

**ANDREY HILU**

**EROSÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARUMBI NO ESTADO  
DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Masato Kobiyama

**CURITIBA**

**2003**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

O homem não veio ao planeta  
Para dominá-lo e sim  
Para fazer parte dele.

(Andrey Hilu)

## AGRADECIMENTOS

A meus pais, por me darem a vida e a condição para estudar e ser uma pessoa de bem.

Ao Professor Masato Kobiyama, pela orientação, compreensão e ajuda no desenvolvimento desta dissertação.

A Dirceu Fruet e Edson Sakae Nagashima, que com sua ajuda tornaram possível este trabalho.

A Irani dos Santos, pela ajuda desde o começo dos estudos até o fim desta dissertação.

A SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), por fornecer os dados necessários ao desenvolvimento deste projeto.

A todos aqueles que deram seu auxílio e de alguma forma contribuíram para realização desta dissertação.

A Deus por me dar saúde e condições de vida.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTAS DE TABELAS</b> .....	vii
<b>LISTAS DE SÍMBOLOS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 - OBJETIVOS</b> .....	3
2.1 – OBJETIVO GERAL .....	3
2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
3.1 – EROSIÃO .....	4
3.2 – TEORIA DA PERDA DE SOLO .....	7
3.3 - EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO REVISADA (RUSLE) .....	11
3.3.1 – PARÂMETROS DA EQUAÇÃO RUSLE .....	12
3.3.1.1 – FATOR EROSIVIDADE DA CHUVA (R).....	13
3.3.1.2 – FATOR ERODIBILIDADE DO SOLO (K) .....	15
3.3.1.3 – FATOR TOPOGRÁFICO (LS).....	17
3.3.1.4 – FATOR PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (P).....	18
3.3.1.5 – FATOR USO E MANEJO DO SOLO (C).....	18
3.4 –TRANSPORTE DE SEDIMENTOS .....	18
3.4.1 – TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO.....	21
3.4.2 – TRANSPORTE DE SEDIMENTOS POR ARRASTE.....	22
3.4.3 – TRANSPORTE TOTAL DE SEDIMENTOS... ..	27
3.5 –TAXA DE TRANSFERÊNCIA DE SEDIMENTOS .....	28
3.6 –BACIA LITORÂNEA DO PARANÁ .....	32
<b>4 – ÁREA DE ESTUDO</b> .....	33
<b>5 – MÉTODOS DE ANÁLISE</b> .....	35
5.1 – DADOS UTILIZADOS .....	35
5.2 – ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO .....	35
5.2.1 – EROSIVIDADE DA CHUVA (R).....	35
5.2.2 – ERODIBILIDADE DO SOLO (K).....	36
5.2.3 – FATOR TOPOGRÁFICO (LS).....	36
5.2.4 – COBERTURA DO SOLO (C) .....	37
5.2.5 – PRÁTICA CONSERVACIONISTA (P).....	38
5.2.6 – ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO COM RUSLE.....	38

5.3 – ESTIMATIVA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	38
5.3.1 – TRANSPORTE DE SEDIMENTOS POR ARRASTE.....	38
5.3.2 – TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO.....	42
5.3.3 – TRANSPORTE TOTAL DE SEDIMENTOS... ..	42
5.3.4 – CURVA DE DESCARGA SÓLIDA TOTAL... ..	43
5.4 – TAXA DE TRANSFERÊNCIA DE SEDIMENTOS .....	44
<b>6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
6.1 – EROSIVIDADE DA CHUVA (R).....	45
6.2 – ERODIBILIDADE DO SOLO (K)... ..	47
6.3 – FATOR TOPOGRÁFICO (LS).....	48
6.4 – COBERTURA DO SOLO (C) .....	49
6.5 – PERDA DE SOLO.....	50
6.6 – TRANSPORTE DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO.....	58
6.7 – TRANSPORTE DE SEDIMENTO POR ARRASTE.....	60
6.8 – TRANSPORTE TOTAL DE SEDIMENTO.....	61
6.9 – CURVA DE DESCARGA SÓLIDA TOTAL... ..	62
6.10 – VAZÕES SÓLIDAS MÉDIAS MENSAIS E MÉDIA ANUAL.....	65
6.11 – TAXA DE TRANSFERÊNCIA DE SEDIMENTOS... ..	65
<b>7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>67</b>
<b>8 – REFRENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>
ANEXO A – ESTAÇÕES DE MEDIÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.....	77
ANEXO B – CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS SUSPENSOS .....	79
ANEXO C – DADOS DE MATERIAL DE FUNDO .....	82
ANEXO D – VAZÕES LÍQUIDAS DIÁRIAS.....	85
ANEXO E – SEDIMENTOGRAMAS ANUAIS.....	99

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b> Nomograma para determinação do fator de erodibilidade do solo .....	17
<b>Figura 3.2.</b> Gráfico taxa de transferência de sedimentos x área de drenagem .....	30
<b>Figura 3.3.</b> Gráfico taxa de transferência de sedimentos x área de drenagem .....	30
<b>Figura 4.1.</b> Localização da Bacia Litorânea .....	33
<b>Figura 4.2.</b> Localização da Bacia do Rio Marumbi .....	33
<b>Figura 6.1.</b> Erosividade anual na Bacia Litorânea Paranaense .....	45
<b>Figura 6.2.</b> Erosividade anual para a Bacia do Marumbi .....	46
<b>Figura 6.3.</b> Erodibilidade para a Bacia do Marumbi .....	47
<b>Figura 6.4.</b> Fator L para a Bacia do Marumbi .....	48
<b>Figura 6.5.</b> Fator S para a Bacia do Marumbi.....	49
<b>Figura 6.6.</b> Fator C para a Bacia do Marumbi .....	50
<b>Figura 6.7.</b> Perda de Solo Média Anual.....	51
<b>Figura 6.8.</b> Perda de Solo no Mês de Janeiro .....	52
<b>Figura 6.9.</b> Perda de Solo no Mês de Fevereiro.....	52
<b>Figura 6.10.</b> Perda de Solo no Mês de Março.....	53
<b>Figura 6.11.</b> Perda de Solo no Mês de Abril.....	53
<b>Figura 6.12.</b> Perda de Solo no Mês de Maio.....	54
<b>Figura 6.13.</b> Perda de Solo no Mês de Junho .....	54
<b>Figura 6.14.</b> Perda de Solo no Mês de Julho .....	55
<b>Figura 6.15.</b> Perda de Solo no Mês de Agosto .....	55
<b>Figura 6.16.</b> Perda de Solo no Mês de Setembro.....	56
<b>Figura 6.17.</b> Perda de Solo no Mês de Outubro.....	56
<b>Figura 6.18.</b> Perda de Solo no Mês de Novembro .....	57
<b>Figura 6.19.</b> Perda de Solo no Mês de Dezembro .....	57
<b>Figura 6.20.</b> Curva de Descarga Sólida Total.....	64
<b>Figura 6.21.</b> Variação Mensal Erosão/Transporte/Taxa de Transferência .....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Índice de Erodibilidade, Área e Percentuais .....	36
Tabela 5.2 – Áreas e Percentagens de Declives e Comprimentos de Rampa.....	37
Tabela 5.3 – Índices, Áreas e Percentagens do Uso do Solo.....	37
Tabela 6.1 – Transporte de Sedimentos em Suspensão .....	58
Tabela 6.2 – Transporte de Sedimentos por Arraste.....	60
Tabela 6.3 – Transporte Total de Sedimentos .....	61
Tabela 6.4 – Método da Regressão Linear .....	62
Tabela 6.5 – Vazões Sólidas Médias Mensais e Média Anual .....	65
Tabela 6.6 – Taxa de Transferência de Sedimentos .....	66



## LISTA DE SÍMBOLOS

$A$	–	Perda de Solo
$R$	–	Fator de erosividade da chuva
$K$	–	Fator de erodibilidade do terreno
$LS$	–	Fator Topográfico
$L$	–	Comprimento da rampa
$S$	–	Declividade do terreno
$C$	–	Fator de cobertura vegetal
$P$	–	Fator de práticas conservacionistas
$E$	–	Energia cinética
$I$	–	Intensidade da chuva
$I_{30}$	–	Intensidade máxima da chuva em 30 minutos
$r$	–	Média do total mensal precipitado
$P$	–	Média do total anual precipitado
$El_{30}$	-	Média mensal do índice de erosividade
$M$	-	Percentual de silte $\times$ (100 - percentual de argila)
$a$	-	Percentual de matéria orgânica
$b$	-	Código de estrutura do solo usado na classificação do solo
$c$	-	Classe do perfil e permeabilidade do solo
$Q_s$	-	Descarga sólida
$Q$	-	Descarga líquida
$a$	–	Coefficiente ajustado pelo método da Regressão Linear
$n$	–	Coefficiente ajustado pelo método da Regressão Linear
$K$	-	Fator de conversão de unidades
$q_{sa(i)}$	–	Descarga sólida de leito medida na vertical de amostragem
$M$	–	Peso seco da amostra
$L$	–	Largura do bocal do amostrador
$t$	–	Tempo da amostragem
$i$	–	Vertical considerada
$L_i$	-	Largura do segmento correspondente à vertical

$E_R$	-	Eficiência de retenção ou de amostragem do equipamento
$n$	-	Coefficiente de rugosidade de Manning
$A$	-	Área da seção transversal
$D$	-	Diâmetro médio da mistura
$D_{50}$	-	Diâmetro médio da mistura
$k$	-	Coefficiente ligado á perda de carga total da corrente
$k'$	-	Coefficiente ligado á perda de carga devida ao grão
$\gamma$	-	Peso específico da água
$\gamma_s$	-	Peso específico do sedimento
$R_h$	-	Raio hidráulico
$S$	-	Declividade da linha de energia
$\rho$	-	Massa específica da água
$g$	-	Aceleração da gravidade
$g'_s$	-	Vazão sólida por unidade de largura, medida com peso submerso
$A$	-	Coefficiente da equação de MEYER-PETER & MÜLLER
$B$	-	Coefficiente da equação de MEYER-PETER & MÜLLER
$\tau_o$	-	Tensão tangencial crítica
$\tau$	-	Tensão tangencial
$V$	-	Velocidade média do escoamento
$Q_L$	-	Vazão líquida
$C_S$	-	Concentração de sedimentos em suspensão
$Q_{ST}$	-	Descarga sólida total
$Q_{SS}$	-	Descarga sólida em suspensão
$Q_{SA}$	-	Descarga sólida por arraste
$T_x$	-	Taxa de transferência de sedimentos

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Marumbi (área 79,23 km<sup>2</sup>), situada no estado do Paraná, é uma área de serra sujeita a ação de acentuados índices pluviométricos. Além disso, encontram-se grandes variações de relevo nesta bacia. Esses fatores pluviométricos e geomorfológicos geralmente aumentam consideravelmente as perdas de solo. Para estimar a perda de solos a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) foi aplicada a essa bacia, e seus parâmetros foram definidos de acordo com as características da região. Os valores de perdas de solo médias mensais são na faixa de 3.000 a 21.000 toneladas mensais, sendo seu valor média anual de 120.000 toneladas. Com dados medidos na seção hidrosedimentométrica do rio Marumbi, o valor das descargas sólidas em suspensão transportadas foram determinadas pelo produto de concentrações de sedimentos suspensos medidos por suas relativas descargas líquidas medidas. Com a aplicação da equação de MEYER-PETER & MÜLLER foram calculadas as descargas sólidas transportadas por arraste até a seção. A soma das duas parcelas representa a descarga sólida total transportada pelo rio Marumbi. Usando esses dados de perda de solo e sedimento transportado no rio, calculou-se a Taxa de Transferência de Sedimentos. O comportamento desta taxa mensal foi de valores variando entre 3% para o mínimo registrado no mês de dezembro e de 6% para o máximo registrado no mês de julho, com uma média anual de 4,5% . O comportamento sazonal da taxa de transferência é contrário aos das perdas de solo e das descargas sólidas totais. Esses resultados indicam que a bacia hidrográfica do rio Marumbi não sofre grandes perdas de material sólido, concluindo-se que o maior parte do solo erodido fica depositado na própria bacia.

## ABSTRACT

The Marumbi river watershed (area 79,23 km<sup>2</sup>), located in Paraná State, has most of its area located within a mountain range that presents very high rainfall indexes and steep slopes. These rainfall and geomorphologic factors usually increase soil loss considerably. To estimate the soil loss in this watershed, the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) was applied, and its parameters were determined in line with the environmental characteristics of the watershed. The monthly soil loss ranged from 3,000 to 21,000 tons, with an annual average loss of 120,000 tons. With data measured at Marumbi hydrometric station, the suspended solid load discharge was determined by the suspended sediments concentrations multiplied by the stream flow. With the application of MEYER-PETER & MÜLLER's equation, the transported bed load values were computed. The sum of the two loads was considered as the total sediment transported in the Marumbi river at the measuring point. Comparing the soil loss with the transported sediments, the sediment delivery ratio (SDR) was determined. The monthly SDR varied from 3% in December to 6% in July, giving an annual average SDR of 4.5%. The seasonal variation of the SDR is opposite of the soil loss and the total transported sediment load. The results indicate that a large part of eroded soil in the watershed is not transported outside the watershed.

## 1 INTRODUÇÃO

O solo, além da grande superfície que ocupa no globo, é uma das maiores fontes de energia para o grande drama da vida que, geração após geração de homem, planta e animal, atuam na Terra (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

Tudo que o ser humano vem utilizando, construindo e alterando no planeta, toda obra, cultivo e habitação necessita, antes de qualquer coisa, uma base segura e com as condições necessárias ao devido fim que se pretende alcançar.

Muito se fala em preservação ambiental, principalmente da flora e da fauna, talvez sem considerar a devida importância da preservação do solo - o bem natural que é a base para praticamente tudo o que faz parte do nosso planeta.

A história de uso e ocupação do solo no estado do Paraná é parecida com a história de uso e ocupação do solo no Brasil e em outras partes do mundo, ou seja, não houve preocupação em se preservar esse importante recurso natural não renovável. Prova disso são as 500 milhões de toneladas de terra que segundo GALETI (1973), o Brasil perde por ano. Representa o desgaste de uma camada de 15 centímetros de espessura em uma área de 280.000 hectares. No entender de BERTONI et al. (1993), um dos fatores de desgaste que mais tem contribuído para a improdutividade do solo é a erosão hídrica, acelerada pelo ser humano através de manejo inadequado do solo.

Os sedimentos soltos existentes numa bacia hidrográfica, passíveis de serem transportados pelas enxurradas para dentro das calhas dos rios, originam-se da principal fonte: a erosão (SIVIERO & COIADO, 1999).

O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta (GUERRA, 1999).

Após chegar ao rio, é essencial considerar essa carga de sedimento transportada como uma variável a ser equacionada em projetos de barragens, canais, reservatórios de acumulação, qualquer obra hidráulica ou controle (GARDE & RANGA RAJU, 1985).

O Estado do Paraná possui 16 grandes bacias hidrográficas. Dentre elas está a Bacia Litorânea, situada na porção oriental do estado. Compreende a Serra do Mar e a planície costeira, onde estão situadas as baías de Paranaguá e de Guaratuba (SUREHMA, 1991; BIGARELA, 1978). Essas baías são economicamente importantes para o estado porque é nela

que se situam os portos responsáveis pelo comércio e transporte marítimo, além de possuírem praias com alto potencial turístico.

A bacia litorânea possui grande importância no que se refere a reservas de água, bem como por apresentar considerável energia erosiva potencial (BIGARELLA, 1978).

A bacia do rio Marumbi que faz parte da bacia litorânea está numa região biologicamente importante, onde em 1992, foi criada a APA (Área de Proteção Ambiental) de Guaratuba. Com uma área de aproximadamente 200 mil hectares, englobando o município de Guaratuba, parte de Matinhos, Tijucas do Sul, São José dos Pinhais e Morretes. Seu objetivo é compatibilizar o uso racional dos recursos ambientais da região e a ocupação ordenada do solo, contribuindo com a qualidade de vida das comunidades caiçaras e da população local. Mais especificamente, a APA busca proteger a rede hídrica, área remanescente da Floresta Atlântica e os manguezais, disciplinar o uso turístico, conservar a diversidade faunística e os sítios arqueológicos (LOPES, 2001).

A bacia do rio Marumbi representa uma área de permanente proteção ambiental, com alto potencial para turismo ecológico e exploração de seus recursos naturais, que se localiza na Serra do Mar e que mesmo com grandes áreas de florestas com toda a proteção vegetal na superfície do solo, apresenta características físicas relevantes relacionadas à perda de solo, como altas declividades, regimes pluviométrico acentuado, com potencialidade de causar desagregação das partículas sólidas e transporte desse material.

Todos esses fatores tornam essa região crítica com relação à perda de solo. Fazem dela uma área de suma importância para o equilíbrio ambiental e para a economia do estado do Paraná, devido à possível exploração controlada de seus recursos naturais.

Por isso, torna-se necessário um estudo detalhado a respeito da erosão hídrica na região, de modo a oferecer parâmetros e argumentos para estudo, visando discussões e projetos incentivando a preservação ambiental da região.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Este estudo tem o objetivo de estimar a perda de solo média mensal e anual, o transporte de sedimentos médio mensal e anual e a taxa de transferência desse material através da seção de medição da bacia hidrográfica do rio Marumbi pertencente à Bacia Litorânea, localizada no estado do Paraná, relacionando assim esses três fatores, podendo-se determinar quanto efetivamente de material sólido erodido é transportado para fora da bacia e quanto fica depositado nesta.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar os valores dos fatores da equação universal de perda de solo revisada (RUSLE) que influenciam a erosão hídrica na bacia do rio Marumbi;
- Estimar a perda de solo média mensal e anual na bacia;
- Estimar a quantidade de sedimentos transportados por arraste e em suspensão e o transporte total de sedimentos no rio Marumbi;
- Estimar a taxa de transferência média mensal e anual de solo na bacia do rio Marumbi.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 EROSÃO

Erosão é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais) (IPT, 1986).

A erosão do solo pela água é o resultado da interação de fatores como solo, topografia, drenagem das chuvas e uso da terra. O desprendimento e arraste de partículas é causado por forças ativas e passivas. As forças ativas, representadas pelas tensões de cisalhamento são caracterizadas pelas características da chuva, a declividade, comprimento de rampa do terreno e a capacidade de infiltração de água no solo. As forças passivas são o atrito e a coesão do solo que representam a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água. Dependem do tipo de solo, da densidade, do tipo da cobertura vegetal e do grau de saturação do solo.(SUAREZ DE CASTRO, 1980; ADINARAYANA et al., 1999; TELLES, 1999).

As diferentes formas do uso da terra, tais como desmatamento e práticas agrícolas em que a conservação do solo não é considerada são fatores condicionantes da erosão, sempre vinculados ao uso e manejo do solo,. Os problemas não só frente à erosão são sérios, pois levam ao comprometimento dos recursos naturais, pela degradação dos solos, acúmulo de sedimentos e da qualidade das águas. O conhecimento do processo erosivo de uma bacia hidrográfica é importante, pois fornece um indicativo do grau de degradação do ambiente (VALÉRIO FILHO, 1994; LOMBARDI NETO et al., 1995; SILVA, 1999).

NASCIMENTO E CASTRO (1976), assinalam que em países de clima tropical úmido ocorrem graves problemas ocasionados pela erosão. Devido aos intensos processos de intemperização, são gerados espessos perfis de solo, que quando sujeitos a técnicas inadequadas de manuseio, são inteiramente afetados pelos processos erosivos.

Há duas formas de erosão: a geológica e a acelerada. A erosão geológica, ou mais amplamente, geomorfológica, é aquela processada normalmente, sendo também chamada de natural ou normal. Ela envolve a remoção das partículas ou materiais (solos, formações superficiais e perdas) e o seu transporte, ou deslocamento sem intervenção humana, atuando paulatinamente em todos os meios. Por outro lado, a erosão acelerada dita antrópica ou induzida pelo homem, é aquela provocada pela ação humana (CARVALHO, 1994).

Segundo CARVALHO (1994) a erosão pode se processar segundo quatro grandes tipos: erosão eólica, erosão hídrica superficial, de remoção em massa e a erosão fluvial.



A erosão eólica é aquela causada pelos ventos, ocorre quando o terreno está muito seco e as partículas do solo perderam coesão. Essa erosão depende, ainda, das condições da superfície do terreno, tamanho das partículas, rugosidade da superfície, velocidade e turbulência do vento ou outro fator de influência (CARVALHO, 1994).

A de remoção em massa corresponde a movimentos de uma quantidade substancial de material das formações superficiais e de rochas sob a influência combinada da gravidade e de saturação de água (CARVALHO, 1994).

A erosão fluvial é aquela que se processa de modo contínuo e espontâneo pela ação das correntes dos rios (CARVALHO, 1994).

Para BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), a erosão hídrica superficial é causada por forças ativas, que dependem das características da chuva, a declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade do solo de absorver água, e impedida por forças passivas, como a coesão, o atrito entre as partículas e o tipo de densidade da cobertura vegetal.

A erosão hídrica consiste basicamente numa série de transferências de energia e matéria geradas por um desequilíbrio do sistema água/solo/cobertura vegetal, as quais resultam numa perda progressiva de solo (GUERRA, et al., 1999).

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), a erosão causada pela água pode ocorrer pelas seguintes formas: laminar, em sulcos e voçorocas.

A erosão laminar é definida como a lavagem da superfície do solo nos terrenos arados ou como sendo a remoção uniforme do solo por lamina finas de água; a erosão em sulcos resulta de pequenas irregularidades na superfície do terreno concentrando a enxurrada, atingindo volume e velocidade suficiente para formar sulcos mais ou menos profundos; e a voçoroca é ocasionada por grandes concentrações de enxurradas que passam, ano após ano no mesmo sulco, que se amplia e forma uma grande cavidade em extensão e profundidade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

Para GUERRA et al. (1999), as perdas de solo por erosão hídrica são comandadas por diversos fatores relacionados às condições naturais do terreno, destacando-se: a chuva, a cobertura vegetal, a topografia e os tipos de solo.

Segundo GUERRA et al. (1999), a água da chuva provoca erosão por meio do impacto das gotas sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energia variáveis, e por meio do escoamento da enxurrada.

Entre os principais efeitos da cobertura vegetal, BERTONI E LOMBARDI NETO (1985), destacam: a proteção contra o impacto direto das gotas de chuva; a dispersão e quebra

da energia das águas de escoamento superficial; aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes; aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

BERTONI (1959), determinou as perdas de solo por erosão sob influência da declividade e comprimento de rampa, onde esses fatores interferem diretamente na velocidade das enxurradas, a partir de experimentos realizados no estado de São Paulo.

GUERRA (1999), afirma que, o solo, por influenciar e sofrer ação dos processos erosivos, conferindo maior ou menor resistência, constitui o principal fator natural relacionado à erosão. Sua influência deve-se à suas propriedades físicas, principalmente textura, estrutura, permeabilidade e densidade, e às suas propriedades químicas, biológicas e mineralógicas.

No processo erosivo hídrico, a desagregação das partículas ocorre quando o solo sofre impactos de fatores externos, principalmente gotas de chuva que despreendem as partículas, facilitando seu transporte, o que é mais acentuado quando o solo não apresenta nenhum tipo de cobertura.

O estudo da erosão e degradação do solo se torna importante em áreas agrícolas, para conservar a fertilidade do solo, na mecânica dos solos, para proteção de taludes, na construção e conservação de estradas, canais e barragens, erosão em áreas de mineração além de estudos sobre uso e ocupação do solo e manejo florestal que são realizados para obter o diagnóstico de uma bacia hidrográfica para providências de preservação e proteção (CARVALHO, 1994).

Após a desagregação das partículas sólidas, estas a princípio são transportadas pela própria água da chuva, através das enxurradas, chegando até pequenos córregos ou valas, para posteriormente chegar até os rios maiores. É a etapa onde o grão sólido e os nutrientes presentes são levados para outras áreas ou talvez, para o fundo de vale e transportado pelo rio para jusante da bacia hidrográfica.

A deposição ocorre quando a força peso das partículas sólidas transportadas torna-se maior que a energia de transporte, podendo estar muito próxima do local de desagregação ou até depositada fora da bacia de onde foi removida, dependendo do tamanho da partícula e intensidade da chuva, entre outros.

Os depósitos indesejáveis de sedimentos são chamados de assoreamento por estarem impedindo ou perturbando uma obra ou ação. Normalmente, estudos de erosão e de transporte de sedimentos são necessários à aplicação em morfologia fluvial, estudos de navegação,

previsão de assoreamento em reservatórios, degradação de canais, formação de depósitos, enchentes e inundações e preservação do rio e de sua bacia (CARVALHO, 1994).

O assoreamento constitui-se em um dos mais graves impactos da erosão nos recursos hídricos, favorecendo a ocorrência de enchentes, causando a perda da capacidade de armazenamento de água nos reservatórios para o abastecimento público e incremento de poluentes químicos. Municípios como Bauru, São José do Rio Preto, Marília, Franca e Presidente Prudente, apresentam um quadro de comprometimento do abastecimento público devido ao assoreamento de seus reservatórios. Para solucionar o problema recorre-se a altos investimentos na perfuração de poços profundos, ou a projetos de desassoreamento (OGURA et al. 1997).

O processo erosivo, como um todo, geralmente é prejudicial, causando danos ao meio ambiente, como destruição de vegetação e fauna, assoreamento dos rios, além de prejuízos econômicos a sociedade. Com a degradação de áreas agrícolas, vem o encarecimento da produção, com as perdas de nutrientes do solo, exigindo uma quantidade maior de fertilizantes. O assoreamento originado em trechos de rios utilizados para navegação ou reservatórios, implica em grandes obras para retirada de material sólido, que pode implicar em dificuldades técnicas e altos custos.

### **3.2 TEORIA DA PERDA DE SOLO**

A modelagem da perda de solo de uma região é um processo complicado, devido a diversos fatores inter-relacionados que resultam no processo erosivo, gerando a perda do material sólido.

Devido a isso, qualquer modelo que possa ser utilizado corresponderá a uma simplificação da realidade.

Existem dois principais tipos de modelo que podem ser utilizados. São os modelos conceituais ou matemáticos e os modelos empíricos ou estatísticos (STOCKING, 1982).

Os modelos conceituais são os que tentam modelar os processos de erosão, baseados em equações que reproduzem a realidade física real do processo. A principal vantagem é uma maior confiabilidade nas extrapolações, por equacionar um processo real, representativo não apenas em situações ocorridas, como também em situações futuras. A desvantagem é a complexibilidade do processo e a dificuldade da representação matemática exata dos fenômenos que geram o processo de erosão.(STOCKING, 1982).

Os modelos empíricos são geralmente constituídos de equações que retratam relações causa-efeito simples cujos coeficientes são calibrados através da experiência, relacionando dados observados da perda de solo com um grande número de características locais (variáveis explicativas). A maior vantagem desses modelos é a sua simplicidade funcional. Estando as variáveis explicativas dentro dos limites das variáveis para as quais o modelo foi calibrado, será possível obter uma boa aproximação da realidade. Como desvantagem tem-se a incapacidade de extrapolar os resultados para situações distintas das usadas na calibragem como por exemplo situações de projetos ou eventos extremos. (STOCKING, 1982).

Um dos modelos empíricos mais utilizados para quantificar a erosão em todo mundo foi desenvolvido por WISCHMEIER & SMITH (1978) baseado em resultados obtidos pelo uso de simuladores de chuva e chamado USLE (*universal soil loss equation*) ou Equação Universal da Perda de Solo. Essa equação relaciona características físicas, meteorológicas e geomorfológicas de uma região, permitindo estimar a perda de solo média mensal ou anual.

VALÉRIO FILHO et al. (1994); STEIN (1995), LOMBARDI NETO et al., (1995) ADINARAYANA et al. (1999), FU et al. (2000), mencionam que para bacias hidrográficas o emprego da Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (WISCHMEIER & SMITH, 1978), fornece resultados eficientes e importantes para o planejamento, pois auxiliam na identificação das áreas com problemas de erosão e degradação que afetarão os recursos hídricos da bacia. Desde então, a USLE tem sido largamente utilizada na estimativa da erosão, principalmente pela sua simplicidade, e pelo número pequeno de variáveis explicativas.

