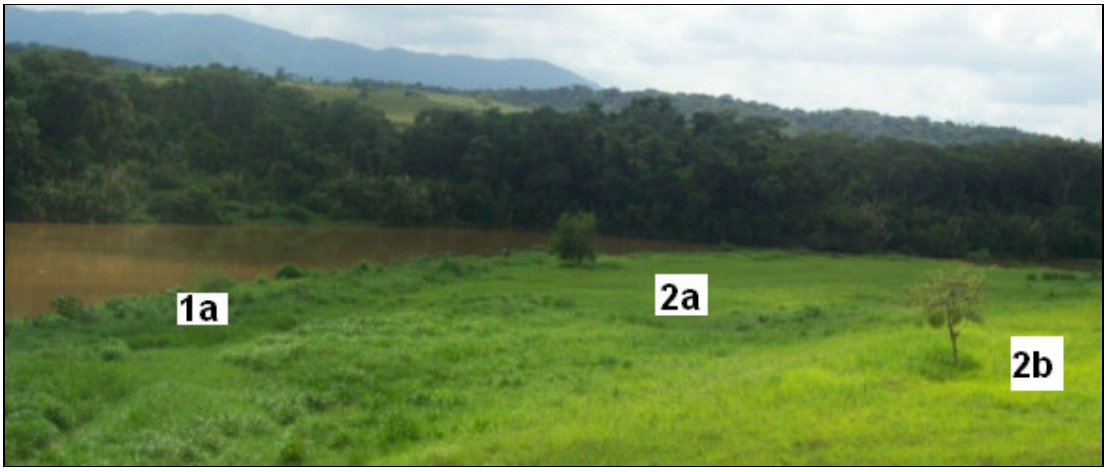


Foto 13. Parte das Morfologias presentes no perfil 1.

Foto 14. Residência do Senhor Jessé, sobre a morfologia 2b, Próximo do perfil 1. Nesta parte desta morfologia, são 12 m de altitude acima do nível médio da água do rio. Na inundação de 1983, a água teria atingido 13,5 m (vazão 2700 m^3/s). Já na de 1997, teria chegado a 15m (vazão 3480 m^3/s), de acordo com os patamares analisados na figura. Duas residências de alvenaria vizinhas a dele, também na morfologia 2b, foram levadas pela correnteza.

O perfil transversal 2 (P2 – Fotos 15-18; Mapa 10; Fotografia aérea 2) contemplou as seguintes morfologias:

1a - planície de inundação periódica (anual)

1b - planície de inundação periódica (isolada - backswamps)

3c2 - meandros abandonados (colmatação avançada)

Foto 15. Panorâmica área do perfil 2. Este Meandro abandonado (3c2) está em processo de colmatação avançado, como sempre sem vegetação, dada a quantidade de alumínio desprendido devido ao enxofre existente ali por lento processo de decomposição. Ele está em meio à morfologia 1a, e abackswamp (1b) está após as árvores, sendo melhor evidenciada na foto a seguir.

Foto 16. Detalhamento da *backswamp* próxima do perfil 2, do outro lado das criciúmas sobre morfologia 1a.

Foto 17. Detalhamento do Lago interno do meandro abandonado do perfil 2. note-se bem a quantidade de macrófita, bioindicadores da perenidade deste único lago do meandro.

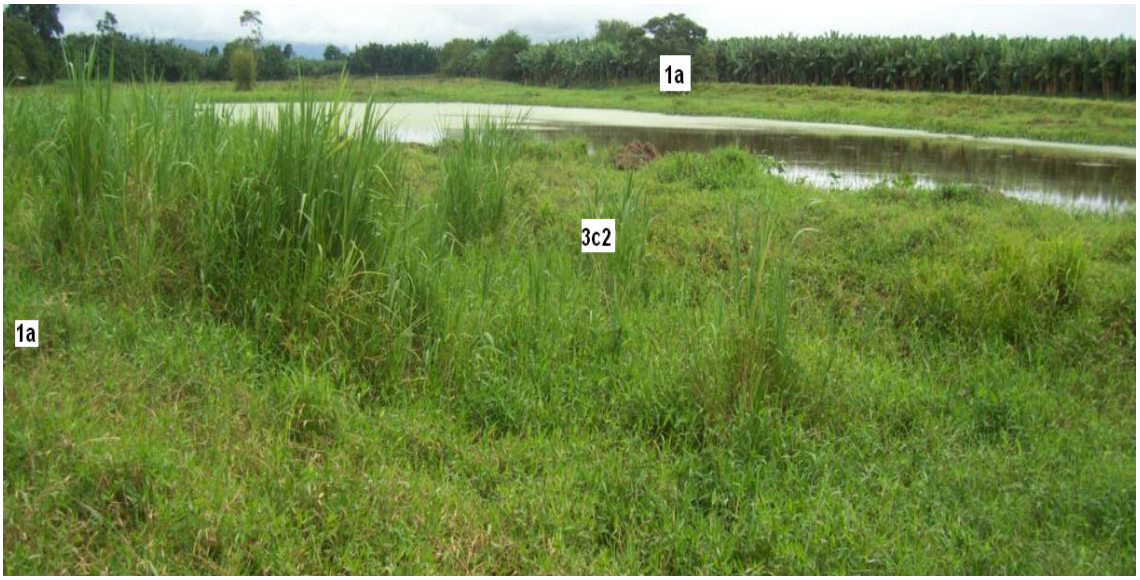


Foto 18. Nivelamento da morfologia 1a no perfil 2.

O perfil transversal 3 (P3 – Fotos 19 e 20; Mapa 11; Fotografia aérea 3) abrangeu as seguintes morfologias:

2a - Terraço – inundações excepcionais (4-7m)

3c1 - meandros abandonados (colmatação completa)

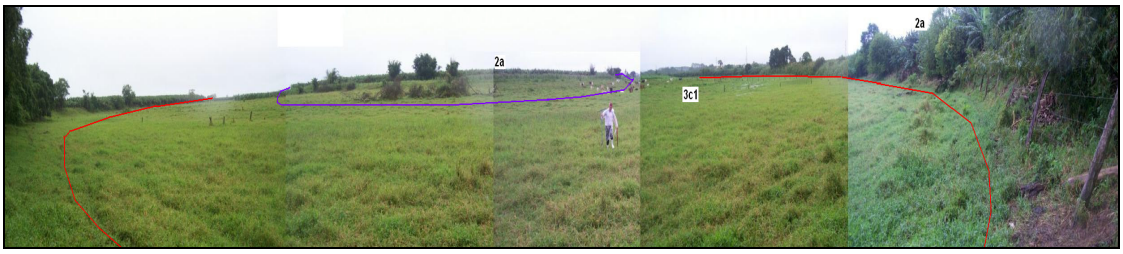


Foto 19. Visão panorâmica da área do perfil transversal 3. Aqui foi possível visualizar as morfologias 2a e 3c1. Nos extremos direito e esquerdo da foto, vê-se a linha vermelha que mostra a curvatura deste meandro abandonado. A linha em roxo evidencia o centro da ferradura, sendo ligeiramente mais baixa que o terraço (2a). No centro da ferradura havia cultivo de milho e, no terraço, banana.

Foto 20. Detalhamento da descontinuidade entre terraço e meandro abandonado. São 4 metros de altura de diferença, sendo que este meandro está à 2,1 de altitude relativa e o terraço está a 6m.

O perfil transversal 4 (P4 – Fotos 21 – 24; Mapa 12; Fotografia aérea 4) contemplou apenas a morfologia 1b - planície de inundação periódica (isolada - *backswamps*) por dois motivos:

1 – entendeu-se ser necessário coleta do centro da *backswamp*, pois ela já havia sido previamente estudada no perfil 2, o que tornava inviável fazer um perfil tão longo, pois estávamos no centro desta extensa morfologia;

2 – como se pode observar nas fotos 14, 15 e 16, ela estava em enchimento, pois é uma backswamp não tão isolada quanto às outras 3 e o rio

estava em enchimento de um evento que se caracterizou do Tipo 1 (a ser discutida posteriormente). Daí, como ela está resguardada do rio apenas pelos cordões arenosos (Mapa 12), recebeu parte da água excedente.

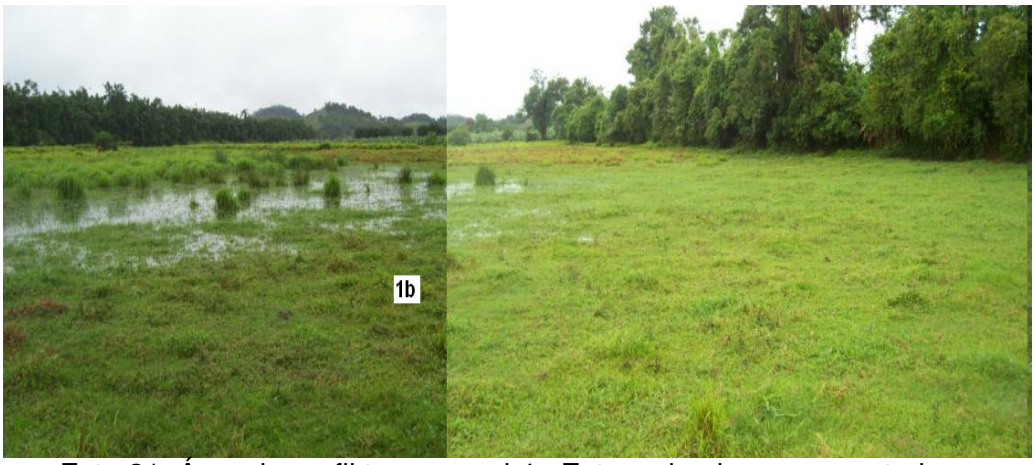


Foto 21. Área do perfil transversal 4. Extensabackswamp central em

Foto 22. Detalhe da área do perfil transversal 4. Note-se bem a quantidade de vegetação higrófila. Data: 01/05/2008 (13h20).

Foto 23. Detalhe da área do perfil transversal 4. Ao se comparar com a fotografia anterior, percebe-se que abackswamp estava em fase de enchimento. No dia 01/05/2008, após tirarmos a foto, a equipe se retirou rapidamente, pois o enchimento estava muito acelerado e temíamos ficar presos na área em função do evento. Data: 01/05/2008 (13h32).

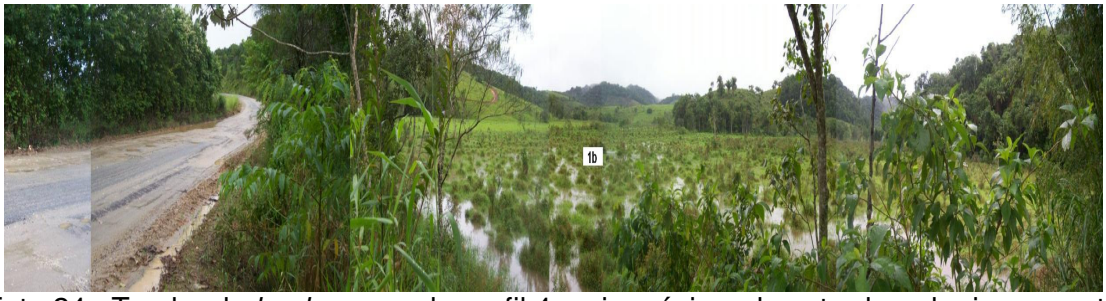
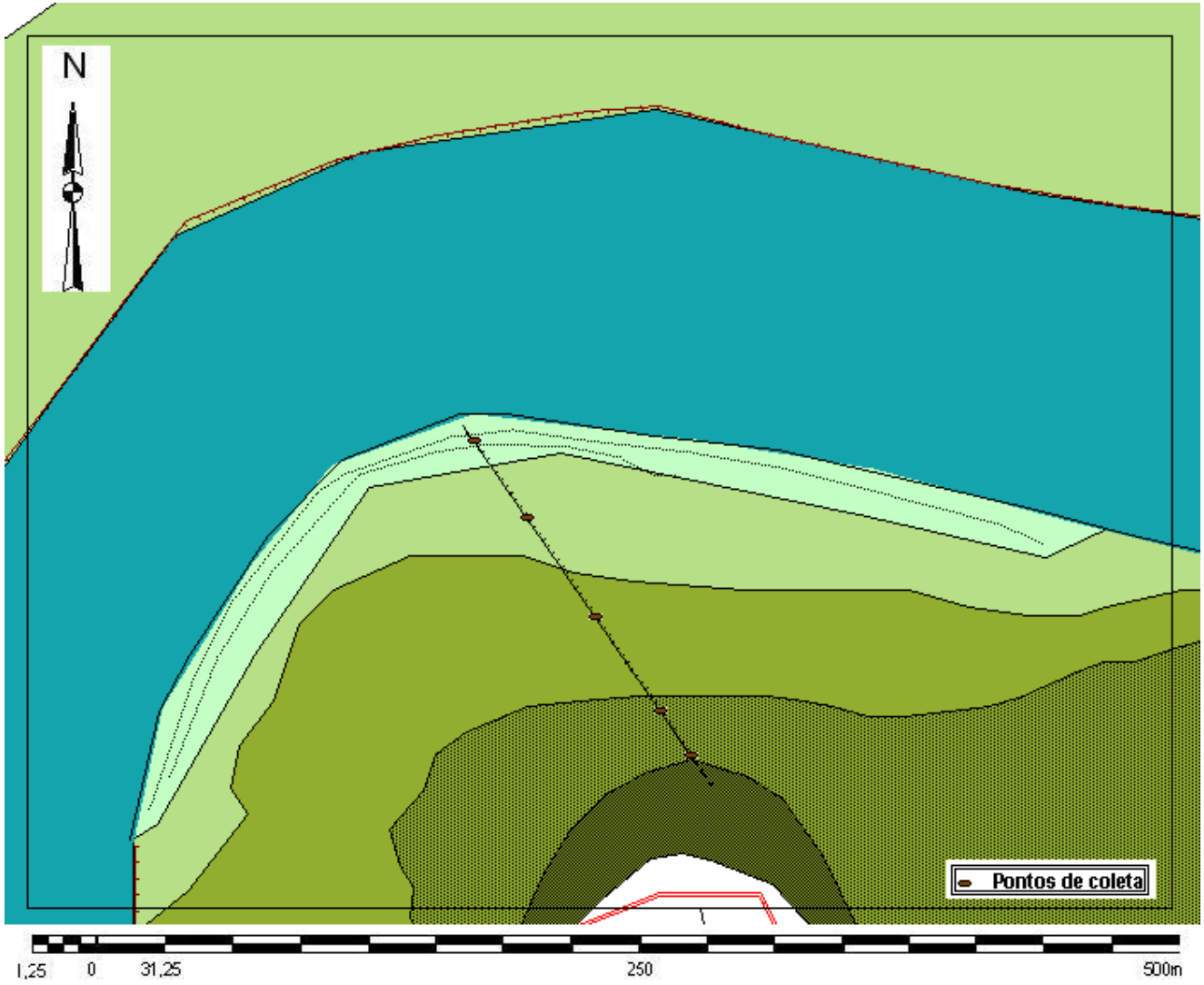
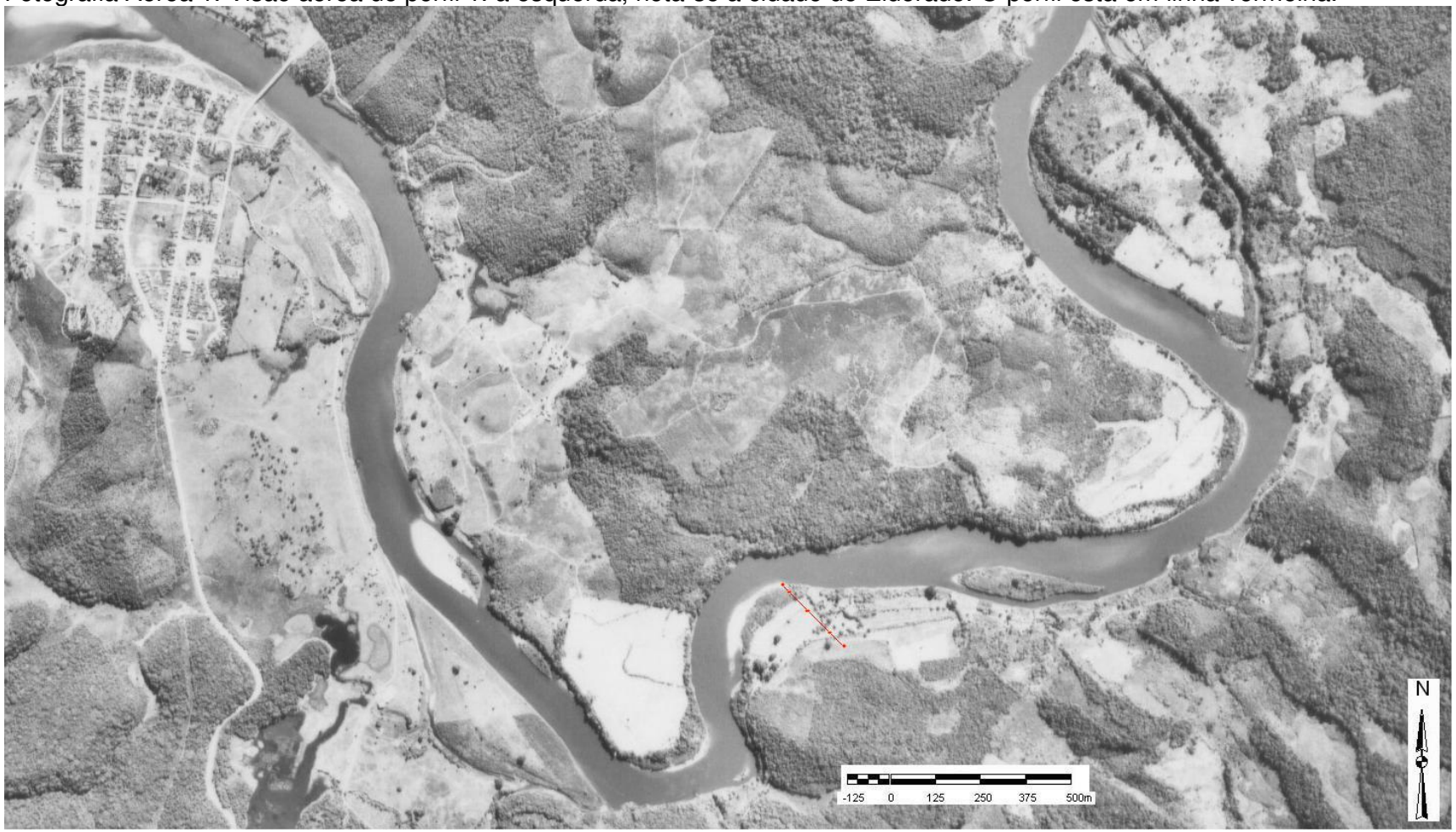


Foto 24 . Trecho da *backswamp* do perfil 4 mais próximo da estrada e do rio, na parte mais a sul do Mapa 12. Percebe-se que estava encharcada.

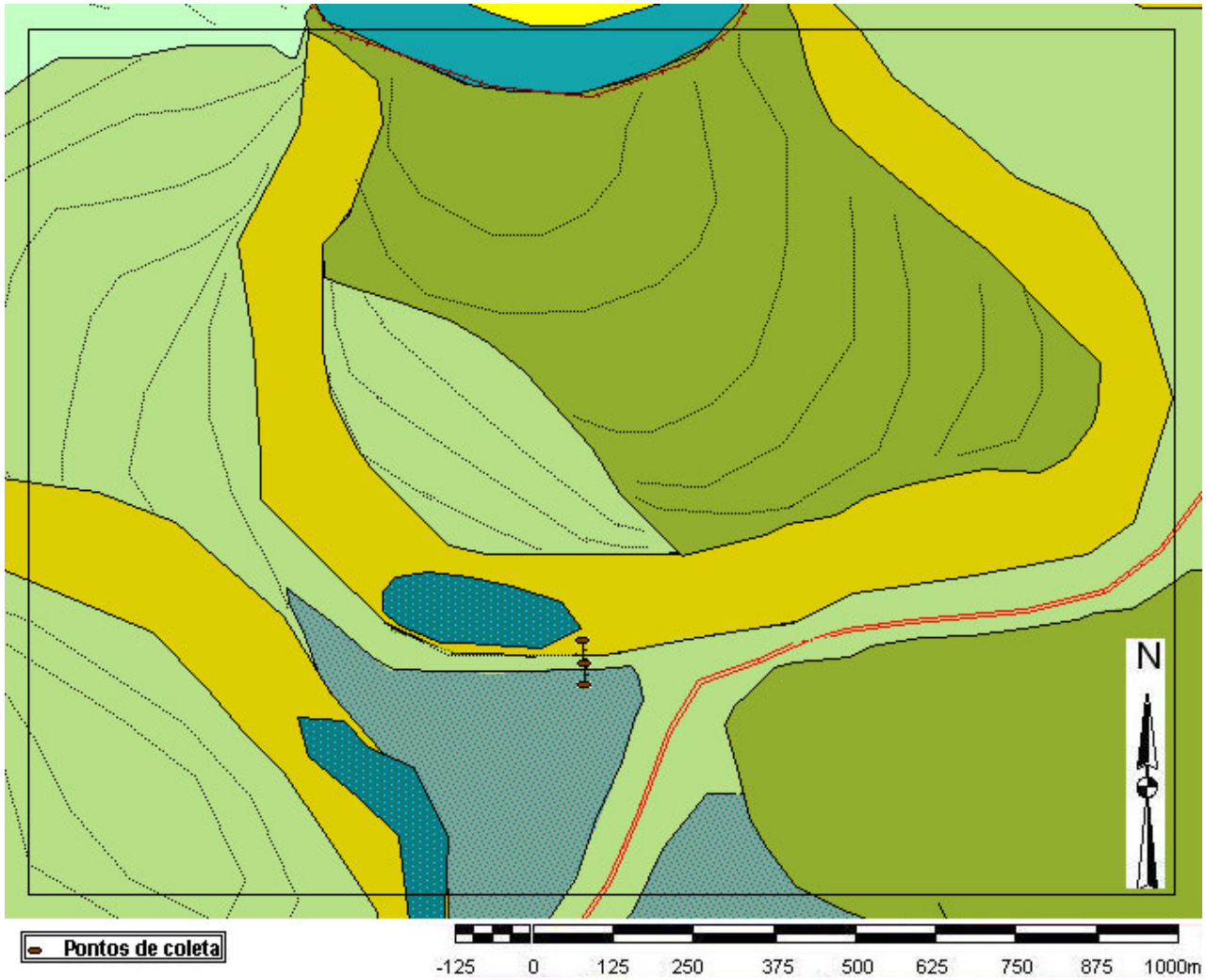
Mapa 9. Área do Perfil Transversal 1.



Fotografia Aérea 1. Visão aérea do perfil 1. à esquerda, nota-se a cidade de Eldorado. O perfil está em linha vermelha.

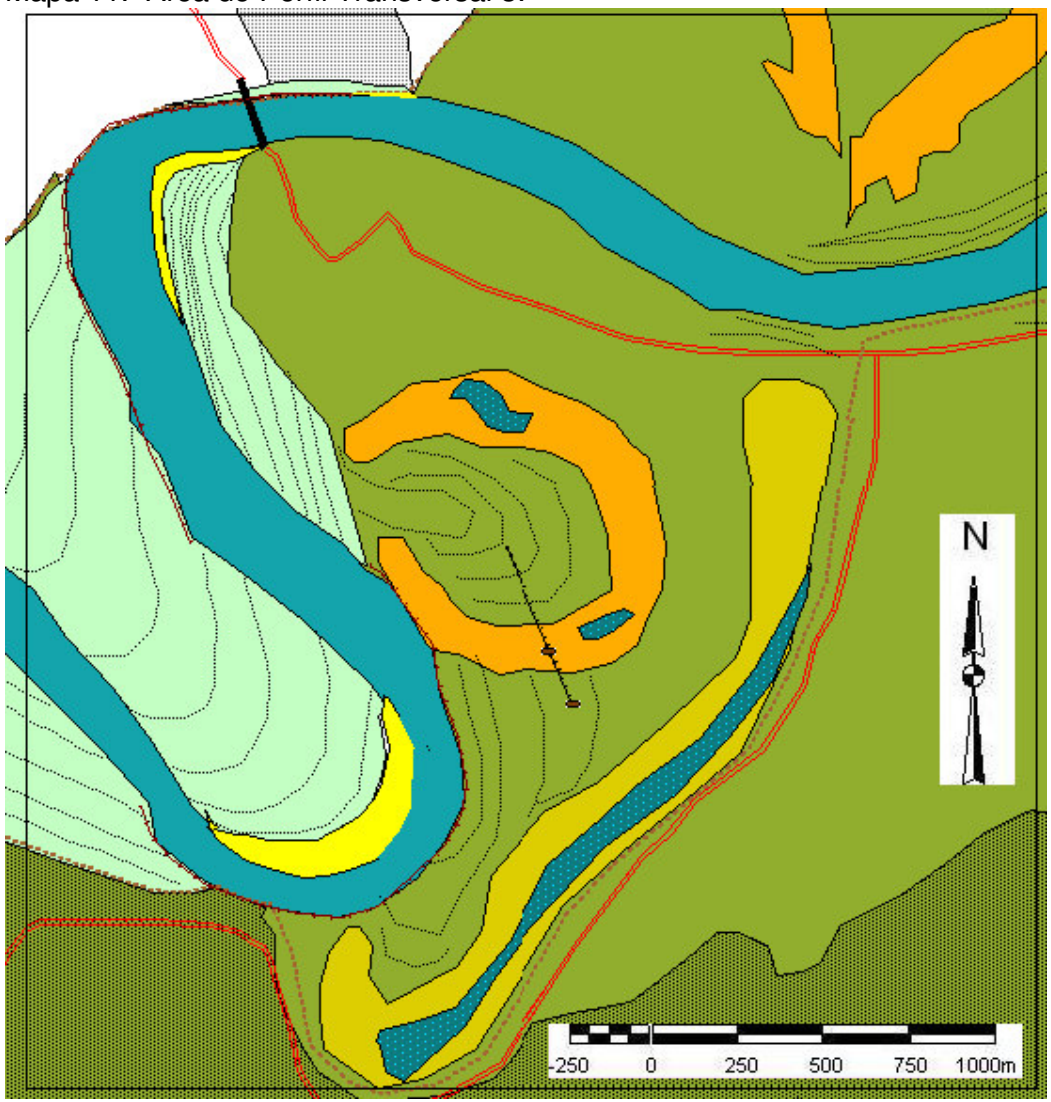


Mapa 10. Área do Perfil Transversal 2.