Segundo SIVIERO & COIADO (1999), quanto à confiabilidade dos resultados da USLE pode-se comentar que por se tratar de um modelo empírico, ela envolve além dos erros amostrais erros de modelo devido à simplificação da formulação e dos efeitos de variáveis não mensuradas. No entanto, vários pesquisadores afirmam que quando não há condições de medir no campo os valores reais das perdas de solo numa determinada área, a utilização da USLE deve ser reconhecida como a melhor maneira disponível para estimar essas perdas.

Para SIVIERO & COIADO (1999) as inúmeras pesquisas realizadas para se comprovar a confiabilidade da USLE indicam que, para se obter bons resultados nas previsões, deve-se aplicá-la em áreas distintas onde todos os fatores possam ser avaliados para cada localidade, durante um período de tempo específico. Fatores como a erosividade da chuva ( $R$ ), o uso e manejo do solo ( $C$ ) e práticas conservacionistas ( $P$ ) são dinâmicos no tempo.

Ainda conforme SIVIERO & COIADO (1999), devido ao extenso uso desta equação, durante décadas, em planejamentos de programas regionais de proteção do solo, os técnicos e

pesquisadores consideram-na como boa. Os resultados apresentados são bem próximos do real, em decorrência das análises entre os dados colhidos no campo e os dados medidos através de experimentos.

Conforme, WILLIAMS (1975), WILLIAMS et al. (1984), RENARD et al. (1991), LAFLEN et al. (1985), CHAVES (1991), as tentativas de aperfeiçoar ou adaptar a estrutura da USLE para outras finalidades, resultaram em modelos diferentes, porém, mantendo uma estrutura muito semelhante à equação original:

- MUSLE (WILLIAMS, 1975) - Foi desenvolvida para a predição do aporte de sedimentos em exutórias de pequenas e médias bacias hidrográficas. Houve modificação no termo de erosividade da chuva, substituindo - o pelo produto do volume da enxurrada e vazão de pico ( $Q_{pp}$ ). A variável dependente é o aporte de sedimentos  $Y(t)$  na exutória da bacia, ao invés da perda de solo média anual;
- ONSTAD – FOSTER (ONSTAD & FOSTER, 1975) - Separa o termo de erosividade em fator de chuva e outro de enxurrada;
- EPIC (WILLIAMS et al., 1984) - prediz não apenas a erosão, mas também sua relação com a perda de produtividade;
- RUSLE (RENARD et al., 1991) - atualização da USLE, com modificações na estimativa dos fatores K, C e LS.

Segundo BERTONI & LOMBARDI (1990), no Brasil, os trabalhos iniciais sobre a Equação Universal de Perda de Solos foram desenvolvidos por BERTONI et al (1975), utilizando dados do estado de São Paulo. A partir de 1975, vários autores vêm tentando avaliar os fatores da equação para outras regiões de solos tropicais.

Apesar de esforços despendidos na determinação dos fatores da USLE no Brasil, o banco de dados existentes no país ainda é insuficiente para a utilização generalizada. Entretanto, sua aplicação é possível para algumas regiões, onde os parâmetros são disponíveis (CHAVES, 1996).

CHAVES (1994) utilizou a USLE em um estudo de erosão no Vale do Rio São Francisco, onde depois de adaptações nos fatores topográficos, a equação foi acoplada a um sistema de informações geográficas para predição da perda de solo a nível regional. Apesar da limitação da informação sobre os fatores do modelo, CHAVES (1994) concluiu que obtiveram-se níveis aceitáveis de precisão das predições, uma vez que as perdas de solo calculadas, depois de transformadas em aporte anual de sedimentos por meio de metodologia

do SDR (RENFRO, 1975), foram compatíveis com as observações sedimentométricas de rios da região.

A aplicação da USLE por RANIERE (1996), na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Martins, afluente do Rio Piracicaba, localizada no Município de Piracicaba, estado de São Paulo, com uma área de 5.907 hectares, resultou perda de solo de até 20 t/ha.ano.

Em estudo feito por SIVIERO & COIADO (1999), na bacia hidrográfica do rio Atibaia, com uma área de drenagem de 735 km<sup>2</sup>, localizada no estado de São Paulo, constatou-se, através da utilização da USLE, que a região vem sofrendo perdas por erosão da ordem de 10 t/ha.ano, e constataram que a Sub-bacia do Atibaia é um cenário de intensas alterações ambientais, em decorrência principalmente das atividades antrópicas, traduzindo-se em termos de erosão acelerada.

SANTOS et al. (1999), desenvolveram um estudo sobre a perda de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Ivaí, no estado do Paraná, utilizando a USLE como ferramenta para esse cálculo, a qual foi simulada em ambiente SIG.

Os mesmos autores concluíram que a bacia hidrográfica do rio Ivaí apresenta um potencial de perdas de solo entre muito baixo e baixo, que ocupam 78,4% e 9,0% da área total, respectivamente. Com relação à perda efetiva, concluiu-se que uma área de 5540 km<sup>2</sup>, 15,2% da bacia, apresenta perdas de solo acima da tolerância, citada por CARVALHO (1994) como uma expectativa de perda de solo média, que corresponde a uma taxa de perda de solo entre 15 e 50 t ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> ou valores superiores a estes.

No Estado do Paraná, vários trabalhos têm sido apresentados com a utilização da USLE, com relativo sucesso, para quase todo estado, exceto para o Litoral, onde quase não existem trabalhos sobre perda de solo com aplicação da USLE. Assim sendo, o litoral do Paraná, por sua fragilidade natural tem uma forte carência de trabalhos sobre o assunto (SILVA, 2000).

### 3.3. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO REVISADA (RUSLE)

Os modelos de erosão são instrumentos que possibilitam a previsão da quantidade de perda de solo originada pelos processos erosivos. O modelo *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), escolhido para ser aplicado neste trabalho, foi resultado de melhoramentos feitos ao modelo *Universal Soil Loss Equation* (USLE).

A USLE é um modelo de erosão desenvolvido para calcular a quantidade média de perda de solo em períodos longos, para processos de erosão laminar e sulco em condições especiais (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Esse modelo é útil principalmente para áreas rurais, no entanto, foi considerado aplicável também em locais de construção civil e outras áreas em determinadas condições. Esse modelo é capaz de prever a quantidade de sedimentos que se desprende do solo numa área, mas não representa os processos subseqüentes de deposição e transporte do sedimento em erosões de voçoroamento e do banco e leito de rios.

As equações de perda do solo foram elaboradas, primeiramente, para prever a perda de solo em regiões específicas situadas ao longo da faixa de produção de milho (*Corn Belt*), no Centro-Norte dos Estados Unidos. Os procedimentos foram desenvolvidos entre 1940 e 1956. Em 1940 foi publicada uma equação que relacionava a taxa de perda de solo ao comprimento e ao percentual de declividade (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Logo em seguida outros estudos foram adicionando outros fatores que envolvessem o tipo do solo e de manejo e conservação do mesmo. Essas informações foram sendo colocadas em tabelas para facilitar sua utilização em diversos campos.

Pesquisadores e funcionários do Serviço de Conservação do Solo (SCS), trabalharam juntos para desenvolver uma metodologia para o uso da equação chamada declividade-manejo (*slope-practice equation*) para sua utilização em toda região do *Corn Belt*. Posteriormente, num comitê nacional realizado em Ohio em 1946 foram feitas aprimorações dos fatores da equação desenvolvida para o *Corn Belt* e adicionado o fator de chuva para que a equação fosse aplicada às outras regiões.

A equação estabelecida agrupa parâmetros físicos e antrópicos que influenciam a taxa de erosão hídrica de acordo com seis fatores principais: chuva, solo, comprimento de rampa, grau de declive, uso e manejo e práticas conservacionistas. Os parâmetros variam em suas intensidades espacialmente sobre os terrenos, sendo estes expressos em valores numéricos (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Em 1954, na Universidade de Purdue (USA), concluiu-se através de pesquisas que os fatores mencionados acima apresentavam perfeita correlação com dados medidos de perda de solo e água, confirmando a possibilidade de prever as perdas de solo em regiões que tivessem informações disponíveis para representar os parâmetros envolvidos no processo de erosão hídrica.

Alguns anos depois, WISCHMEIER et al. (1971) publicaram a atual equação de perdas de solo (USLE), a qual passou a ser usada em diversos países. No Brasil, a equação foi primeiramente usada em trabalhos desenvolvidos por BERTONI et al. (1975) no Estado de São Paulo e vem, desde então, sendo avaliada por vários autores quanto à sua aplicabilidade em nossas características tropicais (SANTA CATARINA, 1994).

DENARDIN (1990) elaborou um estudo comparativo entre o fator de erodibilidade de 31 solos do Brasil e de 46 solos dos EUA estimados por meio de parâmetros físicos e químicos. Em sua pesquisa ele concluiu que o modelo matemático pode ser ajustado a partir de variáveis exclusivas dos solos do Brasil.

Segundo SIVIERO & COIADO (1999), fatores como a erosividade da chuva, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas são dinâmicos no tempo. Portanto, para se obter estimativas aproximadas de perda do solo numa determinada bacia hidrográfica, através da USLE, é necessário aplicá-la em parcelas distintas do terreno com todos os fatores avaliados localmente e para um período de tempo específico.

Os valores estimados de perda de solo, quando comparados aos valores de tolerância de perda de solo numa área considerada, possibilita uma orientação para que sejam tomadas medidas de controle de erosão mais efetivamente sobre a área. (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

### 3.3.1. Parâmetros da Equação RUSLE

A equação do modelo RUSLE leva em conta a ação conjunta dos **fatores naturais**: erosividade das chuvas, dada pela capacidade da chuva de provocar desprendimento e arrasto de solo; erodibilidade, que quantifica a susceptibilidade de um solo a ser erodido pela chuva; e as características topográficas que leva em conta comprimento de encosta e declividade; e o **fator antrópico**, que inclui: cobertura e uso do solo; e práticas conservacionistas.

$$A = R.K. L S. C. P \quad (3.1)$$



Onde:  $A$  é a perda do solo computada por unidade de área [ton/(ha.ano)];  $R$  fator erosividade da chuva, quantifica em termos da energia produzida pelo impacto das gotas de chuva juntamente com uma taxa de arraste do solo resultante do escoamento superficial [MJ.mm/(ha.h.ano)];  $K$  fator erodibilidade do solo, representa a susceptibilidade de diferentes solos serem erodidos de acordo com suas características físicas e químicas [ton.ha.h/ha.MJ.mm];  $L$  fator comprimento de rampa (adimensional);  $S$  fator declividade (adimensional);  $C$  fator uso e manejo (adimensional);  $P$  fator práticas conservacionistas (adimensional).

### 3.3.1.1. Fator Erosividade da Chuva ( $R$ )

O fator de erosividade da equação RUSLE é expresso em MJ.mm/ha.h.ano e representa a capacidade de um evento de chuva causar erosão numa área sem proteção.

Existe uma série de características das chuvas que podem ser consideradas para aumentar a precisão dos cálculos do fator de erosividade, como: quantidade de chuva total, energia cinética (força de impacto das gotas de chuva sobre o solo), intensidade, duração e frequência em que ela ocorre. Devido às dificuldades de análise e disponibilidade de todos esses dados de maneira conjunta, em geral, no meio técnico são levados em conta os parâmetros que traduzem a energia cinética e a intensidade da chuva.

Os autores WISCHMEIER & SMITH (1978) demonstraram que a energia cinética da chuva é determinada em função da quantidade de chuva que cai e sua intensidade. O tamanho médio das gotas de chuva aumenta com a intensidade, e a velocidade terminal das gotas em queda livre aumenta com o seu tamanho. Uma vez que, a energia de uma determinada massa em movimento é proporcional ao quadrado de sua velocidade, a energia cinética da chuva é diretamente relacionada à sua intensidade.

FOSTER et al. (1981) ao fazer a conversão da USLE para a unidade de SI obtiveram as seguintes equações:

$$E = 0,119 + 0,08731 \cdot \log I \quad (\text{quando } I < 76 \text{ mm/h}) \quad (3.2)$$

$$E = 0,283 \quad (\text{quando } I > 76 \text{ mm/h})$$

Onde:  $E$  é energia cinética [MJ/(ha.mm)]; e  $I$  é a intensidade da chuva [mm/h].

A energia da chuva indica a proporção do volume de enxurrada, não podendo por si só se apresentar como um bom indicador de erosividade. O potencial erosivo aumenta com a intensidade da chuva. Uma chuva leve e de longa duração pode apresentar o mesmo valor de energia ( $E$ ) que uma outra chuva curta, porém, com maior intensidade (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

WISCHMEIER & SMITH (1978), então, definiram um parâmetro  $EI$  para um dado evento de chuva, determinado pelo produto da energia total ( $E$ ) e a intensidade máxima em 30 minutos ( $I_{30}$ ). Esse produto representa interações estatísticas que refletem a forma como a energia total e a intensidade de pico são combinadas em cada evento de chuva particular. Tecnicamente o parâmetro  $EI$  indica como o desprendimento de partículas do solo está interligado à capacidade de transporte de enxurradas para picos prolongados.

A intensidade é considerada, então, o fator pluviométrico mais importante na determinação do fator de erosividade. A duração de chuva é o complemento da intensidade; a combinação dos dois determina a chuva total. Os eventos de chuva foram considerados erosivos, em trabalhos realizados por WISCHMEIER & SMITH (1978), quando apresentavam dez milímetros ou mais de altura pluviométrica, ou quando apresentavam o mínimo de seis milímetros precipitados em um período máximo de 15 minutos, sendo as demais chuvas consideradas não-erosivas (BERTONI *et al.*, 1993).

O fator de erosividade anual ( $R$ ) tornou-se possível de ser determinado, através da soma do coeficiente  $EI_{30}$ , calculado para cada evento de chuva classificado como erosivo, ocorrido durante o período de um ano, de acordo com a seguinte equação:

$$R = \sum_{i=1}^m EI_{30} \quad (3.3)$$

Onde:  $m$  = número de chuvas erosivas no período de um ano.

Segundo FRUET (2002), alguns autores brasileiros propuseram outras equações para as condições encontradas em suas regiões de estudo. Assim fizeram CASTRO FILHO *et al.* (1982) que utilizaram dados de cinco estações meteorológicas do estado do Paraná e LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1980) e WANGNER & MASSAMBANI (1988) que estudaram erosão em Campinas no estado de São Paulo.

A equação primeiramente proposta por LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1980) relaciona o índice mensal de erosão ( $EI$ ) com a precipitação média mensal em

milímetros ( $r$ ) e a precipitação média anual em milímetros ( $P$ ). Entretanto essa equação foi posteriormente modificada por LOMBARDI NETO (1995) em conjunto com ALBUQUERQUE et al. (1994) e LOPES & BRITO (1993), considerando o valor de  $EL_{30}$  como mais adequado para a realidade intertropical.

$$El_{30} = 67,355(r^2/P)^{0,85} \quad (3.4)$$

Onde:  $El_{30}$  é a média mensal do índice de erosividade, em [MJ.mm/(ha.h)];  $r$  é a média do total mensal de precipitação, em [mm];  $P$  é a média do total anual de precipitação, em [mm].

Para a determinação de  $R$ , soma-se o resultado dos valores mensais do índice de erosividade em cada estação pluviométrica:

$$R = \sum_{j=1}^{12} EI_{30} \quad (3.5)$$

Alguns autores como HUDSON (1973) criticam o uso da equação (3.4) considerando que chuvas de intensidades baixas ( $I < 25$ mm/h) não causam erosão. Porém, diversos autores comprovaram a aplicabilidade do método  $EI_{30}$  para as regiões de RS, SP e PE. Estes concluíram, também, que embora o melhor indicador para erosividade é o volume de enxurrada, o uso de  $EI_{30}$  é recomendado para a RULSE devido à extrema facilidade de obtenção do mesmo (FRUET, 2002).

### 3.3.1.2. Fator Erodibilidade do Solo (K)

Erodibilidade pode ser entendido como a susceptibilidade que os solos têm de serem erodidos. Embora, a intensidade de perda do solo de uma área pode ser influenciada mais pelas características das chuvas e condições do terreno (declividade, cobertura vegetal e manejo), os diferentes tipos de solos apresentam propriedades, adquiridas no decorrer dos processos de formação, que podem proporcionar uma maior ou menor facilidade com que as partículas de solo se desprendem e são posteriormente transportadas pela ação da água.

Dentre as propriedades dos solos que influenciam na erodibilidade, pode-se destacar: teor de areia, silte e argila, a densidade aparente e real, a porosidade, a presença e a estabilidade dos agregados, a presença de matéria orgânica e o pH dos solos.

O fator de erodibilidade tem seu valor quantitativo expresso como a perda de solo ( $A$ ), por unidade de índice de erosão da chuva ( $EI$ ). O mesmo pode ser determinado para um tipo de solo específico, através de experimentos realizados em parcelas unitárias do terreno. Uma parcela unitária possui 25m de comprimento e uma declividade uniforme de 9% (essas dimensões foram escolhidas arbitrariamente para serem usados como termo de comparação nos estudos de perda por erosão). Durante o período de determinações de perda de solo, em cada primavera, a parcela é preparada e deixada em condições convencionais de plantio, sendo capinado à medida que for necessário, para prevenir o crescimento de ervas daninhas ou formação de crostas superficiais. Quando todas essas condições são satisfeitas, os fatores  $L$ ,  $S$ ,  $P$ ,  $C$  assumem valor unitário. Desta forma, o valor de  $K$  iguala-se a  $A/EI$  (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Alguns autores aplicaram medidas experimentais em regiões do Brasil com solos de tipos e classes de texturas específicas e encontraram valores significativos de  $K$ .

Porém, a determinação do fator  $K$  experimentalmente apresenta muitas dificuldades, sendo custosa e demorada. Devido a esse fato, ainda são poucas as regiões onde esse tipo de trabalho já foi realizado.

Para que a estimativa da erodibilidade, essencial na aplicação da RUSLE, pudesse ser alcançada com mais facilidade, foram desenvolvidas, na década de sessenta, uma série de equações empíricas que resultaram em um nomograma de erodibilidade do solo.

A solução pelo nomograma apresentado na Figura 3.1 se torna possível, apenas quando são conhecidas algumas das propriedades do solo que afetam a erodibilidade. Os dados de entrada para o nanograma são especificados por: parâmetro de tamanho de partículas; quantidade de matéria orgânica; estrutura do solo; e classe de permeabilidade do solo.

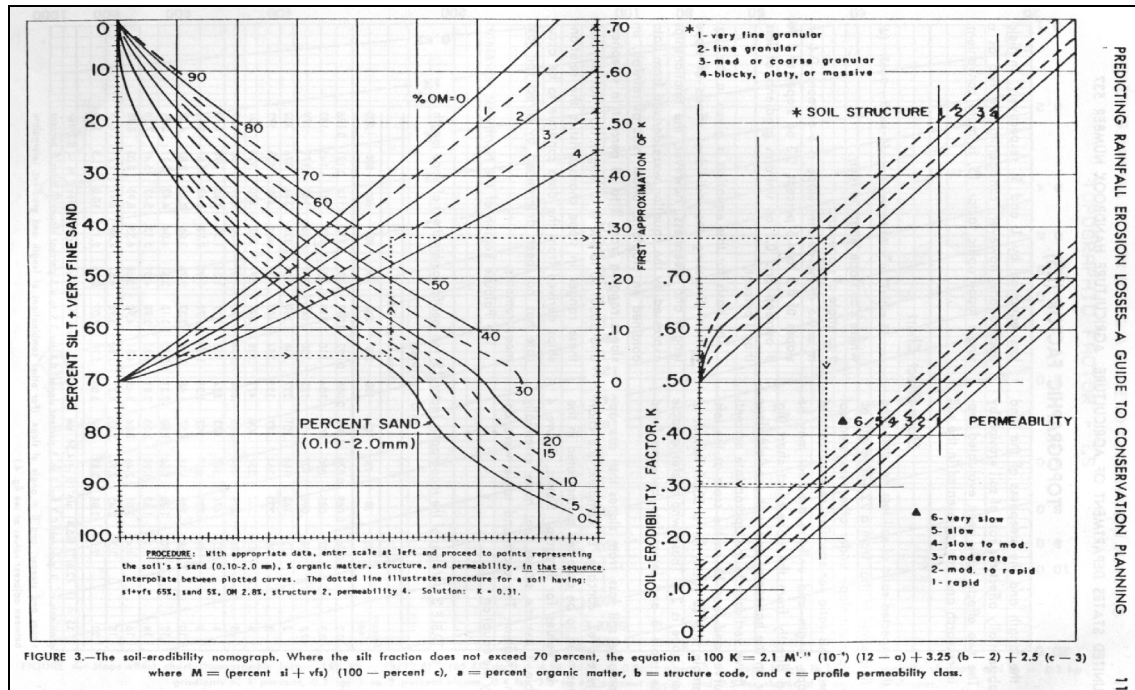
Para solos que apresentam percentagens de silte e areia fina menores que 70%, o nomograma resolve a seguinte equação:

$$100 K = 2,1 M^{1,14} (10^{-4}) (12 - a) + 3,25 (b - 2) + 2,5 (c - 3) \quad (3.6)$$

Onde:  $M$  é o percentual de silte  $\times$  (100 - percentual de argila);  $a$  é o percentual de matéria orgânica;  $b$  é o código de estrutura do solo usado na classificação do solo;  $c$  é a classe do perfil e permeabilidade do solo.

Dados de experimentos indicam uma mudança na relação de  $M$  com a erodibilidade, quando a percentagem de silte e areia fina é superior a 70. Essa mudança fez com que, empiricamente, a curva de percentual de areia sofresse uma inflexão a partir desse ponto, no entanto, esse efeito não pode ser verificado por meio de uma equação numérica.

FIGURA 3.1 - NOMOGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DO FATOR DE ERODIBILIDADE DO SOLO.



### 3.3.1.3. Fator Topográfico (LS)

A influência da topografia na intensidade erosiva é devido à declividade e comprimento de rampa, os quais interferem diretamente na velocidade das enxurradas.

As perdas de solo por erosão sob a influência da declividade e comprimento de rampa foram determinadas por BERTONI (1959) para solos do estado de São Paulo. A equação (3.7) abaixo integra os parâmetros  $L$  (comprimento de rampa) e  $S$  (grau de declive, em porcentagem):

$$LS = 0,00984 L^{0,63} S^{1,18} \quad (3.7)$$

Onde:  $L$  é o comprimento de rampa [m];  $S$  é a declividade [%].

#### **3.3.1.4. Fator Práticas Conservacionistas (P)**

Segundo GUERRA et al (1999), o fator de práticas conservacionistas (*P*) é a relação entre a intensidade esperada de perdas de solo por erosão, com determinada prática conservacionista, e aquelas quando a cultura está plantada no sentido de declive (morro abaixo). Para áreas não cultivadas, adota-se o valor máximo 1,0 e para áreas com algum tipo de conservação (por ex. agricultura), de acordo com recomendação de BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), adota-se 0,5.

#### **3.3.1.5. Fator Uso e Manejo do Solo (C)**

Segundo GUERRA et al (1999), este fator é a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado em determinadas condições e as perdas de solo de um terreno mantido continuamente descoberto. De maneira geral os valores de *C* são obtidos por experimentos realizados nas regiões de estudo.

BERTONI E LOMBARDI NETO (1990) determinaram, a partir de dados experimentais, valores de perdas de solo por erosão laminar em função dos diferentes fatores uso e manejo do solo (*C*) e prática conservacionista (*P*).

### **3.4 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**

O transporte de sedimentos pelos rios é um fenômeno complexo que depende dos processos erosivos que ocorrem nas vertentes da bacia, no leito e nas margens dos rios, e também da energia do fluxo disponível para o transporte do material (SANTOS et al., 2001).

Considera-se que os parâmetros hidráulicos em um canal sejam tais que, uma pequena mudança em um dos constituintes fará com que as condições críticas do leito sejam excedidas e dessa maneira haverá o transporte de sedimentos (GRAF, 1984).

O mecanismo básico responsável pela movimentação do sedimento no leito é força de arraste exercida pelo fluido em cada grão de sedimento (HENDERSON, 1966).

Segundo HENDERSON (1966), uma tensão de cisalhamento (tangencial) é exercida na direção do movimento pelo fluxo no leito do rio, e sua magnitude será o mais importante fator no movimento do sedimento no leito.

Para HENDERSON (1966), a condição inicial do movimento do sedimento não pode ser definida com absoluta precisão, ela depende de fatores como a tensão de corte, densidades do fluido e do sedimento, diâmetro do grão, aceleração da gravidade, a viscosidade do fluido, o ângulo de repouso do grão e a estabilidade do canal.

A descarga obtida total entendida como a massa de material sólido que atravessa uma seção do rio na unidade de tempo em um curso não é necessariamente igual ao material transportado no leito do rio. Além do material do leito do rio, também existe uma outra parcela chamada “washload” constituída de material mais fino proveniente do próprio leito do rio ou de agentes externos, principalmente enxurradas, e que é transportado em suspensão pela própria água. (GRAF, 1984).

É difícil estabelecer uma distinção precisa entre material do leito e material em suspensão (washload). Muitos engenheiros assumem que o menor tamanho de material de leito é igual ou maior a 0.0625 milímetros, o que é o ponto de divisão entre areia e silte. O material que consiste de grãos menores que essa medida é considerado material em suspensão (washload) (SIMONS & SENTÜRK, 1992).

Para essa discussão, EINSTEIN (1964), explicou:

*“Toda partícula sólida que passa por uma determinada secção do rio deve satisfazer as duas condições: (1) deve ter sido erodida em algum lugar do canal a montante da secção medida, (2) deve ter sido transportado pelo fluxo do lugar onde erodiu até a secção medida. Essas duas condições limitam a taxa de sedimentos que passam pela secção, dependendo da intensidade de duas determinações: a condição do material no rio e a capacidade de transporte do fluxo. Na maioria da descarga, a parte mais fina dos sólidos, a parte que o escoamento consegue transportar facilmente em grandes quantidades, é limitada por sua capacidade de transporte. Essa parte da carga sólida é chamada descarga de lavagem (washload). A parte restante da carga sólida, a parte que é mais difícil de mover pela ação da água, é limitada pela capacidade de transporte do rio entre seu local de repouso e a secção. Essa parte da carga sólida é designada descarga sólida do leito.”*

Em suma, a soma da descarga sólida transportada no leito e a descarga em suspensão (washload) constituem a descarga total sólida. Sabendo que a maioria das equações somente determina a descarga sólida do leito do rio, a descarga total somente pode ser definida se o material em suspensão (washload) for estimado, por medição ou empiricamente por correlação com a descarga líquida. (SIMONS & SENTÜRK, 1992).

Para GRAF (1984) o material em suspensão (washload) geralmente é composto por grãos de pequena granulometria, que após chegarem ao rio são transportados por suspensão, e podem ser determinados se a descarga em suspensão for conhecida.

Segundo CARVALHO (1994), a descarga em suspensão representa a maior quantidade de carga sólida do curso d'água, podendo corresponder a 95% de toda a descarga sólida. No entanto é variável de acordo com o curso d'água e posição da seção, sendo função da velocidade, tipo de escoamento, profundidade, granulometria e outros fatores.

Ainda segundo CARVALHO (1994), a descarga sólida por arrasto representa somente a menor parte da descarga sólida total, correspondendo de 5 a 10% normalmente, podendo, no entanto, igualar ou superar o valor da descarga em suspensão, em caso de rios largos e rasos com sedimento aluvionar.

SING et al (1995) afirmam que um canal pode apresentar, em conseqüência da variação da seção, decréscimo no transporte de sedimentos, que passa a se depositar em trechos do rio, de modo que o transporte de material sólido em um canal é limitado pela capacidade de transporte de sedimentos que esse canal apresenta em função de suas características hidráulicas e geométricas.

A maneira como o grão será transportado no rio depende da granulometria das partículas sólidas, da energia de transporte das águas e da geometria do curso d'água.

A estimativa da quantidade de sedimentos transportada pode ser feita de forma direta, através de medições e das características geométricas e hidráulicas de uma seção do rio, ou utilizando-se de fórmulas empíricas, desenvolvidas por diversos autores, em função de parâmetros locais, calculando separadamente transporte em suspensão e transporte por arraste ou calculando o transporte total com uma única equação.

Quando existe limitação de dados para o calculo da descarga sólida para toda uma série, uma curva de descarga de sedimentos pode ser ajustada no local para estimar a descarga sólida para períodos em que as medições de sedimentos não foram possíveis (BOWIE & MUTCHLER, 1986).

Esta relação é chamada curva chave de sedimentos, e pode ser expressa por  $Q_s = aQ^n$ , onde:  $Q_s$  é a descarga sólida,  $Q$  a descarga líquida, e  $a$  e  $n$  são coeficientes ajustados a partir de medidas diretas. Quando a curva chave de sedimentos é usada para estimar vazão sólida em longos períodos os resultados podem ser satisfatórios, embora para valores diários erros na ordem de  $\pm 50\%$  podem ser esperados (LINSLEY et al., 1972).



Há variações de formas de cálculo para materiais coesivos e não coesivos, porém, no presente trabalho somente serão abordadas relações para materiais não coesivos.

### 3.4.1 Transporte de Sedimento em Suspensão

Por um conjunto de parâmetros hidráulicos em um canal aberto com leito móvel, a condição crítica pode ser excedida e ocorre o movimento de partículas sólidas (GRAF, 1984).

Quando o movimento das partículas sólidas é tal que estas são envolvidas pelo fluido, o movimento é dito transporte em suspensão. Com o peso da partícula, há uma tendência dessa se assentar no leito do rio, a qual, porém, é contrabalanceada pelas componentes verticais irregulares da velocidade no movimento turbulento (GRAF, 1984).

Material em suspensão é a fração mais fina do material carregado em que as forças provocadas pela ação da turbulência do fluido superam a ação da gravidade, impedindo a deposição das partículas (CARVALHO, 1994).

A carga em suspensão é a parte do transporte de sedimentos mais bem estudada, em função da importância relativamente à carga dissolvida, e pela facilidade da medição em campo, comparativamente aos métodos de medição de carga de leito (SANTOS et al. 2001).

Em geral, a partir de amostras de água a concentração dos sólidos em suspensão é determinada por filtração e pesando-se o resíduo retido no filtro.

A descarga sólida em suspensão é determinada a partir de um valor médio de concentração de sedimentos suspensos na seção, sendo as coletas realizadas por integração vertical em várias verticais. A descarga sólida é definida por:  $Q_s = Q.C.K$ , onde  $Q_s$  representa a descarga sólida,  $Q$  a descarga líquida,  $C$  a concentração média de sedimentos suspensos, e  $K$  um fator de conversão de unidades (BOWIE & MUTCHLER, 1986).

STROBEL et al. (1981) estimaram o transporte de sedimento em suspensão no Ribeirão das Antas, no estado do Paraná, através do método de EINSTEIN & CHIEN (1950) e o método de LANE & KALINSKE (1941), relacionando dados de velocidade, largura da seção, além de coeficientes obtidos graficamente, e adotando um valor médio de concentração de sedimentos suspensos medido na seção.

OKAWA et al. (1997), estimaram o a descarga sólida em suspensão em vários rios da Bacia Litorânea, no estado do Paraná (Projeto Floresta Atlântica) através de medições de concentração de sedimentos suspensos. As medições foram feitas por amostragem por

integração vertical, que segundo SANTOS et al. (2001) é a mais utilizada nas medições rotineiras e permite boa precisão nos resultados.

Na amostragem por integração vertical ou em profundidade, o amostrador é deslocado ao longo da vertical de amostragem com uma velocidade a mais constante possível e próximo a um valor previamente calculado, tanto na descida como na subida (SANTOS, et al. 2001).

No Projeto Floresta Atlântica a amostragem da concentração de sólidos em suspensão realizou-se com amostrador tipo US-DH-48. De acordo com CARVALHO (1994), esse amostrador é do tipo leve, para operação de haste ou cabo manual, para profundidade até 1,5 m (um metro e meio), sendo calibrado com um bico de ¼". O amostrador é feito de alumínio em forma hidrodinâmica, usa garrafa presa por mola, pesando o conjunto cerca de 3,0 Kg. A haste é graduada e serve para suspensão do amostrador. A denominação nacional é AMS-1.

Com os valores de descarga sólida em suspensão e descargas líquidas, OKAWA et al. (1997) determinaram as curvas chaves de sedimentos suspensos por regressão log linear, para várias seções de medições em rios da região.

O uso de sensoriamento remoto também pode ser aplicado para determinação da concentração de sedimentos em estuários, entrada de reservatórios, bem como estudo de qualidade d'água para agricultura (CARVALHO, 1994).

Também existe o modelo da Difusão-Dispersão, que considera que as partículas sólidas se mantêm em suspensão devido ao efeito da turbulência do transporte, o qual nas partículas pode se assumir ser análogo ao processo de difusão-dispersão (GRAF, 1984).

### **3.4.2 Transporte de Sedimentos por Arraste**

Quando o escoamento em um canal apresenta condições hidráulicas excedendo a condição crítica de movimento do material do leito, ocorrerá transporte de sedimento por arraste (SIMONS & SENTÜRK, 1992).

O movimento das partículas por arraste ou contato é realizado por rolamento, deslizamento, e algumas vezes saltitando no fundo do rio (SIMONS & SENTÜRK, 1992).

Geralmente a taxa de sedimentos transportada por arraste se apresenta em torno de 5 a 25% do total transportado (YANG, 1996).

A estimativa do transporte por arraste pode ser feita através de duas formas, por medições diretas, ou por modelos empíricos ou semi empíricos.

A medição direta é feita através de amostradores, colocando-se estes junto ao fundo, em vários pontos da seção transversal, colhendo-se uma amostra que enviada para laboratório, terá determinado seu peso seco e outras características granulométricas (CARVALHO, 1994).

No cálculo da descarga sólida de leito a partir da amostragem direta, deve-se considerar a área de captação do bocal, o peso seco do material amostrado, o tempo de amostragem e a eficiência do amostrador, além de informações relativas à geometria da seção de medição (SANTOS et al. 2001).

Segundo SANTOS et al. (2001) a descarga sólida de leito para uma dada vertical de amostragem (i) vale:

$$q_{sa(i)} = \frac{M_i}{L.t} \quad (3.8)$$

Onde:

- $q_{sa(i)}$  – descarga sólida de leito medida na vertical de amostragem (kg/s.m);
- $M$  – massa seca da amostra (kg);
- $L$  – largura do bocal do amostrador (m);
- $t$  – tempo da amostragem;
- $i$  – vertical considerada.

A descarga sólida do leito na seção transversal é dada por:

$$Q_{SA} = 86,4 \sum_{i=1}^n \frac{(q_{sa(i-1)} + q_{sa(i)}) L_i}{2 E_R} \quad (3.9)$$

Onde:

- $Q_{SA}$  : descarga sólida por arraste (t/dia);
- $q_{sa(i)}$  : descarga do leito medida na vertical de amostragem (kg/s. m);
- $L_i$  : largura do segmento correspondente à vertical (m);
- $E_R$  : eficiência de retenção ou de amostragem do equipamento.

Quando não se possui medição direta, pode se estimar a descarga sólida por arraste através de três formas, a saber, utilizando relações teóricas, experimentos em laboratório ou através de relações empíricas (BOGÁRDI, 1972).

Segundo HENDERSON (1966) diversas fórmulas foram desenvolvidas, algumas puramente empíricas, outras tendo um embasamento semi-racional, baseada em análise dimensional. Geralmente envolvem a diferença entre a tensão tangencial aplicada e a tensão tangencial crítica, onde o movimento inicia.

O transporte de sedimentos originado em escoamentos depende de numerosas variáveis inter-relacionadas. Conclui-se com isso que, não existe equação universal que possa ser aplicada para todas condições (SIMONS & SENTÜRK, 1992).

Segundo GRAF (1984), existem diversas equações para o cálculo do transporte de sedimentos por arraste, mas muitas delas são muito similares, podendo se agrupadas em três tipos diferentes de aproximações para o cálculo. São eles:

- Equações similares a de du BOYS, que consideram uma relação de tensões envolvidas.
- Equações similares a de SCHOKLITCSH, que consideram uma relação com a descarga.
- Equações similares a de EINSTEIN, baseadas em considerações estatísticas de levantamento de forças.

A equação de DU BOYS (1879) considera que os sedimentos se movem em camadas, e cada uma delas apresentando uma determinada espessura. Essas camadas movem-se devido a uma força de tração resultante da tensão tangencial ( $\tau_o$ ) aplicada em cada uma delas (GRAF, 1984).

Em seus estudos de condição incipiente de movimento SHIELDS (1936) mediu condições de escoamento com transporte de sedimento maior que zero, e estendeu a relação para obter a condição de escoamento correspondente a condição incipiente de movimento. Então obteve uma equação semi-empírica para transporte de sedimento por arraste. (YANG, 1996).

A equação de KALINSKE (1947) é similar à equação de du Boys, porém garante mais atenção para muitos detalhes da mecânica dos fluídos, e é por isso que pode ser considerada mais avançada que as outras equações similares às de du Boys (GRAF, 1984).

A fórmula de KALINSKE (1947) baseia-se na equação da continuidade, que determina que a “descarga do leito é igual ao produto da velocidade média das partículas em movimento pelo peso de cada partícula e pelo número de partículas” (CARVALHO, 1994).

A fórmula de SCHOKLITSCH (1934) é baseada no princípio de que o material do leito começa a se movimentar em descarga crítica, sendo desenvolvida com dados obtidos com o uso da calha de Gilbert, com sedimentos de granulometria média de 0,3 a 0,5 mm, correspondente a areia média a grossa (CARVALHO, 1994).

A formulação de MEYER-PETER & MÜLLER (1948) foi baseada no estudo de MEYER-PETER (1934), que assumiu que a energia da declividade é uma característica de interação entre o movimento líquido e sólido da descarga de sedimentos carregados. Uma parte da energia é consumida pelo movimento das partículas sólidas e o restante pelo movimento do líquido.

A fórmula de MEYER-PETER MÜLLER (1948), baseada em experimentos com grão de areia de tamanho uniforme, grão de areia de tamanhos mistos, pedregulho natural, barita e lignita, é muito aplicada, principalmente nos países europeus (SIMONS & SENTÜRK, 1992).

EINSTEIN (1950) desenvolveu um modelo físico usando amplamente os avanços da mecânica dos fluidos nesse século (GRAF, 1984).

Para EINSTEIN (1950), a definição de um valor crítico para o início do movimento do sedimento é muito difícil, se não impossível, então esse critério foi evitado (GRAF, 1984).

Foi sugerido que o transporte de sedimento por arraste é relacionado, mais possivelmente com a variação da velocidade, do que com o valor médio da velocidade. O começo e o final do movimento da partícula devem ser expressos com um conceito de probabilidade que relacione as forças hidrodinâmicas instantâneas com o peso da partícula sólida (GRAF, 1984).

O método de COLBY (1955) é baseado na experiência do autor na aplicação do método modificado de Einstein. É aplicável somente a areias com diâmetro entre 0,10 e 1,0mm (valores médios de D50 lidos na curva granulométrica do material do leito) e é apresentado por meio de gráficos obtidos empiricamente (CARVALHO, 1994).

Para SIMONS & SENTÜRK (1992), algumas recomendações devem ser seguidas para análise do transporte de sedimentos, tais como, a geomorfologia do sistema, conhecer as características do canal, examinar as equações disponíveis e determinar qual se adapta melhor

ao local em estudo, calcular o transporte com a relação escolhida e comparar os resultados com dados medidos em campo.

Do ponto de vista de experiência física, o cálculo do transporte de sedimentos pelas relações de EINSTEIN e MEYER-PETER & MÜLLER são as mais corretas (BOGÁRDI, 1972).

STROBEL et al. (1981) fizeram um estudo no Ribeirão das Antas, posto Águas do Jacu, rio este situado na região noroeste do estado do Paraná, e aplicaram os métodos de COLBY (1955), MEYER-PETER & MÜLLER (1948), KALINSKE (1942), SCHOKLITSCH (1950), SHIELDS (1936), EINSTEIN (1950) e YALIN (1963) para o cálculo da descarga sólida de arraste de fundo, e obtiveram resultados diversificados, não apresentando conclusões sobre a metodologia mais correta ou adequada, justificando que muitas dessas técnicas são derivadas para limites físicos diferentes dos da região em estudo.

SOARES et al. (1997), apresentaram um estudo acerca das aplicações das equações de SHIELDS (1936), KALINSKE (1942), MEYER-PETER & MÜLLER (1948), EINSTEIN (1950) e a equação de SCHOKLITSCH (1950), todas empregadas na estimativa de carga de sedimentos transportada junto ao leito em rios.

Os mesmos autores concluíram que nenhum dos métodos empregados apresentou-se favorável quando utilizado para estimar a carga do leito em uma seção transversal do rio Atibaia em Sousa (SP), quando comparados a partir de 78 campanhas de medidas hidráulicas, geométricas da seção transversal e sedimentométricas.

OKAWA et al. (1997), determinaram os volumes de sedimentos transportados por arraste em várias seções de medições em rios da bacia Litorânea, no estado do Paraná, utilizando as equações de SCHOKLITSCH (1950), MEYER-PETER & MÜLLER (1948), KALINSKE (1942) e o método de COLBY (1955), concluindo que a que apresentou melhores resultados, comparados com alguns dados de medições diretas foi a equação de MEYER-PETER & MÜLLER.

Quando diferentes equações são aplicadas para o mesmo rio, os resultados podem variar drasticamente um dos outros. Tais diferenças levantam questões sobre a validade de determinadas equações em determinados tipos de sistema (SIMONS & SENTÜRK, 1992).

PAIVA (1988), PONCE (1990) e PAIVA (1995), mostraram que a estimativa da carga de sedimentos pelos métodos tradicionalmente usados pode subestimar ou superestimar o valor da carga de sedimento realmente transportada.

Portanto, é necessário dar continuidade às pesquisas com o objetivo de se encontrar a equação mais apropriada (SOARES et al., 1997).

### 3.4.3 Transporte Total de Sedimentos

O transporte total de sedimentos é obtido através da adição da parte transportada por arraste e a parte transportada em suspensão. Além dessa forma de aproximação indireta pela adição das duas parcelas, ainda existem aproximações diretas para o transporte total de sedimentos. Nesse caso, pesquisas estabeleceram relações que são diretamente comparadas com medições de descarga total (GRAF, 1984).

Muitas expressões para o cálculo do transporte total de sedimentos foram desenvolvidas por diversos autores, sem determinar uma zona de separação entre o transporte por arraste e o transporte em suspensão.

LAURSEN (1958) buscou uma relação entre as condições do escoamento e a resultante do movimento de sedimentos, que determinou parâmetros como a velocidade de corte e a velocidade de queda da partícula sólida, além da tensão crítica e concentração por peso de material, para explicar essa relação.

A fórmula de ACKERS E WHITE (1979) utiliza-se de dados como velocidade de escoamento, peso específico da água e do sedimento, diâmetro do leito, profundidade do escoamento, massa específica da água, aceleração da gravidade, declividade da linha de energia, viscosidade cinemática da água, descarga líquida (CARVALHO, 1994).

A fórmula de YANG (1984) utiliza-se da velocidade de queda da partícula, diâmetro médio do leito, viscosidade cinemática da água, aceleração da gravidade, declividade da linha de energia, profundidade de escoamento, velocidade de escoamento, descarga líquida (CARVALHO, 1994).

A fórmula de ENGELUND E HANSEN (1967) usa o conceito de potência de corrente e o princípio da similaridade, devendo ser usada com restrição segundo recomendações de CARVALHO (1994), válida para material do leito com diâmetro médio maior do que 0,15mm.

A fórmula de TOFFALETI (1969) calcula a descarga sólida total, excluindo a “washload” considerando-a como equivalente a de um curso d’água hipotético de duas dimensões, de largura L, profundidade p na seção do curso d’água real. O método calcula a descarga sólida por classes granulométricas. É válida para material do leito com diâmetro de 0,062 a 16mm (CARVALHO, 1994).

Segundo STROBEL et al. (1981) as metodologias de avaliação de transporte sólido total são muitas vezes caracterizadas pelo uso de coeficientes que não estão bem definidos, sendo às vezes responsável por erros da ordem de 100%.

STROBEL et al. (1981) em estudo feito no Ribeirão das Antas, estado do Paraná, aplicaram as equações de EINSTEIN (1950), BAGNOLD (1966), LAURSEN (1958) e GARDE & ALBERTSON (1958,1963) para o cálculo do transporte total de sedimentos, e afirmou que para se poder ter melhores resultados, para efeito de comparação de metodologias, uma análise laboriosa de dados de entrada deve ser feita.

OKAWA et al. (1997), aplicaram algumas fórmulas de transporte total de sedimentos em várias seções de medições em rios da bacia Litorânea, no estado do Paraná. As fórmulas utilizadas foram: ACKERS & WHITE (1979), YANG (1984), ENGELUND & HANSEN (1967). Porém os resultados não foram satisfatórios, e a descarga sólida total foi estimada pela soma de parcelas calculadas de transporte de sedimentos em suspensão, pela curva chave de sedimentos suspensos com a parcela calculada por arraste, através do método de MEYER-PETER & MÜLLER.

### **3.5 TAXA DE TRANSFERÊNCIA DE SEDIMENTOS**

Entende-se por taxa de transferência de sedimentos a razão entre o volume de sedimento por unidade de área, movido para fora de uma bacia hidrográfica e o volume estimado de sedimento, por unidade de área, produzido nessa bacia (SCHUMM, 1977), ou a razão entre a quantidade de sedimentos transportados (medidos) em uma determinada seção e o total de solo erodido na bacia de contribuição da seção de medição (CHOW, 1964).

A taxa de transferência de sedimentos expressa a porcentagem de material sólido erodido, que alcança uma designada seção do rio a jusante (MAIDMENT, 1993).

Sabendo que o transporte de sedimentos é feito primeiramente por enxurradas e posteriormente por rios, pode-se assim, em uma dada região ou bacia hidrográfica qualquer, estimar a perda de solo total, a quantidade de sólidos transportada pelos seus rios, e finalmente o quanto desse material foi depositado na própria bacia e o quanto foi removido para fora dela.

Para CHOW (1964) a taxa de transferência de sedimentos sofre influência de fatores físicos da região, como o tamanho da área de drenagem, a declividade do terreno e geometria do canal. Entre as características hidrológicas que influenciam na taxa de transferência pode-



se citar as características pluviométricas da região, que variam de acordo com posição geográfica.

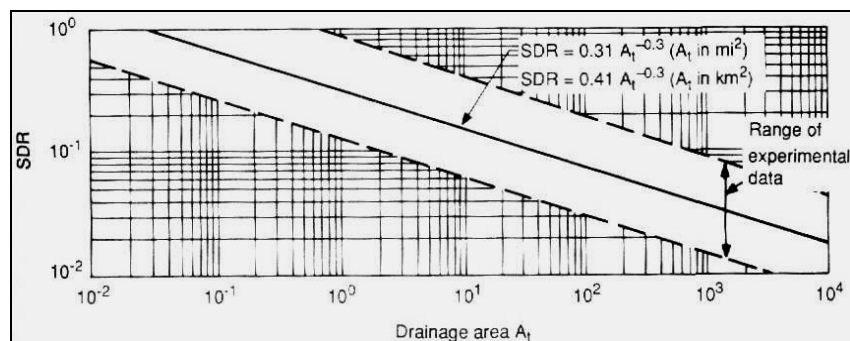
Segundo WALLING (1983) a magnitude da taxa de transferência de sedimentos para uma particular bacia hidrográfica é influenciada por uma extensa gama de fatores geomorfológicos e ambientais incluindo a natureza, a extensão e a localização da origem dos sedimentos, as características do relevo, o modelo de drenagem, as condições do canal, cobertura vegetal, uso da terra e a textura do solo.

Para CLARK et al. (1985), a taxa de transferência depende de vários fatores, que influenciam no processo, como: a escala de tempo, o que determina a quantidade de eventos como a chuva, que ao longo de tempo vai desagregando as partículas sólidas ocasionando a erosão; localização das partículas sólidas desagregadas, que podem estar próximas do curso d'água ou distantes, o que pode determinar se ela será transportada até o rio ou não; a quantidade de canais na área de drenagem, quanto mais próximo de um canal maior é a probabilidade de uma partícula ser transportada até ele; o tamanho da área de drenagem, quanto maior a área, menor é a taxa de transferência de sedimentos; características do tipo e uso do solo, que apresenta parâmetros característicos como erodibilidade, uso e manejo e práticas conservacionistas, e também características da região que determinará parâmetros como a topografia e o fator de erosividade da chuva.

Para MAIDMENT (1993) a probabilidade de deposição da partícula sólida na própria bacia de origem aumenta de acordo com o tamanho da área de drenagem dessa bacia. Dessa forma, a taxa de transferência de sedimentos decresce com a área de drenagem da bacia, como mostrado na figura 3.2.

Segundo SCHUMM (1977) para bacias pequenas, em torno de 0,1 milhas quadradas ( $0.259 \text{ km}^2$ ), a taxa gira em torno de 20 a 90%. Para bacias maiores, em torno de 300 milhas quadradas ( $776 \text{ km}^2$ ), a taxa fica em torno de 3 a 20%.

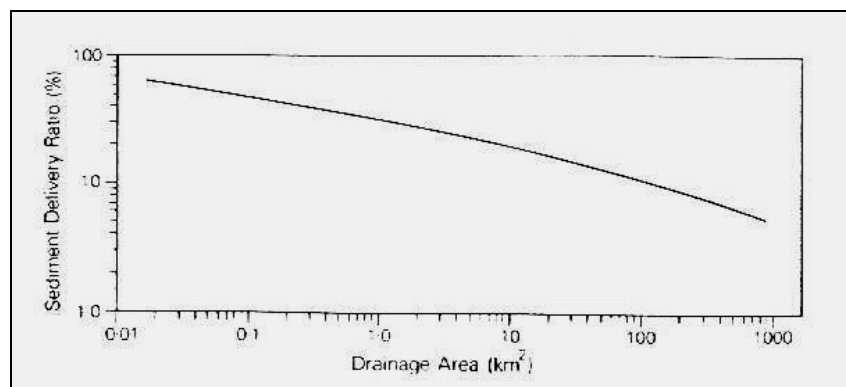
FIGURA 3.2 – GRÁFICO TAXA DE TRANSFERÊNCIA DE SEDIMENTOS x ÁREA DE DRENAGEM



FONTE: MAIDMENT (1993)

A área da bacia hidrográfica tem sido freqüentemente usada como base de controle (e.g., A.S.C.E., 1975), e o Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (*U.S. Soil Conservation Service*) desenvolveu uma relação geral entre a taxa de transferência de sedimentos e a área da bacia. A relação inversa entre essas duas parcelas é explicada em termos do decréscimo da declividade e dos gradientes do canal e o aumento das oportunidades de depósito das partículas associado com o aumento da área da bacia (WALLING, 1982).

FIGURA 3.3 – GRÁFICO TAXA DE TRANSFERÊNCIA DE SEDIMENTOS x ÁREA DE DRENAGEM



FONTE: WALLING (1982)

Sabe-se que somente uma pequena fração do sedimento erodido em uma área de drenagem chegará ao seu caminho para saída da bacia e será representado na produção de sedimentos. Deposição e armazenamento temporário ou permanente podem ocorrer no caminho, no plano de inundação ou no próprio canal de escoamento (WALLING, 1982).

HADLEY & SHOWN (1976) indicaram que somente 30% do sedimento erodido em muitas das pequenas bacias tributárias da bacia Ryan Gulsh, no noroeste do Colorado, EUA,

chegaram até o fundo de vale principal, e também que somente 30% dessa parcela do sedimento é transportado para foz dos 128,8 km<sup>2</sup> da bacia (WALLING, 1982).

WADE & HEADY (1978) elaboraram um estudo em 105 áreas de produção agrícola ao longo dos Estados Unidos e documentaram que a parcela de sedimentos transportados até a exutória ficou entre 0,1% e 37,8% da erosão conhecida em cada região (WALLING, 1982).

GOLUBEV (1982) estimou a perda de solo em uma região de alta declividade, a bacia de OKA, região central da Europa, e indicou que somente 10% do material erodido é transportado para os rios maiores, 60% é depositado nas partes mais baixas da rampa, 20% em canais efêmeros e 10% em canais menores.

WALLING (1988), baseado em estudos de TRIMBLE (1981) e DUIJSINGS (1986), afirma que a taxa de transferência de sedimentos pode variar substancialmente no decorrer do ano, sofrendo uma variação entre 20% a 50% no inverno até 100% a 350% no verão.

SIVIERO & COIADO (1999), em estudo realizado no rio Atibaia, no estado de São Paulo, utilizaram a equação universal da perda de solo e de dados hidrosedimentométricos medidos em uma seção no rio, e comprovaram que 27% do material erodido na área de contribuição da seção chegam a ser transportados a esta.

Segundo CHOW (1964), as pesquisas sedimentométricas ainda não progrediram de tal forma que a influência relativa de cada característica individual do curso d'água e cada um dos fatores hidrológicos na taxa de transferência de sedimentos pode ser determinada com a exatidão desejada.

O conhecimento do ciclo erosivo completo (erosão, transporte e deposição de sedimentos) em uma bacia hidrográfica, segundo WALLING (1982) é importante para o prognóstico da produção de sedimentos para uma taxa de erosão local conhecida, assim como para avaliação do impacto de um particular cenário de uso da terra na produção de sedimentos.

Também o movimento de nutrientes associados ao sedimento e a conseqüente eutrofização dos corpos de água bem como a contaminação de terras utilizadas para agricultura e conservação exigem o conhecimento desse ciclo.

### 3.6 BACIA LITORÂNEA DO PARANÁ

Na bacia Litorânea, à qual pertence a bacia do rio Marumbi, objeto da presente dissertação, alguns estudos voltados à área de preservação ambiental, coleta de dados, rastreamento de áreas de cultivo e estudos de características físicas da região estão sendo elaborados.

O rio Marumbi é afluente do rio Nhundiaquara, que é um dos principais rios da região, banhando a cidade histórica de Morretes. Essa bacia possui um alto potencial para o ecoturismo, e em consequência, a preocupação com problemas de contaminação da água e assoreamento de alguns trechos de certa forma incentivou os estudos voltados à preservação do solo nessa área.

BIGARELLA et al (1978) elaboraram o estudo “A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná” que classificou diversas características, como relevo, solo, hidrografia, aspectos faunísticos, florísticos e sedimentométricos da região da Bacia Litorânea, no estado do Paraná.

NAGASHIMA et al (1996) elaboraram um relatório referente ao monitoramento de estações fluviométricas e sedimentométricas da Bacia Litorânea como parte do Projeto Floresta Atlântica, e apresentou dados medidos de precipitação, vazão nos rios, levantamento de seções transversais, medições da concentração de sedimentos em suspensão e quantificação de sedimentos por arraste de fundo. Os dados foram processados segundo um programa elaborado pela SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do estado do Paraná).

Outro estudo do Projeto Floresta Atlântica elaborado por OKAWA et al. (1997) estimou a quantidade de material sólido transportado em toda bacia Litorânea. Esse relatório incluiu diversas equações de transporte de sedimentos por arraste e em suspensão, bem como a quantidade total de sedimentos transportada pelos rios da região. Com dados provenientes de estações hidrossedimentométricas pode-se determinar quais as equações que mais se adaptaram as características da região, em comparação com dados diretos medidos em seções nos rios estudados.