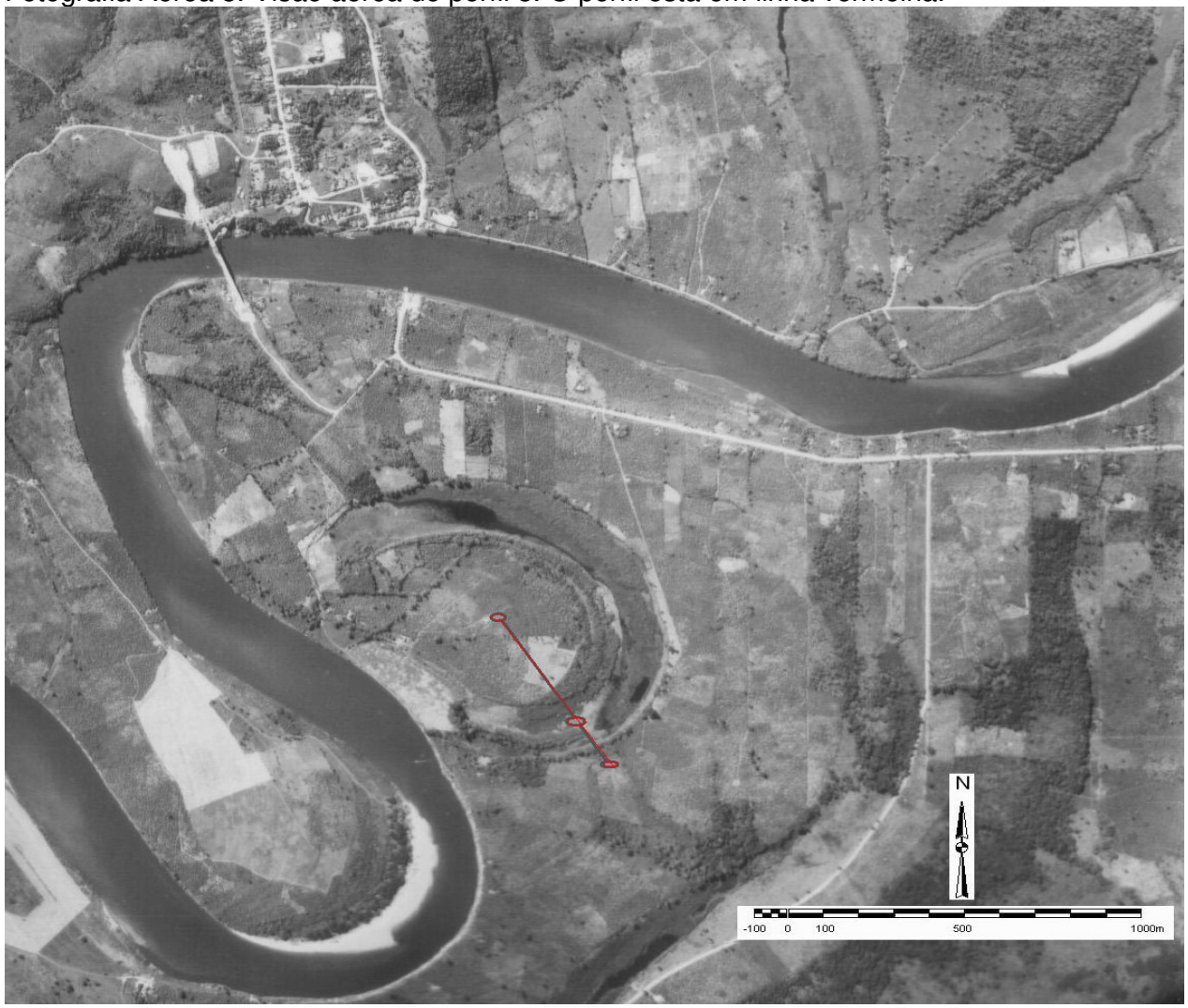


Fotografia Aérea 2. Visão aérea do perfil 2. Detalhe para os meandros. O perfil está em linha vermelha.abandonados

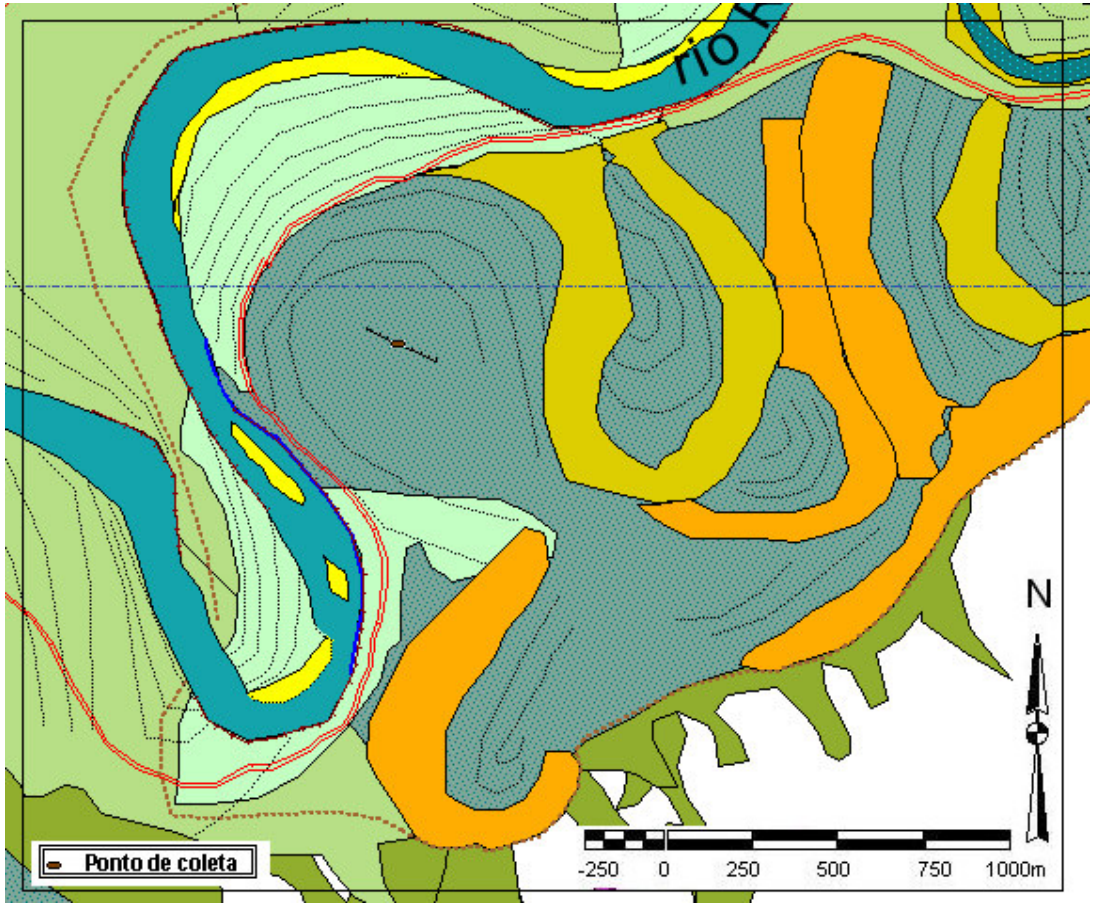
Mapa 11. Área do Perfil Transversal 3.



Fotografia Aérea 3. Visão aérea do perfil 3. O perfil está em linha vermelha.



Mapa 12. Área do ‘Perfil Transversal’ 4, ou simplesmente Ponto 4.



Fotografia Aérea 4. Visão aérea do perfil 4. O perfil está em linha vermelha.

Com estes perfis, pode-se obter as altitudes reativas aproximadas de cada morfologia entre si e em relação à cota zero, posteriormente discutida. Com as amostras dos solos e as análises das hidrometeorológicas do setor, foram realizadas inúmeras análises, correlações e sistematizações, tornando possível se caracterizar cada uma das morfologias fluviais, cujos resultados são apresentados a seguir:

1a - planície de inundação periódica anual (Foto 9-14) – possui altitude entre 3,00 e 3,25 m, predominantemente de materiais finos (ag - 46,5%: s - 45,5%; ar - 8%), no triângulo aparece como franco-argilo-siltosa e 0,05 de DPM.

Suas camadas não têm relação entre si, tendo sido depositadas em distintos eventos de inundação tipo 2, 3 ou 4, nos quais fica submersa respectivamente por 18, 32 e 140 horas. As vazões 400 – 465 m^3/s são suficientes para submergir esta morfologia, elevando a cota do N. A. do rio em até 3,25m.

Como planície de inundação periódica anual, é também conhecida como bacia de Inundação (Crhistofoletti, 1981). Esta morfologia contém depósitos de transbordamento com materiais finos, acumulados nas águas represadas entre os diques marginais e as escarpas dos terraços, depositados mediante vazão de recorrência anual (é submergida em período de retorno entre 5 e 11 meses). Constitui uma das morfologias mais erodida pelo processo de chicoteamento do rio possui 8 dos 17 meandros abandonados.

Podem ter funcionado como cordões arenosos sub-atuais no passado, mas estão acima deles atualmente e possuem poucas cicatrizes de cordão.

1b - planície de inundação periódica isolada ou *backswamps* (Fotos 21-24) – sua altitudes relativas são pouco inferiores à morfologia anterior (2,50 - 2,75 m). Entretanto, como estão na retaguarda do sistema vertente, recebe águas do transbordamento bem depois.

Os materiais finos predominam (Ag - 54%; s - 42%; ar - 4%), sendo que no triângulo granulométrico aparece como franco-argilosa e possui DMP 0,06. Do ponto de vista estratigráfico, a fração areia aumenta com a profundidade, indicando intemperismo do silte e dissolução da argila. Vazões entre 400 – 465 m^3/s elevam a cota do N. A. do rio em até 3,25m, sendo suficiente para passar pela morfologia 1a, e chegar até esta. Os tipos de inundação são as mesmas que alcançam a morfologia anterior (2, 3e 4), sendo que as horas de submersão são, respectivamente 54, 86 e 282, para cada tipo de evento.

Conhecida também como Lodaçal na literatura consagrada (Crhistofoletti, 1981), a planície de inundação periódica isolada ou *backswamps*, contém depósitos de transbordamento com materiais muito finos, acumulados nas águas represadas entre as morfologias 1a-2a, os paleodiques marginais dos meandros abandonados, e o sistema vertente. Em função deste processo, dentre as fases da dinâmica da inundação, a fase secamento é a que mais tempo esta as *backswamps* ficam submersas (como será posteriormente discutido).

Representa a principal área de amortecimento das vazões de pico devido à propriedade de estocar/armazenar no espaço e no tempo parte do excedente de água. Seus sedimentos aumentam de granulometria com a profundidade devido ao intemperismo do silte e à dissolução da argila, conferindo um efeito de esponja, que se verifica ao menos uma vez ao ano (Ir - entre 5 e 11 meses).

1c - planície de inundação periódica em cordões arenosos sub-atuais (Fotos 9,10 e 25) - das morfologias do Nível 1, esta é a mais baixa, apresentando altitudes relativas entre 2,00 e 2,25 m, sendo a primeira a receber águas do transbordamento.

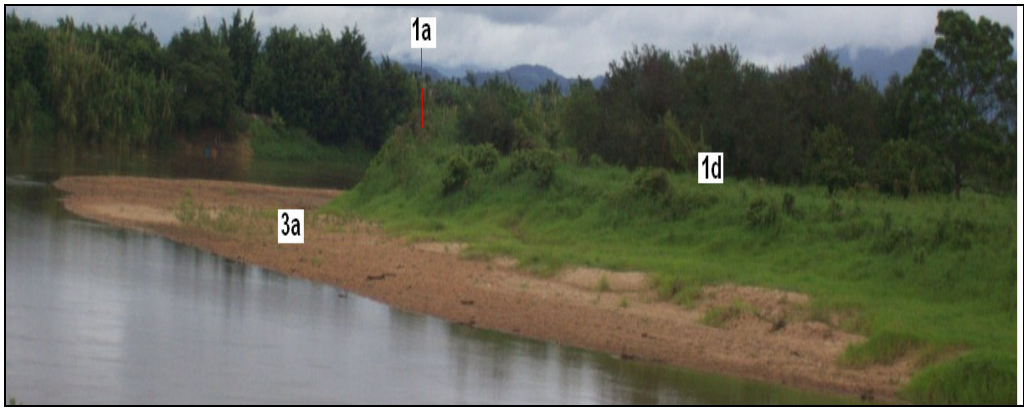


Foto 25. Cordões arenosos atuais (3a), sub-atuais (1c) e Dique marginal (1d).

Como está muito próximo ao rio, possui material muito grosso (Ar - 80 %; ag - 11%; s - 9%), sendo a única morfologia a apresentar-se enquanto areia no triângulo granulométrico e DPM muito elevado (1,64). Por sua recente deposição de materiais grosseiros, não possui camadas estratigráficas definidas.

Do ponto de vista das inundações, é uma das três morfologias que recebem os 4 tipos (1, 2, 3 e 4), sendo que o tempo de submersão médio para cada inundação é de, respectivamente 34, 72, 70 e 324.

Vazões entre 285 e 300 m^3/s são suficientes para elevar a cota em até 2,25 m, fato que pode ocorrer até 4 vezes ao ano (Ir - 3 - 8m).

Na verdade, estas morfologias são formadas por um conjunto de processos que erodem as margens côncavas (bancos de solapamento) e deposita nas margens convexas (cordões marginais convexos ou *point bars*), aqui chamados de cordões arenosos sub-atuais (1c), que se diferencia dos atuais (3a) por serem mais antigos, com processo pedogenético em andamento, ainda que incipiente. São acometidos por inundação até 4 vezes ao ano. Os materiais que os compõem são grossos, denotando grande competência do fluxo para deposição, mas de granulometria inferior aos atuais, pois sofreram intemperismo.

1d - diques marginais (Foto 25) - Consiste na mais elevada das morfologias do Nível 1 (3,50 - 3,75 m). São crista ou saliências construídas pouco acima da superfície da planície de inundação e adjacentes ao canal fluvial.

Infelizmente, não houve tempo hábil para se coletar amostrar desta morfologia por dificuldades técnicas. Entretanto, de acordo com a literatura, os diques marginais (*Levee*) geralmente contém material grosseiro depositado durante as fases de transbordamento (Crhistofoletti, 1981).

Em termos de inundação, vazões entre 455 e 520 m^3/s, de recorrência até duas vezes por ano (5 – 11 m), podem elevar a cota do N. A. do rio em até 3,75 m, com tipos de inundação 2, 3 e 4, podendo permanecer submerso durantes estes tipos, respectivamente por 10, 15 e 33 horas.

2a - Terraço – inundações excepcionais entre 4 e 7m (Fotos 9-12, 26 e 27) – Estes terraços apresentam-se em altitudes relativas que variam entre 4 e 7 m, sendo acometidos por inundações excepcionais. Seus topos são atingidos pelo menos a cada 1,5 ano para ambos os municípios.

Foto 26. Margem de solapamento em Terraço 2a, na entrada da ferradura do meandro abandonado correspondente ao perfil 2. Para tentar conter o solapamento, os moradores plantaram três fileiras com a árvore fícus nítida (moreacea), sem sucesso, pois a fila mais próxima do rio foi levada, assim como essas bananeiras estão sendo.

Foto 27. Margem de solapamento em Terraço 2a, na entrada da ferradura do meandro abandonado correspondente ao perfil 2. As duas fotos da esquerda correspondem à árvore ingá que a dona do sítio queria que fizesse sombra na casa (à direita). A está 1 m mais baixa que o esperado e logo a casa poderá descer também.

Os materiais superficiais são finos (DMP = 0,06), com predomínio da fração siltosa, indicando deposição recente (s - 47%; ag - 31%; ar - 12%). No triângulo granulométrico apresenta-se como franco-argilo-arenosa, o que significa dizer que existem materiais muito finos (argilas), associadas à mais grossos, silte e areia, pressupondo fluxo competente suficiente para depositar estas frações.

Apenas as inundações tipo 3 e 4 conseguem alcançar essas altitudes(4-7m), com vazões entre mínimas para Sete Barra da ordem de 480 m^3/s e 670 m^3/s para Eldorado, ficando submersa por 9 h na inundação tipo 3 e por 51h em inundação tipo 4.

Terraços são formados por sedimentos cujo aporte ocorre durante as cheias. Por serem relativamente mais altos que as morfologias anteriores, são recobertos por camadas de sedimentos finos. A pedogênese apresenta-se pouco mais desenvolvida que nas morfologias 1a e 1c. No geral, os terraços nesta altitude são bem freqüentes no setor ESB, correspondendo a 15% da área.

2b - Terraço – inundações excepcionais entre 10 e 12 m (Fotos 13,14, 28 - 30) – Terraço intermediário, sendo o nível mais alto depositado no holoceno, estando cerca de 3 m acima do 2a e 3 m abaixo do terraço pleistocênico 2c.

que o esperado e logo a casa poderá descer também.

Foto 28. Terraço 2b e Bancos internos ao canal fluvial (3b) em Sete Barras, cerca de 500 m à jusante da ponte. Segundo relatos de munícipes, no evento de 1997, o rio teria coberto o topo do marcador (13m de altura relativa ao zero hidrológico). No momento da foto, a régua marcava 2m de cota do N. A. do rio e apenas as partes mais elevadas dos bancos internos ao canal fluvial (3b) estavam emersos.

Foto 29. Marco da cidade de Sete Barras, sobre morfologia 2b, cujo topo atinge 13m e é submerso durante os eventos extremos.

Foto 30. Área do antigo fluviômetro do DAEE. De acordo com os moradores antigos, o rio está solapando as terras do outro lado, criando cordões arenosos atuais (3a) nesta margem do rio, bem colo depositando tais sedimentos em bancos internos ao canal fluvial (3b) em parte submersos neste dia, pois a água estava subindo, tendo submerso já a régua de marca 2 m. Lá embaixo, o cordão sub-atual ainda não submerso (1b) em Sete Barras eles atingem 2,75m. Os cordões arenosos subatuais e atuais podem ser visualizados no zoom do perfil 3 (Mapa 11).

Como estão muito próximo das vertentes, estes terraços recebem contribuição destas, em termos de aporte de sedimentos, com materiais médios à finos, o que justifica DPM = 0,15 e triângulo situado no intervalo franco-argilo-arenosa (ar - 57%; s - 17%; ag - 16%).

Apenas as inundações do tipo 4 alcançam este terraço, que pode ficar, no máximo, até 18 horas submerso, mediante Vazão em Sete Barras da ordem de 1250 m^3/s (Ir=3a8m) e 1850 m^3/s para Eldorado (Ir=12a). Esta diferença é atribuída a alguns fatores:

1 – Contando cerca de 8 km pelo rio da ponte de Eldorado para jusante, o rio ainda se encontra no médio Ribeira, com planícies não bem desenvolvidas;

2 – O rio drena menor volume de água do que Sete Barras;

3 – os terraços 2b estão em Eldorado perto dos 12 m, enquanto que a maioria dos terraços 2b no setor ESB, no trecho inferior do rio Ribeira de Iguape estão em altitudes relativas no limiar dos 10 m; e

4 - a largura do canal na altura das margens plenas em Eldorado é de 120 m e em Sete Barras é 175m.

Estes são alguns dos fatores para as vazões limítrofes serem pouco diferentes em cada município, na mesma situação de inundação.

2c - Terraço – inundações excepcionais em altitudes entre 15 e 17m (Fotos 31 e 32) - Corresponde aos depósitos da formação Pariquera-açú, depósitos aluviais e colúvio-aluviais não selecionados pleistocênicos das formações, que sustentam níveis mais altos de terraços e topos de algumas baixas colinas (Bigarella et alli, 1965), não tendo relação genética direta com as morfologias aqui trabalhadas, motivo pelo qual a este terraço não foi muito atribuída muita atenção (1,5% da área da planície fluvial).

Estimou-se que as inundações atingiriam estes terraços, respectivamente para Sete Barras e Eldorado, mediante vazões acima de 2500 e 3450 m^3/s, com recorrência 110 e 440 anos (Gráfico 41).

Foto 31. Antigo Nível do Rio Ribeira de Iguape/ Cascalheira. Formação Pariqüera-Açú. Altitude Relativa 17m.

Foto 32. Antigo Nível do Rio Ribeira de Iguape/ Cascalheira. Formação Pariqüera-Açú. Altitude Relativa 17m. Corresponde ao Terraço 2c.

3a - cordões arenosos atuais (Fotos 25 e 33) - corresponde á morfologia emersa mais baixa do sistema canal (1,30 - 1,50 m), na qual predomina material muito grosseiro, o que não poderia ser analisado em termos de granulometria, pois segundo a metodologia utilizada (Embrapa, 1997; Machado 2002), apenas as frações areia, silte e argila são passíveis de análise (foram encontrados seixos, com diâmetro superiores a > 2cm). Sendo assim, não foi feito coleta.

Inexistem camadas estratigráficas, uma vez que a hidrodinâmica nestas morfologias é muito intensa.

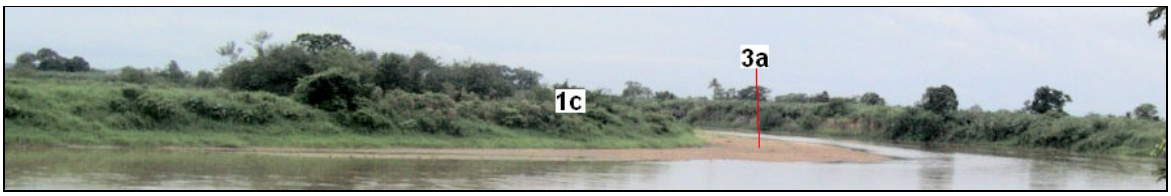


Foto 33. Cordões Arenosos sub-atuais (1c) 3 atuais (3a). O primeiro faz parte do sistema margens plenas, enquanto que o segundo pertence ao sistema canal fluvial.

Todos os tipos de inundação submergem esta morfologia. Na verdade, vazões entre 195 e 220 m^3/s são suficientes para tal feito. Em função de sua posição altimétrica baixa, respectivamente, para cada tipo de inundação ela fica submersa por 72, 102, 120 e 352 horas. É acometido por inundação pelo menos 2 vezes ao ano e, no máximo uma vez ao mês (Ir -1m - 6m).

Versão mais atual do processo de formação da morfologia 1c, os cordões arenosos atuais são formados pelo processo de erosão das margens côncavas e deposição nas margens convexas, em dinâmica intensa. Não apresentam pedogênese ou mesmo cobertura vegetal devido à dois fatores: substrato muito arenoso; e hidrodinâmica intensa (Ir baixo). Os materiais que os compõem são grossos, presumindo grande competência do fluxo.

3b - bancos internos (**Fotos 28 e 34)** - compreende a segunda morfologia emersa mais baixa do sistema canal (1,60 - 1,90m), o que repercutir no número de vezes ao ano em que esta morfologia é submersa (Ir 1m - 6m), sendo pré-requisito para isso vazão oscilando entre 240 – 250 m^3/s. É abrangido pelos 4 tipos de inundação, tendo o mesmo período de submersão que a morfologia anterior.

Foto 34. Banco Interno ao Canal Fluvial (3b). Visão para jusante do rio Ribeira de Iguape a partir da ponte da SP-165 - sete Barras. Neste trecho, o rio possui 130 m de largura.

Durante a segunda campanha, se o rio estivesse baixo durante os campos, provavelmente deparar-se-ia com a mesma situação granulométrica da morfologia anterior: granulometria correspondendo à seixos (> 2cm). Devido

à inacessibilidade temporária, com o teodolito, apenas se pode medir as altitudes relativas.

3c - meandros abandonados (Fotos 15-18, 19-20, 35 e 36) - Meandros Abandonados foram subdivididos de acordo com processos de colmatação: 3c1 – colmatação completa; 3c2 – colmatação avançada; e 3c3 – colmatação incipiente.

Foto 35. Meandro abandonado em processo de colmatação incipiente (3c1).

Nas extremidades deste que é o maior lago do setor, há colmatação em processo avançado.

Foto 36. Aproximação para se visualizar infinidade de macrífitas em um lago interno, sendo planta-indicadoras de águas paradas. À esquerda, a *nymphaea elegans*. À direita, a triculária, que captura insetos em ambientes com limitação de produção de nutrientes.

Possuem altitudes relativas variando entre 1,90 e 2,10 m, mas não são atingidos quando a cota do N. A. do rio está nesta altura, pois precisa haver extravasamento das margens plenas. Assim, os meandros abandonados são submersos mediante quando a cota do N. A. do rio atinge a morfologia sobre a qual eles foram abandonados. Por exemplo, os meandros próximos aos cordões arenosos sub-atuais são atingidos quando a linha de inundação está na altura 2,25 m, enquanto que os adjacentes aos terraços 2a só receberão água do extravasamento quando a linha de água de inundação estiver a 4 m de altura. Sendo assim, adotou-se a altitude relativa média para a maioria dos meandros abandonados, que são aqueles adjacentes à morfologia 1a, de altitude relativa 3,25 m e vazão oscilando entre 400 – 465 m^3/s.

O processo hidromorfodinâmico responsável pela formação dos meandros abandonados (*oxbow lakes*) se dá em função do corte do pedúnculo (*neck*), que por sua vez ocorre devido ao processo de migração lateral do leito do rio em função do solampamento das margens côncavas.

Quanto ao material superficial e à estratigrafia dos meandros, de acordo com os materiais coletados em meandros 3c1 e 3c2, observou-se que há predomínio de material siltoso entre as camadas, que são muito semelhantes, o que indica deposições recentes e constantes. Todos foram situados como franco-argilosos no triângulo granulométrico, com DPM da ordem de 0,06, ou seja, os materiais de solo dos três são finos, pressupondo fluxo de espraiamento da água de inundação, sem grande competência de carreamento.

Os meandros 3c1, apresentam as seguintes classes granulométricas: s - 57%; ag - 38%;ar - 5%, possuindo ligeiramente mais silte e menos areia que o 3c2 (s - 54%; ag - 38%; ar - 8%). Isso se deve provavelmente devido ao fato de terem colmatação completa e os materiais serem pouco mais intemperizados que os ainda em processo de colmatação.