#### 4 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do rio Marumbi é uma sub-bacia da bacia do rio Nhundiaquara, que faz parte da bacia Litorânea do estado do Paraná (Figuras 4.1 e 4.2). Localiza-se no município de Morretes, entre a latitude  $25^{\circ}28'S$  e  $25^{\circ}35'S$ , e longitude entre  $48^{\circ}52'W$  e  $48^{\circ}59'W$ .

A maior parte da bacia situa-se na Serra do Mar, em uma área de baixo índice de ocupação humana, mas com algumas áreas de agricultura, principalmente de banana.

As figuras 4.1 e 4.2 mostram a localização da bacia.

FIGURA 4.1 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA LITORÂNEA

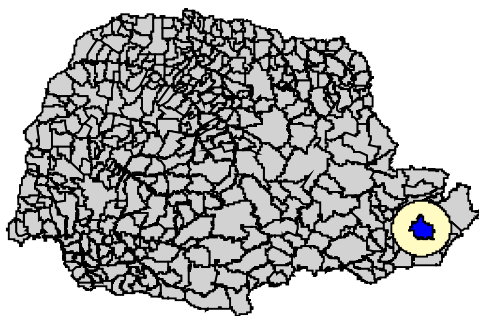
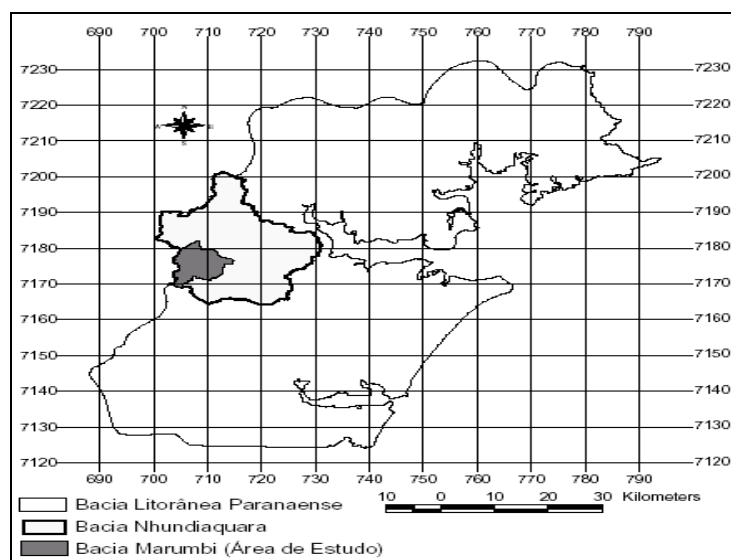


FIGURA 4.2 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO MARUMBI



A temperatura média anual varia em torno de 20 °C a 22 °C, sendo nos meses de verão entre 22 e 26 °C e no inverno entre 14 e 18 °C (CEHPAR, 1996))

A umidade relativa média anual fica em torno de 80% a 90% (CEHPAR, 1996).

A precipitação média anual apresenta variação entre 2100 mm a 3400 mm (CEHPAR, 1996). Percebe-se que os índices pluviométricos são elevados, provocando cheias intensas. Além disso, a topografia da região contribui com a aceleração do escoamento fazendo com que 40% a 80% das águas resultantes das fortes precipitações na descida das vertentes da serra cheguem a ser escoadas superficialmente, favorecendo consideravelmente o processo erosivo e o transporte de sedimentos.

O leito do rio Marumbi é pedregoso, com seixos rolados e grandes matacões, apresentando pequena quantidade de silte.

O rio Marumbi tem como principais formadores o rio Ipiranga e o rio Santana. Desenvolve-se na direção geral nordeste até sua desembocadura na margem direita do rio Nhundiaquara.

A estação em estudo está situada a uma altitude de 60m, em um trecho reto do rio Marumbi, , com corredeiras a montante e jusante. Margens estáveis, com vegetação rasteira, árvores e arbustos. A cota de transbordamento é de cerca de 2,0 m na margem direita, junto à seção de medição. A área de drenagem até a seção de medição em estudo é de 79,23 km<sup>2</sup>.

Os tipos de solos encontrados na região foram: a) Latossolo Vermelho Amarelo álico; b) Cambissolo álico; c) Podzólico Vermelho Amarelo álico; d) Hidromórficos gleysados; e) Litólicos.

## **5 MÉTODOS DE ANÁLISE**

### **5.1 DADOS UTILIZADOS**

Para gerar o mapa digital da área, foram utilizados mapas do IBGE com escala de 1:50.000. O mapa de uso do solo foi confeccionado a partir da imagem do satélite LANDSAT 5. O tratamento de imagem foi realizado com uso da técnica multiespectral com classificação supervisionada, no sistema de processamento de informações georeferenciadas – SPRING desenvolvido pelo INPE.

Para a análise de chuva foram usados dados diários monitorados durante o período de 1975 a 2000 em 28 estações pluviométricas, a maioria delas localizadas na Bacia Litorânea (incluindo a Serra do Mar). As estações utilizadas, com o respectivo código do DNAEE, além de outras informações, se encontram na Tabela A do anexo A.

As vazões líquidas diárias, concentrações de sedimentos medidas, o detalhamento do material sólido de fundo, bem como medidas geométricas da seção foram cedidas pela SUDERHSA (Superintendência de Recursos Hídricos do Estado do Paraná), e dizem respeito à estação Marumbi, localizada no rio Marumbi, município de Morretes, com código na ANEEL: 82195002. O posto foi instalado em 19/09/1975.

Foram utilizadas vazões líquidas diárias e concentração de sedimentos suspensos no período de 1987 a 2002 e o detalhamento de material sólido de fundo no período de 1987 a 2001. Dispunha-se ao todo 76 medições de concentração de sedimentos suspensos e 48 coletas de material de fundo.

### **5.2 ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO**

#### **5.2.1. Erosividade da chuva (R)**

Usando a teoria apresentada no capítulo 3 (equações 3.4 e 3.5), os valores mensais de R para cada estação pluviométrica foram determinados. Interpolando os dados de 28 estações pluviométricas com o uso do *Software Surfer 7.0*, o mapa de erosividade para toda a bacia litorânea do Estado do Paraná foi gerado. Depois disso, foram gerados os mapas mensais e anual de erosividade para a bacia do Marumbi.

### 5.2.2. Erodibilidade do solo (K)

Os valores de erodibilidade estão diretamente relacionados ao tipo de solo. Na área de estudo foram encontrados os solos apresentados na Tabela 5.1, onde se apresentam também os seus respectivos valores para o fator K, apresentados por DENARDIN (1990), e a área ocupada por cada tipo de solo.

TABELA 5.1 ÍNDICES DE ERODIBILIDADE ( $t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ ), ÁREA E PERCENTUAIS.

Solo	Valor (K)	Área (ha)	%
Latossolo Vermelho Amarelo álico	0,012	1662,35	20,98
Cambissolo álico	0,020	4873,36	61,51
Hidromórficos gleysados	0,025	74,82	0,94
Podzólico Vermelho Amarelo álico	0,032	5,51	0,07
Litólicos	0,034	1307,13	16,50
<b>Total</b>		<b>7923,17</b>	<b>100,00</b>

Como pode ser notado na tabela acima, solos latossolos e cambissolos ocupam mais de 80% da área, o que é perfeitamente compatível com as características topográficas da área.

### 5.2.3. Fator topográfico (LS)

Para os fatores topográficos, declividade do terreno (S) e comprimento de rampa (L), os dados utilizados são apresentados na Tabela 5.2. Pode-se notar que quase 50% da área está situada numa faixa de declividade 20 a 45%. Com relação ao comprimento de rampa, existe uma distribuição melhor, sendo que rampas com menos de 200m são menos frequentes na área. A ocorrência de rampas longas é explicada pelo fato de não ter sido encontradas evidências de utilização de práticas conservacionistas na bacia, tal como terraços ou outras estruturas que servissem como delimitadores das rampas, subdividindo-as em rampas menores. Sendo assim, os comprimentos das rampas usados no modelo são exatamente iguais aos reais, encontrados na bacia.



**TABELA 5.2 - ÁREAS E PORCENTAGENS DE DECLIVES E DOS COMPRIMENTOS DE RAMPA**

Valor	Declividade (S) - %		Comprimento rampa (L) – m		
	Área (ha)	%	Valor	Área (ha)	%
0-3%	1079,52	13,62	0-200m	438,66	5,54
3-8%	72,63	0,92	200-400m	2236,36	28,23
8-20%	1253,51	15,82	400-600m	1721,07	21,72
20-45%	3701,09	46,71	600-800m	1341,47	16,93
>45%	1816,42	22,93	>800m	2185,61	27,59
<b>Total</b>	<b>7923,17</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>7923,17</b>	<b>100,00</b>

#### 5.2.4. Cobertura do solo (C)

Usando uma imagem do satélite *LandSat 5*, foram classificados os diferentes tipos de cobertura existentes na área, usando a rotina de classificação automática existente no *Software Spring*, que identifica diferentes formas de cobertura do solo por meio da análise de reflectância apresentada pelos diferentes materiais existentes na superfície do solo.

As diferentes classes encontradas foram identificadas no campo com o uso de GPS, sendo feitos 15 pontos de confirmação para cada tipo de cobertura. Foram encontrados quatro usos principais do solo: (a) Campos; (b) Agricultura, principalmente banana; (c) Áreas alagadas de várzeas; e (d) Mata, a qual se refere às Florestas Tropicais Perúmida, Subperenifólia e Altimontana. A Tabela 5.3 apresenta os índices usados para as diferentes coberturas do solo, bem como a área ocupada por cada uma na bacia hidrográfica. Fica evidente pelos dados apresentados nesta tabela, que a maior parte da área é coberta com mata (quase 90%). Para determinação desses valores adotou-se os valores apresentados por CARVALHO (1994).

**TABELA 5.3 - ÍNDICES, ÁREAS E PORCENTAGENS DO USO DO SOLO**

Uso	Valor (C)	Área (ha)	%
Áreas alagadas	0,001	229,07	2,89
Mata	0,0001	7049,32	88,97
Campos	0,015	148,38	1,87
Agricultura	0,030	496,40	6,27
<b>Total</b>		<b>7923,17</b>	<b>100,00</b>

REFERÊNCIA (CARVALHO, 1994).

### 5.2.5. Práticas Conservacionistas (P)

Não foram encontradas evidências do uso de práticas conservacionistas que fossem significativas. Por tanto, o valor adotado para este fator no modelo é  $P=1$ .

### 5.2.6. Estimativa de Perda de Solo com RUSLE

Para a obtenção da estimativa de perda de solo, foram multiplicados os mapas com os valores dos diferentes parâmetros da RUSLE, ou seja, erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), fator topográfico (LS) e o fator cobertura do solo (C), usando para isso o *Software ArcView 3.2*. O único fator que teve seus valores mensais utilizado foi a erosividade da chuva, sendo que para os demais, foi utilizado um único valor (anual) para cada pixel.

## 5.3 ESTIMATIVA DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### 5.3.1 Transporte de Sedimentos por Arraste

OKAWA et al. (1997) aplicaram algumas metodologias para o cálculo do transporte de sedimentos por arraste, comparados com resultados medidos em campo de descarga de fundo, no estudo de diversas bacias na Bacia Litorânea no Paraná, inclusive a bacia do rio Marumbi. Os mesmos autores concluíram que o método mais adequado para o cálculo do transporte de sedimentos por arraste é o método de MEYER-PETER & MÜLLER (1948).

Uma segunda suposição de MEYER-PETER (1934) foi que parâmetros similares governam o transporte do sedimento e o início do movimento.

Supõe-se que a partícula sólida começa a se movimentar quando as forças tangenciais  $\tau$  presentes no escoamento superam a força tangencial crítica  $\tau_o$ , definida como a força limite a partir da qual as partículas entram em movimento (OKAWA et al, 1997).

Sabendo que  $\tau = \gamma R_h S$  representa as forças tangenciais e  $\tau_o = A(\gamma_s - \gamma)D$  representa a força tangencial crítica. Então, quando a segunda parcela supera o valor da primeira parcela, ou seja, quando  $\tau_o > \tau$ , não ocorre transporte de sedimentos.

Da equação (5.2) a seguir temos que a constante  $A$  é adimensional, e como o transporte de sedimento por arraste não é uma função linear da tensão de cisalhamento, a constante  $B$  do segundo membro, é multiplicada pelo fator  $\rho^{1/3}$  para torná-la adimensional.

O método de escrever as duas constantes  $A$  e  $B$  é indicar na equação, que o peso de sedimento transportado por arraste  $g_s'$  é medido embaixo da água, ou seja, peso submerso.

Essa formulação considera que só a parcela do gradiente de energia devido aos grãos é responsável pelo transporte de sedimentos por arraste, sendo um “ripple factor” ( $k/k'$ ) aplicado na equação para o cálculo dessa parcela (GRAF, 1984).

Convém lembrar que a razão  $k/k'$ , varia entre 0,50 e 1,00, para leito com grandes deformações e leito sem deformações, respectivamente.

De acordo com testes conduzidos por MEYER-PETER & MÜLLER (1948), o valor do expoente da relação  $k/k'$ , deve ter valor entre  $4/3$  e 2. A avaliação dos resultados dos testes mostram claramente que o expoente  $3/2$  é o que dá a melhor interpretação na expressão.

Como a declividade da linha de energia ( $S$ ) não foi medida em campo, usou-se a fórmula de Manning para obtenção de um valor aproximado, pela fórmula:

$$S = \left( \frac{Q.n}{A.R_h^{2/3}} \right)^2 \quad (5.1)$$

Onde:

- $S$  : declividade da linha de energia
- $Q$  : vazão líquida medida em  $m^3/s$
- $n = 0,03$  : coeficiente de rugosidade de Manning em  $s/m^{1/3}$
- $A$  : área da seção transversal em  $m^2$
- $R_h$  : raio hidráulico em  $m$

A equação de MEYER-PETER & MÜLLER fica assim apresentada:

$$\gamma \cdot \left( \frac{k}{k'} \right)^{3/2} \cdot R_h \cdot S - A \cdot (\gamma_s - \gamma) \cdot D = B \cdot \rho^{1/3} \cdot (g_s')^{2/3} \quad (5.2)$$

Onde:

- $D$ =diâmetro médio da mistura, em mm ( $D_{50}$ ),
- $k$ =coeficiente ligado à perda de carga total da corrente, coeficiente de rugosidade de Manning, em  $m^{1/3}/s$ ;
- $k'$ =coeficiente ligado á perda de carga devida ao grão, em  $m^{1/3}/s$ ;
- $\gamma$ =peso específico da água, em  $kgf/m^3$ ;
- $\gamma_s$ =peso específico do sedimento, em  $kgf/m^3$ ;
- $R_h$ =raio hidráulico, podendo ser aproximado pela profundidade de escoamento, em m;
- $S$ =declividade da linha de energia, em m/m;
- $\rho$ =massa específica da água, em  $kg/m^3$ ;
- $g$ =aceleração da gravidade, em  $m/s^2$ ;
- $g'_s$ =vazão sólida por unidade de largura, medida com peso submerso, em  $m^3/sm$ ;
- e os coeficientes são:  $A=0,047$  e  $B=0,25$ .

A vazão sólida em peso por unidade de largura é:

$$g_s = g'_s \cdot \frac{\gamma_s}{(\gamma_s - \gamma)} \quad (5.3)$$

Portanto, a vazão sólida em peso é:

$$Q_{SA} = g_s \cdot L \quad (5.4)$$

Onde  $L$  é a largura e  $Q_{SA}$  é dada em  $kgf/s$ . Para transformar em t/d:

$$Q_{SA} = 86,4 \cdot g_s \cdot L \quad (5.5)$$

O coeficiente  $k$  é determinado pela seguinte fórmula:

$$k = \frac{V}{R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}} \quad (5.6)$$

Onde:

- $R_h$  - raio hidráulico, podendo ser aproximado pela profundidade de escoamento, em m;
- $S$  - declividade da linha de energia, em m/m;
- $V$  - velocidade média do escoamento, em m/s.

As avaliações feitas por MEYER-PETER MÜLLER (1948), de medições de laboratório, confirmaram por todos os testes o total desenvolvimento da turbulência. Com isso o coeficiente de rugosidade da partícula ( $k'$ ), ligado à perda de carga, pode ser calculado com suficiente aproximação pela seguinte fórmula:

$$k' = \frac{26}{D_{90}^{1/6}} \quad (5.7)$$

Onde  $D_{90}$  é medido em m.

Baseados em sua equação de transporte de sedimento por arraste, MEYER-PETER & MÜLLER (1948), concluiriam que o peso específico afeta somente no começo do transporte de leito. Na região que apresenta transporte, o total transportado em peso somente depende da diferença  $\gamma \cdot \left(\frac{k}{k'}\right)^{3/2} \cdot R_h \cdot S - A \cdot (\gamma_s - \gamma) \cdot D$ .

A precisão da fórmula de MEYER-PETER & MÜLLER é influenciada pelo tamanho do material sólido transportado no leito. Apresenta resultados satisfatórios para canais com leito de material grosseiro. Mas pode apresentar significativa discrepância quando o material do leito for areia fina ou média (SIMONS & SENTÜRK, 1992).

Os dados de entrada no cálculo do transporte de sedimentos por arraste se encontram na tabela C, em anexo.

### 5.3.2 Transporte de Sedimentos em Suspensão

Os valores de concentração de sedimentos foram medidos na estação Morretes/Marumbi, código da ANEEL: 82195002 através de amostrador do tipo US-DH-48, cuja denominação nacional é AMS-1.

Foram feitas amostragens por integração vertical, e com a média das verticais foi determinado um valor de concentração média para seção. Estes dados fornecidos pela SUDERHSA estão na Tabela B em anexo.

Com os dados de concentração de sedimentos suspensos medidos e as correspondentes vazões líquidas medidas, as descargas sólidas transportadas em suspensão foram determinadas com a equação (5.8) que é produto das concentrações medidas na seção em estudo e as vazões líquidas correspondentes de cada medição.

$$Q_{SS} = 0,0864 Q_L C_S \quad (5.8)$$

Onde:

- $Q_{SS}$  : descarga sólida em suspensão (t/dia);
- $Q_L$  : vazão líquida em  $m^3/s$ ;
- $C_S$  : concentração de sedimentos em suspensão (mg/l);
- $0,0864$  : fator de conversão de unidades.

### 5.3.3 Transporte Total de Sedimentos

Para os pontos onde havia medições de sedimentos foi determinado o valor da descarga sólida total no rio Marumbi através da soma da descarga sólida transportada por arraste com os respectivos valores de descarga sólida transportada em suspensão. Ao total foram 48 dados de medições de sedimentos disponíveis para o cálculo.

$$Q_{ST} = Q_{SS} + Q_{SA} \quad (5.9)$$

Onde:

- $Q_{ST}$  : descarga sólida total em t/dia;
- $Q_{SS}$  : descarga sólida em suspensão em t/dia;

- $Q_{SA}$  : descarga s3lida por arraste em t/dia.

### 5.3.4 Curva de Descarga S3lida Total

Para determinar as descargas s3lidas di3rias em eventos onde n3o foi poss3vel contar com dados medidos de sedimentos, precisa-se determinar a Curva de Descarga S3lida Total. Para tanto, foram plotados, em escala bi logar3tmica, os resultados de descargas s3lidas totais calculados com suas respectivas vaz3es l3quidas, aproximando uma rela33o por Regress3o Linear, pelo m3todo dos M3nimos Quadrados.

O M3todo da Regress3o Log Linear baseado no m3todo dos m3nimos quadrados 3 utilizado para ajustar uma reta tal que a soma dos quadrados dos desvios entre essa reta e os valores observados seja m3nima. Portanto, quanto menor a dispers3o dos pontos, melhores os resultados da aplica33o da regress3o linear. Os valores de  $n$  e  $a$  s3o determinados pelas seguintes equa33es:

$$n = \frac{\sum (\log Q_L \cdot \log Q_{ST}) - N \cdot \log Q_L \cdot \log Q_{ST}}{\sum (\log Q_L)^2 - N (\log Q_L)^2} \quad (5.10)$$

$$a = 10^{\log Q_{ST} - n \log Q_L} \quad (5.11)$$

Sendo:

- $\log Q_L, \log Q_{ST}$  : media dos logaritmos decimais dos valores medidos da descarga l3quida e da descarga s3lida, respectivamente;
- $N$ : n3mero de pontos.

Embora a verdadeira rela33o entre os logaritmos das vaz3es s3lidas e l3quidas n3o seja linear e sofra grandes varia33es no espa3o e tempo, a rela33o log linear associando a descarga s3lida, 3s vaz3es l3quidas ocorridas na esta33o de medi33o, originando a “curva chave de sedimentos” ou “curva de descarga s3lida” 3 largamente utilizada na pr3tica (SANTOS et al., 2001). As descargas s3lidas di3rias foram estimadas pela rela33o:

$$Q_{ST} = a Q_L^n \quad (5.12)$$

Onde:

- $Q_{ST}$  : descarga sólida em t/dia;
- $Q_L$  : vazão líquida diária correspondente em m<sup>3</sup>/s;
- $a$  e  $n$  são os coeficientes determinados pela regressão linear.

Depois de ajustada a Curva de Descarga Sólida Total, foi utilizada a série diária de vazões líquidas no período de 1987 a 2002 para gerar as descargas sólidas diárias neste período. A série de vazões líquidas médias diárias é apresentada no anexo D.

As descargas sólidas diárias foram somadas mensalmente e anualmente, para estabelecer descargas sólidas mensais e anuais para a seção em estudo no rio Marumbi.

#### 5.4 TAXA DE TRANSFERÊNCIA DE SEDIMENTOS

Foram determinadas as perdas de solo mensais e a perda de solo média anual na bacia do rio Marumbi.

Com a série histórica de descargas sólidas diárias calculadas, foram determinadas as descargas sólidas médias mensais, bem como a descarga sólida média anual.

De posse das estimativas da perda de solo e das descargas sólidas médias mensais e média anual transportadas pelo rio, pode-se determinar a taxa de transferência média mensal de sedimentos e por fim a taxa de transferência média anual de sedimentos na bacia do rio Marumbi, pela relação:

$$Tx = \frac{Q_{ST}}{A} \quad (5.13)$$

Onde:

- $T_x$  : taxa de transferência de sedimentos (adimensional);
- $Q_{ST}$  : vazão sólida total transportada na bacia em t/mês ou t/ano;
- $A$  : perda de solo média em t/mês ou t/ano.



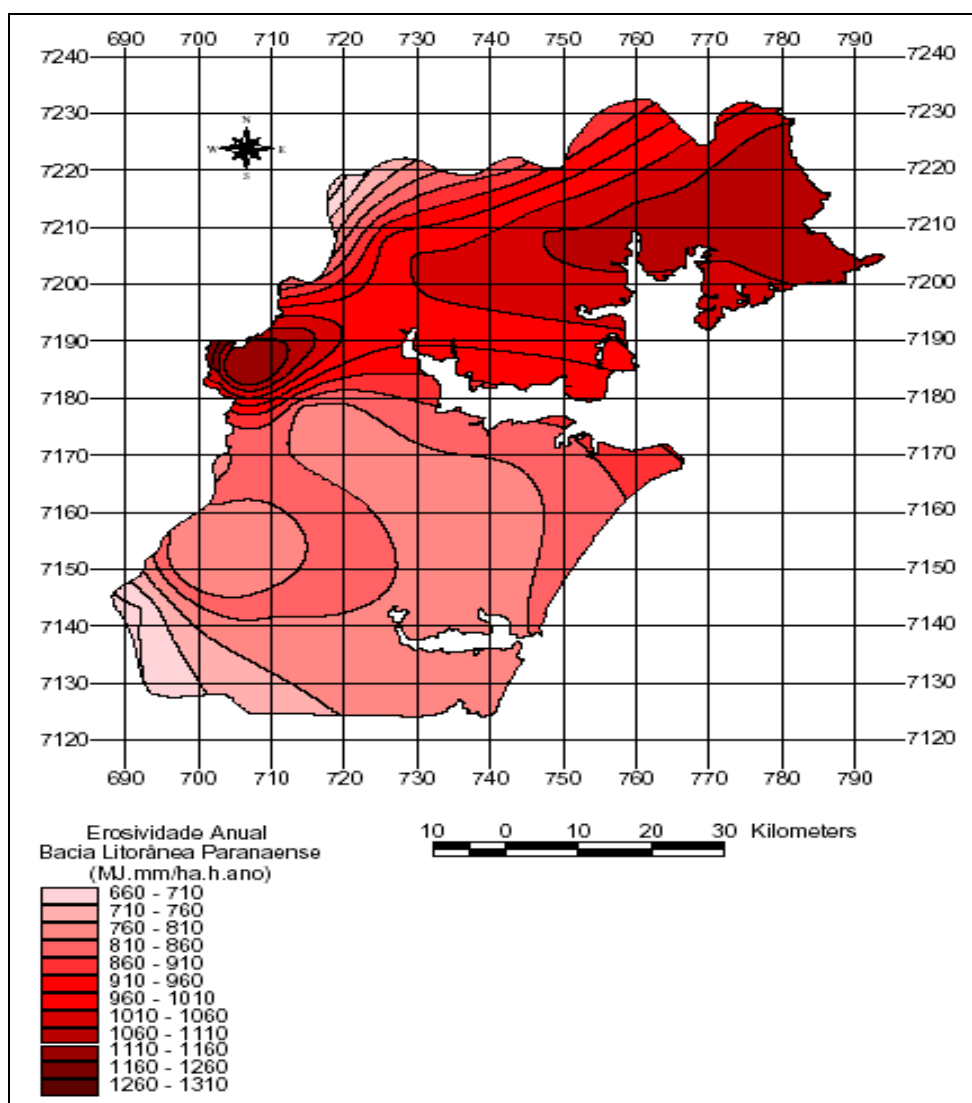
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Erosividade da chuva (R)

A figura 6.1 mostra a distribuição espacial do fator erosividade anual da chuva para a bacia litorânea. Os valores de erosividade variam de 660 a 1310 MJ.mm/ha.h.ano.

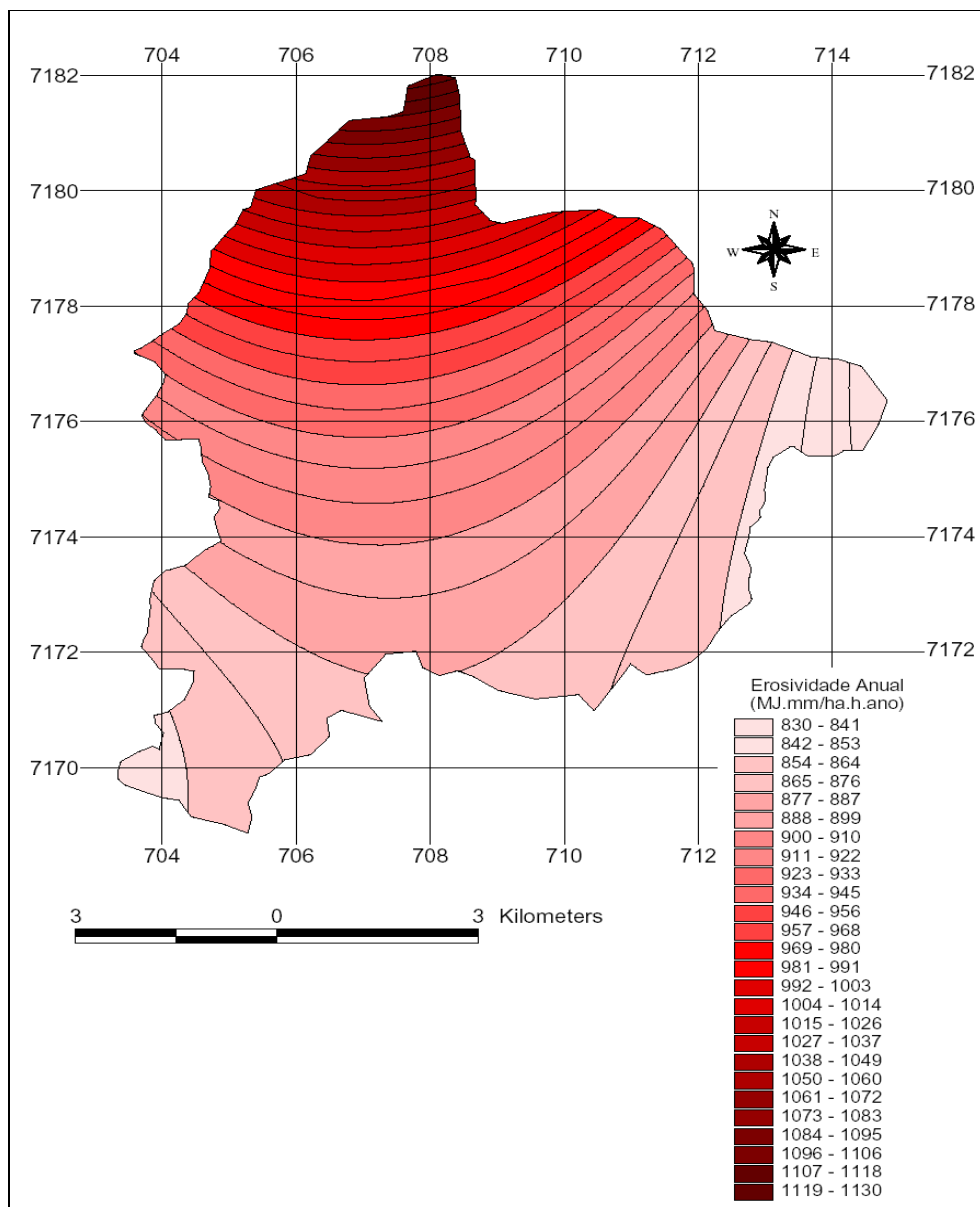
A figura 6.2 mostra a distribuição espacial do fator erosividade anual da chuva para a bacia do rio Marumbi. Os valores de erosividade variam de 830 a 1130 MJ.mm/ha.h.ano.

**FIGURA 6.1. EROSIVIDADE ANUAL NA BACIA LITORÂNEA PARANAENSE.**



Usando a Figura 6.1, retirou-se somente a parte da bacia do rio Marumbi que está mostrada na Figura 6.2.

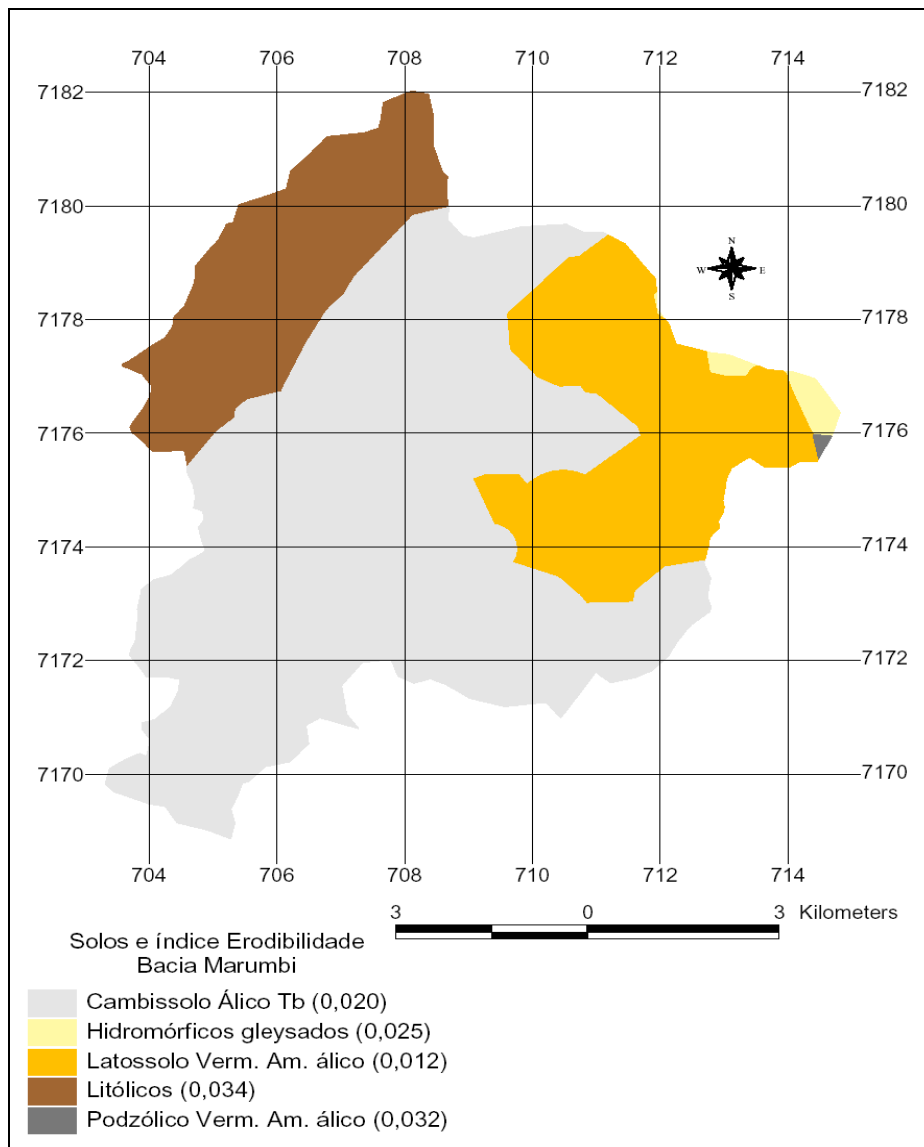
**FIGURA 6.2. EROSIVIDADE ANUAL PARA A BACIA DO MARUMBI.**



## 6.2 Erodibilidade do Solo (K)

A figura 6.3 mostra a distribuição do fator K para a bacia do rio Marumbi. Os valores de K encontram-se números em parênteses na figura.

**FIGURA 6.3** ERODIBILIDADE PARA A BACIA DO MARUMBI.

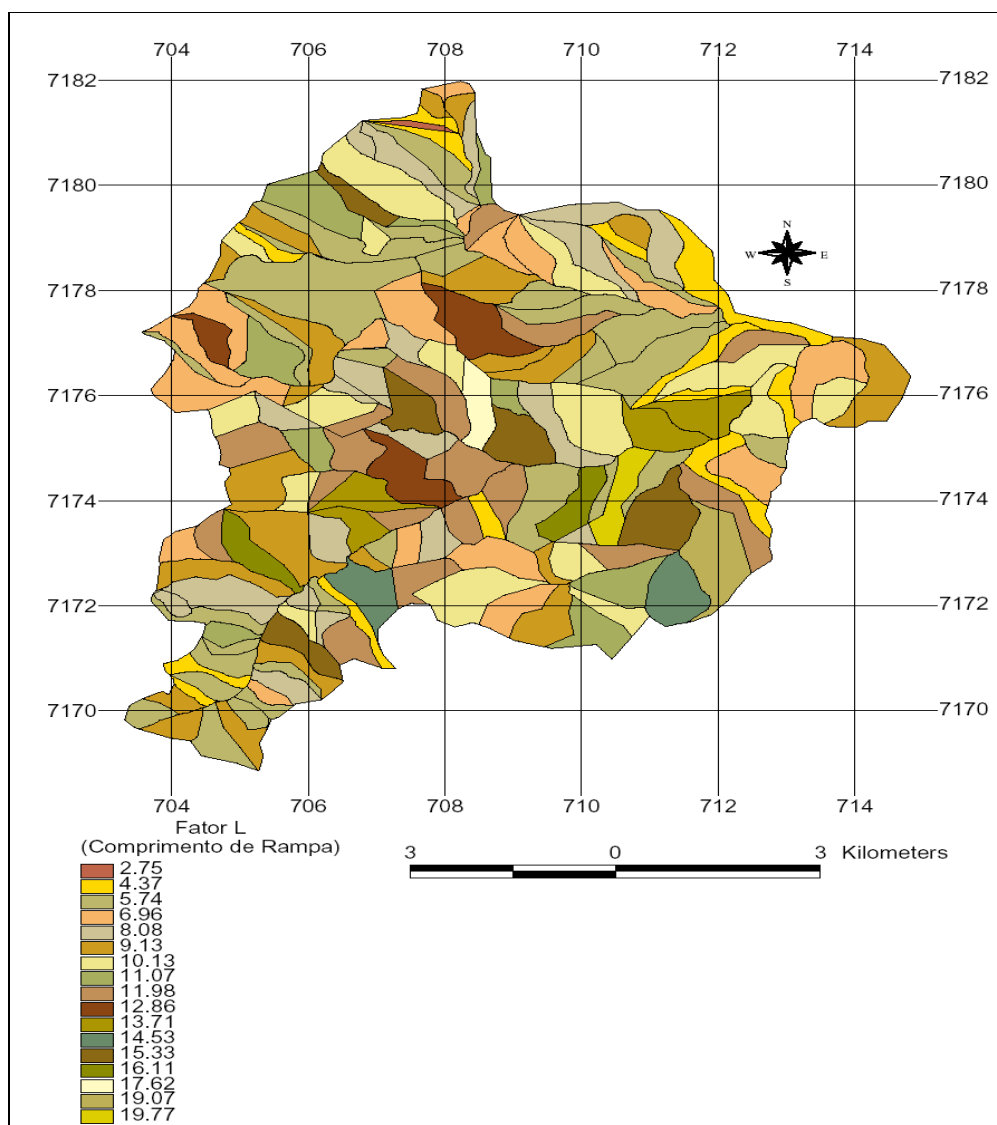


### 6.3 Fator topográfico (LS)

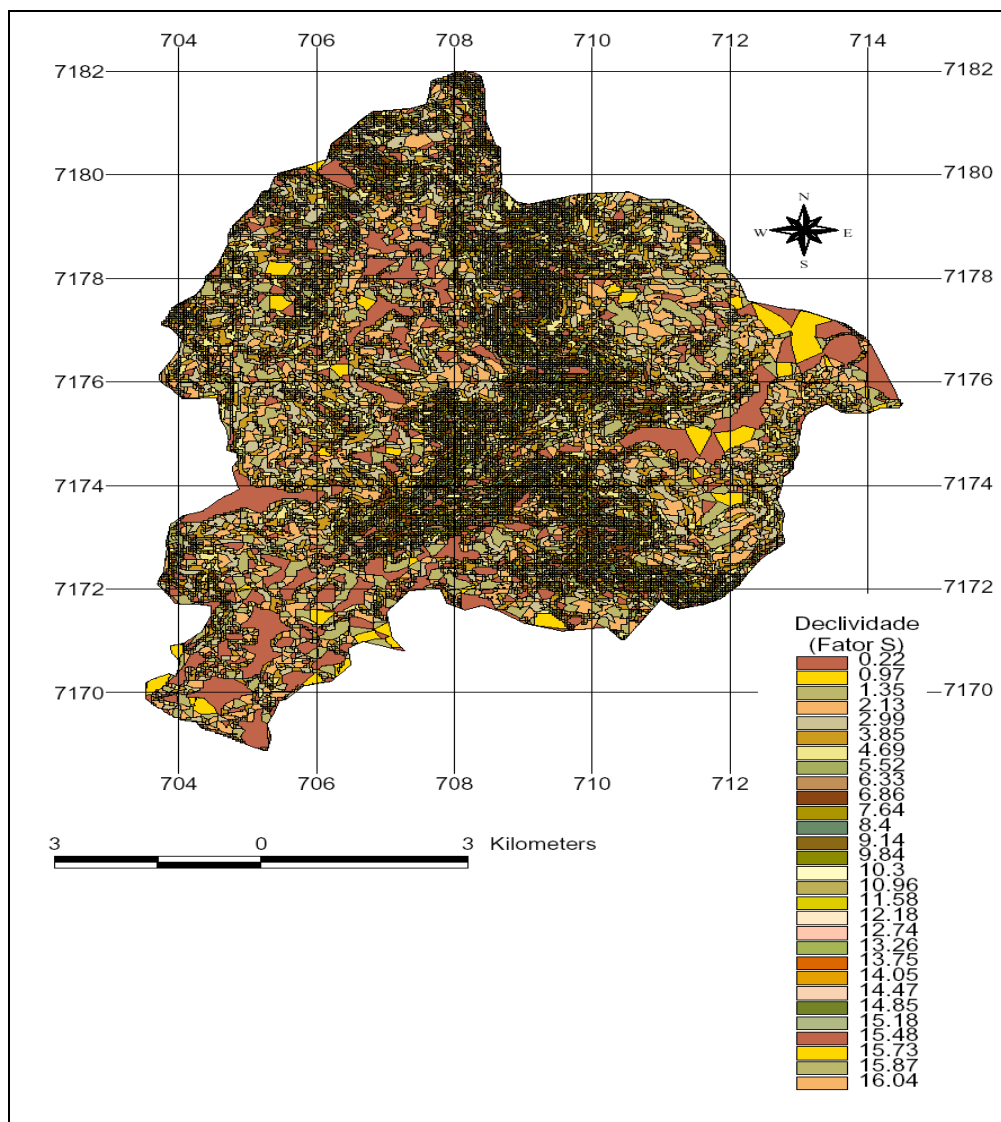
A figura 6.4 mostra a variação de comprimentos de rampa na bacia do rio Marumbi. Essa variação ficou em valores entre 2,75 até 19,77.

A figura 6.5 indica os valores de variações da declividade das rampas. Esses valores apresentaram variação entre 0,22 e 16,04.

**FIGURA 6.4 - FATOR L PARA A BACIA DO MARUMBI.**



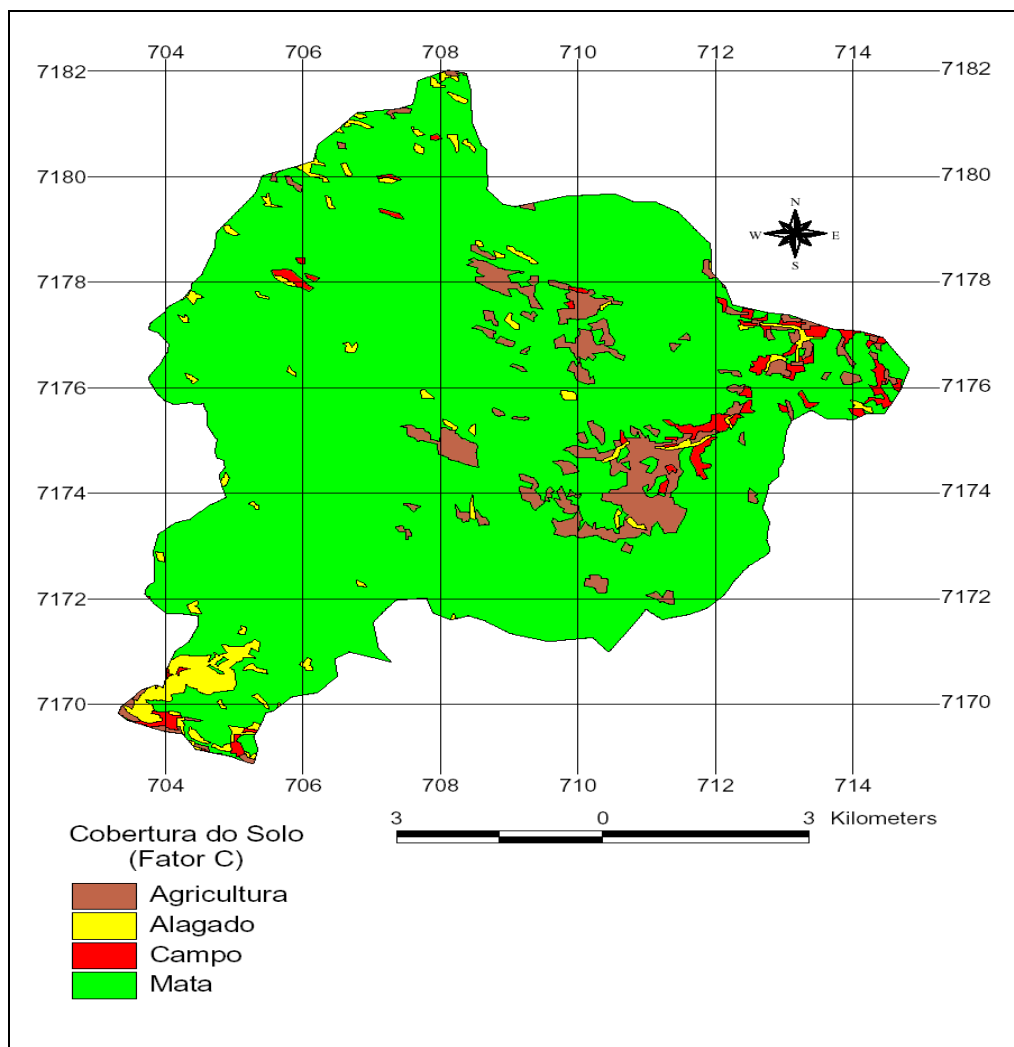
**FIGURA 6.5 - FATOR S PARA A BACIA DO MARUMBI.**



#### 6.4. Fator cobertura do solo (C)

Figura 6.6 indica as áreas que possuem determinados tipos de cobertura vegetal.

As quatro categorias encontradas foram de mata nativa, agricultura, campo e áreas alagadas. A maior parte da área da bacia é coberta por mata nativa.

**FIGURA 6.6 - FATOR C PARA A BACIA DO MARUMBI.**

### 6.5. Perda de solo

Utilizando os resultados apresentados nos itens 6.1 a 6.4 foram determinadas as perdas de solo médias mensais (Fig 6.8 a 6.19) e a perda de solo média anual (Fig 6.7) na bacia do rio Marumbi.

Os resultados indicaram que na maior parte da bacia, a perda de solo média anual e as perdas de solo médias mensais calculadas apresentaram valores considerados pela literatura especializada como muito baixo, valores menores que  $10 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (CARVALHO, 1994) e somente uma área muito pequena apresentou perda de solo considerada alta, valores maiores que  $100 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (CARVALHO, 1994) .