Os tipos de inundação que os submerge são: 2, 3 e 4, com períodos de submersão aproximados para cada tipo da ordem de 48, 86 e 144 h. Tem período de retorno pelo menos anual e, no máximo, duas vezes ao ano (Ir - 5-11m).

Os meandros abandonados de colmatagem completa (3c1) pode eventualmente apresentar lagos em pontos isolados e rebaixados durante semanas após fase de secamento do evento de inundação (Fotos 19 e 20).

Os meandros abandonados de colmatação avançada (3c2) apresentam lagos isolados durante parte do ano tanto após secamento quanto por elevação do lençol. Serve como dreno de água de transbordamento para as *backswamps*, bem como de refluxo de parte da água durante o esvaziamento. Quando em secamento, parte do sedimento fica retido neles devido às barreiras naturais, como paleodiques marginais, o que contribui para a colmatação dos meandros (Fotos 15-18).

Os meandros abandonados de colmatação incipiente (3c3) tendem a ser mais recentes. Seus lagos são perenes (Foto 36).

8.5. Dinâmica Espacial das Inundações

Neste tópico, apresenta-se brevemente discussão sobre os parâmetros utilizados que caracterizam as tipologias de inundação (cota zero do N. A. do rio e curva-chave), bem como se propõe a Rede de Alerta Morfológico à inundações, que difere da proposta pelo DAEE por considerar as morfologias e não apenas as ameaças (atenção, alerta e emergência) de a água chegar aos núcleos urbanos. Esta rede de alerta é pertinente para se realizar o planejamento da planície fluvial no setor, pois apresenta cotas e vazões a partir das quais ocorre inundação em cada morfologia analisada.

Posteriormente, são apresentados os perfis esquemáticos da dinâmica espacial por magnitude e freqüência de cotas e vazões (Figuras 12a-e), bem como sistematizado informações que culminaram em mapas que, em conjunto, simulam a dinâmica espacial das Inundações em Eventos, nas fases de Transbordamento, Enchimento, Esvaziamento 1 e 2 e Secamento (Mapas 13-17).

8.5.1. Cota ‘zero’ hidrológica

Antes de apresentar a rede de alerta morfológico à inundação no rio Ribeira de Iguape – Setor ESB ou mesmo os mapas da Simulação da Dinâmica Espacial das Inundações em Eventos, faz-se necessário discutir o que seria o marco zero para medição da cota do N. A. do rio e, consequentemente, de vazão, que são parâmetros essenciais para se caracterizar os eventos de inundação.

Segundo DAEE (1998), a corta zero hidrológica corresponde, em termos gerais, à cota máxima do canal fluvial jamais emersa, mesmo em períodos de estiagem severa.

Assim, tendo-se obtido o zero hidráulico para ambos os municípios, sendo 0,7 m para Sete Barras e 0,95 m para Eldorado, utilizou-se estes parâmetros.

As réguas são colocadas contabilizam desde o fundo do rio, que oscila em função do trabalho de deposição e erosão. Assim, em intervalos não muito regulares, são refeitos os perfis transversais do rio próximo às réguas para se saber como está a morfologia do fundo, a fim de se calibrar o zero hidráulico. A situação das réguas utilizadas em Eldorado e em Sete Barras é apresentada nas Fotos 37 e 38.

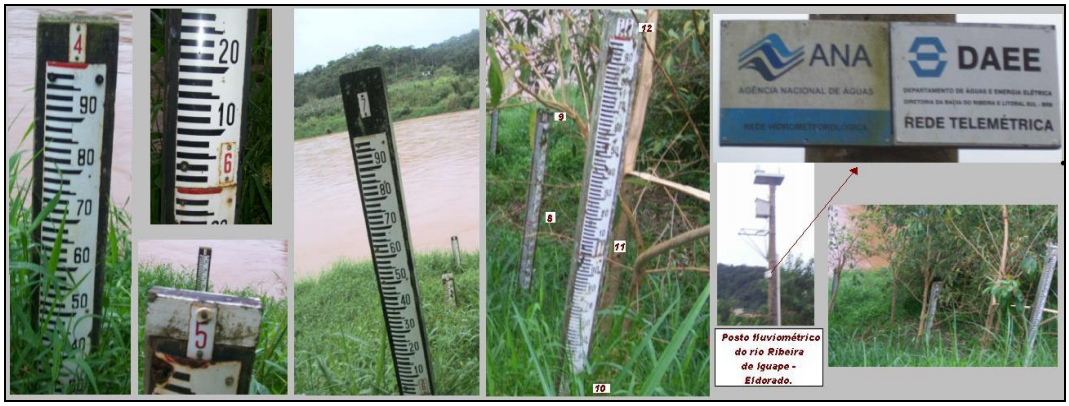


Foto 37. Situação das réguas de medição de cota do N. A. do rio em Eldorado. Da esquerda para direita, temos: régua marcando 4 ms; 5 e 6 m, 7 m; 10, 11 e 12 m; estação hidrometeorológica da cidade de Eldorado, mantida pela ANA e pelo DAEE. No momento em que se obteve essas fotografias, a Cota do N. A. do rio estava pouco abaixo de 2m e a régua de 4 metros estava muito baixa por problemas técnicos. Data: 01/05/08 (17h15).

Foto 38. Situação das antigas réguas do DAEE. O atual posto fluviométrico está na área de acesso restrito da SABESP. No momento em que se obteve essas fotografias, a Cota do N. A. a régua marcava em de cota do N. A. do rio. Data: 29/03/08 (14h45).

8.5.2. Curva-Chave: relação entre cota do N. A. do rio e vazão

Como é muito oneroso medir diariamente a vazão de um rio, o DAEE utiliza-se da ferramenta denominada curva-chave, que, a partir da cota do N. A. do rio a vazão seja obtida. Em termos genéricos, a curva-chave é a relação entre as cotas do N. A. do rio com as respectivas vazões de um posto fluviométrico.

Para o traçado da curva-chave em um determinado posto fluviométrico, é necessário que se disponha de uma série de medição de vazão no local, ou seja, a leitura da régua e a correspondente vazão (dados de h e Q).

A curva-chave usa modelo de seção com controle local, ou seja, predominância da declividade do fundo sobre as demais forças do escoamento, como por exemplo a pressão. Com isso, temos uma relação biunívoca entre profundidade e vazão (Tucci, 1993). Segundo este autor, partindo-se desta série de valores (h e Q) a determinação da curva-chave pode ser feita de duas formas: gráfica ou analiticamente. A experiência tem mostrado que o nível da água (h) e a vazão (Q) ajustam-se bem à curva do tipo potencial, que é dada pela ***Equação 11***:

$$Q = a^* (h - ho)^b,$$

onde:

Q - vazão em m^3/s;

h - nível de água em m (leitura na régua);

a e b são constantes para o posto, a serem determinados;

h0 corresponde ao valor de h para vazão cota = 0.

Os Gráficos 135 e 136 evidenciam os Perfis Transversais do rio Ribeira de Iguape em Sete Barras e em Eldorado. Já os Gráficos 137-140 e a Tabela 53 apresentam as curvas-chave para Eldorado e Sete Barras. Comparando-se as altitudes das morfologias fluviais em relação às margens plenas, pode-se notar a existência de cota e vazão limítrofes para que determinada morfologia seja tomada por um evento de cheia ou de inundação (cheia para o caso das morfologias internas às margens plenas e inundação para as morfologias acima delas). A Tabela 56 evidencia os dados para a curva-chave.

Gráfico 135. Perfil Transversal do rio Ribeira de Iguape em Sete Barras

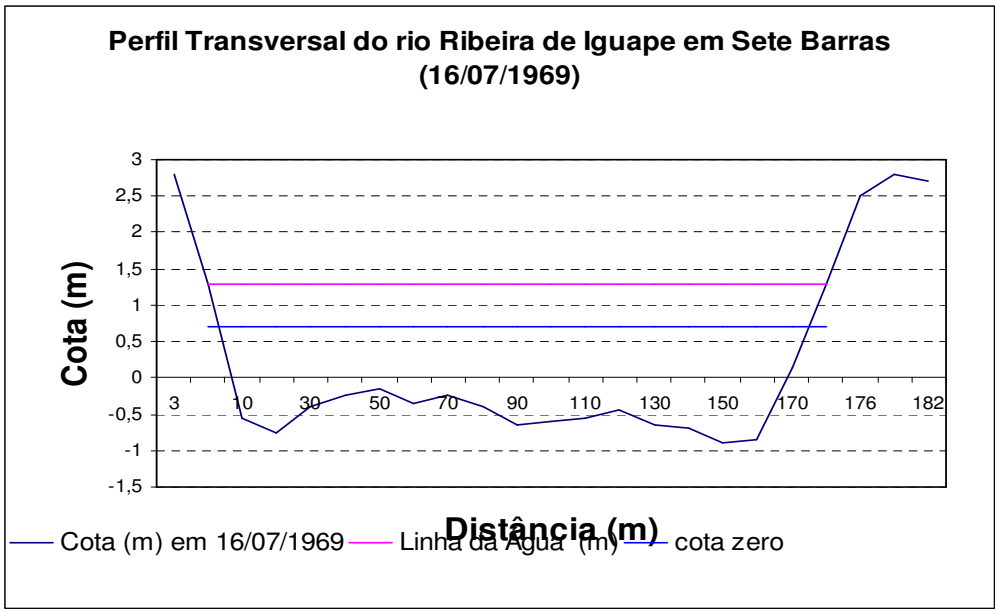


Gráfico 136. Perfil Transversal do rio Ribeira de Iguape em Eldorado

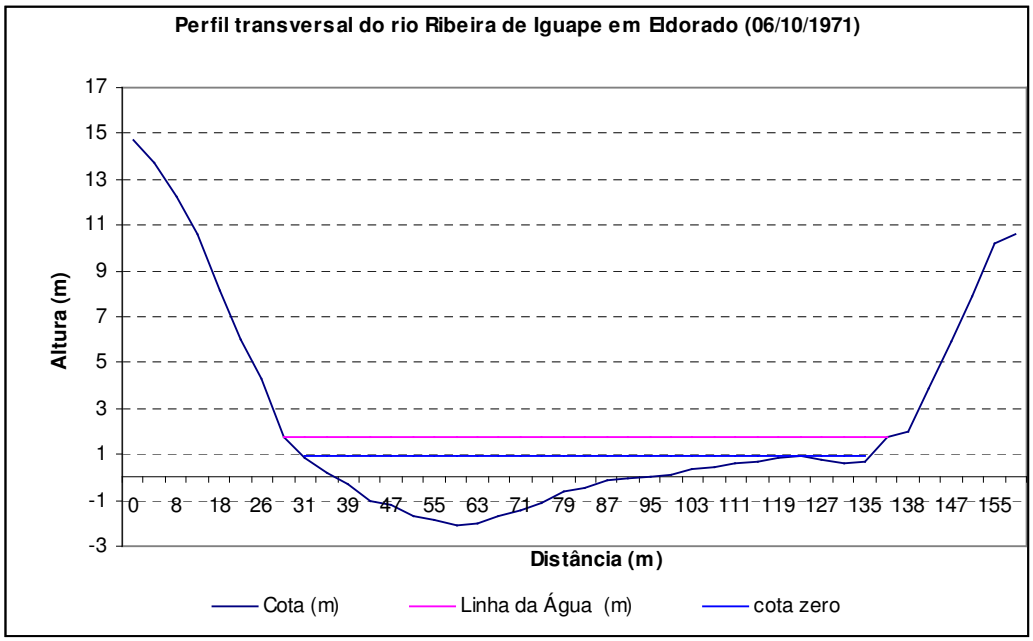


Gráfico 137. Curva-chave do rio Ribeira de Iguape para Eldorado

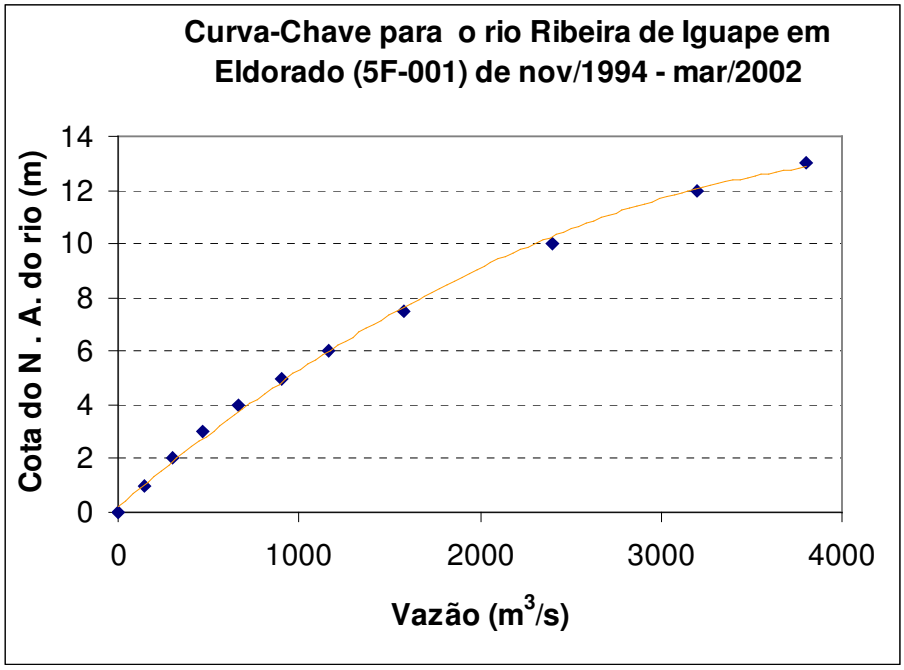


Gráfico 138. Curva-chave do rio Ribeira de Iguape para Eldorado (com altitudes relativas das morfologias)

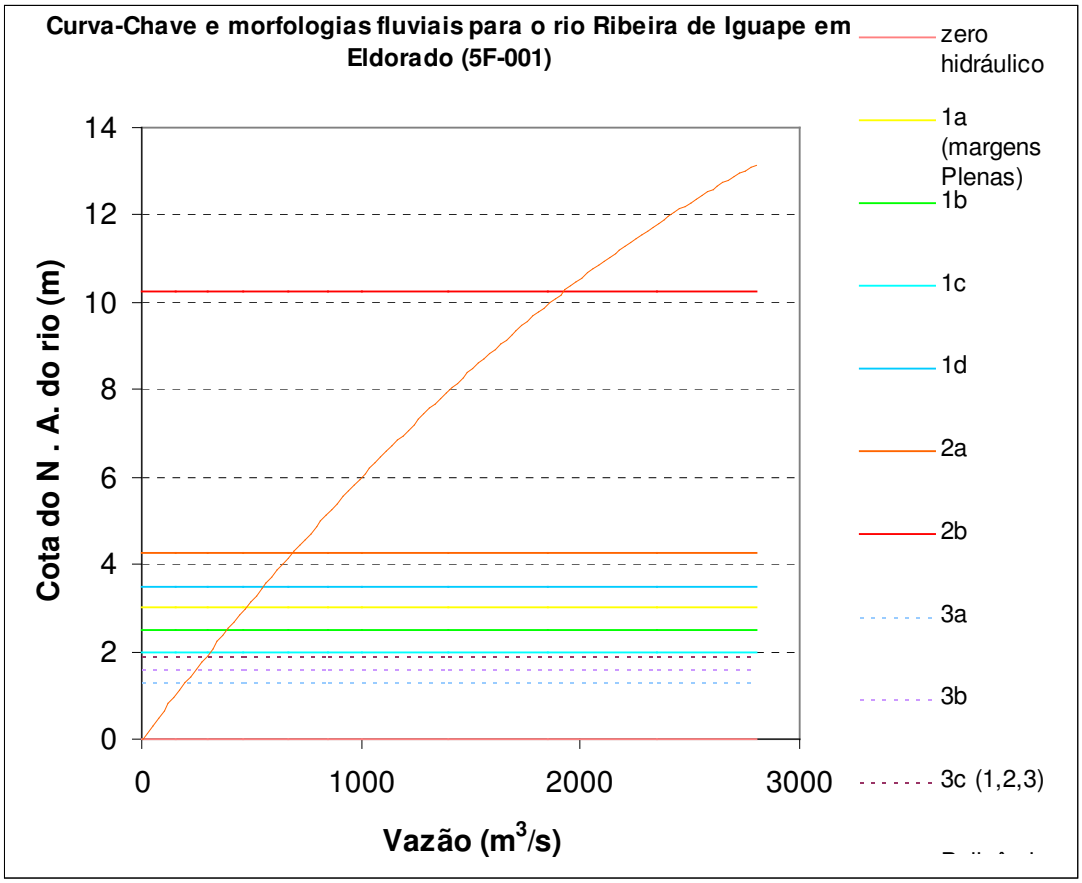


Gráfico 139. Curva-chave do rio Ribeira de Iguape para Sete Barras

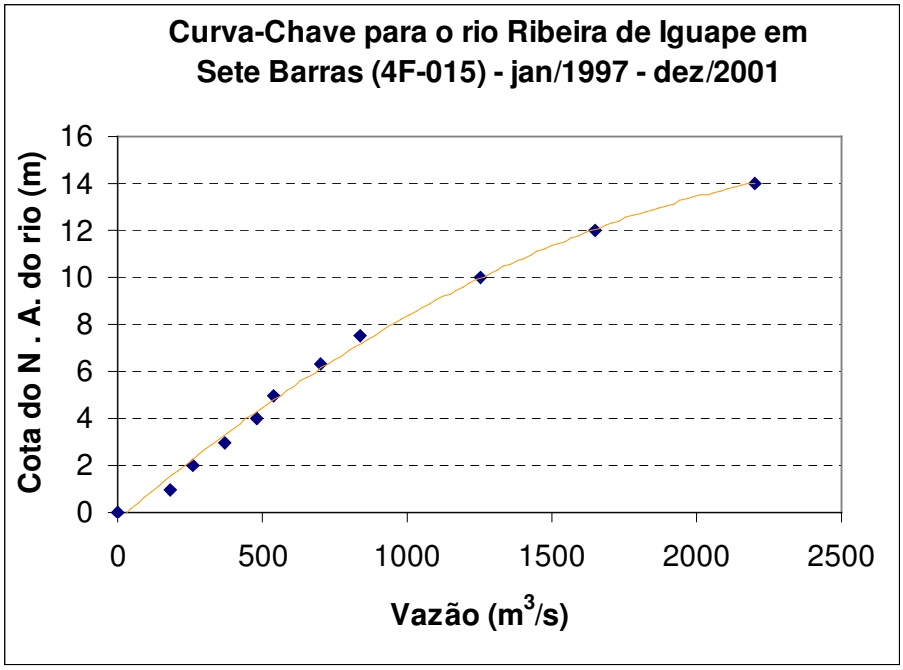


Gráfico 140. Curva-chave do rio Ribeira de Iguape para Sete Barras (com altitudes relativas das morfologias)

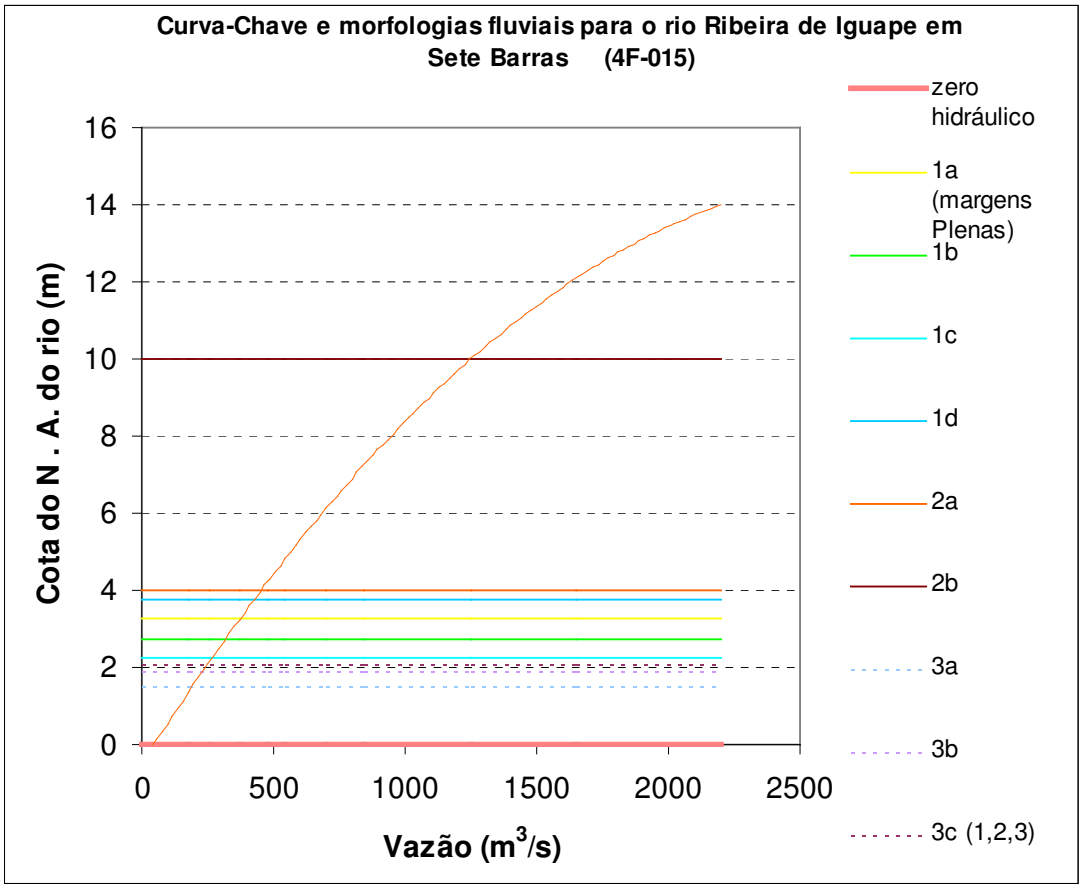


Tabela 56. Relação entre cota e vazão para ambos os municípios

Eldorado		Sete Barras	
Vazão (m^3/s)	cota (m)	Vazão (m^3/s)	cota (m)
0	0	0	0
150	1	180	1
300	2	260	2
465	3	370	3
670	4	480	4
850	5	540	5
1000	6	700	6,3
1400	8	840	7,5
1850	10	1250	10
2350	12	1650	12
2800	13	2200	14

Embora as vazões para Eldorado e para Sete Barras sejam distintas, em função basicamente da largura e da rugosidade do canal, as cotas limítrofes para extravasamento da água do sistema rio para o sistema planície de inundação são similares (Gráficos 138 e 140). Assim, para uma vazão de 285 m^3/s em Sete Barras, o nível das margens plenas é atingido (2,00 m). Já a

parte rural de Eldorado, um quilômetro à jusante da ponte, 300 m^3/s corresponde à cota 2,25m, a partir da qual alguns setores da morfologia fluvial já é atingido, seja por elevação do lençol freático, seja por extravasamento (Gráficos 137-140).

8.5.2.1. Problemas com a curva-chave

Quando se analisa uma curva-chave, percebe-se a existência de problemas nos seus trechos superiores e inferiores. Os problemas na representação da relação inferior são devidos principalmente a mudança de leito devido à deposição de sedimentos ou erosão. Já problema na relação superior é a carência de medidas nos eventos extremos. Então o ramo superior e o inferior são os pontos críticos da qualidade da relação.

Nesta pesquisa, o trecho mais elevado da curva-chave foi o mais intrigante, principalmente porque em alguns dos eventos extremos, simplesmente não foi possível registrar a cota, pois a bacia estava toda tomada, o que resultou em não se saber qual vazão correspondia a qual cota. Este fato foi registrado no evento extremo de 1997, que em Sete Barras não foi mensurado.

Assim para poder estimar as vazões também nessas situações e estabelecer uma série continua de vazões (hidrograma), a curva de descarga deve ser extrapolada. Essas extrapolações, embora muitas vezes calçadas em maior e ou menor grau nas leis da hidráulica, quase sempre incorre em erros.

De fato, não se sabe se a curva-chave, após a cota limítrofe das margens plenas, continua sua tendência curva, se a intensifica, ou se a distorce. Essa dúvida se faz pertinente porque os parâmetros utilizados dizem respeito apenas aos observados no leito. Entretanto, com o extravasamento, a o perímetro molhado se amplia e, o elemento rugosidade do leito ganha outras proporções, pois temporariamente as morfologias normalmente emersas constituem o fundo, a largura do canal ganha dezenas de metros.

Qualquer método que tente solucionar este problema isto pode ser de caráter duvidoso, devendo-se realizar medições de vazão fora do intervalo já medido a fim de confirmar ou retificar as extrapolações, o que parece ser improvável no Setor ESB, pois eventos extremos chegam a submergir 98% de

toda a planície fluvial, o que inviabiliza a ida ao local com equipamentos para medição da vazão.

Santos (2001) elenca inúmeros métodos para extrapolar as curvas-chave, sendo os mais comuns:

1 extrapolação gráfica a sentimento, seguindo-se a tendência do trecho definido pelas medições;
2 leitura de cotas simultâneas em outra estação próxima, com curva-chave melhor definida;
3 extrapolação logarítmica;
4 extrapolação da velocidade média e determinação da área por levantamento topobatimétrico da seção de medição;

O autor pontua cada um dos métodos, explicando densamente todos os pontos positivos e negativos de cada método.

Todos os métodos apresentam problemas para extrapolação na parte superior, pois falta uma diretriz para extrapolar a velocidade média que, nas vazões altas, apresentam variações nem sempre previsíveis.

De qualquer forma, a principal dificuldade encontrada nestes métodos consiste em estimar a rugosidade do canal e a sua variação em função do nível, parâmetros que são únicos para cada rio.

Sendo assim, quaisquer que sejam os modelo ou método utilizados para extrapolar as partes superiores da curva-chave apresentariam problemas, pois cada bacia é singular e alguns dos parâmetros usados para se elaborar a curva-chave, representada em eventos extremos por morfologias normalmente emersas em condições normais, é diferente da rugosidade encontrada no rio-modelo dos métodos em questão.

Como se pode notar, esta é uma questão que se apresenta como desafio a ser superado, mas que precisava ser elencado nesta pesquisa, pois esta foi uma das dificuldades aqui encontradas.

8.5.3. Rede de Alerta Morfológico à Inundações no Setor ESB

O DAEE é o principal órgão responsável pela medição de dados pluviométricos, fluviométricos e maregráficos da zona costeira paulista (Santana, 2004a).

Este órgão propôs a 'rede de alerta a enchentes' do Ribeira de Iguape, baseando-se, essencialmente, na cota zero de medição (entendida como a cota abaixo da qual sempre haverá água durante todo o ano, inclusive em períodos de estiagens severas).