FIGURA 6.7 – PERDA DE SOLO MÉDIA ANUAL

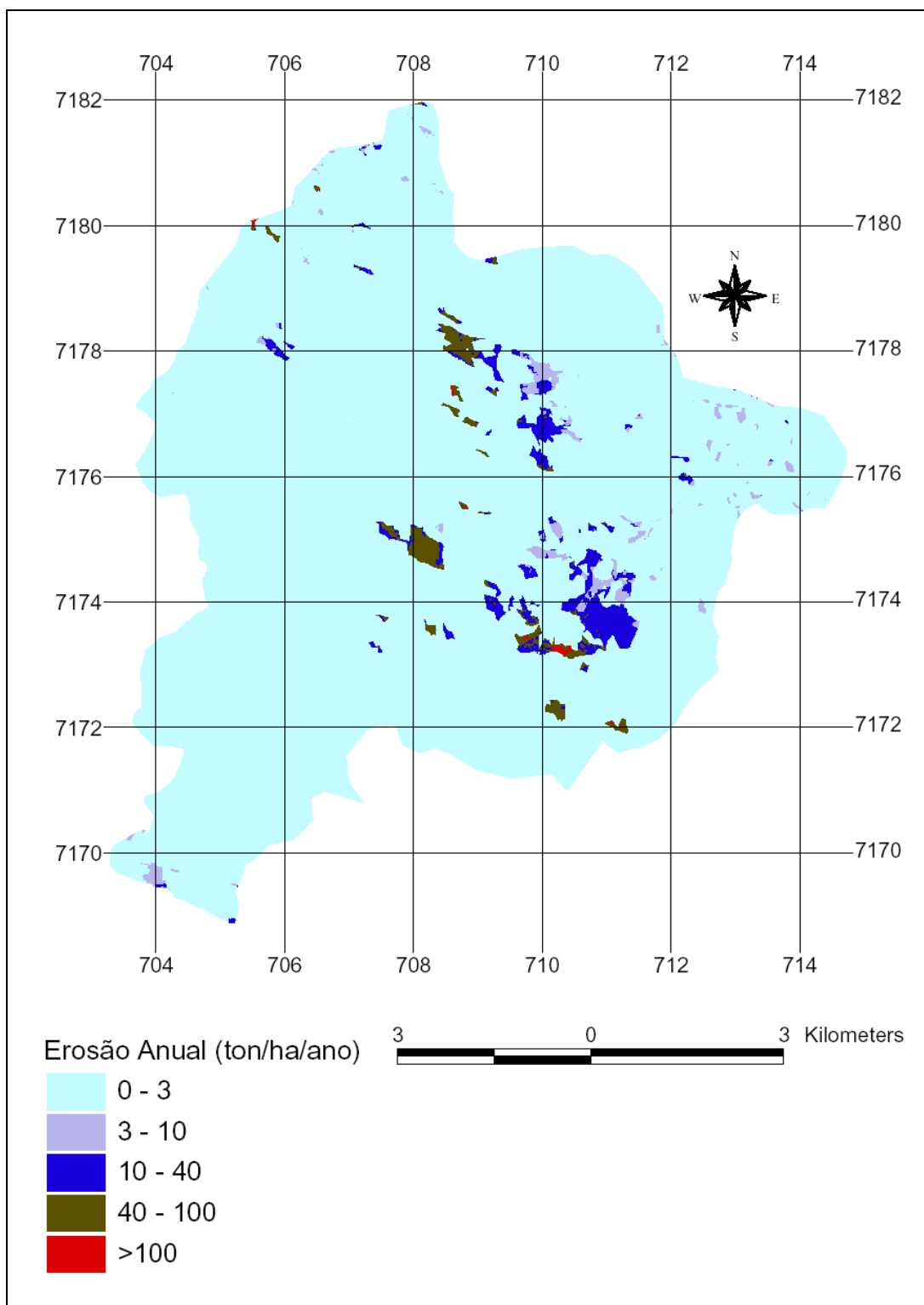


FIGURA 6.8 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE JANEIRO

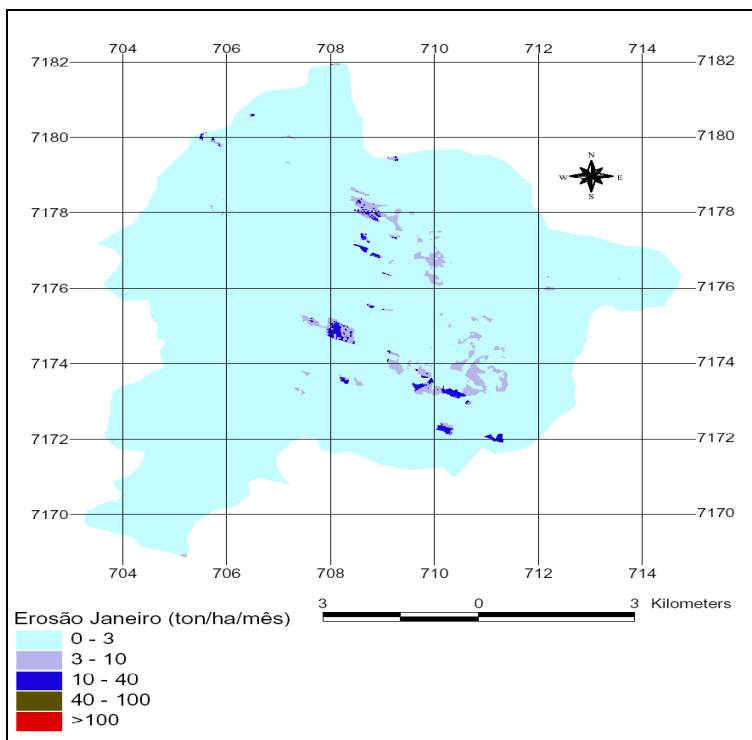


FIGURA 6.9 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE FEVEREIRO

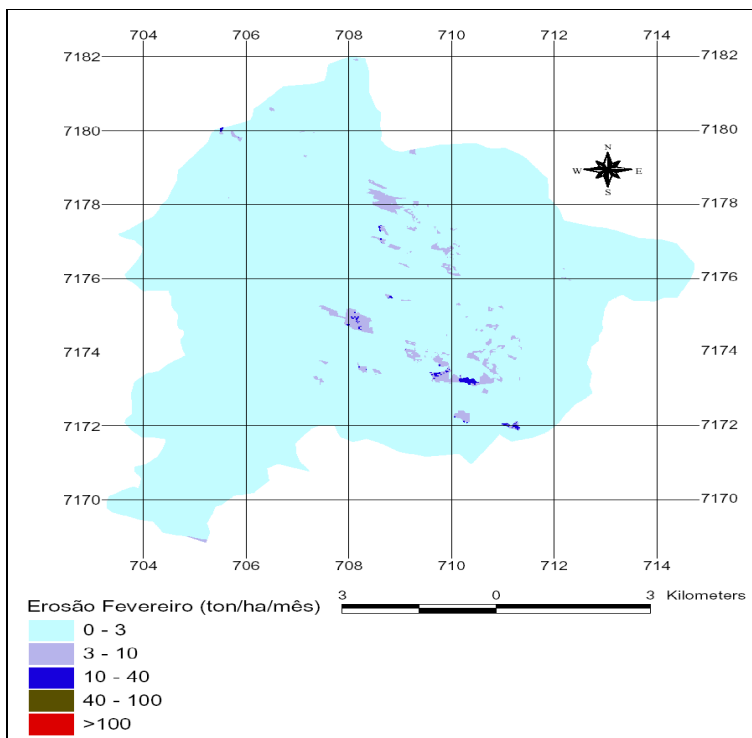




FIGURA 6.10 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE MARÇO

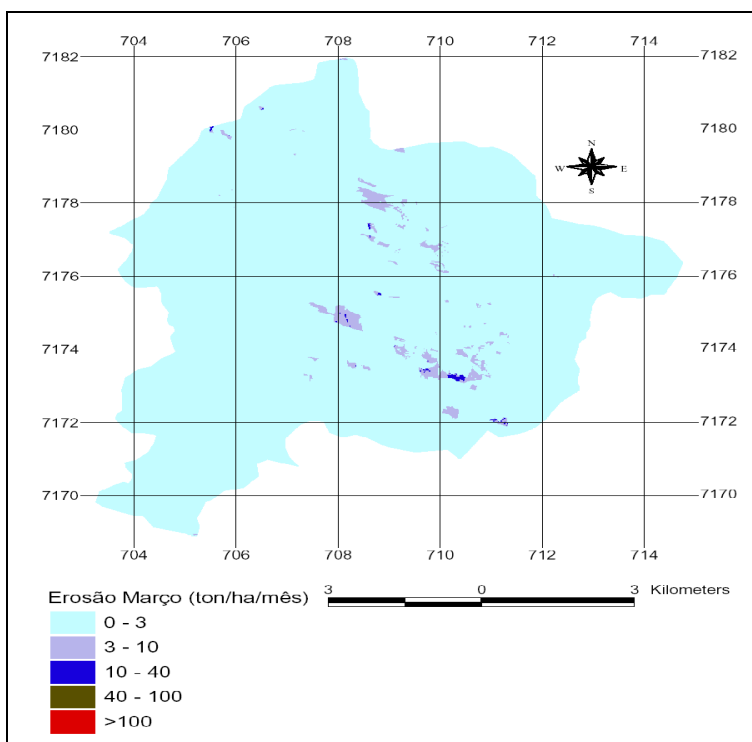


FIGURA 6.11 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE ABRIL

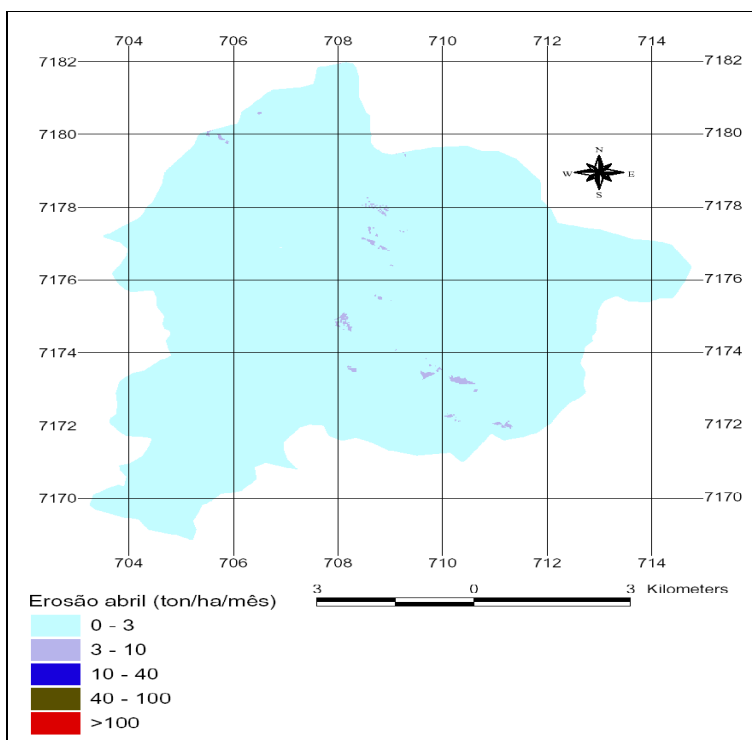


FIGURA 6.12 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE MAIO

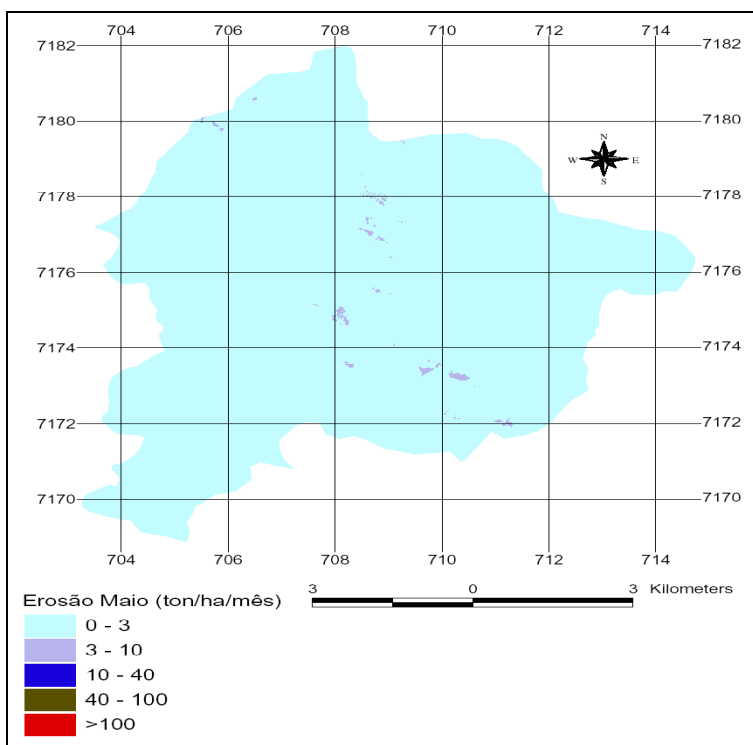


FIGURA 6.13 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE JUNHO

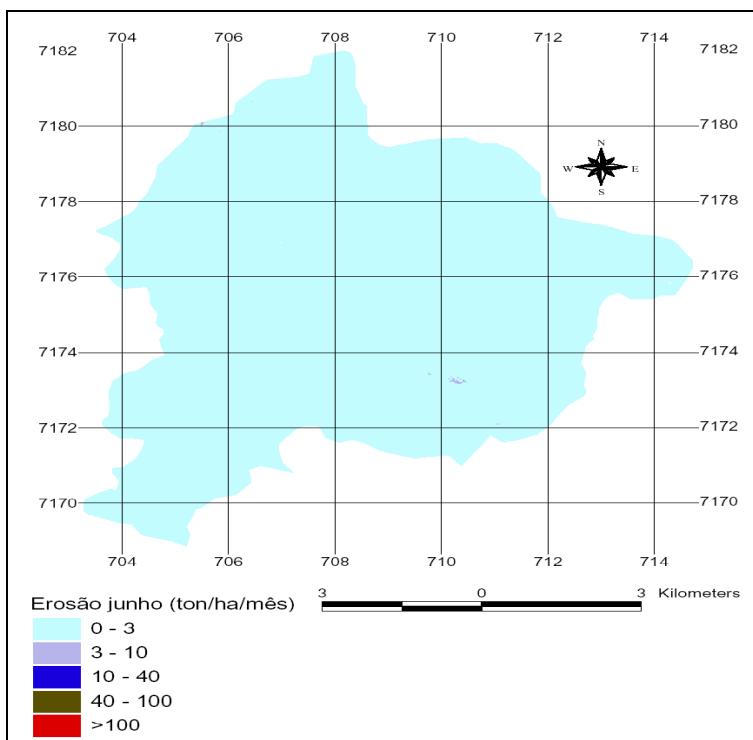


FIGURA 6.14 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE JULHO

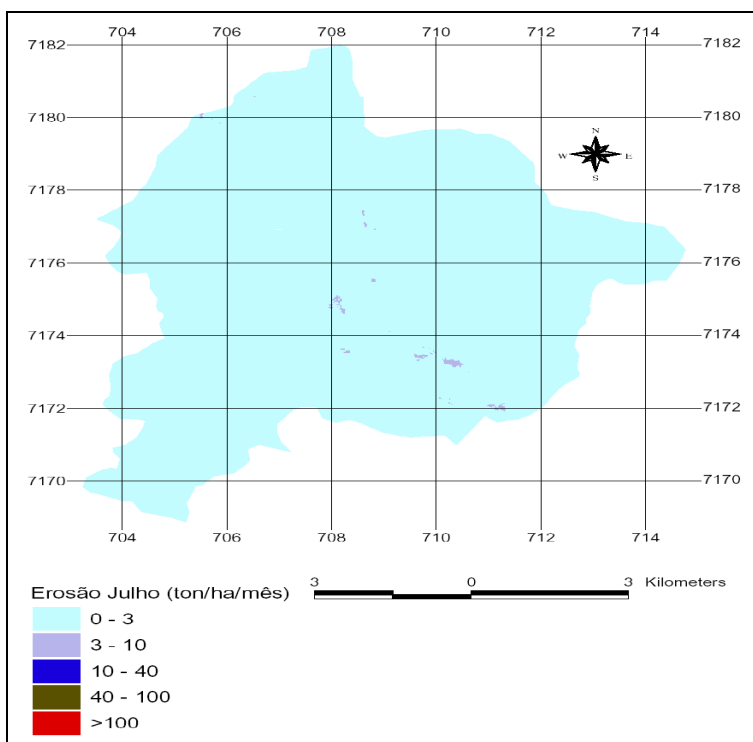


FIGURA 6.15 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE AGOSTO

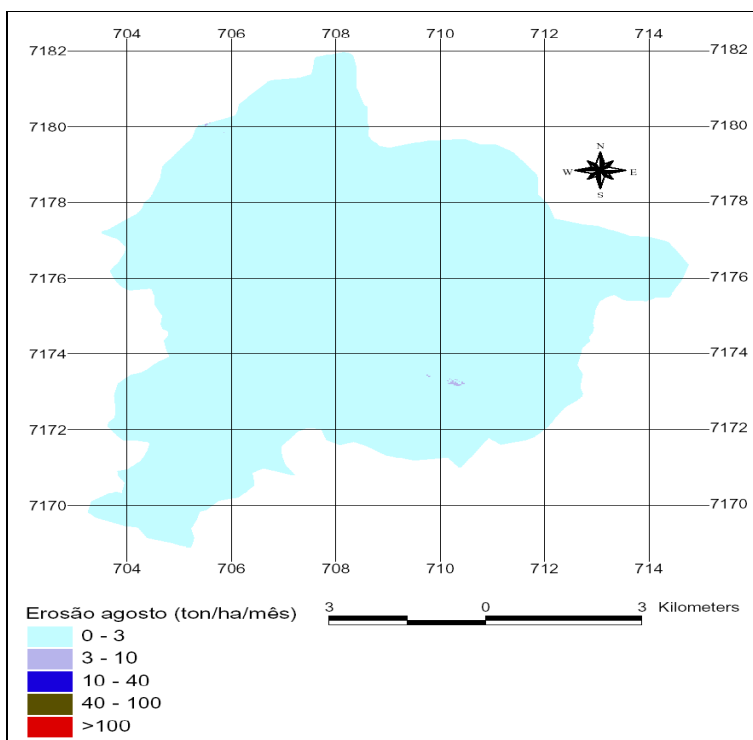


FIGURA 6.16 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE SETEMBRO

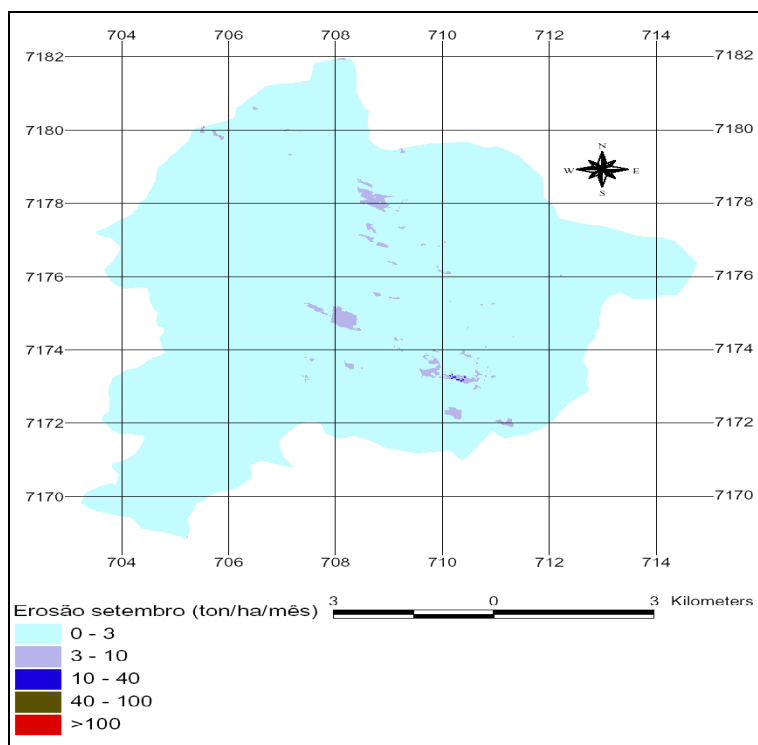


FIGURA 6.17 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE OUTUBRO

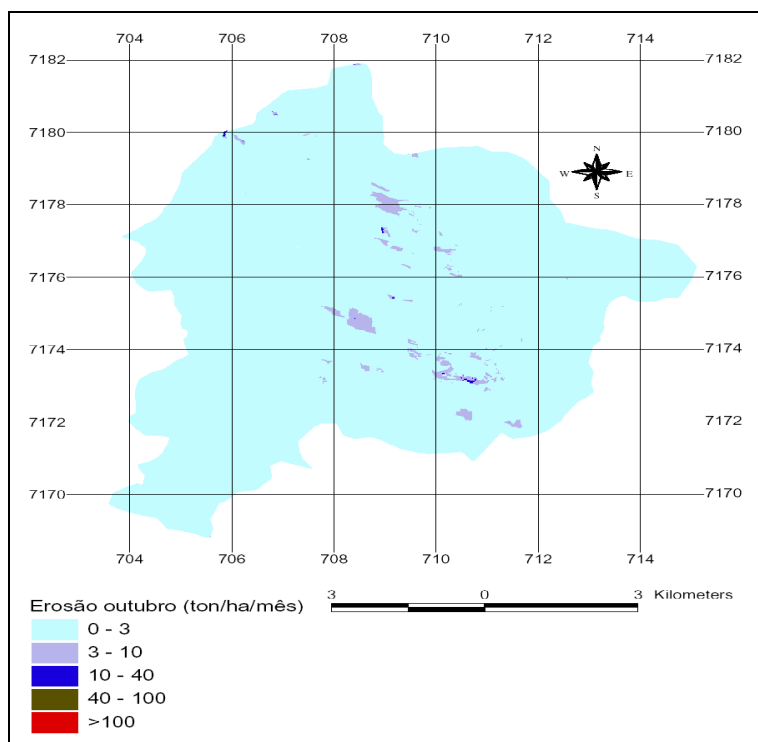


FIGURA 6.18 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE NOVEMBRO

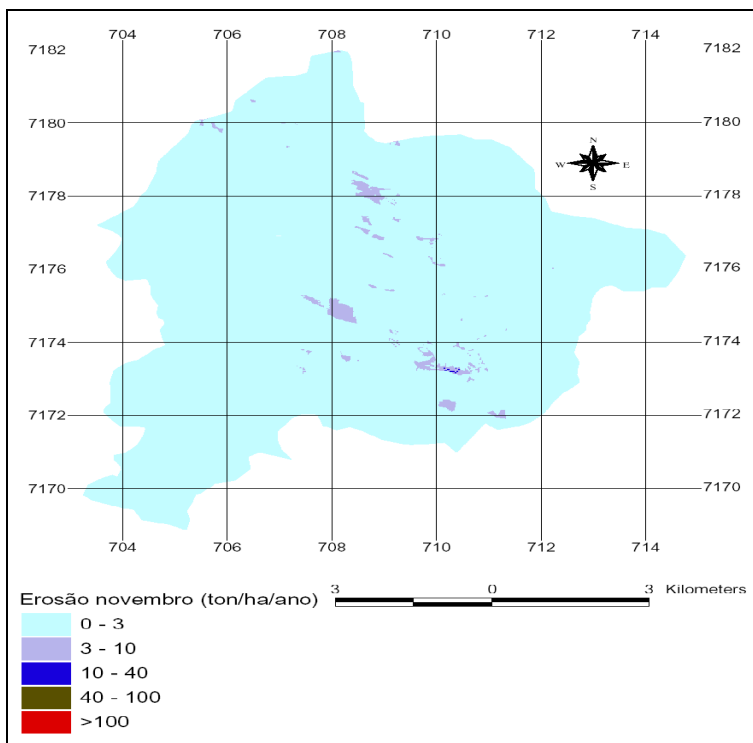
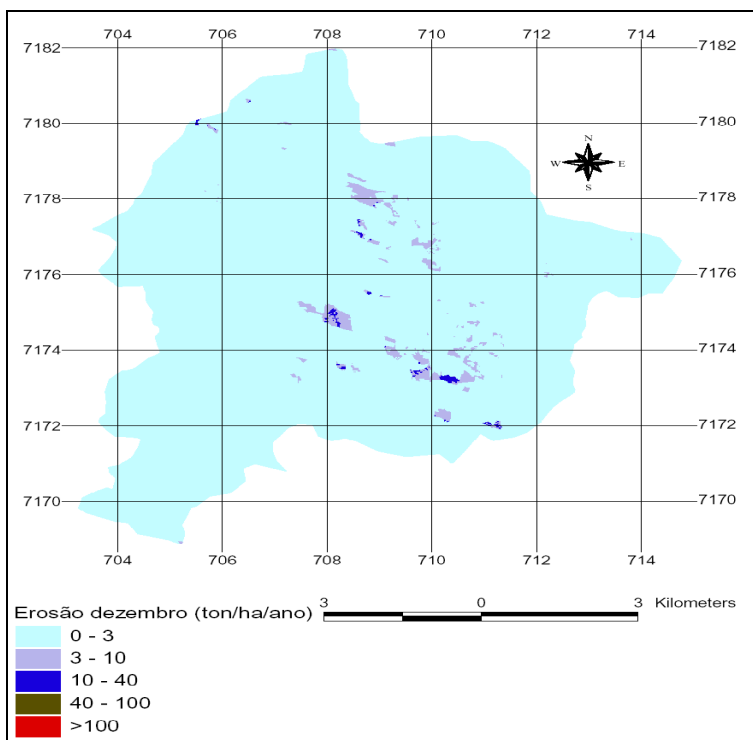


FIGURA 6.19 – PERDA DE SOLO NO MÊS DE DEZEMBRO



## 6.6 Transporte de Sedimento em Suspensão

Foram utilizados os dados de concentração de sedimentos em suspensão a partir do ano de 1987, ano em que começaram as coletas de amostra de material de fundo. A tabela com os dados utilizados consta em anexo. A tabela 6.1 indica o resultado dos cálculos das descargas sólidas transportadas em suspensão.

TABELA 6.1 – TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO

Data	Cota (cm)	C <sub>s</sub> (mg/l)	Q <sub>L</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>SS</sub> (t/d)
03/04/1987	40	22,40	7,95	15,39
17/06/1987	40	18,40	7,95	12,64
12/08/1987	12	6,00	1,63	0,84
05/10/1987	47	25,40	9,71	21,31
05/12/1987	18	15,60	2,77	3,73
27/03/1988	20	27,28	3,15	7,42
22/08/1988	14	36,60	2,01	6,36
10/04/1989	24	16,00	0,65	0,89
09/06/1989	13	15,00	1,44	1,86
25/08/1989	24	16,20	2,21	3,09
26/10/1989	31	28,20	3,48	8,48
31/08/1990	28	14,80	4,10	5,24
01/11/1990	30	21,00	5,40	9,80
23/07/1991	11	28,97	0,94	2,35
24/10/1991	21	21,20	2,21	4,05
04/12/1991	18	22,00	1,80	3,42
13/04/1992	19	18,40	1,44	2,29
22/05/1992	18	14,40	1,24	1,54
15/06/1992	20	16,60	1,43	2,05
24/07/1992	32	7,80	3,63	2,45
28/09/1992	30	14,40	3,13	3,89
30/10/1992	23	11,60	2,01	2,01
25/11/1992	82	23,20	27,10	54,32
18/08/1993	16	13,40	0,92	1,07
05/10/1993	48	32,00	8,91	24,64
20/10/1993	25	21,80	2,08	3,91
04/12/1993	38	18,40	4,99	7,94
18/03/1994	41	15,80	5,52	7,54
11/05/1994	22	15,60	1,78	2,40
20/06/1994	29	13,40	2,90	3,36
05/08/1994	16	29,40	1,07	2,71
26/08/1994	19	18,20	1,37	2,16
26/09/1994	15	11,00	0,86	0,82
21/10/1994	20	21,20	1,46	2,67
18/11/1994	69	11,00	17,66	16,78
09/12/1994	27	20,20	2,46	4,30
24/04/1995	20	10,80	1,42	1,33
23/06/1995	13	16,00	0,75	1,03

25/07/1995	18	8,60	1,42	1,05
10/11/1995	25	12,40	2,10	2,25
25/08/1997	22	21,40	2,50	4,61
17/09/1997	16	22,00	1,48	2,82
26/02/1998	66	21,60	15,52	28,96
20/03/1998	48	26,60	8,28	19,03
23/04/1998	24	24,60	2,19	4,65
01/06/1998	18	10,80	1,24	1,15
06/07/1998	21	15,60	1,81	2,44
23/07/1998	31	9,00	4,76	3,70
20/08/1998	41	34,60	6,31	18,85
17/09/1998	35	10,40	4,73	4,25
20/10/1998	43	9,80	4,47	3,78
02/12/1998	21	18,20	1,85	2,90
29/04/1999	30	39,00	3,77	12,71
28/05/1999	25	20,40	2,96	5,22
24/06/1999	24	32,80	2,44	6,92
30/07/1999	22	14,20	2,62	3,21
25/08/1999	15	36,40	1,47	4,61
25/09/1999	19	31,60	2,00	5,47
27/10/1999	42	19,40	7,62	12,76
02/12/1999	20	25,80	1,98	4,40
01/03/2000	71	29,60	32,73	83,72
23/03/2000	48	31,20	14,17	38,18
18/04/2000	20	15,00	1,56	2,02
17/05/2000	21	27,20	1,45	3,40
12/07/2000	9	27,20	0,62	1,46
22/08/2000	9	17,00	0,63	0,92
15/09/2000	29	17,60	2,48	3,78
31/10/2000	27	38,60	2,08	6,94
01/12/2000	37	10,20	3,40	3,00
25/06/2001	21	53,20	2,55	11,72
18/07/2001	13	32,40	1,27	3,55
02/09/2001	15	29,40	1,70	4,31
24/10/2001	25	24,00	3,60	7,46
10/06/2002	13	24,80	1,17	2,50
23/08/2002	15	24,80	1,47	3,16
20/12/2002	25	7,80	3,03	2,04

<b>Média</b>	6,397009614
<b>Desvio Padrão</b>	6,325086371
<b>Coefficiente de Variação (CV)</b>	0,98875674

## 6.7 Transporte de Sedimento por Arraste

O transporte de sedimentos por arraste calculado apresentou muitos valores onde a tensão tangencial aplicada pelo fluído na partícula não superou a tensão tangencial crítica do sedimento, ocasionando vários resultados onde o transporte de sedimentos por arraste apresentou valor 0 (zero), ou seja, para alguns valores de descarga líquida combinado com condições específicas do rio, a quantidade de sedimentos transportados por arraste pode ser desconsiderada.

TABELA 6.2 – TRANSPORTE DE SEDIMENTOS POR ARRASTE

Data	$Q_L$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{SA}$ (t/d)
03/04/1987	7,95	10,85
17/06/1987	7,95	12,05
05/12/1987	2,77	0,87
22/08/1988	2,01	0,00
10/04/1989	0,65	0,00
09/06/1989	1,44	0,00
25/08/1989	2,21	0,00
26/10/1989	3,48	0,00
31/08/1990	4,10	0,00
23/07/1991	0,94	0,00
24/10/1991	2,21	0,00
04/12/1991	1,80	0,00
15/06/1992	1,43	0,00
24/07/1992	3,63	0,00
18/08/1993	0,92	0,00
05/10/1993	8,91	0,00
20/10/1993	2,08	0,00
04/12/1993	4,99	0,00
18/03/1994	5,52	0,00
11/05/1994	1,78	0,00
05/08/1994	1,07	0,00
26/08/1994	1,37	0,00
26/09/1994	0,86	0,00
21/10/1994	1,46	0,00
18/11/1994	17,66	38,80
09/12/1994	2,46	0,00
26/02/1998	15,52	4,90
20/03/1998	8,28	0,00
23/04/1998	2,19	0,00
01/06/1998	1,24	0,00
06/07/1998	1,81	0,00
23/07/1998	4,76	0,00
20/08/1998	6,31	0,00
17/09/1998	4,73	0,00
20/10/1998	4,47	0,00



02/12/1998	1,85	0,00
29/04/1999	3,77	0,00
28/05/1999	2,96	0,00
24/06/1999	2,44	0,00
30/07/1999	2,62	0,00
25/08/1999	1,47	0,00
25/09/1999	2,00	0,00
27/10/1999	7,62	1,16
02/12/1999	1,98	0,00
12/07/2000	0,62	0,00
15/09/2000	2,48	0,00
18/07/2001	1,27	0,00
02/09/2001	1,70	0,00

## 6.8 Transporte Total de Sedimentos

Pela adição das parcelas calculadas de material sólido em suspensão e material sólido transportado por arraste foi determinada a descarga sólida total transportada pelo rio Marumbi até a seção em estudo.

TABELA 6.3 – TRANSPORTE TOTAL DE SEDIMENTOS

Data	$Q_L$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{SS}$ (t/d)	$Q_{SA}$ (t/d)	$Q_{ST}$ (t/d)
03/04/1987	7,95	15,39	10,85	<b>26,24</b>
17/06/1987	7,95	12,64	12,05	<b>24,69</b>
05/12/1987	2,77	3,73	0,87	<b>4,61</b>
22/08/1988	2,01	6,36	0,00	<b>6,36</b>
10/04/1989	0,65	0,89	0,00	<b>0,89</b>
09/06/1989	1,44	1,86	0,00	<b>1,86</b>
25/08/1989	2,21	3,09	0,00	<b>3,09</b>
26/10/1989	3,48	8,48	0,00	<b>8,48</b>
31/08/1990	4,10	5,24	0,00	<b>5,24</b>
23/07/1991	0,94	2,35	0,00	<b>2,35</b>
24/10/1991	2,21	4,05	0,00	<b>4,05</b>
04/12/1991	1,80	3,42	0,00	<b>3,42</b>
15/06/1992	1,43	2,05	0,00	<b>2,05</b>
24/07/1992	3,63	2,45	0,00	<b>2,45</b>
18/08/1993	0,92	1,07	0,00	<b>1,07</b>
05/10/1993	8,91	24,64	0,00	<b>24,64</b>
20/10/1993	2,08	3,91	0,00	<b>3,91</b>
04/12/1993	4,99	7,94	0,00	<b>7,94</b>
18/03/1994	5,52	7,54	0,00	<b>7,54</b>
11/05/1994	1,78	2,40	0,00	<b>2,40</b>
05/08/1994	1,07	2,71	0,00	<b>2,71</b>
26/08/1994	1,37	2,16	0,00	<b>2,16</b>
26/09/1994	0,86	0,82	0,00	<b>0,82</b>

21/10/1994	1,46	2,67	0,00	<b>2,67</b>
18/11/1994	17,66	16,78	38,80	<b>55,58</b>
09/12/1994	2,46	4,30	0,00	<b>4,30</b>
26/02/1998	15,52	28,96	4,90	<b>33,87</b>
20/03/1998	8,28	19,03	0,00	<b>19,03</b>
23/04/1998	2,19	4,65	0,00	<b>4,65</b>
01/06/1998	1,24	1,15	0,00	<b>1,15</b>
06/07/1998	1,81	2,44	0,00	<b>2,44</b>
23/07/1998	4,76	3,70	0,00	<b>3,70</b>
20/08/1998	6,31	18,85	0,00	<b>18,85</b>
17/09/1998	4,73	4,25	0,00	<b>4,25</b>
20/10/1998	4,47	3,78	0,00	<b>3,78</b>
02/12/1998	1,85	2,90	0,00	<b>2,90</b>
29/04/1999	3,77	12,71	0,00	<b>12,71</b>
28/05/1999	2,96	5,22	0,00	<b>5,22</b>
24/06/1999	2,44	6,92	0,00	<b>6,92</b>
30/07/1999	2,62	3,21	0,00	<b>3,21</b>
25/08/1999	1,47	4,61	0,00	<b>4,61</b>
25/09/1999	2,00	5,47	0,00	<b>5,47</b>
27/10/1999	7,62	12,76	1,16	<b>13,93</b>
02/12/1999	1,98	4,40	0,00	<b>4,40</b>
12/07/2000	0,62	1,46	0,00	<b>1,46</b>
15/09/2000	2,48	3,78	0,00	<b>3,78</b>
18/07/2001	1,27	3,55	0,00	<b>3,55</b>
02/09/2001	1,70	4,31	0,00	<b>4,31</b>

<b>Média</b>	9,0133
<b>Desvio Padrão</b>	13,3326
<b>Coefficiente de Variação (CV)</b>	1,479226433

## 6.9 Curva de Descarga Sólida Total

A tabela 6.4 representa a aplicação do Método da Regressão Linear para os dados medidos de vazões líquidas e suas respectivas descargas sólidas calculadas.

TABELA 6.4 – MÉTODO DA REGRESSÃO LINEAR

Data	$Q_L$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{ST}$ (t/d)	$\log Q_L$	$(\log Q_L)^2$	$\log Q_{ST}$	$\log Q_L \log Q_{ST}$
3/4/1987	7,95	<b>26,24</b>	0,90037	0,81066	1,41890	1,27753
17/6/1987	7,95	<b>24,69</b>	0,90037	0,81066	1,39245	1,25372
5/12/1987	2,77	<b>4,61</b>	0,44248	0,19579	0,66332	0,29350
22/8/1988	2,01	<b>6,36</b>	0,30320	0,09193	0,80319	0,24352
10/4/1989	0,65	<b>0,89</b>	-0,18977	0,03601	-0,04913	0,00932
9/6/1989	1,44	<b>1,86</b>	0,15776	0,02489	0,27036	0,04265
25/8/1989	2,21	<b>3,09</b>	0,34400	0,11834	0,49003	0,16857

26/10/1989	3,48	<b>8,48</b>	0,54158	0,29331	0,92834	0,50277
31/8/1990	4,10	<b>5,24</b>	0,61225	0,37485	0,71903	0,44023
23/7/1991	0,94	<b>2,35</b>	-0,02733	0,00075	0,37113	-0,01014
24/10/1991	2,21	<b>4,05</b>	0,34439	0,11861	0,60724	0,20913
4/12/1991	1,80	<b>3,42</b>	0,25527	0,06516	0,53421	0,13637
15/6/1992	1,43	<b>2,05</b>	0,15412	0,02375	0,31074	0,04789
24/7/1992	3,63	<b>2,45</b>	0,55991	0,31350	0,38851	0,21753
18/8/1993	0,92	<b>1,07</b>	-0,03574	0,00128	0,02788	-0,00100
5/10/1993	8,91	<b>24,64</b>	0,94993	0,90236	1,39159	1,32191
20/10/1993	2,08	<b>3,91</b>	0,31765	0,10090	0,59262	0,18824
4/12/1993	4,99	<b>7,94</b>	0,69827	0,48759	0,89961	0,62817
18/3/1994	5,52	<b>7,54</b>	0,74225	0,55094	0,87742	0,65127
11/5/1994	1,78	<b>2,40</b>	0,25066	0,06283	0,38030	0,09533
5/8/1994	1,07	<b>2,71</b>	0,02735	0,00075	0,43221	0,01182
26/8/1994	1,37	<b>2,16</b>	0,13799	0,01904	0,33457	0,04617
26/9/1994	0,86	<b>0,82</b>	-0,06349	0,00403	-0,08558	0,00543
21/10/1994	1,46	<b>2,67</b>	0,16286	0,02652	0,42571	0,06933
18/11/1994	17,66	<b>55,58</b>	1,24692	1,55480	1,74495	2,17580
9/12/1994	2,46	<b>4,30</b>	0,39129	0,15311	0,63315	0,24775
26/2/1998	15,52	<b>33,87</b>	1,19086	1,41816	1,52978	1,82176
20/3/1998	8,28	<b>19,03</b>	0,91803	0,84278	1,27943	1,17455
23/4/1998	2,19	<b>4,65</b>	0,34005	0,11563	0,66750	0,22698
1/6/1998	1,24	<b>1,15</b>	0,09237	0,00853	0,06231	0,00576
6/7/1998	1,81	<b>2,44</b>	0,25792	0,06652	0,38756	0,09996
23/7/1998	4,76	<b>3,70</b>	0,67770	0,45927	0,56845	0,38524
20/8/1998	6,31	<b>18,85</b>	0,79982	0,63972	1,27541	1,02010
17/9/1998	4,73	<b>4,25</b>	0,67504	0,45569	0,62859	0,42433
20/10/1998	4,47	<b>3,78</b>	0,65031	0,42290	0,57805	0,37591
2/12/1998	1,85	<b>2,90</b>	0,26647	0,07100	0,46305	0,12339
29/4/1999	3,77	<b>12,71</b>	0,57657	0,33243	1,10415	0,63662
28/5/1999	2,96	<b>5,22</b>	0,47144	0,22225	0,71758	0,33830
24/6/1999	2,44	<b>6,92</b>	0,38792	0,15048	0,84031	0,32598
30/7/1999	2,62	<b>3,21</b>	0,41830	0,17498	0,50710	0,21212
25/8/1999	1,47	<b>4,61</b>	0,16584	0,02750	0,66345	0,11003
25/9/1999	2,00	<b>5,47</b>	0,30168	0,09101	0,73788	0,22260
27/10/1999	7,62	<b>13,93</b>	0,88167	0,77734	1,14388	1,00852
2/12/1999	1,98	<b>4,40</b>	0,29579	0,08749	0,64392	0,19046
12/7/2000	0,62	<b>1,46</b>	-0,20621	0,04252	0,16487	-0,03400
15/9/2000	2,48	<b>3,78</b>	0,39515	0,15614	0,57718	0,22807
18/7/2001	1,27	<b>3,55</b>	0,10312	0,01063	0,55018	0,05673
2/9/2001	1,70	<b>4,31</b>	0,22943	0,05264	0,63429	0,14552

n =	<b>1,407</b>
a =	<b>1,2155</b>

Pelo Método da Regressão Linear, chegou-se a equação para descarga sólida total no rio Marumbi:

$$Q_{ST} = 1,2155Q_L^{1,407} \quad (6.1)$$

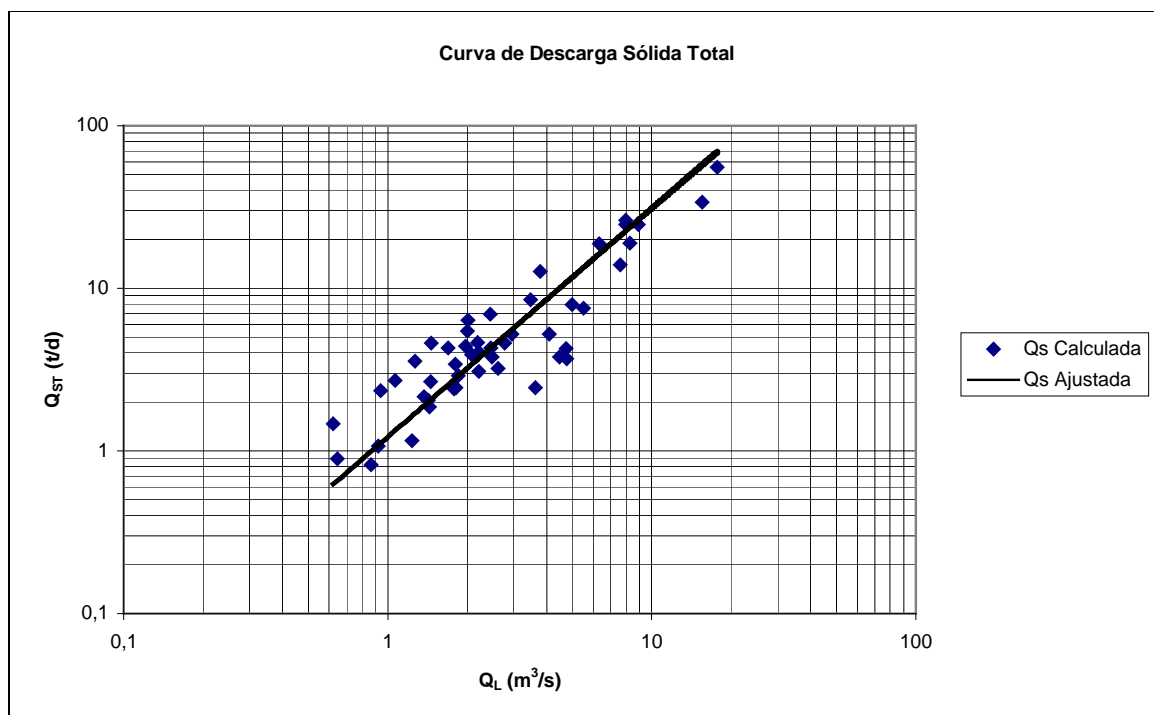
Neste caso,  $r^2 = 0,60172399$ . (Coeficiente de Determinação)

Onde:

- $Q_{ST}$  : descarga sólida em t/dia;
- $Q_L$  : vazão líquida em  $m^3/s$ ;

A curva de descarga sólida total é apresentada graficamente na figura 6.20:

FIGURA 6.20 – CURVA DE DESCARGA SÓLIDA TOTAL



### 6.10 Vazões Sólidas Médias Mensais e Média Anual

Para todas vazões líquidas diárias da série histórica no período de 1987 a 2002, através da relação indicada no item 6.9, foi estimada a descarga sólida diária transportada. Estes resultados encontram-se em forma de sedimentogramas para cada ano no Anexo E.

De posse das vazões sólidas diárias, foram estabelecidas as vazões sólidas mensais, e as médias mensais para o período, bem como as anuais e a média anual para seção em estudo, que são mostradas na tabela 6.5.

TABELA 6.5 – VAZÕES SÓLIDAS MÉDIAS MENSALIS E MÉDIA ANUAL

Mês	Q <sub>ST</sub> (t/mês)
Janeiro	905,78
Fevereiro	665,37
Março	557,97
Abril	305,42
Maio	275,67
Junho	173,86
Julho	275,94
Agosto	166,09
Setembro	535,23
Outubro	610,42
Novembro	485,44
Dezembro	471,27
<b>Q<sub>ST</sub> Anual (t/ano)</b>	<b>5428,5</b>

### 6.11 Taxa de Transferência de Sedimentos

A Taxa de Transferência de sedimentos (Tx) média em cada mês foi determinada pela razão entre o valor da descarga sólida média mensal transportada pelo rio Marumbi e a respectiva perda de solo média mensal calculada para bacia de contribuição da seção.

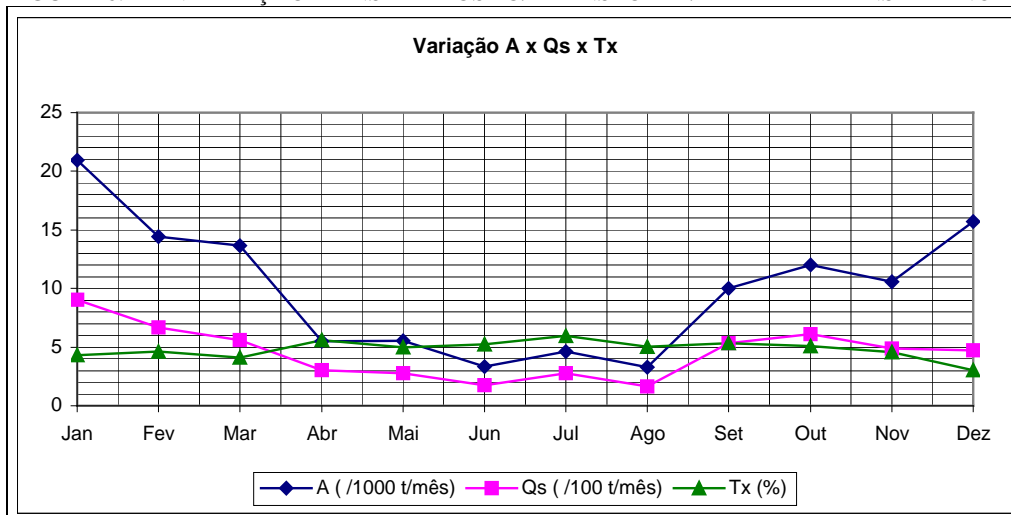
E a Taxa de Transferência de sedimentos (Tx) média anual, assim como a mensal, foi determinada pela razão entre descarga sólida média anual de sedimentos transportada e a perda de solo média anual calculada na bacia do rio Marumbi. Os valores são apresentados na tabela 6.6.

TABELA 6.6 – TAXA DE TRANSFERÊNCIA DE SEDIMENTOS

Mês	A (t/mês)	Q <sub>ST</sub> (t/mês)	Tx (%)
Janeiro	20.921,87	905,78	4,33
Fevereiro	14.441,16	665,37	4,61
Março	13.641,11	557,97	4,09
Abril	5.482,58	305,42	5,57
Maio	5.549,59	275,67	4,97
Junho	3.332,65	173,86	5,22
Julho	4.625,19	275,94	5,97
Agosto	3.307,81	166,09	5,02
Setembro	10.016,43	535,23	5,34
Outubro	12.000,84	610,42	5,09
Novembro	10.566,07	485,44	4,59
Dezembro	15.692,22	471,27	3,00
	<b>A (t/ano)</b>	<b>Q<sub>ST</sub> (t/ano)</b>	<b>Tx (%)</b>
<b>ANUAL</b>	119.577,51	5.428,46	4,54

Os dados apresentam a relação inversa entre erosão/transporte e taxa de transferência, ou seja, nos meses de maiores perdas de solo e com maiores valores de sólidos transportados, observaram os menores valores de taxa de transferência de sedimentos. A figura 6.21 apresenta a variação entre as perdas de solo médias mensais, as descargas sólidas médias mensais transportadas e a Taxa de Transferência de Sedimentos na bacia do rio Marumbi.

FIGURA 6.21 – VARIAÇÃO MENSAL EROSIÃO/TRANSPORTE/TAXA DE TRANSFERÊNCIA



## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os cálculos comprovaram que a região da bacia hidrográfica do rio Marumbi, mesmo tendo sua localização em uma área de serra, com alta variação de declividade e com índices pluviométricos acentuados, apresenta valores de perda de solo média considerados pequenos pela literatura especializada.

Na maior parte da bacia, a erosão hídrica calculada média foi de 3 t/ha.ano, e em poucas regiões apresentou valores maiores, mas chegando a valores considerados forte em somente poucas áreas dentro da bacia.

A variação da perda de solo mensal em toda a bacia hidrográfica ficou entre 3.000 toneladas para o mês de agosto e 21.000 toneladas para o mês de janeiro. A perda de solo média por ano apresentou um valor em torno de 120.000 toneladas.

Aparentemente a erosão na bacia do rio Marumbi é reduzida devido à cobertura vegetal ampla, de mata nativa, que cobre grande parte da área da bacia.

Os cálculos das descargas sólidas indicaram que no rio Marumbi o total médio mensal transportado varia entre 166 toneladas a 905 toneladas, sendo a mínima no mês de agosto e a máxima no mês de janeiro, o que coincide com os extremos da erosão.

A Taxa de Transferência de Sedimentos (Tx) apresentou valores mensais em uma faixa de 3% a 6% e um valor médio anual de 4,5%. Isso quer dizer, que em um ano somente cerca de  $\frac{1}{20}$  da porção de solo que é erodida é removida da bacia hidrográfica do rio Marumbi, a montante da estação fluviométrica.

Portanto a maior parte do material erodido fica depositado dentro da própria bacia, sendo apenas removido de locais mais altos para os mais baixos.

Os resultados obtidos nessa pesquisa podem ser considerados satisfatórios e permitem uma boa caracterização da bacia sob o aspecto do ciclo de erosão.

Fatores limitadores de confiabilidade de estudo são as poucas medições em campo, o que é uma realidade em nosso país e dúvidas sobre a aplicabilidade da equação de MEYER-PETER & MULLER (1948).

Para estudos futuros recomenda-se a obtenção de uma maior quantidade de dados medidos em campo, particularmente nos que abrangem o transporte de sedimentos por arraste, assim como pesquisas adicionais da aplicabilidade da equação de MEYER-PETER & MULLER (1948) no caso de rios em regime de escoamento torrencial. Assim os resultados

podem ser mais conclusivos, e os valores obtidos de perda de solo e principalmente de transporte de sedimentos sejam representativos da realidade da bacia.

Os fatores de entrada do cálculo da RUSLE devem ser atualizados para estudos posteriores, pois alguns destes fatores são variáveis no tempo. Particularmente a estimativa da erosividade da chuva merece a realização de pesquisas complementares.

O acompanhamento diário de medições de sedimentos é aconselhado para evitar aproximações através de relações gráficas, o que pode afastar os valores ajustados da realidade.

Com uma maior quantidade de estudos poderá se encontrar a equação para o cálculo da descarga sólida que melhor se adapta às condições apresentadas, de acordo com as características de cada rio.

Finalmente, deve-se obter equações para a Taxa de Transferência de Sedimentos com maior precisão e confiança de parâmetros aplicados, de acordo com as características físicas e geomorfológicas de cada região.



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADINARAYANA, J.; RAO, K.G.; KRISHNA, N. R.; VENKATACHALAM, P. & SURI, J.K. **A rule-based soil erosion model for a hilly catchment**. *Catena*, v. 37, p. 309-318. 1999

ALBUQUERQUE, A.W.; CHAVES, I.B.; VASQUES FILHO, J. **Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num regossolo eutrófico de Caruaru (PE)**. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.18, p.279-283, 1994

ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F. CATANEO, A.; SRINIVASAN, V.S. **Parâmetros erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um solo Bruno não-cálcico vértico em Sumé (PB)**. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.22, p.743-749, 1998.

BERTONI, J. **O espaçamento de terraços em culturas anuais determinado em função das perdas por erosão**. *Bragantia*, Campinas, SP, 1959.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Tolerância de perda de solo para alguns solos do Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo, SP. 12p. 1975. (Boletim Técnico).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 392p. 1985.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990, 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3 ed. São Paulo: Ícone, 1993.

BIGARELLA, J. J. et al. **A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná...Um Problema de Segurança Ambiental e Nacional**. Secretaria de Estado do Planejamento do Paraná, Curitiba, 1978.

BOGÁRDI, J. L. **Advances in Hydroscience**. University of Illinois, Urbana, Illinois, V.8. 1972.

BOWIE, A. J. ; MUTCHLER, C. K. **Sediment Sources and Yields from Complex Watersheds**. In: *Proceedings of the Third International Symposium on River Sedimentation*, Mississippi, USA. 1986.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 p.

CASTRO FILHO, C.; CATANEO, A.; BISCAIA, R.C.M. **Utilização da metodologia de Wilkinson para cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná**. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.6, p.240-241, 1982.

CAUDURO, F. A.; DORFMAN, R. **Manual de Ensaio de Laboratório e Campo para Irrigação & Drenagem**. Porto Alegre: PRONI: IPH UFRGS. 216 p, 1990.

CEHPAR. **Atlas Meteorológico do Estado do Paraná**. Curitiba: Centro de Hidráulica e Hidrologia Parigot de Souza, Paraná, 1996.

CHAVES, H. M. L. **Análise global de sensibilidade dos parâmetros da equação universal de perda de solo modificada (MUSLE)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.15, 1991.

CHAVES, H. M. L. **Estimativa da erosão atual e potencial no vale do rio S. Francisco**. FAO TCP/BRA/2257, Brasília, 1994.

CHAVES, H. M. L. **Modelagem Matemática da Erosão Hídrica: Passado, Presente e Futuro**. In: O solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e Desenvolvimento Sustentável. UFV, 1996.

CHOW, V. T. **Handbook of Applied Hydrology**. McGraw-Hill Book Company. New York, 1964.

CLARK, E. H.; HAVERKAMP, J. A., CHAPMAN, W. **Eroding Soils: The Off-Farm Impacts**. The Conservation Foundation, Washington, D.C., 1985. 252 p

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do Solo Estimada por Meio de Parâmetros Físicos e Químicos**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP, 1990. 80p.(Tese de Doutorado)

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. SNLCS - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Cia Editora gráfica Barbero, 1981. 1 prancha, colorido 100 x 115 cm. 1:600.000.

FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. **Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SI metric units**. J. Soil Water Conserv., Ankeney, v.36, p.355-359, 1981.

FRUET, D.;KOBIYAMA, M.; BUENO Jr, J.; SANTOS, I.**Erosividade na Região Oriental do Estado do Paraná**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL. Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, Itajaí, SC , 2002.

FU, B.; CHEN, L. ; MA, K.; ZHOU, H. &WANG, J. **The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the loess plateau in northern Shaanxi, China**. Catena, v. 39, p.69-78. 2000.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Atlas de Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados do Domínio da Mata Atlântica no Período 1985/1990** - Estado do Paraná. São Paulo, 1993.22 mapas.

GALETI, A. P. **Conservação do Solo, Reflorestamento, Clima**. Campinas (SP): Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

GARDE, R.J.; RANGA RAJU, K.G. **Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems**. Wiley Eastern Limited, New Delhi, India, 1985.

GOLUBEV, G. N. **Soil erosion and agriculture in the world: an assessment and hydrological implications**. Int. Assoc. Hydrol. Sci. Publ. 137, p. 261-268, 1982.

GRAF, W. H. **Hydraulics of Sediment Transport**. Water Res. Publ. Ft Collins, Colorado, 1984.

GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. **Geomorfologia**. Uma atualização de Bases e Conceitos. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. P. 149-209, p.93-114.

GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

HENDERSON, F. M. **Open Channel Flow**, McMillan. New York, 1966.

HUDSON, N.W. **Soil conservation**. 2ed. New York: Cornell University Press, 1973. 320p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo: Bacia do Peixe-Parapanema**. 6 vol.São Paulo, 1986.

KOBIYAMA, M.; FRUET, D.; BUENO, J.; SANTOS, I. **Estudo de erosividade na região litorânea do estado do Paraná: Curitiba**: UFPR, Setor de Ciências da Terra, Depto. de Agronomia.

LAFLEN, J.M.; FOSTER, G.R. ; ONSTAD, C.A. **Simulation of individual-storm soil loss for modeling the impact of soil erosion on crop productivity**. In: ELSWAIFY (ED.), soil Erosion and Conservation, Ankeney, Soil Cons. Soc. Am., p.285-295, 1985.

LAFLEN, J.M.; LANE, L.J.; FOSTER, G.R. **A new generation of erosion prediction technology**. J. Soil Water Conserv., Ankeney, v.46, p.34-38, 1991

LINSLEY, R.K.; KOHLER, M. A.; PAULHUS, J. L. H. **Hydrology for Engineers**, McGraw-Hill Book Company. New York: 1972.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP**. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo (3: 1980: Recife), Anais.. 1980. fl. 13.

LOMBARDI NETO, F.; ROCHA, J.V.; BACELLAR, A.A.A. **Planejamento agroambiental da microbacia hidrográfica do ribeirão Cachoeirinha – município de Iracemópolis, SP, utilizando um sistema de informação geográfica**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5. Resumos expandidos. Bauru, SP: ABGE, UNESP, 1995.

LOPES, P.R.C.; BRITO, L.T.L. **Erosividade da chuva no médio São Francisco**. R.Bras. Ci. Solo, Campinas, v.17, p.129-133, 1993.

LOPES, C. V. G. **Estimativa de erosão hídrica e do risco ambiental na bacia do rio Nhundiaquara, litoral do Paraná: abordagem por geoprocessamento**. (Projeto de Mestrado), Setor de Ciências Agrárias, UFPR, 2001.

- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Papelaria Roesner Ltda., 350. p., 1968.
- MAIDMENT, D.R. **Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc.** New York, 1993.
- MARCHIORO, N. P. X. de. **A Sustentabilidade dos Sistemas Agrários no Litoral do Paraná: o caso de Morretes, VOL.I**. Curitiba: UFPR, 1999. 285 p. (Tese de Doutorado).
- MEYER-PETER, E.; MÜLLER, R. **Formulas for Bed Load Transport**. IAHSR, 2<sup>nd</sup> meeting, Stockholm, 1948.
- MINELLA, J. P. G.; KOBAYAMA, M.; FRUET, D. **Determinação de Áreas Críticas na Bacia do Rio Marumbi, Litoral do Paraná: Curitiba: UFPR, Setor de Ciências da Terra, Depto. de Agronomia**.
- MOTA, F.S. da. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Nobel, 1989. 376 p.
- NASCIMENTO, U. e CASTRO, E. - **Erosão. Critérios de seleção de solos**. Geotecnia, 1976.
- NAGASHIMA, E. S.; OKAWA, C. M. P.; OLIVEIRA, S. D. **Projeto Floresta Atlântica**. Relatório Referente ao Monitoramento de Estações Fluviométricas e Sedimentométricas da Bacia Litorânea: Apresentação de Dados Coletados. Curitiba, SUDERHSA, 1996.
- OGURA, A. T.; et al. **A Dinâmica dos processos de erosão e assoreamento e a gestão dos recursos hídricos**. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997.
- OLIVEIRA, S. M. **Análise do Processo Chuva-Vazão de Duas Bacias Hidrográficas na Região Litorânea do Estado do Paraná, Através do Modelo de Tanque**. Curitiba, UFPR, 1999, 116 p. (Dissertação de Mestrado).
- OKAWA, C. M. P; MANASSÉS, E. J; NAGASHIMA, E. S. **Projeto Floresta Atlântica**. Relatório Referente a Cálculo de Descarga Sólida Total Baseada em Dados Sedimentométricos. Curitiba, SUDERHSA, 1997.
- PAIVA, J.B.D. de. **Avaliação dos modelos matemáticos de cálculo de transporte de sedimentos em rios**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1988. 315p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) Escola de Engenharia de São Carlos, SP, 1988.
- PAIVA, L.E.D. de. **Aplicação de métodos macroscópicos na determinação da carga sólida total transportada em rios**. Campinas: UNICAMP, 1995. 161p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, SP, 1995.
- PONCE, R.J.C. **Análise da aplicabilidade e modificações de modelos de cálculo do transporte de sedimento de fundo em rios de médio porte**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1990. 345p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) USP, SP, 1990.

PRÓ-ATLÂNTICA. **A Mais Rica Floresta Tropical do Mundo**. In: Programa de Proteção da Floresta Atlântica, n. °1 abr - mai - jun, 1997.

\_\_\_\_\_. Ação concentrada na APA de Guaratuba. In: Programa de Proteção da Floresta Atlântica, n. °10 abr - mai - jun, 2000.

RANIERE, S.B.L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para detrminação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas (SIG)**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1990. 345p. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental), USP, SP, 1996.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; PORTER, J.P. **RUSLE: Revised universal soil loss equation**. J. Soil Water Conserv., Ankeney, v.46, p.30-33, 1991.

RENARD, K. G. et al. **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. U.S.D.A., Ag. Handbook n.º 703, 440 p, 1991

RENFRO, W. G. **Use of erosion equation and sediment delivery ratios for predicting sediment yield**. IN: PRESENT AND PROSPECTIVE TECHNOLOGY FOR PREDICTING SEDIMENT YIELD AND SOURCES. U.S.D.A., Publ. ARS-5-40, 1975

ROLOFF, G; DENARDIN, J. E. **Estimativa simplificada da erodibilidade do solo**. X Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Resumos. Florianópolis, 1994.

RUFINO, R. L. et al. **Determinação do Potencial Erosivo da Chuva do Estado do Paraná: Terceira Aproximação**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas. V.17,p.439-444, 1993.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas**. 2. ed. Florianópolis: EPAGRI, 1994.

SANTOS, I., GOMES, J. **Caracterização do Índice de Erosividade da Porção Orientação do Estado do Paraná**. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSAO, 1999.

SANTOS, I., FILL, H. D., et al. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SANTOS, I., KRÜGER C. M., LEVIS M., GARCIA K. S. **Avaliação de Perdas de Solo por Erosão Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí**. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1999.

SCHUMM, S. A. **The Fluvial System**. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 1977.

SILVA, A.M. **Aplicações de técnicas de geoprocessamento no estudo das relações entre os processos erosivos e sedimentológicos de bacia hidrográfica.** São Carlos, 1999. Tese (Doutoramento em Ciências da Engenharia Ambiental). USP.

SILVA, M.C.B. **Perda de solo por erosão hídrica na bacia do rio Nhundiaquara.** Curitiba, 2000. (Projeto de Mestrado). UFPR.

SIMONS, D. B.; SENTÜRK, F. **Sediment Transport Technology, Water And Sediment Dynamics.** Book Crafters, Inc., Michigan, USA, 1992.

SING, E. F.; DONALD, E. T.; COPELAND, R.R. **Sediment Yield and Control Practices on an Alluvial Fan.** In: Sediment Management and Erosion Control on Water Resources Projects, California, USA, 1995.

SIVIERO, M. R. L, COIADO, E. M. **A Produção de Sedimentos a Montante de uma Seção no Rio Atibaia Associada à Descarga Sólida Transportada.** In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1999.

SOARES, J.H.P.; PAIVA, L.E.D.; JUNIOR, O.B.S. **Estudo das equações de cálculo da carga de sedimentos transportada junto ao leito dos rios.** In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997.

STEIN, D. P. **Diagnóstico de erosão.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 5. Resumos expandidos. Bauru, SP: ABGE, UNESP, 1995.

STOCKING, M. **–Modelagem de Perdas de Solo: Sugestões para Uma Aproximação Brasileira.** Brasília, Distrito Federal, 1982.

STROBEL, O. M.; MASSUNARI, I. S.; SAKS, N. C. O.; KAZAWA, Y. **Aplicação de Algumas Metodologias para Avaliação de Transporte de Sedimentos.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica, São Paulo, 1981.