Para os propósitos desta pesquisa, entendeu-se também propor uma cota limítrofe, a partir da qual haverá extravasamento da água do sistema canal fluvial para o sistema planície de inundação (margens plenas). Com isso, enquanto a cota 'zero' hidrológica é 0,7, o 'zero' morfológico é 2,7 para Sete Barras e 2,25 para Eldorado, correspondendo ao limite das margens plenas (Gráficos 135 e 136).

Como se pode observar, a cota limítrofe 'zero' em Sete Barras é de 0,7 m, sendo aproximadamente 1,3 m mais baixo que o limite das margens plenas, de 2,0 m em Sete Barras, altura obtida em campo com o teodolito manual.

Já para Eldorado a cota limítrofe é de 0,95, sendo também 1,3 m mais baixo que o limite das margens plenas.

Já para Eldorado, cujo 'zero' hidráulico é de 0,94m, o limite das margens plenas ao lado da régua é outro, pois as margens plenas ocorrem ali no que seria a morfologia 2b, sendo elevada em até 5 metros em relação ao zero hidráulico. Entretanto, pouco à jusante, temos o desenvolvimento da planície de inundação, representada pela figura do perfil 1 (Mapa 8). Note-se bem que para esta área também a defasagem entre o zero hidráulico (cota máxima nunca fora da água) e o zero morfológico (descontinuidade entre o sistema fluvial e o sistema planície de inundação é de 1,3 m).

Vale ressaltar que as cotas limítrofes entre os sistemas canal fluvial e planície de inundação constitui aqui o parâmetro para a rede de alerta morfológico, correspondendo à altitude relativa referente aos cordões arenosos sub-atuais (1c), tanto em Sete Barras (2,00m), quanto em Eldorado (2,25m).

Observando-se a Tabela 31, faz-se a proposição da rede de alerta morfológico à inundação. As Tipologias de Inundação quanto às áreas a serem atingidas é detalhada no tópico posterior.

Inundações Tipo 1 ocorrem mediante oscilação de cota do N. A. do rio variando entre 1,30 e 2,00 m em Sete Barras e entre 1,51 e 2,25 m em Eldorado, constituindo-se as inundações mais freqüentes com Ir de 3 à 8 meses e submergindo as morfologias 1b-c, 3a-c.

Inundações Tipo 2 são observadas quando as cotas oscilam entre 2,01 e 3,00 em Sete Barras e 2,26 e 2,25 em Eldorado, cujo período de retorno está compreendido entre 7 e 11 meses e as morfologias abrangidas são 1a-d e 3a-c.

Inundações Tipo 3 ocorrem mediante oscilações 4,00 - 7,00 e 4,25-7,25 m, respectivamente para Sete Barras e Eldorado, com período de retorno 1,5 anos para ambos, submergindo as morfologias 1a-d, 3a-c, 2a.

Finalmente, Inundações Tipo 4 são as mais excepcionais, possuem intervalo de recorrência de 12 anos (para 2,6 % da área, correspondendo à área mais à montante do setor estabelecido no trecho médio do rio Ribeira de Iguape) e 3 anos e 8 meses (para 97,4% do setor situado na trecho inferior do rio). Elas podem ser observadas quando a cota do N. A. do rio atinge intervalo aproximado de 10,00-12,00 m, mediante a qual as morfologias 1a-d, 3a-c, 2a-b estariam submersas.

Fazendo-se a releitura da referida rede de alerta (Tabelas 11a e 11b), percebe-se que, em Sete Barras, há extravasamento para além das margens plenas a partir do estado de atenção. Já em Eldorado, embora a parte urbana da cidade esteja segura com cotas de até 5m, a parte rural mais à jusante, a exemplo da área do perfil 1 (1 km da ponte pelo rio), já se vê assolada pela inundação, pois a partir desta área o rio adentra a planície fluvial extensa, com morfologias fluviais notoriamente mais baixas, apresentando limite da margem plena da ordem de 2,25 m.

Dessa forma, pouco à jusante de Eldorado, quando a cota do DAEE atinge 2,95m, já atingiu todas as seguintes morfologias: 1c e 3a–b, adjacentes ou não ao canal fluvial.

8.5.4. Mapas de Inundação

Nesta etapa da pesquisa, foi possível elaborar perfis esquemáticos da Dinâmica Espacial por Magnitude e Freqüência de Cotas e Vazões (Figuras 12a, 12b, 12c, 12d *e 12*e), bem como sistematizado informações que culminaram em mapas que, em conjunto, simulassem a dinâmica espacial das Inundações em Eventos, nas fases de Transbordamento, Enchimento, Esvaziamento 1 e 2 e Secamento (Mapas 13-17).

Por questão de organização e para evitar prolixidade, os perfis esquemáticos apresentam a visão longitudinal de todos os tipos de inundação, em todas as fases; e os mapas apresentam visão em planta da simulação do evento de inundação Tipo 4 (Figuras 12a-e; Mapas 13-17).

A Tabela 54 apresenta a duração de cada uma das 4 fases em evento de inundação tipo 4 (Tr – transbordamento; Ec – enchimento; Es1 – Esvaziamento 1; Es2 – Esvaziamento 2;e Se - secamento).

Os Períodos de Retorno foram detalhados e apresentados nos Gráficos 141 e 142 e Tabelas 55 – 56.

Gráfico 141. Período de Retorno Detalhado (Eldorado)

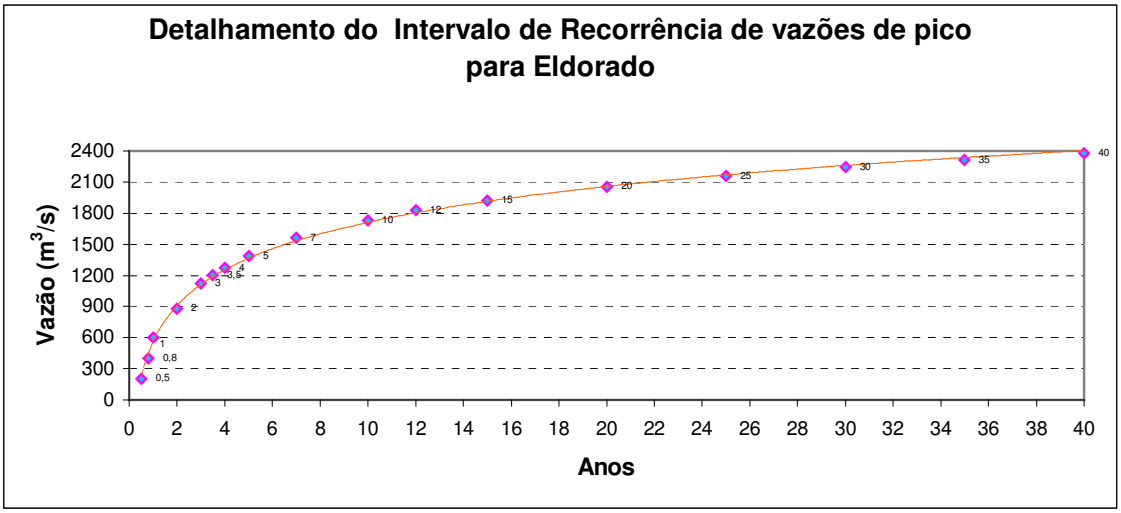


Gráfico 142. Período de Retorno Detalhado (Sete Barras)

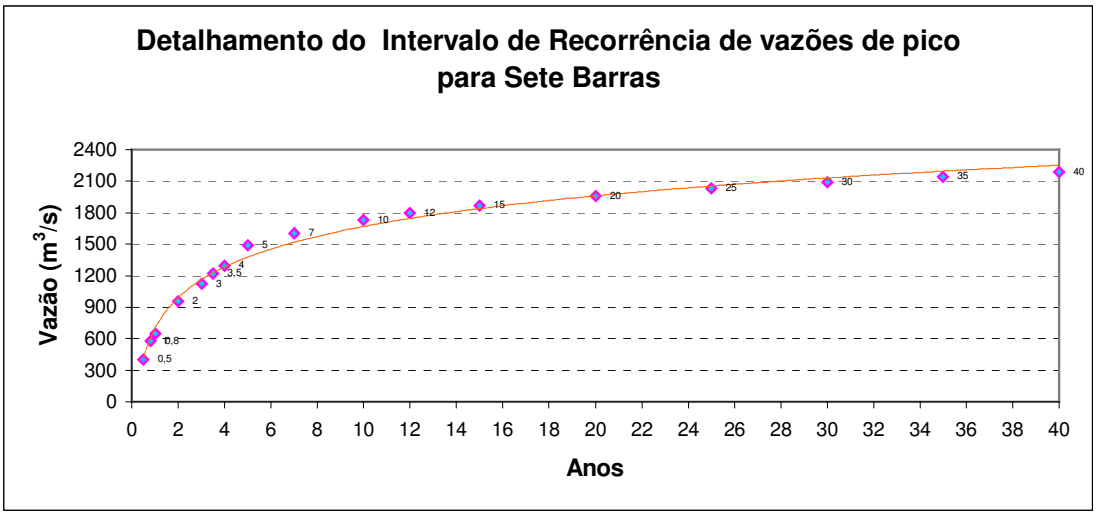


Tabela 54. Rede de alerta morfológico à Inundação do rio Ribeira de Iguape para o Setor ESB

Rede de alerta morfológico à Inundação do rio Ribeira de Iguape para o Setor ESB						
Tipologia (Inund.)	**Sete Barras**		**Eldorado**		**Morfologias Submersas**	**Ir**
	Cota	**Vazão**	**Cota**	**Vazão**		
Normal	<1,29	<219	< 1,50	<194	Nenhuma acima da cota zero	-
1	1,30 - 2,00	220 – 284	1,51 - 2,25	195 - 300	1b-c, 3a-c	3-8m
2	2,01 – 3,00	285 – 400	2,26 – 3,25	351 - 465	1a-d, 3a-c	7-11m
3	4,00 – 7,00	480 – 765	4,25 - 7,25	670 - 1200	1a-d, 3a-c, 2a	1,5a
4	10,00 – 12,00	1250 – 1650	10,25 – 12,25	1850 - 2350	1a-d, 3a-c, 2a-b	3a8m – 12a

Tabela 55. Detalhamento da rede de alerta morfológico à Inundação do rio Ribeira de Iguape para o Setor ESB

		Morfologias Fluviais								
Municípios	**Parâmetros**	**1a**	**1b**	**1c**	**1d**	**2a**	**2b**	**3a**	**3b**	**3c (1,2,3)**
Eldorado	**Cota (m)**	3,25	2,75	2,25	3,75	7,25	12	1,5	1,9	2,10
	Vazão (m^3/s)	465	385	300	520	1200	2350	195	240	285,00
	Ir (anos)*	0,92	0,83	0,67	0,92	3,5	38	0,5	0,58	0,67
Sete Barras	**Cota (m)**	3	2,5	2	3,5	7	12	1,3	1,6	1,90
	Vazão (m^3/s)	400	340	285	455	810	1650	220	250	270,00
	Ir (anos)*	0,42	0,34	0,25	0,5	1,5	8	-	0,08	0,17

*** De acordo com Tabela de Equivalência**

Equivalência												
meses	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ano	1,00	0,92	0,83	0,75	0,67	0,58	0,50	0,42	0,33	0,25	0,17	0,08

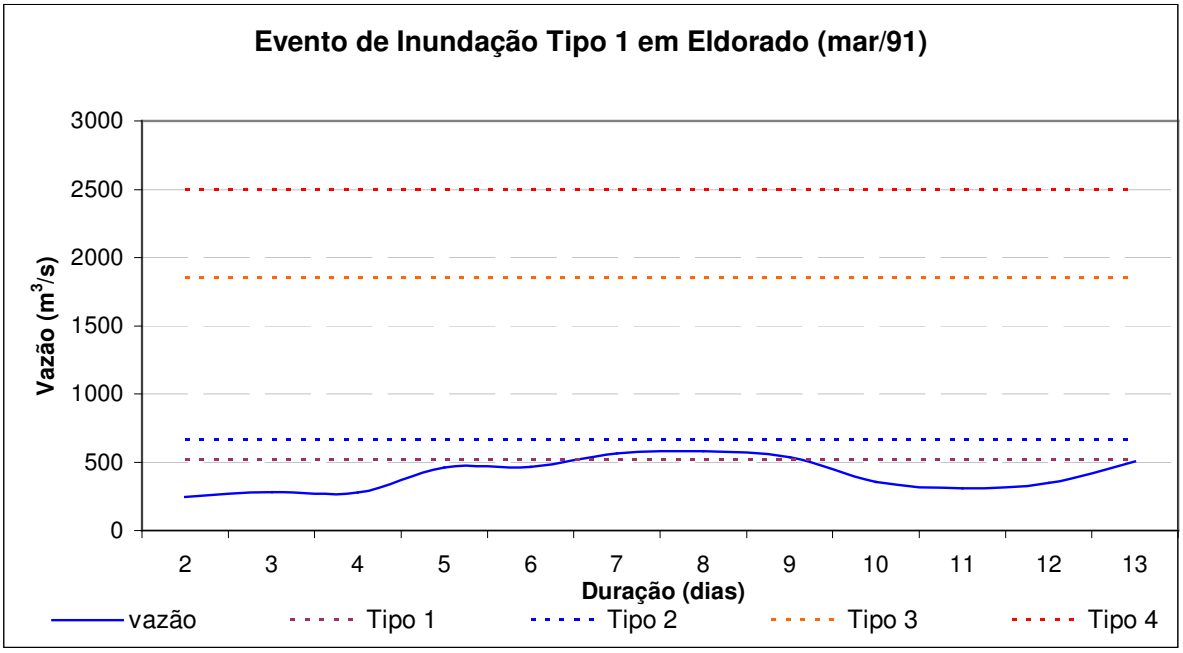
8.5.4.1. Tipologia da Dinâmica espacial de Inundação

Como resultados de análises, correlações e sistematizações de informações, foram propostos quatro tipos e inundação, em 5 fases distintas, sendo que a **Fase Normal** não apresenta cheia e nem inundação, ou seja, morfologias emersas mais baixas da planície fluvial 3a, b e 1c não estão submersas pela elevação do N.A. do rio, enquanto que o **Tipo 4** corresponde a mais severa das inundações, com toda a planície fluvial tomada.

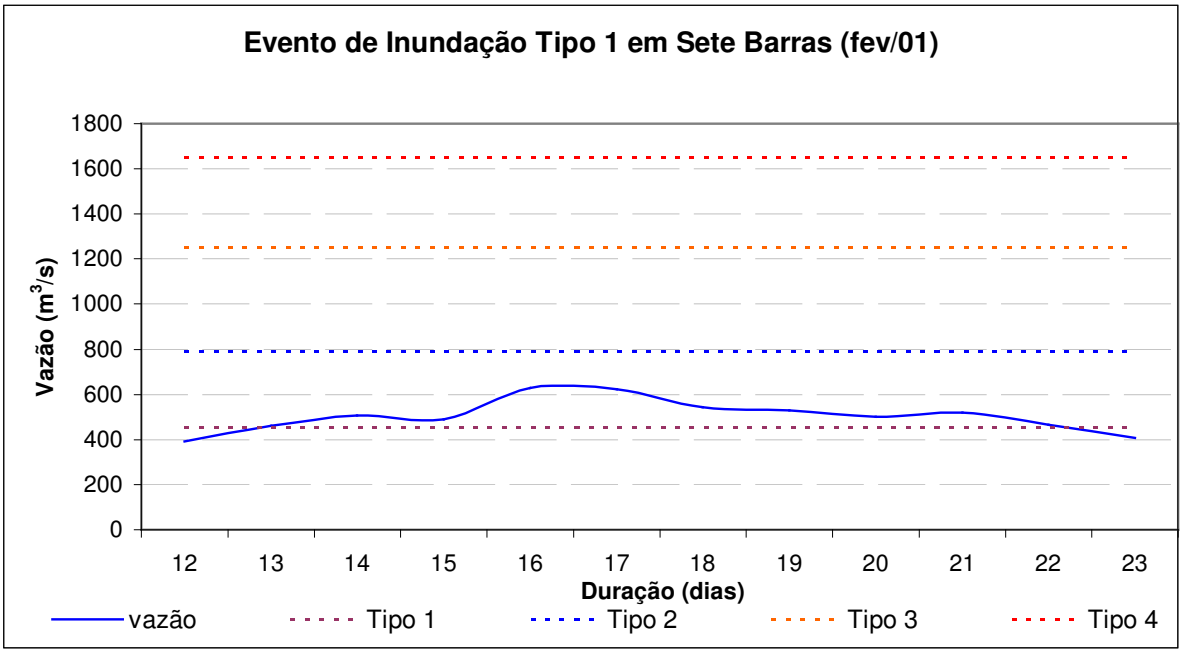
Fase Normal - condição de normalidade na qual o perímetro molhado limita-se ao canal principal, sendo que o N. A. do rio encontra-se em altura inferior às morfologias relativamente mais baixas 3 (a-b-c). Sendo assim, não ocorre cheia e nem inundação (Mapa 12). A cota do N A do rio está em altura inferior à 1,50 e a vazão 194 m^3/s, em Eldorado. Esta mesma situação para Sete Barras apresenta cotas do N A do rio menor que 1,29 m e vazão menos que 219 m^3/s (Figura 12a; Tabelas 54 e 55).

Tipo 1 – esta situação pode ocorre inúmeras vezes ao ano (3-8 meses), sendo caracterizada enquanto inundação, pois há extravasamento das águas do sistema canal para o sistema planície de inundação. Assim, apresentam-se submersas as morfologias 1 (c) e 3 (a-b). Note-se bem que a morfologia 1b está fora do sistema canal fluvial, sendo possível ocorrer surgência devido à elevação do lençol freático. Analisando-se a Tabela 54, percebe-se que, para esta situação, as cotas do N A do rio e as vazões, respectivamente, apresentam as seguintes variações: 1,51 – 2,25 m e 195-300 m^3/s (para Eldorado); e 1,30 - 2,00m e 220 – 285 m^3/s (para Sete Barras) (Figura 12a;Tabela 54; Gráficos143 e 144).

Gráficos 143. Inundação Tipo 1 em Eldorado



Gráficos 144. Inundação Tipo 1 em Sete Barras

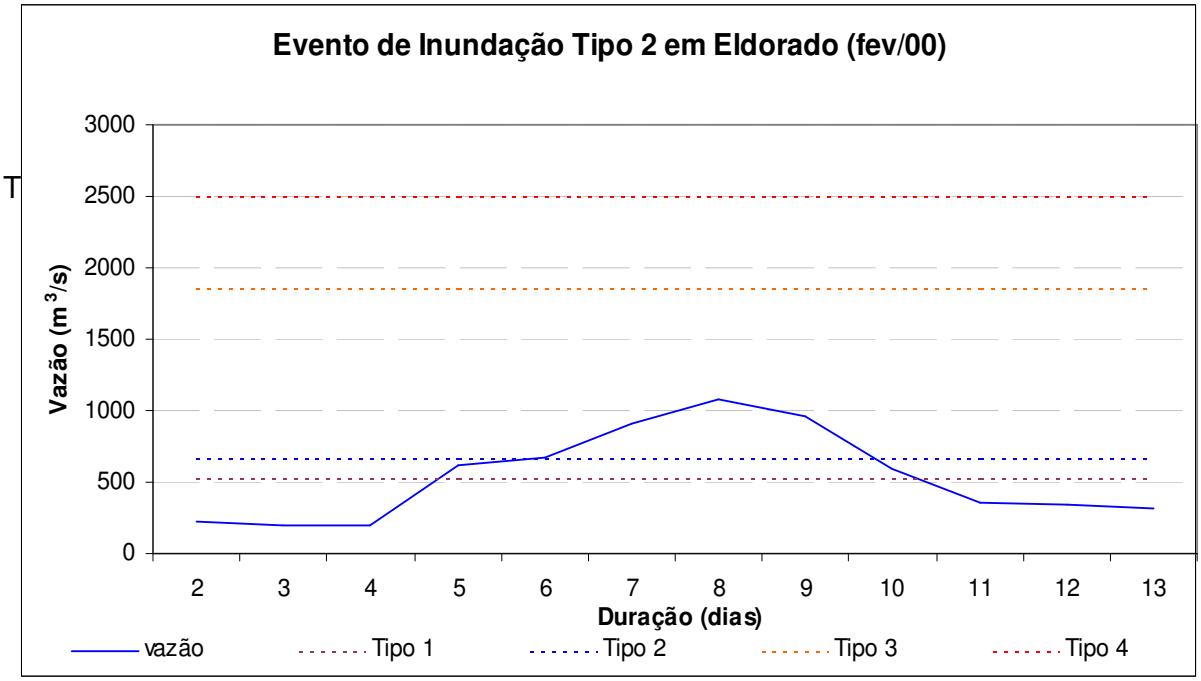


.

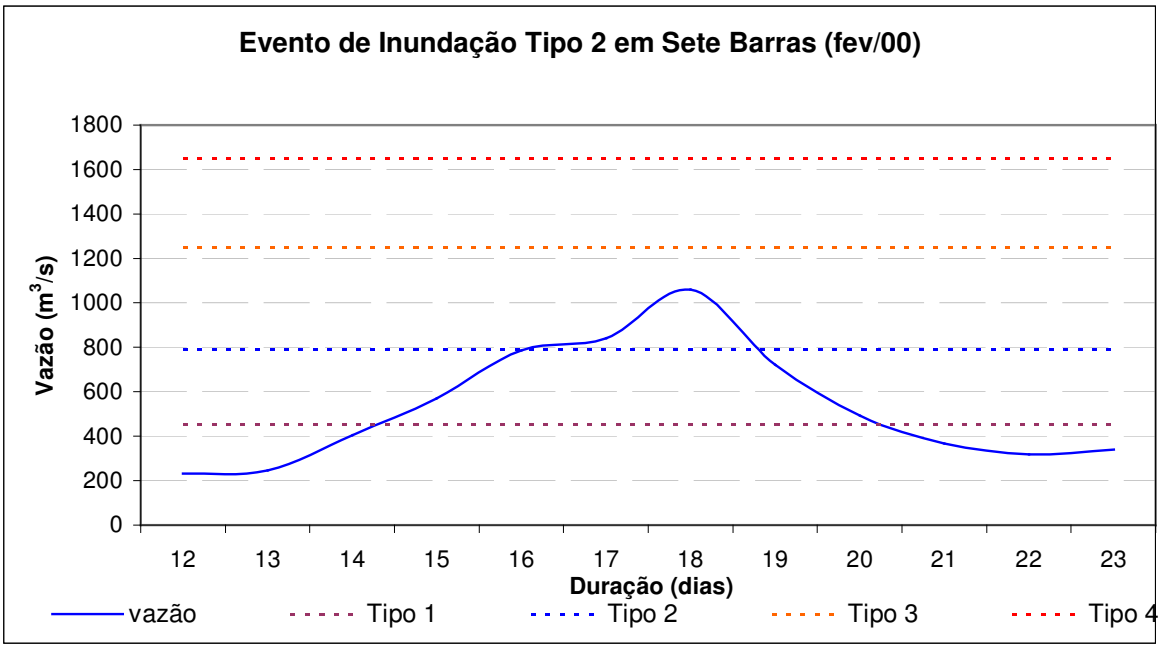
Tipo 2 – de ocorrência anual (7-11 meses), na qual se percebe que as morfologias 1a e 1b também são acometidas pelas águas do extravasamento. A partir desta fase, os setores rebaixados e afastados da planície de inundação receberá águas não só por elevação do N A do rio, mas também por extravasamento, pois todos os limites das margens plenas foram atingido (1a-

d). Em Eldorado, a cota do N A do rio varia entre 2,26 e 3,25 m, com vazões simultâneas oscilando entre 351 e 465 m^3/s. Já para Sete Barras, a cota limítrofe N A do rio para a esta situação é de 2,01 m, podendo chegar até 3,00 m, sendo concomitante a vazões entre 285 e 400m^3/s (Figura 12a;Tabela 54; Gráficos145 e 146).

Gráficos 145. Inundação Tipo 2 em Eldorado

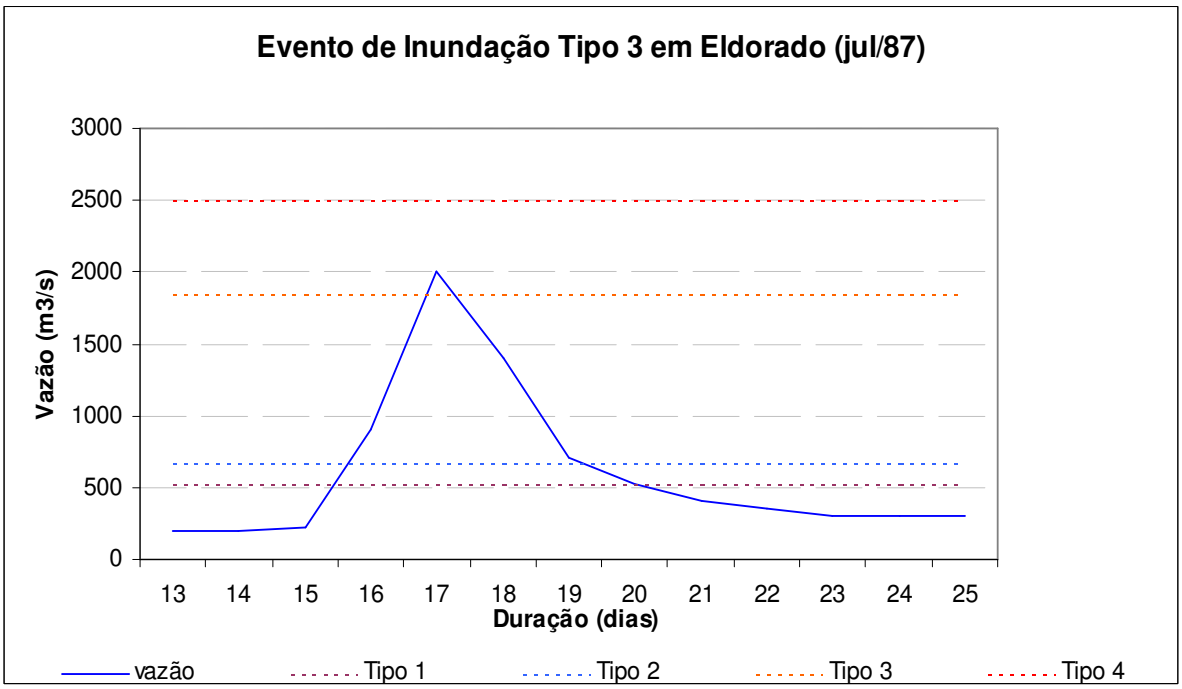


Gráficos 146. Inundação Tipo 2 em Sete Barras

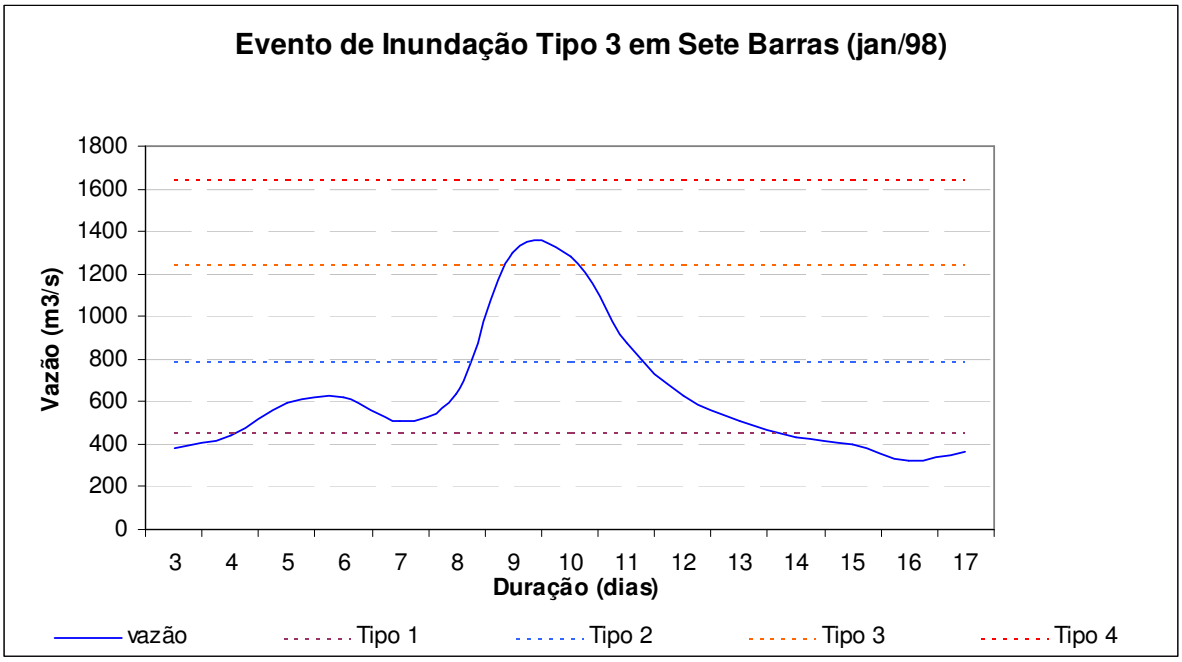


Tipo 3 – esta situação ocorre aproximadamente a cada 1 ano e meio em ambos os municípios. Nela, observa-se que a morfologia 2a (ou primeiro terraço) é tomada. Em Eldorado, a cota do N A do rio varia de 4,25 e 7,25 m, concomitante a vazões entre 670 e 1200 m^3/s. Estas variações para Sete Barras apresentam-se entre 4,00 e 7,00 m de cota do N. A. do rio e 480 e 765 m^3/s (Figura 12a;Tabela 54; Gráficos 147 e 148).

Gráficos 147. Inundação Tipo 3 em Eldorado



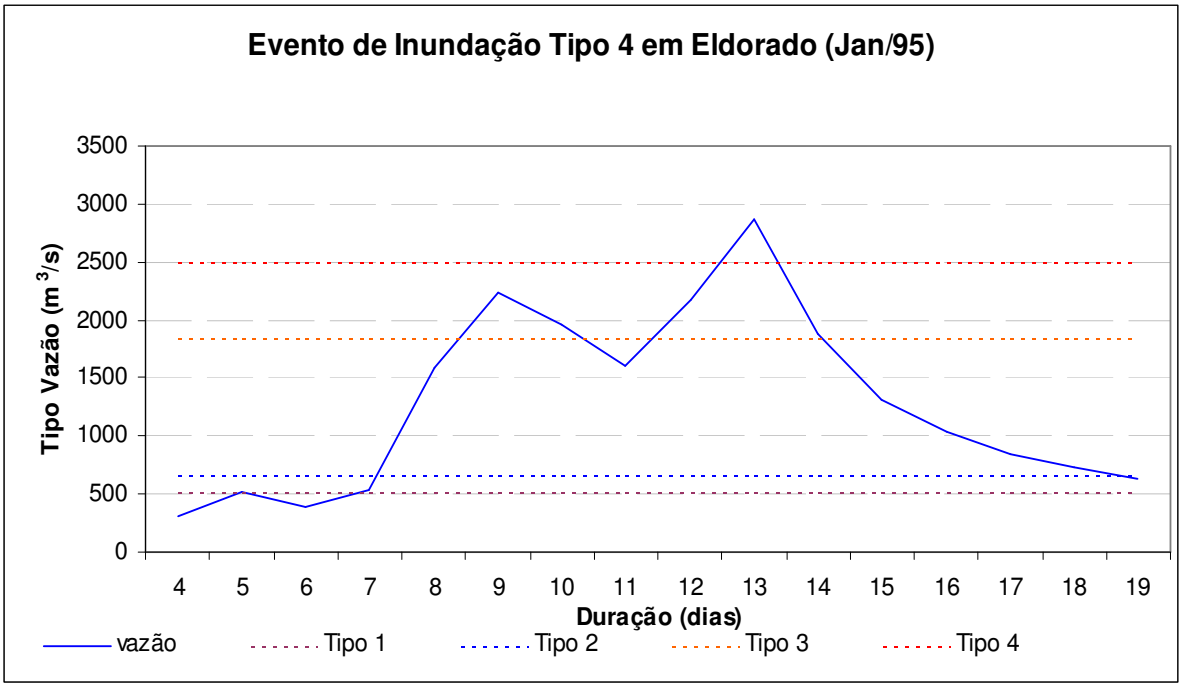
Gráficos 148. Inundação Tipo 3 em Sete Barras



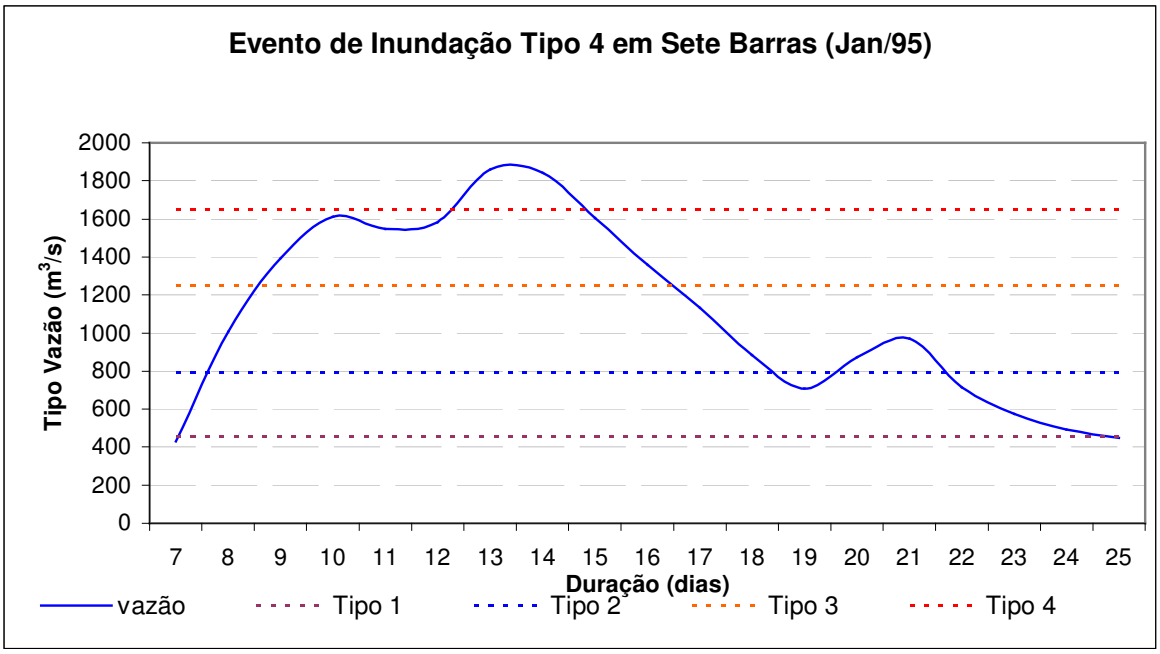
Tipo 4 – esta situação ocorre a cada 3 anos e 8 meses para Sete Barras e 12 anos para Eldorado (Figura 12a; Tabela 54; Gráficos 149-150). Em Eldorado, as vazões oscilam entre 1850 e 2350 m^3/s; e as cotas do N A. do rio variam entre 7,25 e 12,25 m. Já para Sete Barras, as oscilações são de 1250 e 1650 m^3/s e 10,00 e 12,25 m de cota do N. A. do rio (Tabela 54). Ressalta-se aqui que esta situação, representando abrangência de cerca de 98,5% da área da planície fluvial submersa pela água, incluindo toda a morfologia. Analisando-se o Gráfico 39, observa-se que esta situação ocorreu em nove anos para ambos os municípios em todo o período de monitoramento.

A situação de submersão da morfologia 2c não foi documentada ao longo das séries hidrológicas históricas, sendo que o máximo fora registrado em um evento no ano de 1997, na qual as vazões de pico oscilaram em torno de 3470 para ambos os municípios, com cotas do N. A. do rio chegando a 14 m em Eldorado e 13 m em Sete Barras. Este evento teve Ir da ordem de 440 anos (Gráficos 43 e 44).

Gráficos 149. Inundação Tipo 4 em Eldorado



Gráficos 150. Inundação Tipo 4 em Sete Barras



8.5.4.2. Simulação da dinâmica espacial das Inundações por Fases

Foram elaborados mapas para se mostrar a simulação da dinâmica espacial da inundação Tipo 4. A escolha deste tipo não foi arbitrária: trata-se de um tipo de inundação que cobre 98 % da planície, podendo-se explorar algumas das possibilidades de resposta das morfologias durante as fases.

A dinâmica espacial da inundação do Tipo 4 pode ser visualizada através dos Mapas 13 à 17.

A Tabela 56 apresenta a duração média em que cada morfologia ficou submersa cada Fase (Tr – transbordamento; Ec – enchimento; Es1 – Esvaziamento 1; Es2 – Esvaziamento 2;e Se - secamento) nos 4 tipos de Inundação. Esses valores foram obtidos observando-se a totalidade de horas médias em que a cota do N. A. do rio esteve acima da altura de cada morfologia fluvial em questão.

A seguir, é discutida cada uma das fases.

Tabela 56. Duração de cada Fase (Tr – transbordamento; Ec – enchimento; Es1 – Esvaziamento 1; Es2 – Esvaziamento 2;e Se - secamento) nos 4 tipos de Inundação.

Inundação Tipo 1						
	Fases					
Morfologia	Tr	Ec	Es1	Es2	Se	Duração (h)*
3a	24	24	6	6	12	72
3b	24	24	6	6	12	72
1c	6	24	4	0	0	34

Inundação Tipo 2						
	Fases					
Morfologia	Tr	Ec	Es1	Es2	Se	Duração (h)*
3a	30	36	12	12	12	102
3b	30	36	12	12	12	102
3c	0	6	8	16	18	48
1a	0	6	6	6	0	18
1b	0	6	12	16	24	58
1c	8	36	12	8	8	72
1d	0	6	4	0	0	10

Inundação Tipo 3						
	Fases					
Morfologia	Tr	Ec	Es1	Es2	Se	Duração (h)*
3a	48	24	12	12	24	120
3b	48	24	12	12	24	120
3c	0	6	8	24	48	86
1a	0	12	6	6	8	32
1b	0	6	12	24	48	90
1c	12	24	8	8	18	70
1d	0	6	6	3	0	15
2a	0	3	3	3	0	9

Inundação Tipo 4						
	Fases					
Morfologia	Tr	Ec	Es1	Es2	Se	Duração (h)*
3a	72	96	24	12	148	352
3b	72	96	24	12	148	352
3c	0	48	24	24	120	216
1a	6	96	24	6	0	132
1b	0	48	24	24	192	288
1c	48	96	24	24	60	252
1d	6	96	18	0	0	120
2a	0	36	12	0	0	48
2b		12	6	0	0	18

* Duração aproximada, obtida a partir das análises dos gráficos

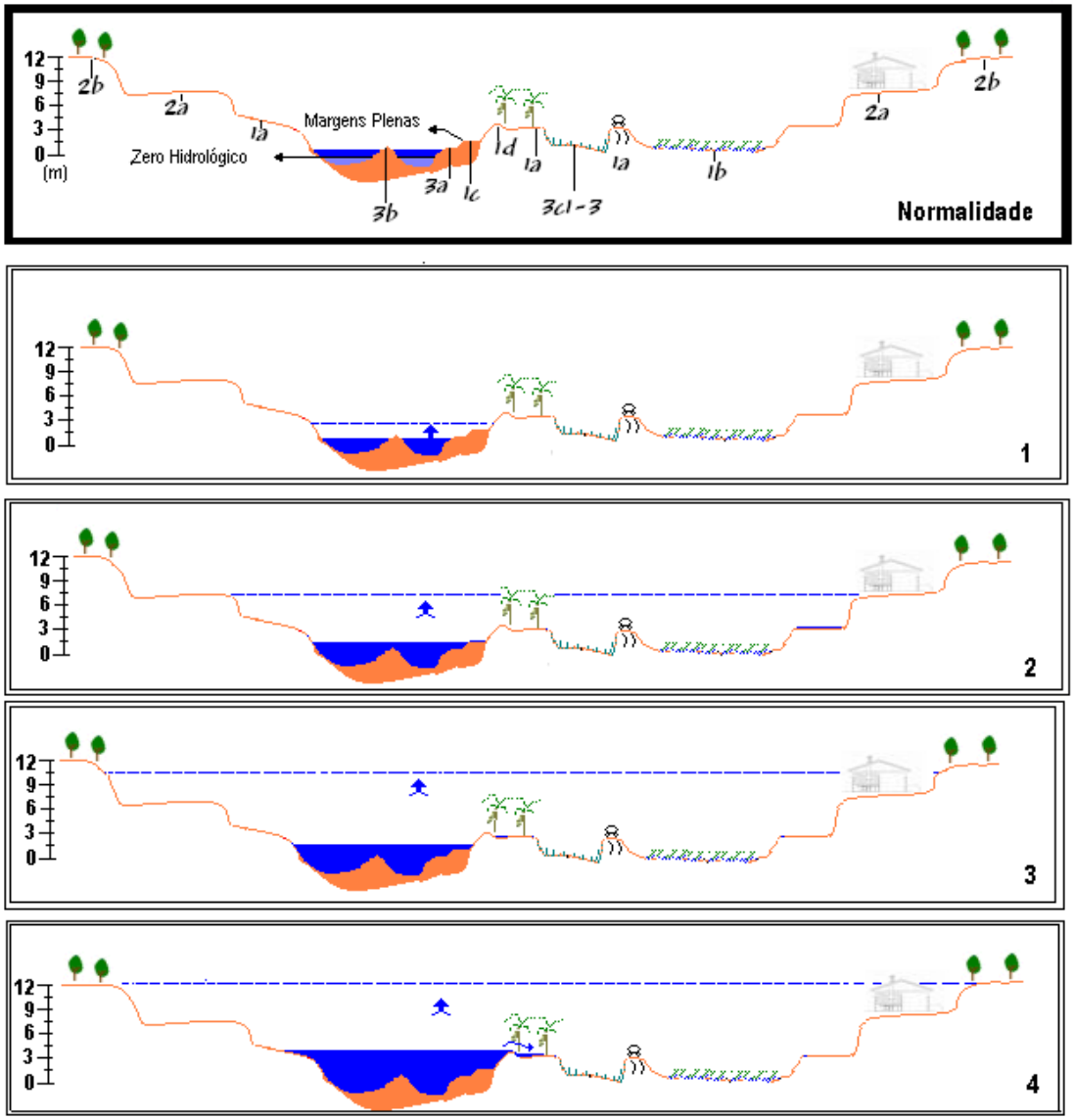
Dias	Horas
1	24
2	48
3	72
4	96
5	120
6	144
7	168
8	192
9	216
10	240
11	264
12	288
13	312
14	336

Cálculo do TMPS (h)											
morfologia	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	3c	rio
área (%)	31	18	13	1	15	11,5	1,5	1	1	3	4
tempo (h)	132	288	252	120	48	18		352	352	216	
TMPS (h)	43	55	35	1	8	2		4	4	7	

Transbordamento – Por esta Fase, a cota do N. A. do rio está em elevação, ultrapassando a altura dos diques marginais (3,75 m) acima da planície de inundação, com vazões oscilando entre 465 e 520 m^3/s. As morfologias atingidas do canal são 3a e 3b, e da planície de Inundação são 1a, 1c e 1d (Figura 12a ; Mapa 13). Ressalta-se aqui que os fluxos preferenciais de transbordamento estão discriminados no Mapa 13 pelas flechas em azul.

De acordo com dados observados na Tabela 56, nesta fase as morfologias 3a, 3b, 1a e 1d ficaram submersas, respectivamente por 72, 72, 48 e 6 h.

Figura 12a. Perfil Esquemático da Dinâmica Espacial por Magnitude e Freqüência de Cotas e Vazões. Fase Transbordamento.



Tipo	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Intervalo de Recorrência*
1	2,00 - 2,25	285 - 300	3 - 8 m
2	3,50 - 3,75	455 - 520	7 - 11m
3	4,00-7,00	480 - 670	1,5 - 3,5 a
4	10,00-12,00	1250 - 1850	3 a 8 m - 12 a

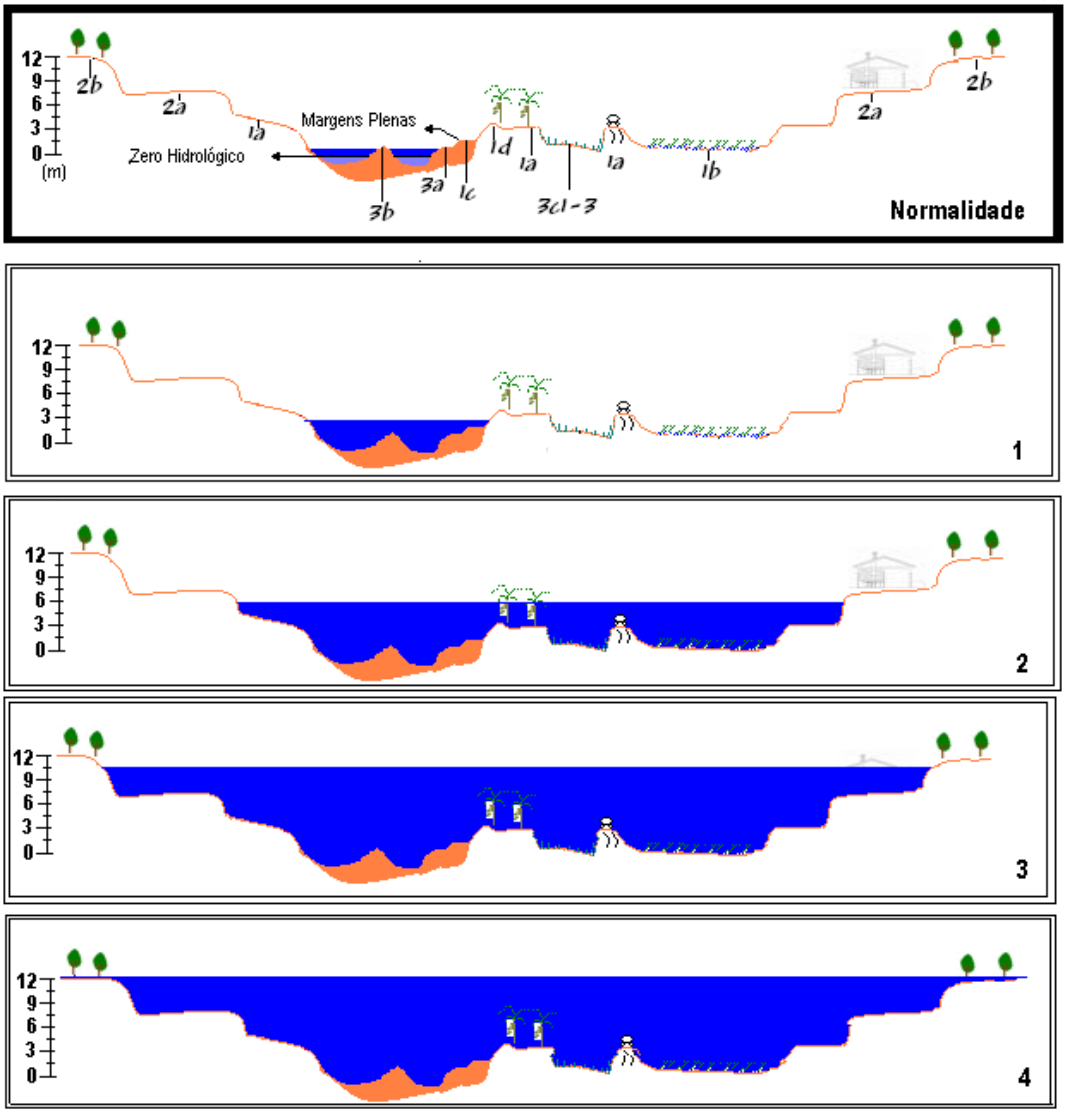
* (Sete Barras) - (Eldorado)

Mapa 13

Enchimento – até o final desta fase, todas as morfologias são tomadas: as cotas do N. A. do rio oscilam entre 10 e 12 m e as vazões ficam entre 1250 e 1850 m^3/s. As flechas em azul indicam os caminhos preferenciais dos fluxos, seguindo das morfologias mais baixas para as mais altas (Figura 12b; Mapa 14).

Esta fase teve duração aproximada de 96 horas e as morfologias que ficaram submersas na totalidade deste período foram 3a, 3b, 1a, 1c e 1d. As morfologias 1c e 3c ficaram submersas por 48 h, a morfologia 2a ficou sob a água por 36h (Tabela 56).

Figura 12b. Perfil Esquemático da Dinâmica Espacial por Magnitude e Freqüência de Cotas e Vazões. Fase Enchimento.



Tipo	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Intervalo de Recorrência*
1	2,00 - 2,25	285 - 300	3 - 8 m
2	3,50 - 3,75	455 - 520	7 - 11m
3	4,00-7,00	480 - 670	1,5 - 3,5 a
4	10,00-12,00	1250 - 1850	3 a 8 m - 12 a

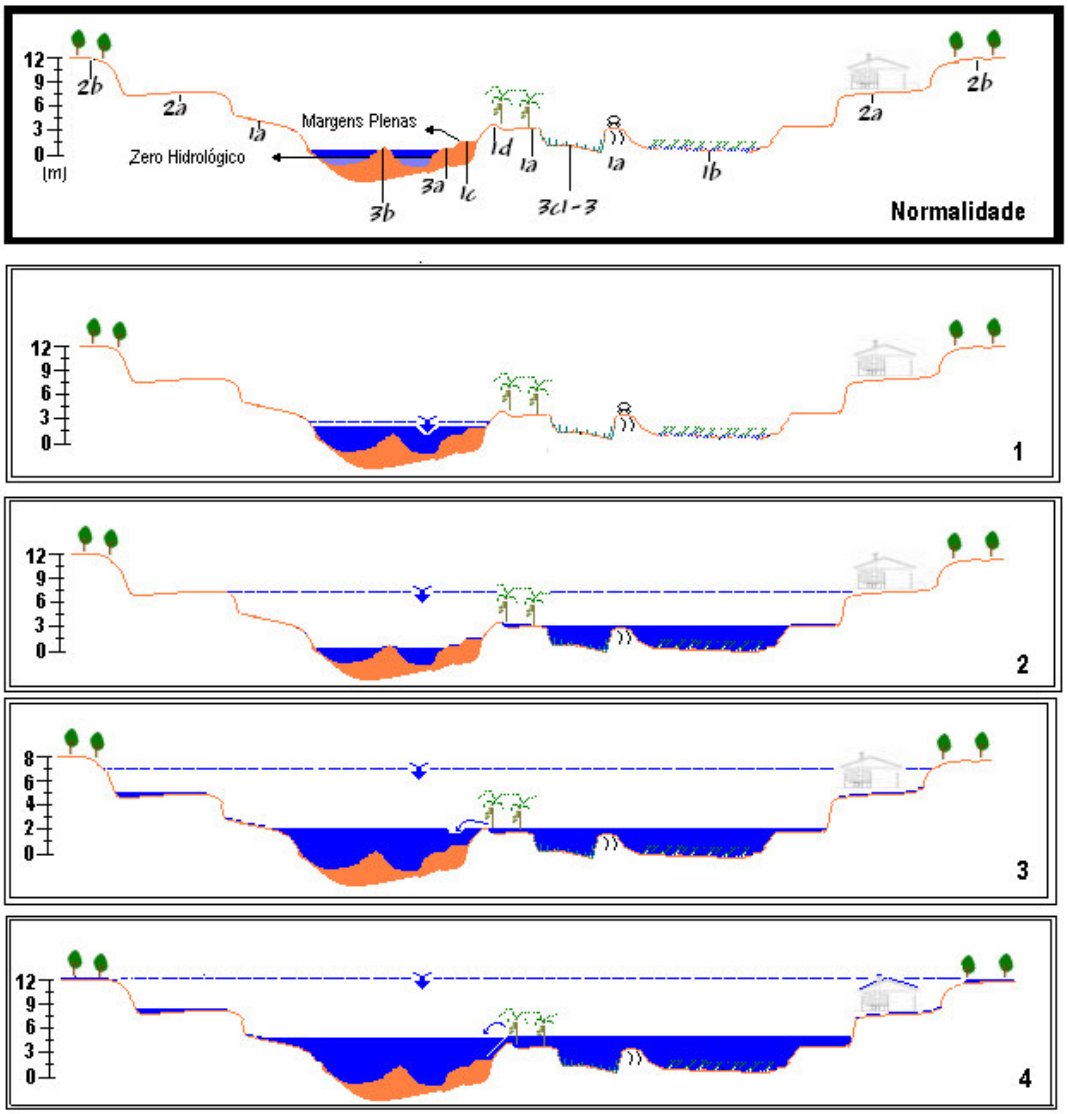
* (Sete Barras) - (Eldorado)

Mapa 14

Esvaziamento 1 – os valores limnimétricos são parecidos com os observados na primeira fase (transbordamento). Porém, diferentemente do que ocorreu na primeira fase, agora as áreas mais afastadas do eixo do rio estão tomadas pela água até a altura dos diques marginais, podendo ficar represadas por longos períodos. As flechas mostram os fluxos preferenciais de água, das partes mais para as menos elevadas. As Morfologias 2a e 2b estão encharcadas, mas não mais submersas (Figura 12c; Mapa 15).

Esta fase durou em média 24 horas e as morfologias que permaneceram submersas durante a totalidade de sua duração foram: 3a-d, 1a, 1b e 1d. As que ficaram submersas durante as primeiras horas desta fase foram: 1b e 1d (18h), 2a (12h) e 2b (6).

Figura 12c. Perfil Esquemático da Dinâmica Espacial por Magnitude e Freqüência de Cotas e Vazões. Fase Esvaziamento 1.



Tipo	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Intervalo de Recorrência*
1	2,00 - 2,25	285 - 300	3 - 8 m
2	3,50 - 3,75	455 - 520	7 - 11m
3	4,00-7,00	480 - 670	1,5 - 3,5 a
4	10,00-12,00	1250 - 1850	3 a 8 m - 12 a

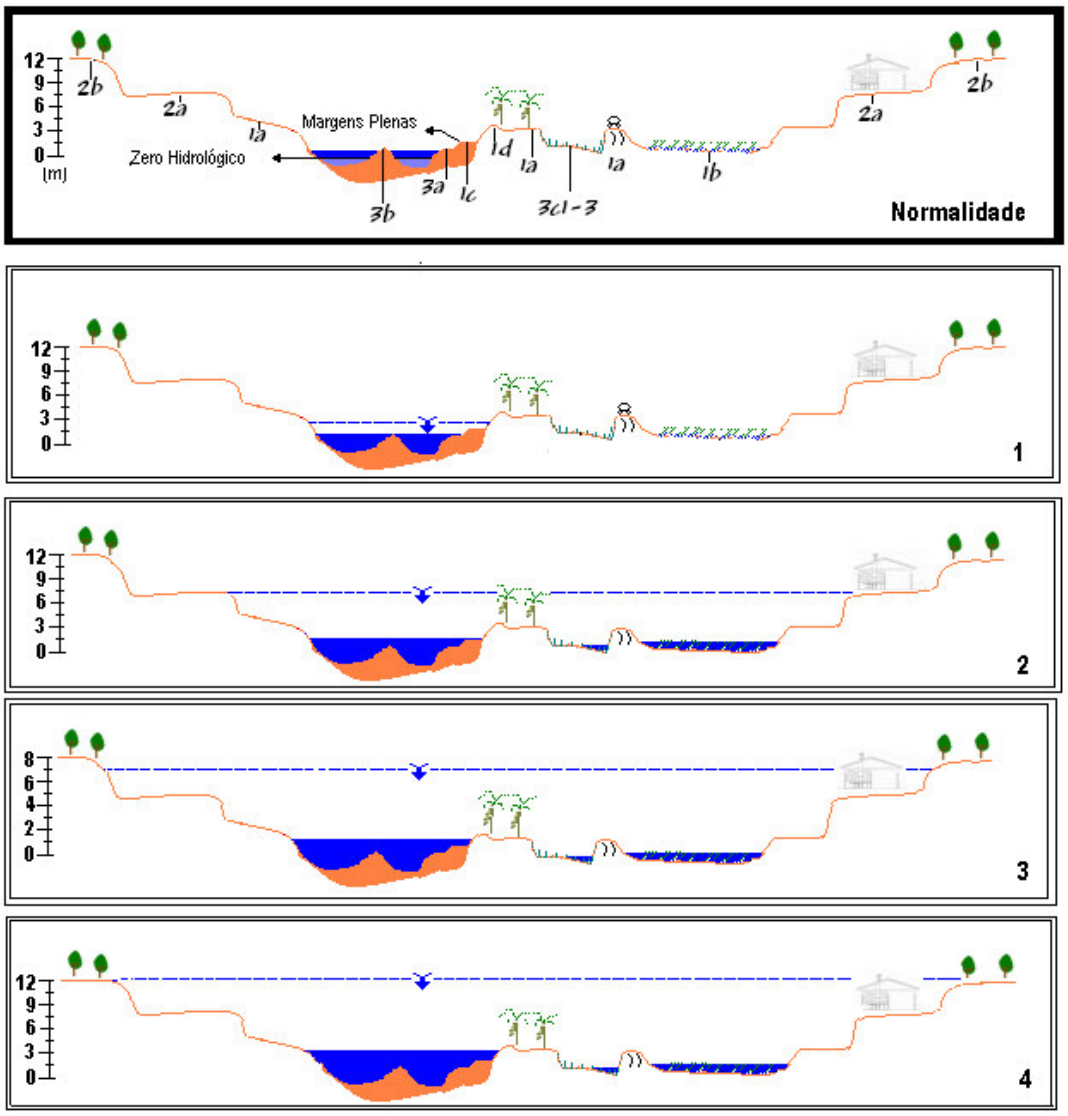
* (Sete Barras) - (Eldorado)

Mapa 15

Esvaziamento 2 – as cotas do N. A. do rio oscilam entre 2,00 e 2,25 m e as vazões entre 285 e 300 m^3/s. Nesta altura do N. A. do rio, apenas as morfologias 3a e 3b, 1c estão em contato com a água corrente do rio, enquanto que as backswamps e os meandros abandonados ainda estão submersos por águas represadas, cumprindo o papel na estocagem e armazenamento de água. As morfologias 2a e 2b já estão secas e as 1a e 1d estão encharcadas. As flechas em azul mostram as direções dos fluxos de esvaziamento (Figura 12d; Mapa 16).

Com duração aproximada de 24 horas, esta fase apresentou as seguintes morfologias submersas durante todo o seu período: 3c, 1b e 1c. As que ficaram as primeiras horas desta fase ainda submersas fora as morfologias 3a e 3b (12h) e 1a (6h) (Tabela 56).

Figura 12d. Perfil Esquemático da Dinâmica Espacial por Magnitude e Freqüência de Cotas e Vazões. Fase Esvaziamento 2.



Tipo	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Intervalo de Recorrência*
1	2,00 - 2,25	285 - 300	3 - 8 m
2	3,50 - 3,75	455 - 520	7 - 11m
3	4,00-7,00	480 - 670	1,5 - 3,5 a
4	10,00-12,00	1250 - 1850	3 a 8 m - 12 a

* (Sete Barras) - (Eldorado)

Mapa 16

Secamento – o rio está com cota do N. A. do rio próximas ao normal, deixando apenas os cordões sub-atuais (1c) secos, bem como os cordões atuais e os bancos internos encharcados. Os diques marginas (1d), a planície de inundação anual (1a) e os terraços (2a e 2b) estão, no máximo, úmidos, mas não encharcados.

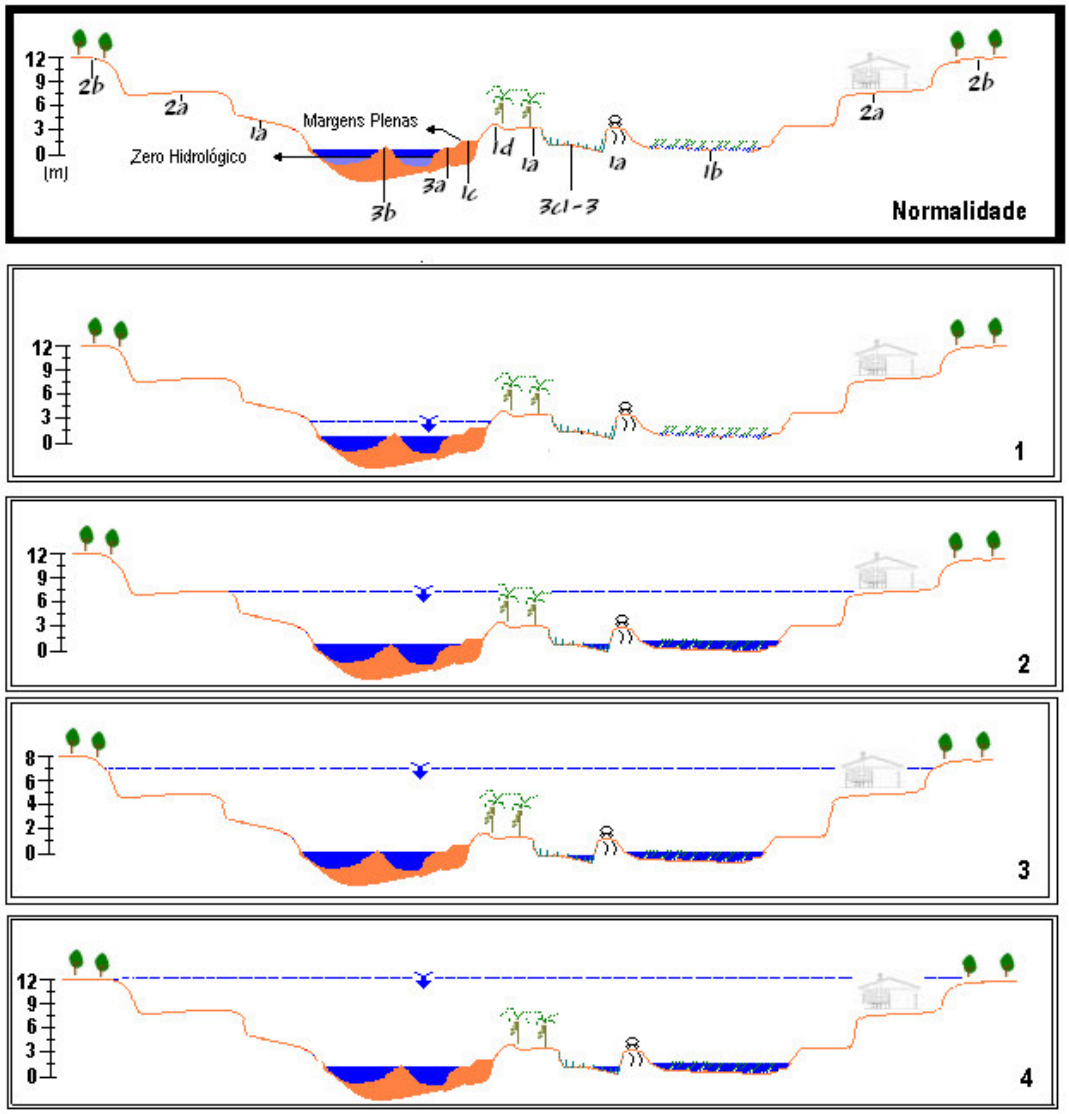
Nesta fase, 6 meandros abandonados ainda estão com água, pois não os paleodiques marginais, as vertentes dos terraços e das morfologias mais elevadas represaram a água. Apenas a *backswamp* híbrida (que tem cicatrizes de cordões arenosos) não teve parte de sua água drenada, por sua proximidade com o rio e com os meandros abandonados com comunicação com o rio, através dos quais passou a água de refluxo, podendo ser visualizado este processo com as flechas em azul (Figura 12e; Mapa 17).

Esta Fase durou 192 h, sendo um período longo porque a água represada nas *backswamps* e nos meandros abandonados só foram abaixando mediante evaporação e rebaixamento do lençol freático. Provavelmente, os primeiros a deixaram a condição submerso para a encharcados e, posteriormente, secaram, foram os meandros abandonados mais próximos ao eixo do rio e com certa conectividade. Os que aparecem ainda inundados no mapa 17, provavelmente levaram mais tempo, podendo ter sido o mesmo tempo que levaram as *backswamps*. Das 5 morfologias ainda submersas, os cordões arenosos sub-atuais foram os primeiros a secar após 60 h. Os meandros abandonados foram os segundos a secar (120 h). Com a diminuição da cota do N. A. do rio, os cordões atuais e os bancos internos são logo secos, restando apenas as *backswamps,* que gastaram mais 2 dias para perder a coluna de água que caracterizava submersão, mas continuou encharcada por longos períodos ainda.

No total, para este evento extremo (inundação tipo 4), submergiu por 15 dias os cordões arenosos e os bancos internos (3a e 3b). As *backswamps* (1b) ficaram submersas por 12 dias. Os cordões arenosos sub-atuais (1c) ficaram submersos por 10 dias e meio. Os meandros abandonados ficaram em média submersos por 9 dias. As planícies de inundação periódicas anuais (1a) estiveram sob a água por 5 dias e meio, acompanhadas dos diques marginas

(1d), que ficaram nesta situação por 5 dias. O segundo terraço (2b) ficou submerso por 2 dias e o primeiro terraço (2a) ficou 18 horas submerso.

Figura 12e. Perfil Esquemático da Dinâmica Espacial por Magnitude e Freqüência de Cotas e Vazões. Fase Secamento.



Tipo	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Intervalo de Recorrência*
1	2,00 - 2,25	285 - 300	3 - 8 m
2	3,50 - 3,75	455 - 520	7 - 11m
3	4,00-7,00	480 - 670	1,5 - 3,5 a
4	10,00-12,00	1250 - 1850	3 a 8 m - 12 a

* (Sete Barras) - (Eldorado)

Mapa 17

Para se entender a participação relativa de cada morfologia na estocagem de água excedente e conseqüente amortecimento das vazões de pico, foi calculado o tempo médio ponderado em submersão (TMPS), ou seja, o tempo médio ponderado em que cada morfologia fica submersa, levando-se em consideração o percentual de área ocupada por cada morfologia e o número de horas em que elas ficaram submersas durante evento de inundação do Tipo 4 (duração de 15 dias ou 352 horas). A ***Equação 12*** mostra como se obtém o TMPS.

Equação 12

TMPS= T*Ar/100, onde:

T – tempo em que determinada morfologia ficou submersa

Ar – Percentual da área ocupada por determinada morfologia

Vale ressaltar aqui o fato de o TMPS ser um parâmetro adaptado do DMP, de Manfredini (1981), servindo apenas para se visualizar o número ponderado de horas em que cada morfologia fica submersa em relação à sua participação no compito geral da área no contexto da planície fluvial (relação área x tempo de submersão). Assim, o TMPS é importante para se entender qual morfologia contribui para o armazenamento de água extravasada por mais tempo.

Com base nos dados da Tabela 56 percebe-se que a morfologia a obter maior TMPS foi a *backswamp* (54), seguida da planície de inundação periódica anual (43) e os cordões arenosos sub-atuais (35). As demais morfologias estudadas apresentaram TMPS inferior a 10.

Dessa forma, entende-se que as backswamps são as que mais contribuem para armazenar o excedente de água que chega à planície de inundação em eventos de inundação do Tipo 4, pois, embora não fiquem submersas o tempo todo do evento, é a última a secar e área ocupada pelas *backswamps* corresponde a 18%.

9. Considerações Finais

O rio Ribeira de Iguape apresenta comportamento fluvial seguido paralelamente do regime pluvial, apresentando médias mensais máximas de débito e cota ocorrem em fevereiro, enquanto que o as médias mensais mínimas ocorrem em agosto. Janeiro apresenta-se como o mês mais chuvoso para sua bacia hidrográfica e o menos chuvoso é agosto.

O regime hidrológico do rio Ribeira de Iguape tanto em Eldorado quanto em Sete Barras caracteriza-se por apresentar variabilidade não muito significativa das vazões: os trechos à jusante apresentam coeficientes de variabilidade menos elevados que os observados à montante. Como em Eldorado não há presença de planície de inundação bem desenvolvida, o Cv é ligeiramente maior que em Sete Barras.

O rio Ribeira de Iguape caracteriza-se por elevada periodicidade, com cheias bem concentradas. O tempo de defasagem das vazões de pico entre Eldorado e Sete Barras, em período médio de 16h (ou 3 km/h). Estas vazões de pico são observadas de forma mais freqüente e são mais elevadas no primeiro bimestre do ano, com maior concentração em fevereiro.

Os hidrogramas de Eldorado mostram picos pontiagudos e próximos uns aos outros, se comparados aos de Sete Barras, mais suavizados, evidenciando que em Eldorado o rio Ribeira de Iguape apresenta resposta rápida de escoamento, formando picos de vazões agudos e de subida rápida. Já em Sete Barras, em função da planície de inundação bem desenvolvida, as vazões de pico tendem a ser amortecidas. Daí os picos suavizados observados em seus hidrogramas.

Embora a média de produção de água histórica de Sete Barras tenha sido pouco superior à de Eldorado, nas vazões de picos a média é inferior, por causa da ampla planície fluvial que amortece as vazões de pico, estocando e controlando o fluxo no setor ESB, o que corrobora para a afirmação de que parte significativa da água extravasada na ampla planície fluvial do Setor ESB jamais retorna ao rio via fluxo superficial.

Inundações Tipo 1 ocorrem mediante oscilação de cota do N. A. do rio variando entre 1,30 e 2,00 m em Sete Barras e entre 1,51 e 2,25 m em Eldorado, constituindo-se as inundações mais freqüentes com Ir de 3 à 8 meses e submergindo as morfologias 1b-c, 3a-c.

Inundações Tipo 2 são observadas quando as cotas oscilam entre 2,01 e 3,00 em Sete Barras e 2,26 e 2,25 em Eldorado, cujo período de retorno está compreendido entre 7 e 11 meses e as morfologias abrangidas são 1a-d e 3a-c.

Inundações Tipo 3 ocorrem mediante oscilações 4,00 - 7,00 e 4,25-7,25 m, respectivamente para Sete Barras e Eldorado, com período de retorno 1,5 anos para ambos, submergindo as morfologias 1a-d, 3a-c, 2a.

Finalmente, Inundações Tipo 4 são as mais excepcionais, possuem intervalo de recorrência de 12 anos (para 2,6 % da área, correspondendo à área mais à montante do setor estabelecido no trecho médio do rio Ribeira de Iguape) e 3 anos e 8 meses (para 97,4% do setor situado na trecho inferior do rio Ribeira de Iguape). Elas podem ser observadas quando a cota do N. A. do rio atinge intervalo aproximado de 10,00-12,00 m, mediante a qual as morfologias 1a-d, 3a-c, 2a-b estariam submersas.

As morfologias que possuem maior participação relativa na estocagem de água excedente e conseqüente amortecimento das vazões de pico, são *backswamp*, seguida da planície de inundação periódica anual e da planície de inundação periódica em cordões arenosos sub-atuais.

Dessa forma, entende-se que as *backswamps* são as que mais contribuem para armazenar o excedente de água que chega à planície de inundação em eventos de inundação do Tipo 4, pois, embora não fiquem submersas o tempo todo do evento, é a última a secar e área ocupada pelas *backswamps* corresponde a 18%.

A vegetação da planície fluvial é herbácea, com exemplares arbóreos isolados. Há predominância de poáceas (gramíneas), juncáceas e cyperáceas, persistindo aos solos álico e tiomórficos. As espécies que possuem folhas filiformes e eretas tendem a se estabelecer mais próximas do eixo do rio, ao passo que as que são latifoliadas tendem a habitar áreas mais afastadas do rio, apresentam-se como indicadoras da resistência à passagem de água de inundação.

As poucas árvores encontradas próximas do rio são cultivadas (plantadas), como a paineira chorisia speciosa, tipicamente de floresta fechada e densa. Isso porque quando a onda de cheia da inundação passa, pode levar todas as plantas de folhas largas em desenvolvimento.

As plantas estritamente aquáticas só foram encontradas em lagos de meandros abandonados parcialmente colamatados e nos sem colmatagem aparente, pois nos meandros totalmente colmatado os lagos não são perenes.

As inundações no baixo curso do Rio Ribeira de Iguape são fatos antigos, sendo, inclusive, a razão da existência de extensas planícies aluvionares. Os núcleos urbanos que ali foram estabelecidos se adaptaram a estes eventos, uns avisando os outros sobre o tipo de onda de cheia que acometeu os mais à montante, a fim de que os núcleos mais à jusante se preparassem, num esquema quase artesanal, porém eficiente, de convívio com os eventos.

Esta pesquisa, em sua contribuição à cartografia de eventos hidromorfodinâmicos, apresentou resultados inéditos, como a espacialização dos tipos de inundação existentes no baixo rio Ribeira de Iguape, possibilitou que se tomasse conhecimento das morfologias que mais estocam e armazenam parte do excedente de águas dos eventos extremos de inundação, através da proposição da ferramenta inédita TMPS (tempo médio ponderado de submersão), podendo servir como subsídio à Defesa Civil.

Da mesma forma, a proposição da Rede de Alerta Morfológica à eventos de inundação oferece subsídios ao ordenamento físico-territorial, pois não se trata apenas de uma rede de alerta civil, que se preocupa apenas com a parte urbana de Eldorado e Sete Barras, mas do setor como um todo, inclusive de bairros rurais e das vastas áreas destinadas atualmente à bananicultura.

Todos os dados, análises e sistematizações hidrometeorológicas, morfológicas e morfométricas possibilitaram interpretação da hidromorfodinâmica do Setor ESB, um dos setores de dispersão de energia, que recebe grande volume de água através do escoamento superficial provenientes das serras da vertente atlântica, servindo como esponja que estoca e armazena parte deste volume.

Para se tentar conter em partes eventos de inundação e as migrações laterais dos meandros, pensou-se em inúmeros recursos, que vão desde construção de pôlderes até grandes reservatórios que regulariam as vazões.

Entretanto, a planície fluvial meândrica plana do rio Ribeira de Iguape, no Setor ESB, e mesmo nos outros setores dela, é relativamente frágil devido

às características geomorfológicas e das dinâmicas pluvial e fluvial aqui apresentadas, que refletem, controlam e determinam os processos hidromorfodinâmicos.

A eventual deflorestação desta bacia em trechos mais à montante deflagrariam eventos de inundação jamais vistos, pois o aporte de sedimentos seria imensamente maior, podendo causar assoreamento, o que elevaria em muito o N. A. do rio em eventos extremos ou não. Além disso, com as reduções de interpelação da água da chuva pela vegetação e da percolação da água, volumes muito maiores chegariam de forma muito mais acelerada na planície fluvial e potencializariam os efeitos dos eventos já documentados.

A conjugação de todas as características, limitações e possibilidades do setor entre Eldorado e Sete Barras da planície fluvial meândrica plana do rio Ribeira de Iguape aponta para um manejo que considere maior restrição do uso e ocupação do solo, pois medidas impensadas podem culminar na potencialização dos eventos de inundação, que já são magnânimos.

10. Referências Bibliográficas

BARBETA, P. A. 2002. Estatística aplicada às ciências sociais. 5 ed. Florianópolis. Ed. UFSC.

BARRY, R. G. & Chorley R. J. 1972. Atmosfera, tiempo y clima. Barcelona. Ed. Ômega.

BIGARELLA, J. J. & MOUSINHO, M. R. & SILVA, J.X.1965. Contribuição ao estudo da Formação Pariquera-Açu in Boletim Paranaense de Geografia (16/17): 17-41, Curitiba.

BIGARELLA, J. J. 1986. Subsídios para o estudo das variações do nível oceânico no Quaternário Brasileiro. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 37 (suplemento): 263-278.

BURT, T. P. 1996. The Hydrology of headwater catchments. In Petts, G. ; Callow, P. (ed.). Rivers flows and channel forms: selected extracts from the rivers handbook. Osney Mead: Blackwell Science, cap. 2.

CARVALHO, D. L. R. . Geoindicadores dos Efeitos da Urbanização nos sistemas fluviais meândricos dos rios Tietê e Pinheiros - Avaliação Documental. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005.

CARVALHO, E. J., FIGUEREDO, M. de S. 1999. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho amarelo câmbico fase terraço sob diferentes Sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. v. 34, n. 2, p. 257-265, fev.

CARVALHO, P. E. R. 1994. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPF; Brasília, DF: EMBRAPA - SPI. 640 p.

CRISTOFOLLETI, A. 1974. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Bluchen Ltda.

CRISTOFOLLETI, A. 1981. Geomorfologia Fluvial: O Canal Fluvial. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.

CHOW, V. T. 1964. Handbook of applied hydrology. New Yourk: McGraw-Hill Company.

DAEE (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA). 1998. Bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape: relatório síntese do plano de ação.

DAEE (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA). 2002. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - Plano Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo: DAEE, 119 p.

DESTEFANI, Edilaine Valéria. 2005. Regime Hidrológico do Rio Ivaí/ PR. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

DUNNE, T; LEOPOLD, L. B. 1998. Water in environmental planning. W. H. Freeman, San Francisco.

EMBLETON, C. & VERSTAPPEN, H. TH. 1988. The nature and objectives of aplied geomorphological mapping. Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 68:1-8

EMBRAPA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília : Embrapa.

FIBGE (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). 2001. Censo demográfico 2000. (http://www.ibge.gov.br).

GEOBRÁS S/A. 1966. Complexo Valo Grande, Mar Pequeno e Rio Ribeirade Iguape. Relatório da Geobrás S/A -Engenharia e Fundações para oServiço do Vale de Ribeira do Departamento de Águas e EnergiaElétrica do Estado de São Paulo. 2v.

GOESP - GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2005. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo em 1:1.000.000. São Paulo, DAEE/IG-SMA/IPT/CPRM.

GORNITZ, V. 1995. Sea-level rise: A review of recent, past and near-future trens. Earth Surface Processes and Landforms, 20: 7-20.

GUTJAHR, M.R. 1993. "Critérios Relacionados à Compartimentação de Bacias Hidrográficas: A Bacia do Rio Ribeira de Iguape". In Anais V Simpósio de Geografia Física Aplicada. São Paulo/SP: FFLCH/USP.

HART, M. G. 1986. Geomorphology - Pure and Applied. Allen & Unwin (Publishers) Ltd., London.

JOLY, F., 1977. Point de vue sur la géomorpho-logie. Annales de Géographie. 86 (477) : 522-541.

KONDOLF,G.M.& PIÉGAY,H. 2003. Tools in fluvial geomorphology. Chichester, John,Wiley and Sons.

LAMBERT, R. 1990. Pour une aprouche géographique du temps de retour des averses et de crue. In: Colloque de Vernet; l'Aiguat del 40, les inundation catastrophiques, Univ. de Perpigman.

LANA, A. E. 1997. Elementos de Estatísitca e Probabilidade. In: Tucci, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre.

LEOPOLD, L; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. 1964. Fluvial processes in geomorphology. San Francisco. Freeman: Dover Publications.

MACHADO, P. L. O. de A. 2002. Fracionamento físico do solo por densidade e granulometria para a quantificação de compartimentos da matéria orgânica do solo. Comunicado Técnico. EMBRAPA.

MANFREDINI, S. ; PADOVESE, P.P. ; Oliveira, J.B. 1981. Efeito da composição granulométrica da fração areia no comportamento hídrico de Latossolos de textura média e Areias Quartozosas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 8, p. 13-16.

MARTONI, A. M. 1998. Análise das vazões no rio Paraná: trecho entre porto São José e Porto 18. Maringá, 1998. Universidade Estadual de Maringá. Relatório Final.

MIALL, A. D. 1977. Fluvial sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists.

MORISAWA, M. 1968. Streams their dynamics and morphology. New York: McGraw-Hill Book Company.

MONTEIRO, C. A. F., 1973 - A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo; estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo. Instituto de Geografia da USP, 129p.

PERROTA, M. M. 2005. Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1: 750,000. CPRM, São Paulo, 2 folhas plotadas.

POFF, H. L.; ALLAN, D; BAIN, M. B.; KARR, J. C.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. 1997. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. Bioscience.

POTT, V.J. & POTT, A. 2000. Plantas aquáticas do Pantanal. 1ed. Corumbá, EMBRAPA.

RICHTER, B. D.; BAUMGARTNER, J. V.; WIGNGTON, R. BRAUN, D. P. 1997. How much water does a River Need? Freshwater Biology.

RIZZINI, C.T. 1997. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Âmbito Cultural Edições Ltda, 747p.

ROBRAHN-GONZÁLEZ, E. M. & DE BLASIS, P. A. D. 1998. "Investigações arqueológicas no médio/baixo vale do Ribeira de Iguape, São Paulo", Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo, vol. 8, p. 57-69.

ROCHA, P. C. 2002. Dinâmica dos canais no sistema rio-Planície Fluvial do Alto Paraná. Maringá. Tese de Doutoramento. Departamento de Biologia. Universidade Estadual de Maringá.

RODRIGUES, C. 1997. Geomorfologia Aplicada – avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros. Tese de doutorado. São Paulo, DG/FFLCH/USP.

RODRIGUES, C. 1999. On Anthropogeomorphology. In: Anais da Regional Conference on Geomorphology, Rio de Janeiro. Anais da Regional Conf.erence on Geomorphology, 1999. v. 1. p. 100-110.

RODRIGUES, C. 2001. Cartas Geotécnicas e Conteúdos Geomorfológicos: Uma Avaliação Crítica. In: IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.

RODRIGUES, C. 2006. Limites e Possibilidades da Geomorfologia Aplicada; Simpósio Nacional deGeomorfologia (SINAGEO) / Regional Conference on Geomorphology: Anais do VI Simpósio Nacional deGeomorfologia Aplicada, ISBN: Português, Meio digital.

RODRIGUES, C. ; MOROZ, I. C. ; SANTANA, C. L. 2008. Geomorfologia Fluvial Aplicada ao Planejamento Ambiental: O Exemplo do Pei - Parque Estadual Intervales/SP. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2008. Anais do VII Simpósio Nacinal de Gemorfologia.

ROSS, J.L.S., 1990. Geomorfologia Ambiente, Planejamento. Editora Contexto, São Paulo.

ROSS, J. L. S., 1992. O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo, Rev. do Depto.Geografia, FFLCH-USP, São Paulo, n.6, p.17-29

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. 1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP. 63p.

ROSS, J. L. S. 2002. A morfogênese da bacia do rio Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais. GEOUSP – espaço e tempo n° 12. São Paulo. 2002. p 21- 26

SANTOS, I. 2001. Hidrometria Aplicada. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento. 372p.

SANTOS, M. 1997. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. 2.ed. São Paulo, Hucitec. 308p.

SANT`ANNA NETO, J. L. 1990. Ritmo climático e a gênese das chuvas na Zona Costeira Paulista, Ano de Obtenção. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

SANTANA, C.L. 2004a. Fatores condicionantes de Inundações/Enchentes em rios costeiros: estudo de caso do baixo Rio Ribeira de Iguape (SP). Trabalho de Graduação Individual (TGI). Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Orientadora: Profa. Dra. Cleide Rodrigues. 13/12/2004.

SANTANA, C.L., SOUZA, C.R. de G. & Harari, J. 2004b. Correlação de Dados Pluviométricos, Fluviométricos e Maregráficos em eventos de Inundações/Enchentes no Baixo Rio Ribeira de Iguape (SP). In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, I, Florianópolis (SC), 27-30/09/2004. CD-ROM (trabalho completo).

SCHUMM, S. 1977. The Fluvial System. N. York: J. Wiley & Sons. 338p.

SILVEIRA, J.D. 1964. Morfologia do litoral. In: AZEVEDO, A. de (ed). Brasil a terra e o homem. São Paulo, Companhia Editora Nacional. 305p.

SOUZA, C.R. de G. 1996. Cartografia de risco à inundação no litoral paulista: o exemplo do município de São Sebastião. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 2º, e Encontro Regional de Geotecnia e Meio Ambiente, 1º, São Carlos, ABGE. Anais..., p. 139-148.

SOUZA, C.R. de G. 1998. Flooding in the São Sebastião region, northern coast of São Paulo State, Brazil. Anais Academia Brasileira Ciências,70 (2): 354-366.

STRAHLER, A. N. 1952. Hypsometric (area altitude) analysis and erosional topography. Geological Society of America Bulletin, v 63, p. 1117-1142.

SUGUIO K, & MARTIN L. 1976. Presença de tubos fósseis de Callianassa nas formações quaternárias do litoral paulista e sua utilização na reconstrução paleoambiental. Bol.IG/USP, 7 : 17-26.

SUGUIO K, & MARTIN L. 1978. Quaternary marine formations of the State of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. São Paulo, 11-18 September 1978. Special Publication 1, p 232-253.

TRICART, J. 1965. Principes et Méthodes de la Géomorphologie, Masson, Paris.

TUCCI, C.E.M. (Organizador). 1993. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Editora da Universidade (RS), EDUSP e ABRH. 943 p.

USGS (United States Geological Survey). 1999. El Niño and the National Landslide Hazard Outlook for 1997 – 1998. U. S. Geological Survey National Landslide Information Center (http://geoharards.cr.usgs.gov).

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. 2000. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. 1975. A Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.

VILLWOCK J. A. 1987. Processos costeiros e a formação das praias arenosas e campos de dunas ao longo da costa sul e sudeste brasileira. Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: síntese dos conhecimentos. São Paulo, ACIESP. v.1, p.380-98. (Publicação ACIESP, 54-I).

ZANCOPÉ. M. 2008. Análise Morfométrica do Rio Mogi Guaçu. Tese de Doutoramento em Geografia - Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/SP.

***Sites* consultados:**

http://mathematikos.psico.ufrgs.br/disciplinas/ufrgs/mat01039032/webfolios/grupo4/teodolito.htm (10/fev/2008)

http://www.daee.sp.gov.br/cgi-bin/Carrega.exe?arq=/hidrometeorologia/index.htm (2007 e 2008)

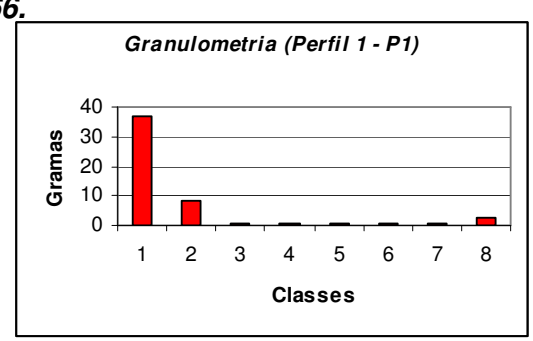
http://hidroweb.ana.gov.br/ (10/jun/2008)

11. Anexos - Tabelas e Gráficos referentes às tabulações de dados texturais das amostras de materiais superficiais e solos.

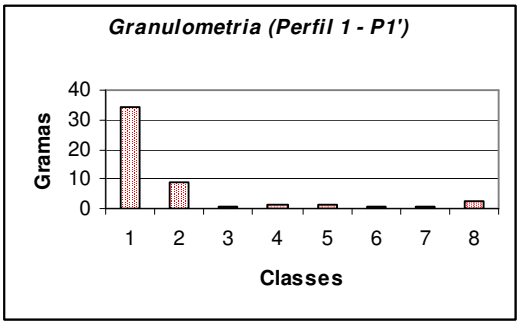
Gráficos com os percentuais para as três classes granulométricas (Areia, Silte e Argila). Perfil 1.

Gráficos – perfil 1

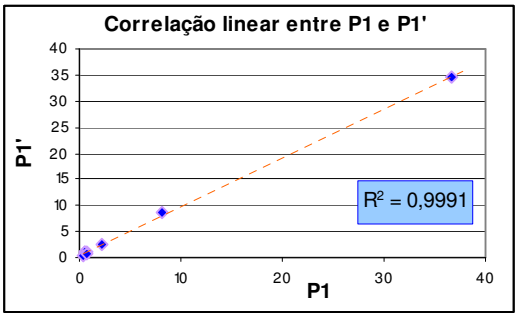
66.



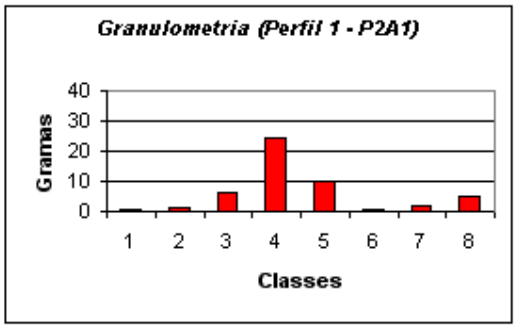
67.

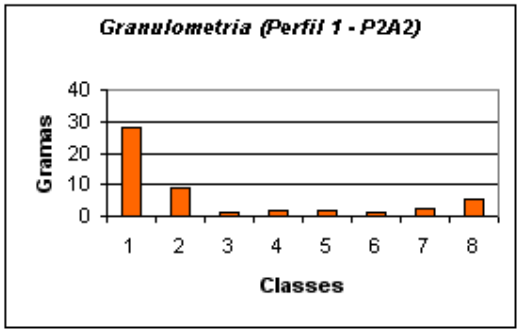


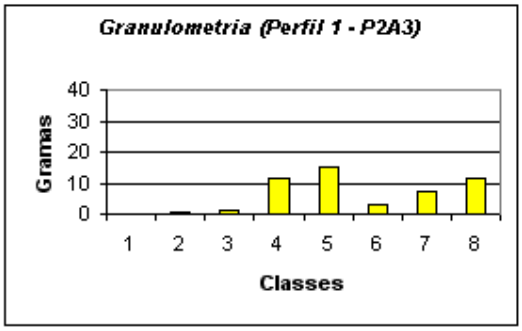
68.

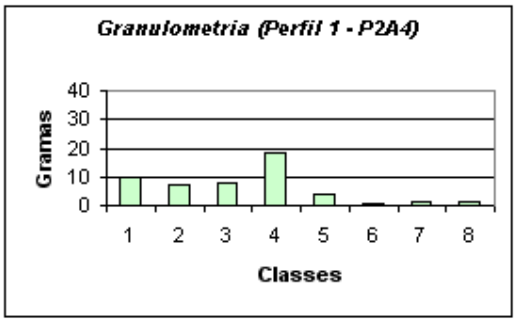


69-72.

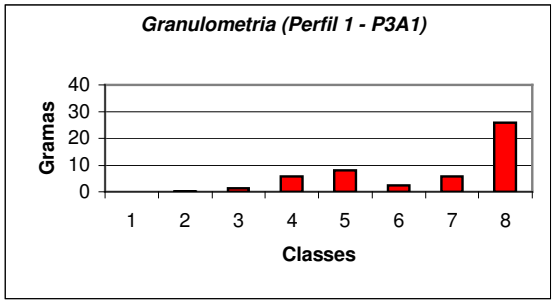

Granulometria (Perfil 1 - P2A1)
Gramas
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Classes


Granulometria (Perfil 1 - P2A2)
Gramas
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Classes

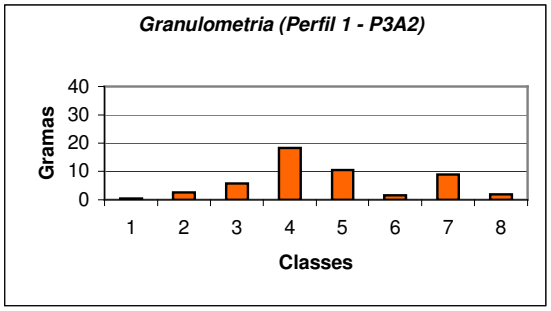

Granulometria (Perfil 1 - P2A3)
Gramas
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Classes


Granulometria (Perfil 1 - P2A4)
Gramas
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Classes

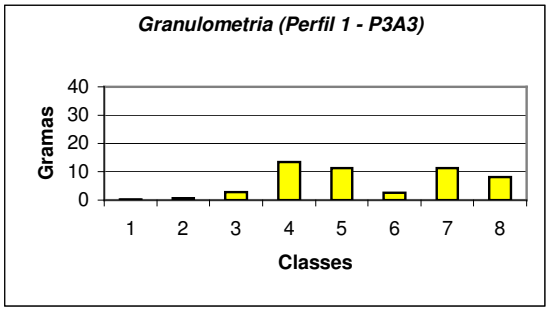
73.


Granulometria (Perfil 1 - P3A1)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

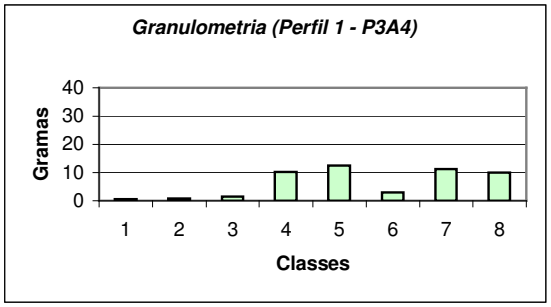
74.


Granulometria (Perfil 1 - P3A2)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

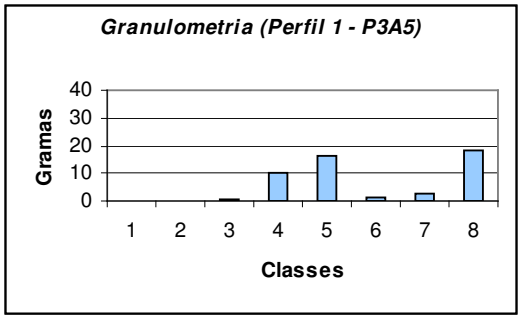
75.

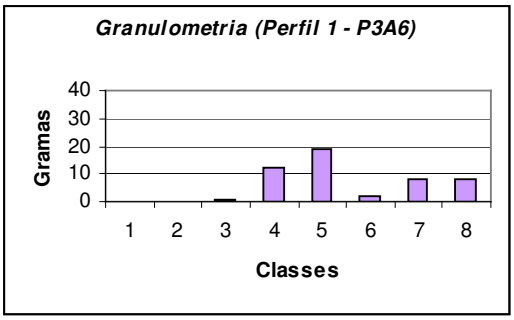

Granulometria (Perfil 1 - P3A3)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

76.

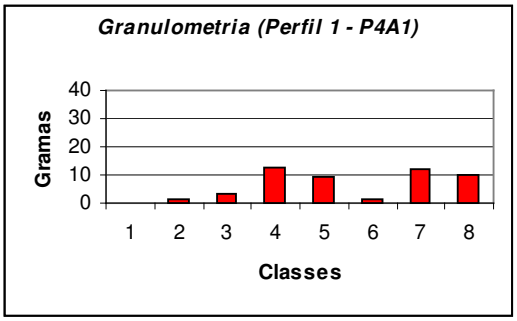

Granulometria (Perfil 1 - P3A4)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

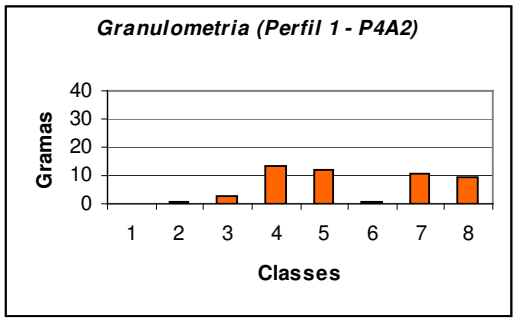
77-78.

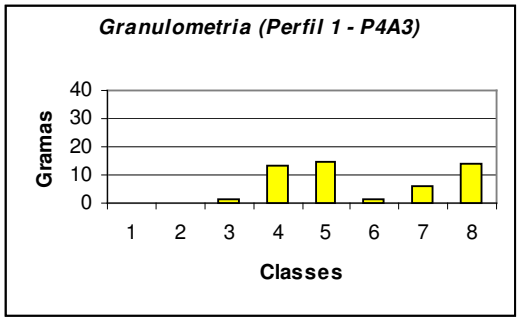

Granulometria (Perfil 1 - P3A5)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

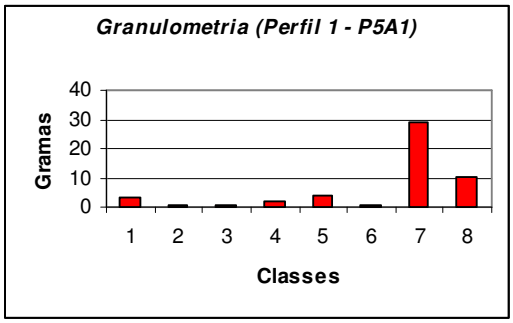

Granulometria (Perfil 1 - P3A6)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

79-82.


Granulometria (Perfil 1 - P4A1)
Gramas
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Classes

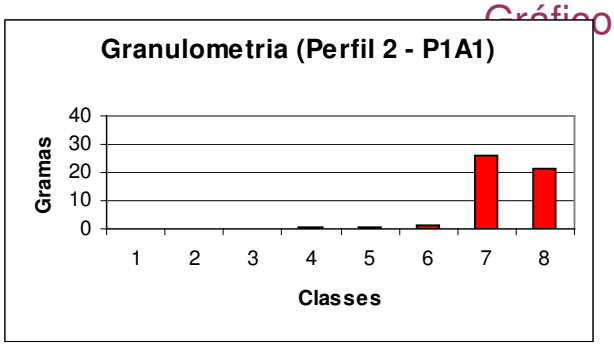

Granulometria (Perfil 1 - P4A2)
Gramas
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Classes

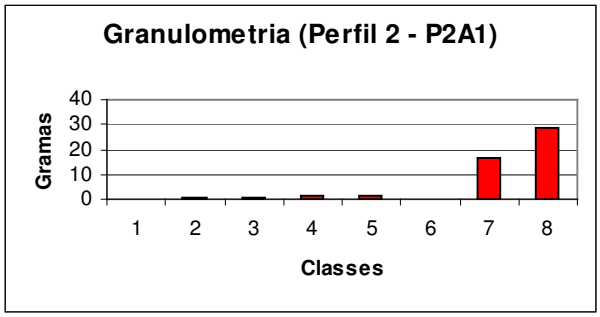

Granulometria (Perfil 1 - P4A3)
Gramas
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Classes

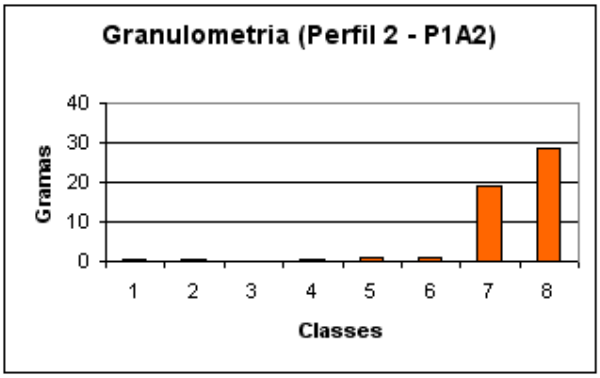

Granulometria (Perfil 1 - P5A1)
Gramas
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8
Classes

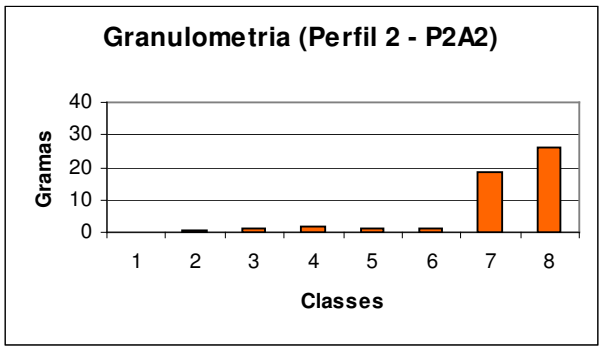
Gráficos com os percentuais para as três classes granulométricas (Areia, Silte e Argila). Perfil 2.

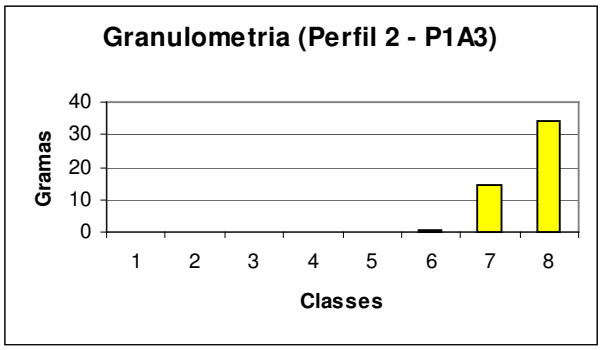
Gráficos – perfil 2

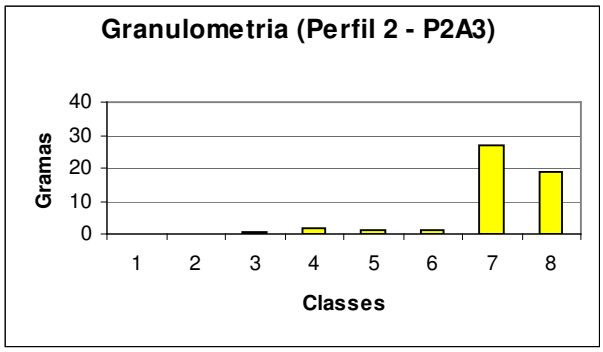


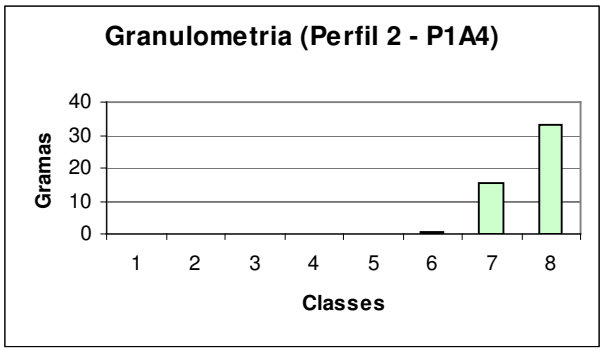


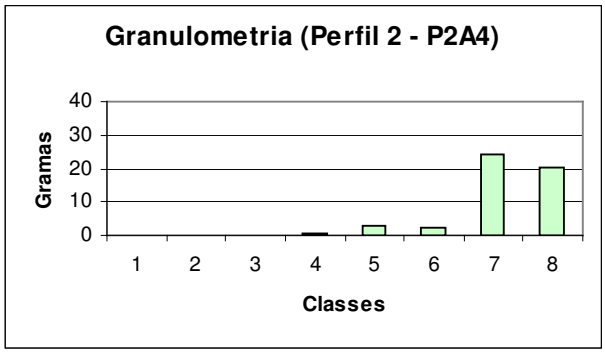




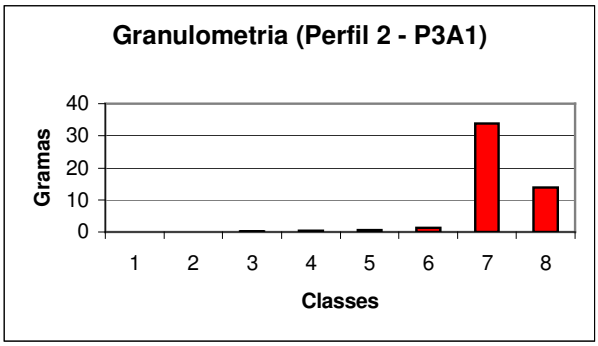


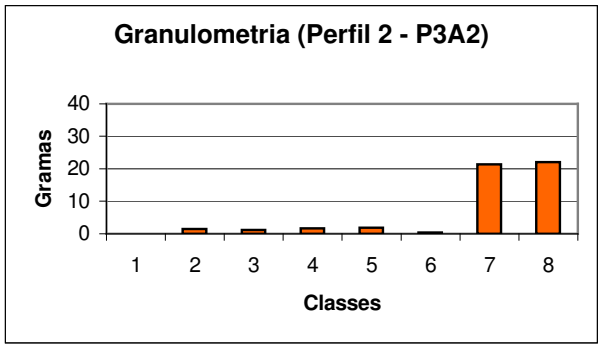


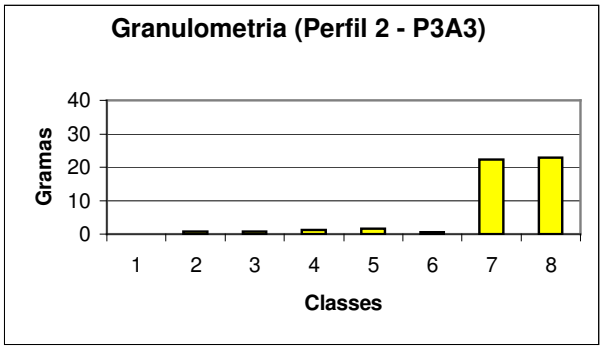


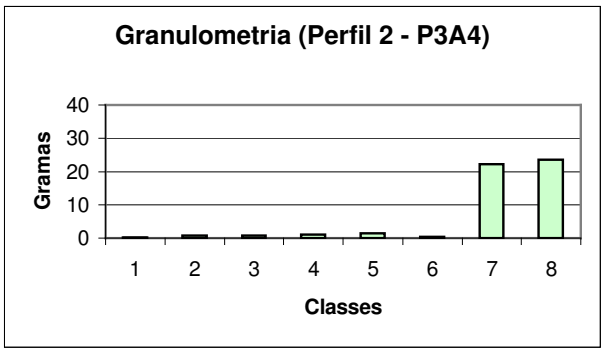


95 - 98.

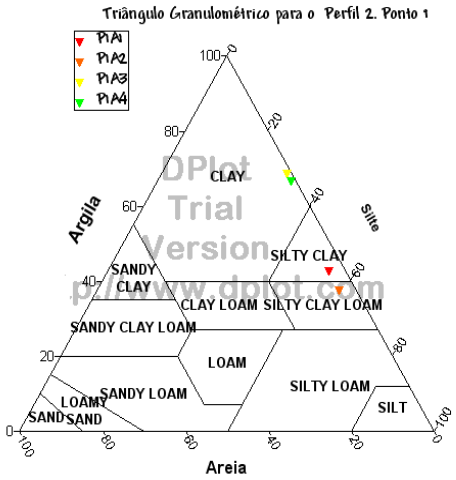

Granulometria (Perfil 2 - P3A1)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes


Granulometria (Perfil 2 - P3A2)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

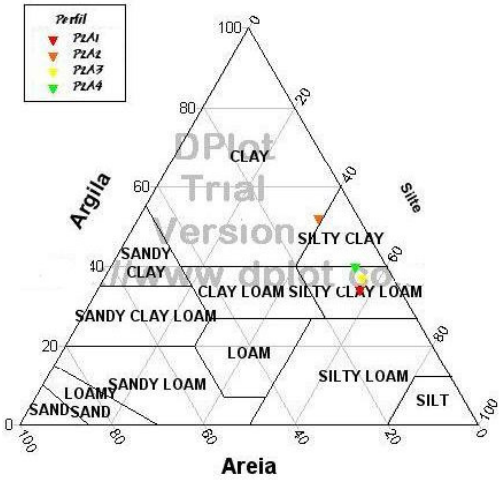

Granulometria (Perfil 2 - P3A3)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes


Granulometria (Perfil 2 - P3A4)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

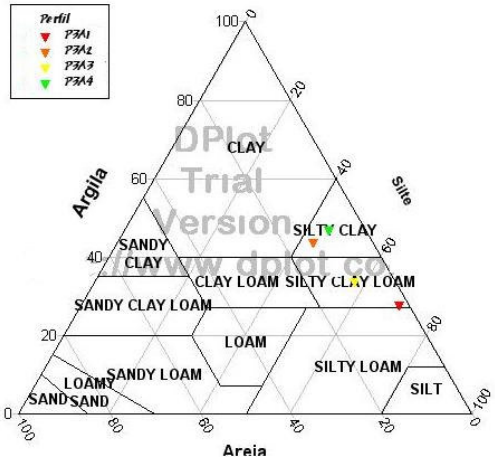
Triângulo Granulométrico. Perfil 2.
99-101.



Triângulo granulométrico para Perfil 2. Ponto 2.



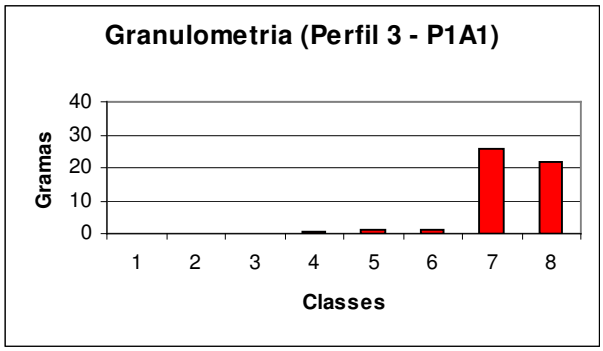
Triângulo granulométrico para Perfil 2. Ponto 3.

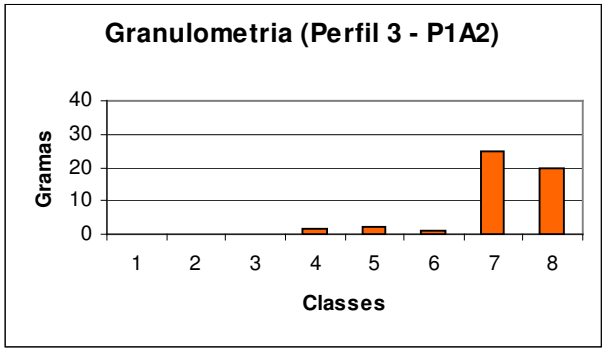


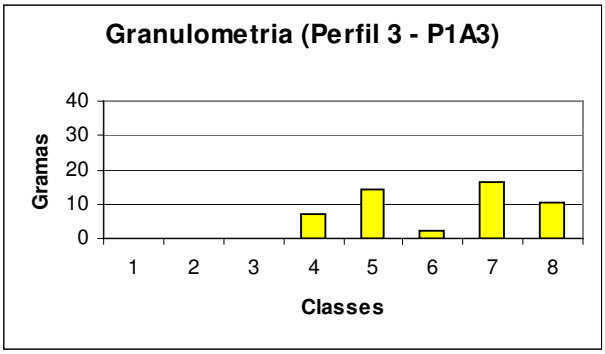
Gráficos com os percentuais para as três classes granulométricas (Areia, Silte e Argila). Perfil 3.

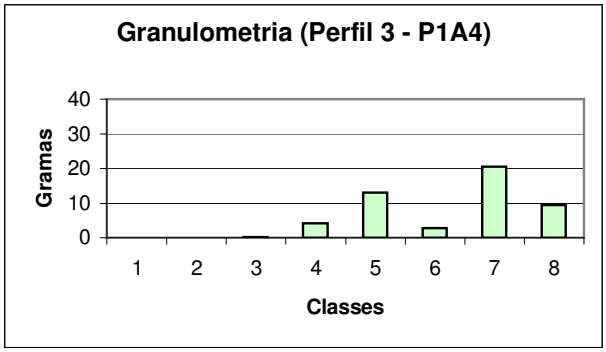
Gráficos – perfil *3*

105-108.

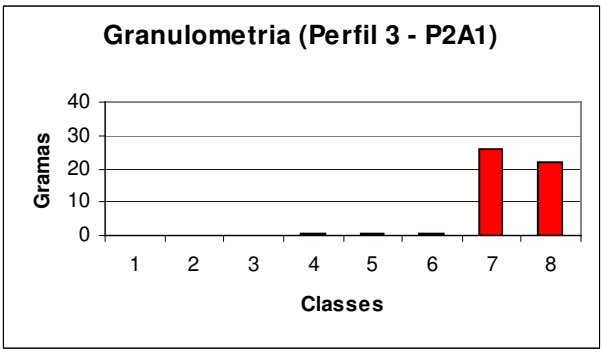


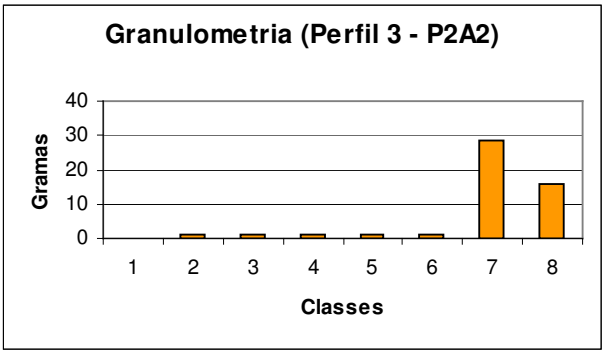


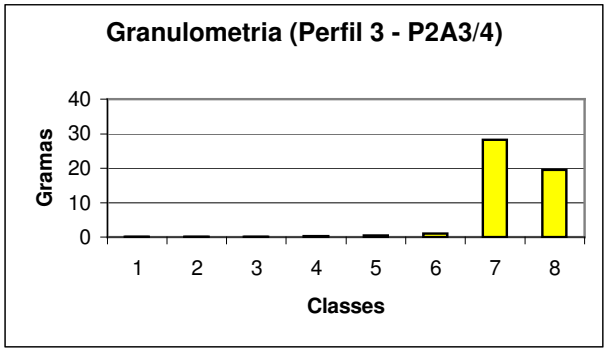




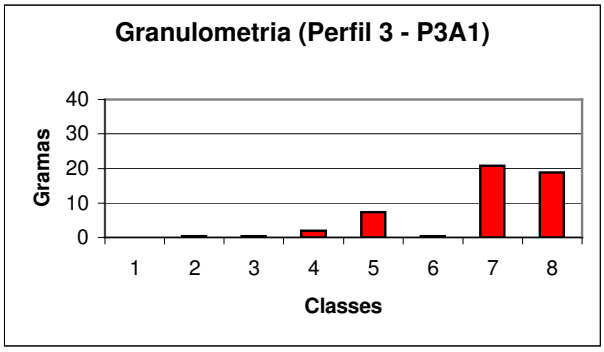
109 –111.

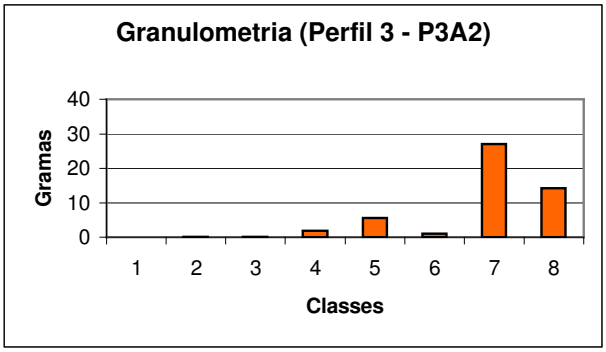

Granulometria (Perfil 3 - P2A1)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

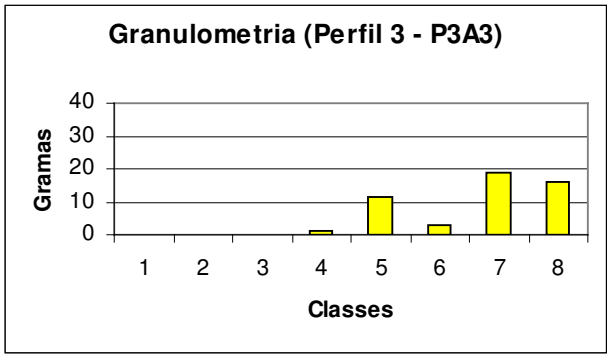

Granulometria (Perfil 3 - P2A2)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

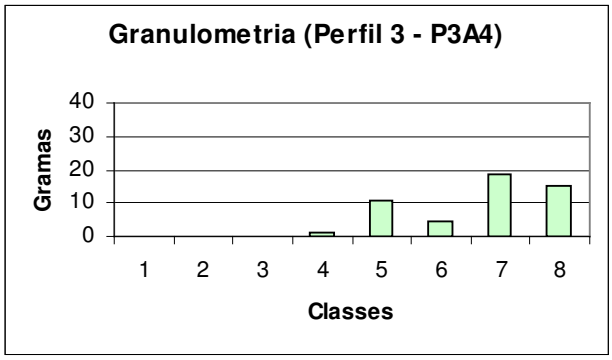

Granulometria (Perfil 3 - P2A3/4)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

112-115.


Granulometria (Perfil 3 - P3A1)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

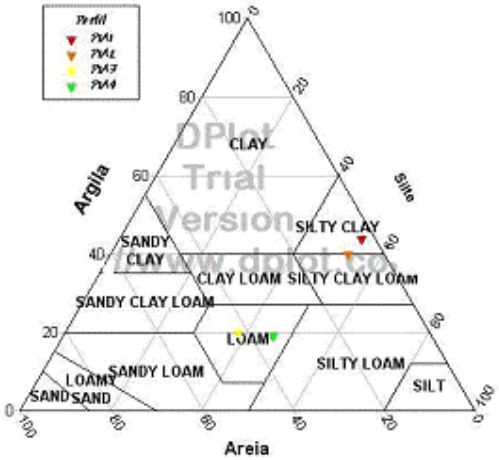

Granulometria (Perfil 3 - P3A2)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes


Granulometria (Perfil 3 - P3A3)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

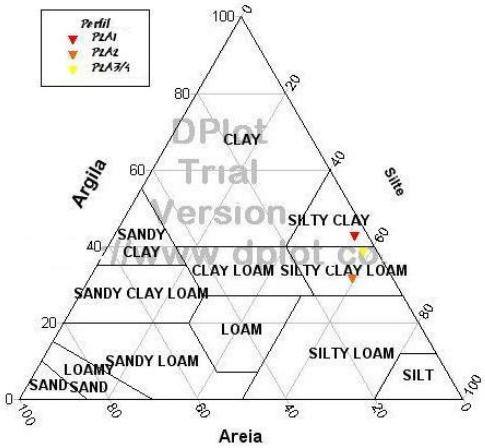

Granulometria (Perfil 3 - P3A4)
Gramas
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Classes

Triângulo Granulométrico. Perfil 3. 116-118.

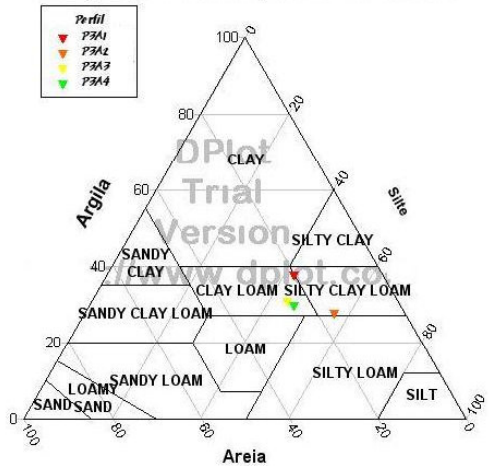
Triângulo granulométrico para Perfil 3. Ponto 1.



Triângulo granulométrico. Perfil 3. Ponto 2.



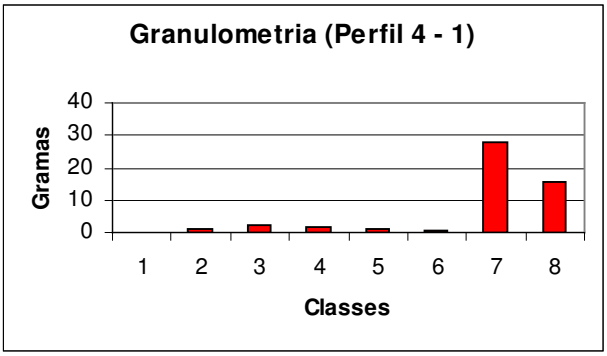
Triângulo granulométrico para Perfil 3. Ponto 3.

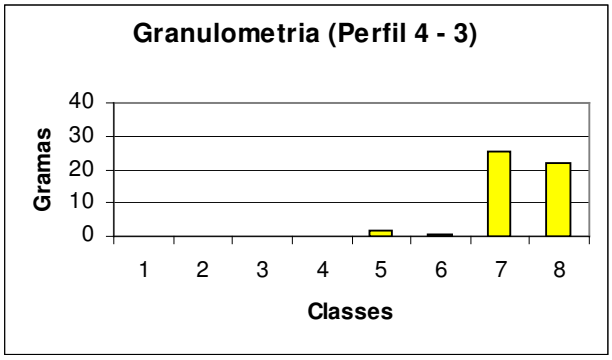


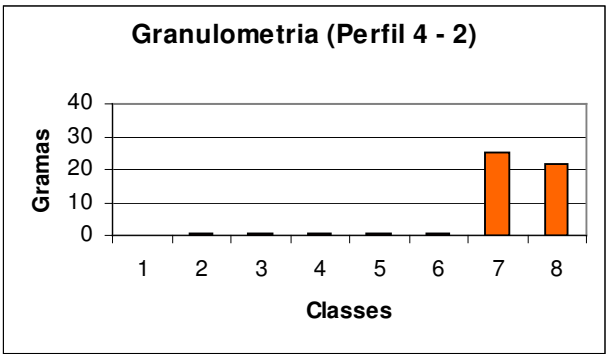
Gráficos com os percentuais para as três classes granulométricas (Areia, Silte e Argila). Ponto 4.

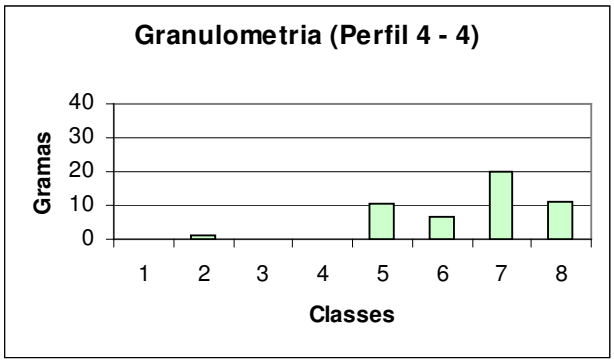
Gráficos – perfil *4*

120 - 123.

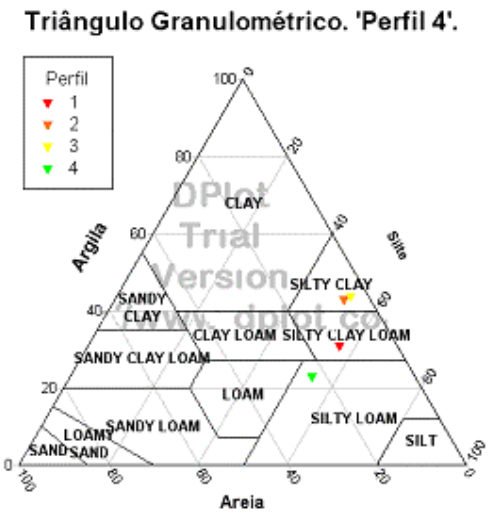






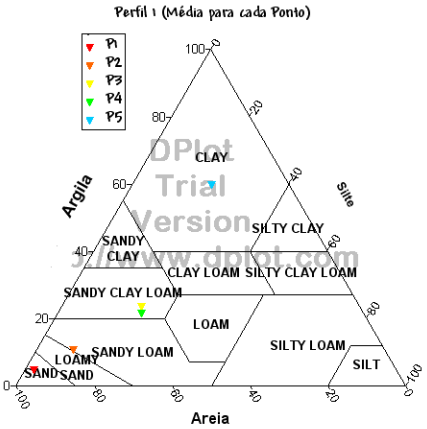


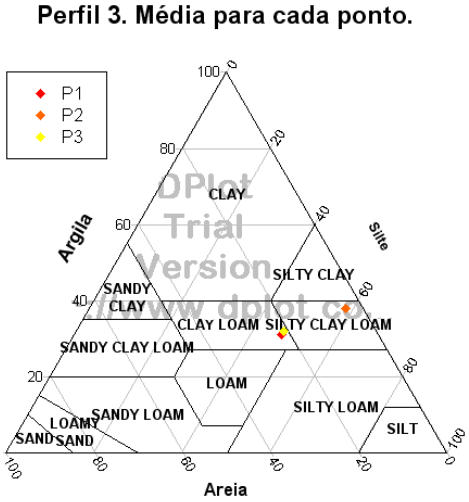
Triângulo Granulométrico.
Perfil 4
124.

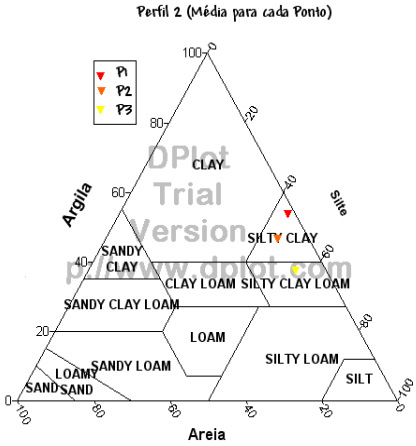


Gráficos 125 –128. Médias granulométricas para cada ponto.

125-128.







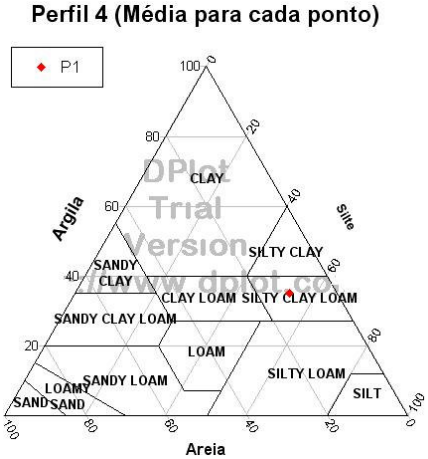
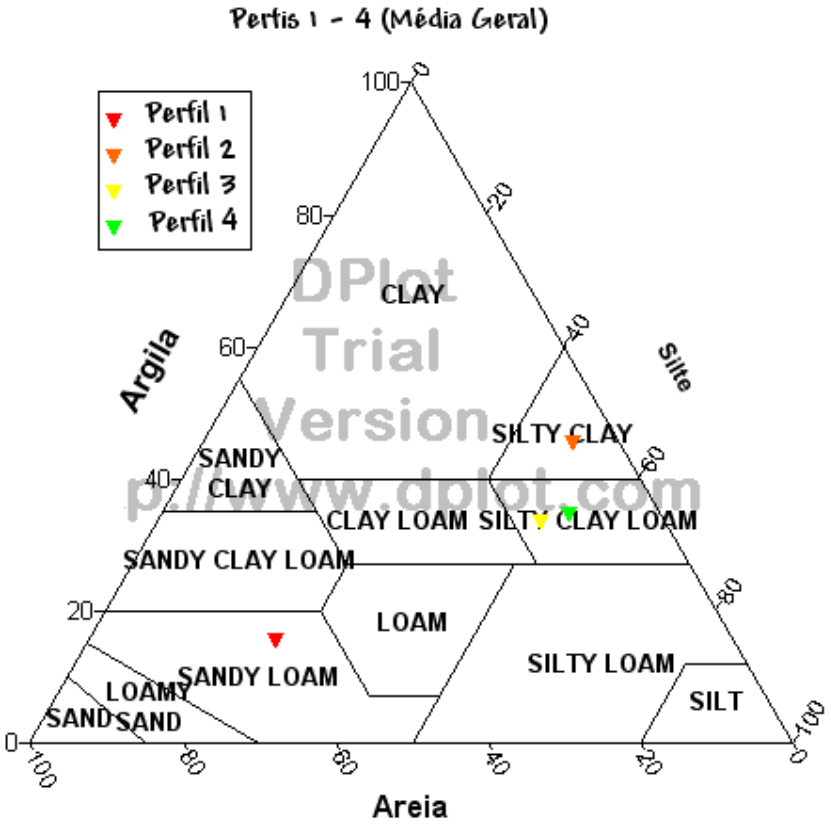
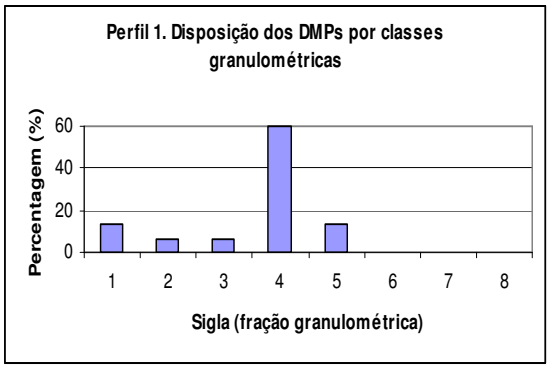
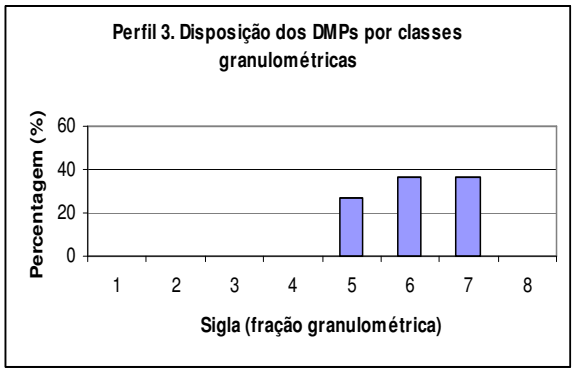


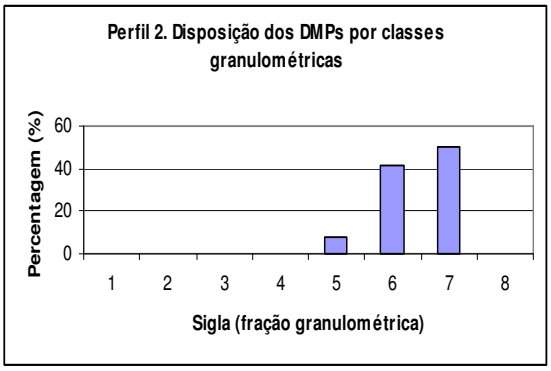
Gráfico 129. Média Geral para cada Perfil

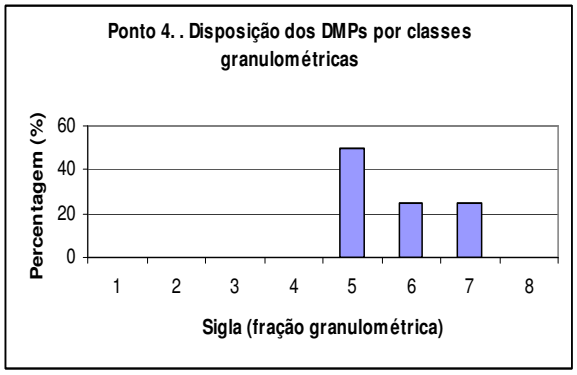


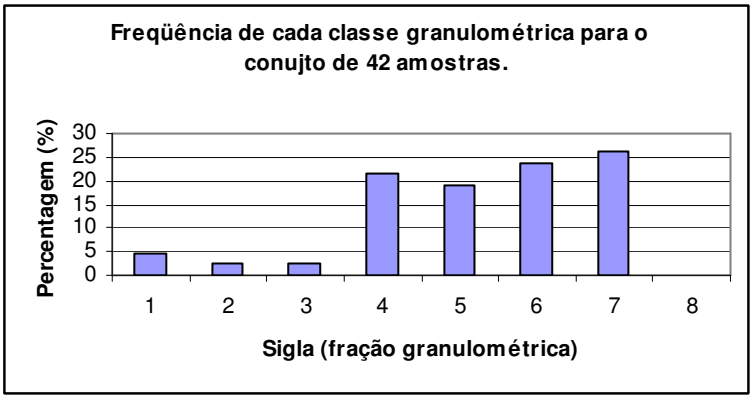
Gráficos 130-134.










Freqüência de cada classe granulométrica para o conujto de 42 amostras.
Percentagem (%)
30
25
20
15
10
5
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Sigla (fração granulométrica)