SUAREZ DE CASTRO, F. **Conservación de suelos.** Madrid: Salvat, 1956. 298p.

TELLES D. A. **Água na agricultura.** In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J.G. (coord.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras Editora, p. 305-338. 1999.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** Porto Alegre: Editora Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998. 669 p.

VALÉRIO FILHO, M. **Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas.** In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. (eds.) Solos altamente susceptíveis à erosão. Jaboticabal, AV/UNESP/SBCS. 994. P.223-242.

WADE, J.C.; HEADY, E.O. **Measurement of sediment control impacts on agriculture.** Water Resource Res., v.14, 1978.

WAGNER, C.S.; MASSAMBANI, O. **Análise da relação intensidade de chuva-energia cinética de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo.** R. Bras. Ci. Solo, Campinas, v.12, p.197-203, 1988.

WALLING, D. E. **The sediment Delivery Problem.** Journal of Hydrology, V65, p. 209-237, 1983.

WALLING, D. E. **Erosion and sediment Yield Research – Some Recent Perspectives.** Journal of Hydrology, V100, p. 113-141, 1988.

WILLIAMS, J. R. **Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor.** Proc., Sediment Yield Workshop, Present and prospective Technol. for predicting Sediment Yield and Source, US Department of Agriculture Sedimentation Laboratory, Oxford, Miss, 1975.

WILLIAMS, J. R. **Sediment routing for agricultural watersheds.** Water Resources Bull. 11, 1975.

WILLIAMS, J. R.; JONES, C.A.; DYKE, P.T. **A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity.** Trans of the ASAE, St. Joseph, 27, 1984.

WISCHMEIER, W.H. et al. **A soil erodibility nomograph farmland and construction sites.** J. Soil and Water Cons., Fairmont, V. 26. 1971

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall-erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington, USDA, 1978. 58P. (Agriculture Handbook, 537).

YANG, C. T. **Sediment Transport: Theory and Practice.** McGraw-Hill Book Company, Inc, New York, 1996.

## **ANEXOS**

**ANEXO A – ESTAÇÕES DE MEDIÇÕES PLUVIOMÉTRICAS**

**ANEXO B – CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS SUSPENSOS**

**ANEXO C – DADOS DE MATERIAL DE FUNDO**

**ANEXO D – VAZÕES LÍQUIDAS DIÁRIAS**

**ANEXO E – SEDIMENTOGRAMAS ANUAIS**



## **ANEXO A**

### **ESTAÇÕES DE MEDIÇÕES PLUVIOMÉTRICAS**

Tabela A – ESTAÇÕES DE MEDIÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

Estação	Código	Altitude (m)	Coordenadas UTM		Precipitação (mm)
			X	Y	
Bananal	2548043	64	760350	7212240	2539,57
Barragem Capivari Jus.V.Gr.S-D	2548040	670	718520	7224060	1474,71
Barragem do Capivari	2548032	850	715070	7218580	1314,08
Bocaiúva do Sul	2549051	980	689760	7211570	1439,26
Colônia do Cachoeira	2548003	80	726650	7207310	2497,70
Colônia Santa Cruz	2548049	79	741010	7164570	1916,44
Córrego Comprido (B.Turvo) Surehna / DNAEE	2448036	160	754520	7260380	1277,40
Costão	2548023	10	771930	7202780	2538,48
Criciúma (Paraná)	2448037	320	710680	7261120	1390,01
Fazendinha - Surehna/DNAEE	2549017	910	692540	7170900	1462,05
Ilha do Rio Claro	2548052	310	710520	7142930	2072,82
Marumbi DNAEE / Surehna	2548027	60	714430	7177960	1995,13
Morretes	2548000	8	717840	7181600	2147,20
Morretes (Est.Exp.Frutas Tropic)	2548038	59	719450	7177880	1950,97
Paiol de Baixo	2548014	800	711540	7207550	1382,42
Paranaguá	2548010	5	749580	7175500	2132,14
Passo Do Vau (Tagacaba De Cima)	2548044	73	746880	7210650	2601,49
Piraquara	2549004	900	694400	7183800	1425,31
Praia Grande (Paraná)	2548001	750	713340	7214910	1499,31
Rincão	2549063	900	685500	7147000	1641,06
Rio do Cedro - P.Fiscal Km 309	2548036	702	742070	7223670	1852,86
Rio Guaraqueçaba	2548042	40	780750	7222920	2693,49
São João da Graciosa	2548047	80	714630	7190880	2732,46
Tatupeva	2448035	230	727630	7266390	1366,50
Tunas	2449024	840	693490	7237370	1262,13
U.H. Guaricana	2549007	750	700630	7152320	2163,62
Véu da Noiva	2548002	680	706160	7185470	3406,55
Voçoroca	2549008	805	692140	7143210	1657,77

Dados fornecidos pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL

**ANEXO B**

DADOS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS SUSPENSOS

FONTE: SUDERHSA

## TABELA B – CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS SUSPENSOS

Código ANEEL: 82195002

Estação: MORRETES

Município: Morretes

Rio: MARUMBI

Bacia: Litorânea

Sub-bacia: 2

Área drenagem: 53 Km<sup>2</sup>

Latitude: 25° 30' 21"

Longitude: 48° 52' 27"

Altitude: 60 m

Tipo: FQDS

Entidade: SUDERHSA

Data instalação: 19/9/1975

Data	Seq de Leitura	Cota (cm)	Concentração (mg/l)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
3/4/1987	1	40	22,4	7,95
17/6/1987	1	40	18,4	7,95
12/8/1987	1	12	6	1,63
5/10/1987	1	47	25,4	9,71
5/12/1987	1	18	15,6	2,77
27/3/1988	1	20	27,28	3,15
22/8/1988	1	14	36,6	2,01
10/4/1989	1	24	16	0,646
9/6/1989	1	13	15	1,438
25/8/1989	1	24	16,2	2,208
26/10/1989	1	31	28,2	3,48
31/8/1990	1	28	14,8	4,095
1/11/1990	1	30	21	5,4
23/7/1991	1	11	28,97	0,939
24/10/1991	1	21	21,2	2,21
4/12/1991	1	18	22	1,8
13/4/1992	1	19	18,4	1,44
22/5/1992	1	18	14,4	1,237
15/6/1992	1	20	16,6	1,426
24/7/1992	1	32	7,8	3,63
28/9/1992	1	30	14,4	3,13
30/10/1992	1	23	11,6	2,01
25/11/1992	1	82	23,2	27,1
18/8/1993	1	16	13,4	0,921
5/10/1993	1	48	32	8,911
20/10/1993	1	25	21,8	2,078
4/12/1993	1	38	18,4	4,992
18/3/1994	1	41	15,8	5,524
11/5/1994	1	22	15,6	1,781
20/6/1994	1	29	13,4	2,901
5/8/1994	1	16	29,4	1,065
26/8/1994	1	19	18,2	1,374
26/9/1994	1	15	11	0,864
21/10/1994	1	20	21,2	1,455

18/11/1994	1	69	11	17,657
9/12/1994	1	27	20,2	2,462
24/4/1995	1	20	10,8	1,422
23/6/1995	1	13	16	0,748
25/7/1995	1	18	8,6	1,417
10/11/1995	1	25	12,4	2,104
25/8/1997	1	22	21,4	2,495
17/9/1997	1	16	22	1,483
26/2/1998	1	66	21,6	15,519
20/3/1998	1	48	26,6	8,28
23/4/1998	1	24	24,6	2,188
1/6/1998	1	18	10,8	1,237
6/7/1998	1	21	15,6	1,811
23/7/1998	1	31	9	4,761
20/8/1998	1	41	34,6	6,307
17/9/1998	1	35	10,4	4,732
20/10/1998	1	43	9,8	4,47
2/12/1998	1	21	18,2	1,847
29/4/1999	1	30	39	3,772
28/5/1999	1	25	20,4	2,961
24/6/1999	1	24	32,8	2,443
30/7/1999	1	22	14,2	2,62
25/8/1999	1	15	36,4	1,465
25/9/1999	1	19	31,6	2,003
27/10/1999	1	42	19,4	7,615
2/12/1999	1	20	25,8	1,976
1/3/2000	1	71	29,6	32,734
23/3/2000	1	48	31,2	14,165
18/4/2000	1	20	15	1,555
17/5/2000	1	21	27,2	1,448
12/7/2000	1	9	27,2	0,622
22/8/2000	1	9	17	0,628
15/9/2000	1	29	17,6	2,484
31/10/2000	1	27	38,6	2,081
1/12/2000	1	37	10,2	3,401
25/6/2001	1	21	53,2	2,549
18/7/2001	1	13	32,4	1,268
2/9/2001	1	15	29,4	1,696
24/10/2001	1	25	24	3,599
10/6/2002	1	13	24,8	1,165
23/8/2002	1	15	24,8	1,474
20/12/2002	1	25	7,8	3,025

## ANEXO C

DADOS DE ENTRADA E CÁLCULO DA DESCARGA SÓLIDA DE FUNDO PELO  
MÉTODO DE MEYER-PETER & MÜLLER

FONTE: SUDERHSA

## CONSTANTES

 $\gamma$  = peso específico da água = 1000kgf/m<sup>3</sup>
 $\gamma_s$  = peso específico do sedimento = 2640 kgf/m<sup>3</sup>
 $g$  = aceleração da gravidade = 9,815 m/s<sup>2</sup>
 $k$  = coeficiente de rugosidade de Manning = 33,33 m<sup>1/3</sup>/s

TABELA C – DADOS DE MATERIAL DE FUNDO

Data	Q(m <sup>3</sup> /s)	V(m <sup>3</sup> )	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>90</sub> (mm)	k m <sup>1/3</sup> /s	k/k'	S(m/m)	g' <sub>s</sub> (kgf/sm)	g <sub>s</sub> (kgf/sm)	L(m)	Q <sub>sa</sub> (t/d)
03/04/87	8,34	0,479	17,4	0,45	0,24	0,5	92,287953	0,36	0,00060	0,002031529	0,003270266	38,40	10,84996
17/06/87	9,092	0,498	18,27	0,47	0,25	0,5	92,287953	0,36	0,00061	0,002252199	0,003625491	38,46	12,0473
05/12/87	2,58	0,272	9,5	0,26	0,23	0,8	85,334572	0,39	0,00040	0,000169532	0,000272905	37,00	0,872423
22/08/88	1,389	0,158	8,81	0,25	0,23	0,48	92,91799	0,36	0,00014	0	0	35,00	0
10/04/89	2,735	0,146	18,63	0,56	0,25	0,64	88,567969	0,38	0,00004	0	0	33,50	0
09/06/89	1,438	0,312	4,61	0,31	0,86	2,8	69,254342	0,48	0,00042	0	0	15,00	0
25/08/89	2,208	0,138	16	0,46	0,56	1,7	75,26017	0,44	0,00005	0	0	35,10	0
26/10/89	3,48	0,218	15,93	0,47	0,37	0,95	82,925115	0,4	0,00012	0	0	34,00	0
31/08/90	4,095	0,242	16,92	0,49	0,46	1,77	74,755727	0,45	0,00014	0	0	34,45	0
23/07/91	0,939	0,115	8,18	0,22	0,3	0,73	86,646868	0,38	0,00009	0	0	37,00	0
24/10/91	2,207	0,17	13	0,38	0,25	0,66	88,114901	0,38	0,00009	0	0	34,00	0
04/12/91	1,799	0,144	12,48	0,36	0,36	0,88	83,98974	0,4	0,00007	0	0	34,50	0
15/06/92	1,426	1,14	10,15	0,3	0,66	3,42	66,983679	0,5	0,00009	0	0	34,15	0
24/07/92	3,627	0,257	14,13	0,41	4,5	7,9	58,259779	0,57	0,00020	0	0	34,50	0
18/08/93	0,921	0,094	9,75	0,28	5	12,2	54,189279	0,62	0,00004	0	0	34,60	0
05/10/93	8,911	0,44	20,25	0,58	2,2	4,4	64,229011	0,52	0,00036	0	0	34,80	0
20/10/93	2,078	0,173	12,01	0,34	1,2	10,3	55,740023	0,6	0,00011	0	0	34,75	0
04/12/93	4,992	0,299	16,69	0,48	1,7	7,7	58,509299	0,57	0,00021	0	0	34,60	0
18/03/94	5,524	0,325	17	0,49	0,81	5,8	61,33881	0,54	0,00025	0	0	34,70	0
11/05/94	1,781	0,15	11,85	0,36	1,5	6,1	60,82541	0,55	0,00008	0	0	33,10	0
05/08/94	1,065	0,108	9,87	0,29	0,69	5	62,875051	0,53	0,00006	0	0	34,15	0
26/08/94	1,374	0,125	10,98	0,32	1,88	6,2	60,660791	0,55	0,00006	0	0	34,15	0
26/09/94	0,864	0,089	9,75	0,28	0,88	8,87	57,146032	0,58	0,00004	0	0	34,15	0
21/10/94	1,455	0,131	11,13	0,32	1,4	6,28	60,53131	0,55	0,00007	0	0	34,15	0
18/11/94	17,657	0,667	26,48	0,77	0,63	3,08	68,162927	0,49	0,00057	0,008086622	0,01301749	34,50	38,80253
09/12/94	2,462	0,191	12,95	0,37	1,23	6,2	60,660791	0,55	0,00012	0	0	34,35	0
26/02/98	15,519	0,579	26,78	0,77	1,7446	12,3732	54,062112	0,62	0,00043	0,001009039	0,001624307	34,95	4,904886
20/03/98	8,28	0,392	21,1	0,61	0,8278	1,9803	73,369943	0,45	0,00027	0	0	34,85	0
23/04/98	2,188	0,167	13,09	0,38	0,8811	2,6953	69,695622	0,48	0,00009	0	0	34,70	0
01/06/98	1,237	0,115	10,77	0,31	0,8645	2,6148	70,04873	0,48	0,00006	0	0	34,70	0
06/07/98	1,811	0,151	12,01	0,35	0,9535	7,058	59,364444	0,56	0,00008	0	0	34,75	0
23/07/98	4,761	0,291	16,35	0,47	3,2163	0	0	0	0,00021	0	0	34,85	0
20/08/98	6,307	0,342	18,42	0,53	4,6127	13,1435	53,520666	0,62	0,00025	0	0	34,80	0
17/09/98	4,732	0,296	15,96	0,46	0,7962	2,0398	73,008835	0,46	0,00022	0	0	34,85	0
20/10/98	4,47	0,284	15,76	0,45	4,7169	15,1585	52,263358	0,64	0,00021	0	0	34,80	0

02/12/98	1,847	0,156	11,84	0,34	0,1421	0,5707	90,275943	0,37	0,00009	0	0	34,85	0
29/04/99	3,772	0,259	14,59	0,45	0,3305	1,2356	79,370728	0,42	0,00017	0	0	32,20	0
28/05/99	2,961	0,226	13,11	0,4	0,4831	6,2003	60,660301	0,55	0,00016	0	0	33,15	0
24/06/99	2,443	0,193	12,65	0,38	0,647	3,8707	65,6158	0,51	0,00012	0	0	33,50	0
30/07/99	2,62	0,194	13,52	0,39	0,6934	6,6572	59,945706	0,56	0,00012	0	0	34,60	0
25/08/99	1,465	0,142	10,32	0,3	0,5962	2,8504	69,048733	0,48	0,00009	0	0	34,30	0
25/09/99	2,003	0,166	12,06	0,35	0,7354	1,9666	73,454884	0,45	0,00010	0	0	34,15	0
27/10/99	7,615	0,382	19,95	0,58	0,4117	1,0869	81,085229	0,41	0,00027	0,000241823	0,000389276	34,60	1,163718
02/12/99	1,976	0,157	12,61	0,37	0,3723	0,8579	84,346533	0,4	0,00008	0	0	34,20	0
12/07/00	0,622	0,073	8,48	0,25	8,8262	14,4852	52,660616	0,63	0,00003	0	0	34,00	0
15/09/00	2,484	0,168	14,8	0,44	0,8409	8,1244	57,988445	0,57	0,00008	0	0	34,00	0
18/07/01	1,268	0,102	12,4	0,36	0,6195	2,4407	70,857792	0,47	0,00004	0	0	34,30	0
02/09/01	1,696	0,127	13,36	0,39	0,5522	1,2497	79,220769	0,42	0,00005	0	0	34,40	0



**ANEXO D**

VAZÕES LÍQUIDAS DIÁRIAS

FONTE: SUDERHSA

Código ANEEL: 82195002  
 Estação: MORRETES  
 Município: Morretes  
 Rio: MARUMBI  
 Bacia: Litorânea  
 Sub-bacia: 2  
 Área drenagem: 53 Km<sup>2</sup>  
 Latitude: 25° 30' 21"  
 Longitude: 48° 52' 27"  
 Altitude: 60 m  
 Tipo: FQDS  
 Entidade: SUDERHSA  
 Data instalação: 19/09/1975

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1987

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	5,78	4,06	5,44	3,28	6,46	4,84	2,01	1,2	2,17	5,1	2,34	2,5
2	5,1	3,8	5,1	11	5,78	3,54	1,85	1,52	2,01	9,36	2,17	2,5
3	3,8	4,58	5,1	10,5	5,44	3,02	1,85	1,36	1,85	15	2,17	2,17
4	2,5	4,06	5,1	5,1	5,1	3,02	1,85	1,2	1,85	10,5	2,17	2,17
5	2,5	3,54	4,58	4,58	4,84	2,76	1,69	1,2	3,8	14,1	2,17	2,17
6	1,85	3,54	4,58	4,06	3,8	2,5	1,52	4,06	2,34	12	1,85	2,17
7	1,69	3,28	4,58	3,8	4,58	2,5	1,52	2,17	2,17	5,78	1,85	8,96
8	4,58	3,02	4,32	3,54	10,8	2,17	4,06	2,01	2,17	4,84	2,53	4,58
9	6,8	2,76	4,06	3,02	7,48	2,17	2,17	1,85	2,01	4,06	2,6	5,44
10	6,12	2,5	3,54	2,5	5,78	2,01	2,17	1,85	1,85	3,54	3,28	19,85
11	7,48	2,34	3,54	2,17	15,25	1,85	1,85	1,52	18,6	3,02	3,54	9,76
12	5,44	12,4	5,16	2,17	16	3,64	1,85	1,2	26,6	3,02	10,14	5,86
13	10,5	14,6	11,4	30,85	10,5	8,16	1,52	1,2	11,14	3,02	14	4,58
14	10,5	9,76	11,7	14	7,48	19,2	1,52	1,69	4,06	7,1	11,3	4,58
15	8,5	7,14	9,42	9,3	14,52	17,81	1,36	2,17	3,28	9,76	11,3	4,06
16	11,3	6,8	7,14	6,46	11,16	7,82	1,2	2,5	10,5	5,18	7,82	5,44
17	12,6	6,46	6,12	5,1	6,12	5,78	1,2	2,5	8,9	4,58	6,46	4,58
18	10,5	6,46	5,78	4,32	6,46	5,1	1,85	8,16	8,16	6,8	4,06	8,22
19	10,1	7,82	5,1	3,8	9,98	4,58	14,6	5,52	6,8	11,3	3,28	6,12
20	8,5	7,82	7,82	3,02	23,95	4,32	10,1	2,76	5,78	7,82	3,02	4,84
21	8,5	17,55	8,5	2,5	18,65	4,06	7,14	2,5	5,1	7,14	8,56	4,32
22	11,7	13,1	7,82	11,3	9,42	3,8	4,06	2,17	4,58	6,12	7,48	3,8
23	12,5	8,16	7,48	7,82	6,46	3,54	2,34	2,01	4,84	5,1	7,48	3,28
24	11,7	7,48	7,14	6,46	5,78	3,54	2,17	1,85	4,06	4,84	6,12	3,02
25	12,2	7,14	6,46	4,84	5,78	3,02	1,85	1,69	3,8	4,06	4,84	2,76
26	5,44	7,14	6,12	3,54	5,1	3,02	1,52	1,52	3,28	4,06	4,58	2,5
27	4,84	6,46	5,78	2,5	4,84	2,5	1,52	1,2	3,02	4,06	4,06	2,17
28	4,06	5,78	7,48	2,5	4,58	2,5	1,52	1,2	2,5	3,54	4,06	2,17
29	4,06	*	7,82	10,9	4,06	2,17	1,36	1,03	2,5	4,58	3,54	1,85
30	3,54	*	6,46	8,16	3,28	2,17	1,2	0,87	2,17	3,02	3,02	1,69
31	4,58	*	5,1	*	2,76	*	1,2	4,06	*	2,5	*	1,52
Máxima	13,5	18,6	13,5	42	30,4	27,8	17,5	8,5	26,6	16,5	15,5	24,2
Mínima	1,52	2,17	2,5	2,17	2,5	1,85	1,2	0,87	1,85	2,5	1,52	1,52
Média	7,07	6,77	6,31	6,44	8,14	4,57	2,7	2,18	5,4	6,29	5,06	4,5

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1988

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	1,52	19,2	23,65	5,44	10,3	5,78	2,63	1,6	1,2	6,63	5,1	2,17
2	1,52	21,95	22,45	5,1	7,99	5,61	2,5	1,52	1,52	5,27	5,1	3,02
3	1,2	22,45	25,4	4,71	6,8	5,27	2,5	1,52	2,34	4,58	4,84	2,17
4	1,2	12,5	16,6	4,45	7,48	5,1	2,26	1,52	4,32	5,78	4,58	2,17
5	0,87	7,82	10,9	8,16	8,16	5,1	2,17	1,52	3,02	4,32	3,54	1,85
6	0,87	6,8	8,16	8,56	7,65	4,84	2,17	1,52	3,02	3,41	3,54	1,69
7	0,87	6,12	7,48	6,97	7,48	4,58	2,17	1,52	1,69	2,5	3,54	1,52
8	6,12	8,5	5,44	5,18	8,39	4,32	2,26	1,52	1,2	2,17	3,54	1,52
9	4,58	9,3	5,1	4,32	8,16	4,06	2,34	1,52	1,2	2,26	4,32	1,52
10	11,04	7,82	8,9	3,54	7,14	3,8	3,41	1,52	1,2	2,76	4,58	1,52
11	9,76	7,82	11,3	2,63	4,32	3,67	3,41	1,52	0,87	47,75	3,8	1,85
12	3,02	7,14	8,96	2,42	3,54	3,28	3,67	3,8	0,87	14,65	3,54	2,6
13	6,96	5,78	6,8	2,26	4,32	2,89	2,42	3,28	0,87	7,82	3,02	2,01
14	2,34	4,58	5,78	14,1	8,56	8,4	2,17	2,34	3,28	7,31	2,5	2,17
15	9,3	3,8	5,1	6,63	6,8	4,32	2,17	2,17	1,69	6,8	2,5	4,06
16	6,8	3,02	16,45	5,27	6,12	4,06	2,17	1,85	2,01	7,48	5,44	2,01
17	7,14	2,5	8,16	3,8	5,78	3,8	2,17	1,52	46,25	8,16	10,48	1,52
18	5,78	2,5	7,14	9,5	6,12	3,67	6,55	1,52	25,35	7,82	4,84	1,52
19	4,32	2,34	6,12	32,8	6,46	3,28	2,55	1,77	39,65	10,5	4,06	2,17
20	3,8	2,17	4,84	13,75	6,12	3,93	2,34	1,52	38,8	7,14	3,54	2,01
21	3,02	5,52	4,58	11,1	6,8	2,5	2,26	1,77	13,5	6,12	3,02	5,78
22	7,34	5,26	4,06	10,1	7,99	2,5	2,17	1,52	7,82	6,46	2,76	3,02
23	6,8	5,44	3,54	8,5	18,35	2,5	2,01	1,52	5,44	11,5	2,5	2,17
24	7,82	7,14	3,28	5,1	20,95	9,41	1,85	1,36	4,84	7,48	2,5	4,58
25	5,44	5,18	2,76	4,84	10,9	4,88	1,85	1,03	4,32	13,42	2,5	3,8
26	5,1	4,32	2,5	4,58	9,1	3,93	1,85	1,03	3,02	11,7	2,5	4,06
27	10,1	4,84	2,34	4,32	7,82	3,54	1,85	1,52	3,28	10,5	2,17	5,1
28	6,8	12,6	2,09	4,19	6,97	3,28	1,85	1,52	6,46	7,82	2,17	5,52
29	5,44	21,35	1,93	4,84	6,46	3,02	1,85	1,2	8,02	6,46	2,17	9,76
30	4,84	*	5,31	12,35	6,29	3,02	1,77	1,11	10,16	5,78	2,17	16,5
31	5,1	*	5,61	*	6,12	*	1,69	0,87	*	5,1	*	10,5
Máxima	17,5	24,2	27,8	39	26,6	14,5	9,3	5,1	52	48,6	14,5	17,5
Mínima	0,87	2,17	1,85	2,17	3,54	2,5	1,69	0,87	0,87	2,01	2,17	1,52
Média	5,06	8,13	8,15	7,32	7,92	4,28	2,42	1,65	8,24	8,3	3,7	3,61

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1989

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	16,5	23,52	29,57	38,57	48,5	1,52	1,2	3,8	1,85	5,42	1,48	9,58
2	43,2	7,88	13	15	15,75	1,2	0,87	2,76	2,76	4,64	1,48	13,57
3	115,5	6,54	13,5	9,3	8,73	1,36	3,8	2,5	2,34	4,13	1,28	5,16
4	95	5,78	13,5	7,48	18,55	1,36	2,34	2,17	1,69	2,98	1,28	3,16
5	42,3	3,54	5,44	6,8	18,7	1,52	7,36	2,34	1,52	2,23	1,18	2,79
6	44,4	2,76	4,58	5,44	11,7	1,2	2,34	2,17	5,01	1,85	1,08	2,23
7	20,25	3,28	11,7	4,84	8,9	1,52	1,85	1,85	3,54	1,48	1,08	1,85
8	14,5	2,76	5,1	4,58	7,48	2,17	1,52	1,85	37,26	1,48	0,88	2,98

9	78,65	3,54	4,32	4,06	6,12	1,69	1,2	1,52	6,27	1,85	3,61	3,16
10	23,2	5,78	3,28	3,8	5,1	1,69	1,2	1,52	4,13	5,16	3,87	3,68
11	18,1	12,5	3,28	3,54	5,44	8,9	0,87	1,36	3,16	5,42	2,98	3,87
12	23,65	16,6	2,76	5,52	4,58	3,8	0,87	1,52	20,27	3,42	3,61	6,48
13	30,1	10,8	5,08	4,84	4,06	3,8	0,87	1,52	13,57	2,6	1,67	3,35
14	17,1	11,3	4,32	3,54	6,12	9,08	0,67	1,52	8,58	2,04	1,48	10,43
15	16,5	12,8	5,52	3,54	4,32	4,32	0,87	1,2	4,9	1,67	1,28	32,43
16	12,5	7,48	3,8	5,78	4,06	3,8	0,87	1,2	4,13	1,48	1,28	10,43
17	11,7	5,44	2,76	12,4	3,54	3,8	0,87	1,2	2,98	2,41	1,08	4,64
18	9,7	13,24	4,84	6,46	3,28	1,69	0,87	1,03	2,41	1,67	0,88	93,54
19	7,48	6,8	7,88	11,7	3,02	1,69	0,87	0,87	2,04	1,48	0,88	13,36
20	5,44	8,62	23,15	5,44	2,76	1,52	0,67	0,87	1,67	24,11	0,88	9,24
21	5,44	5,44	13	4,84	2,5	1,2	0,67	0,87	1,48	7,59	2,04	7,26
22	5,1	4,58	8,16	3,02	2,5	1,2	0,67	0,87	1,38	4,2	1,48	7,26
23	13,79	4,06	6,8	3,28	2,17	1,2	0,67	1,69	1,48	2,41	1,38	4,9
24	6,8	4,84	6,12	3,54	2,01	1,2	0,67	1,36	10,06	2,04	1,18	3,87
25	4,84	8,22	8,16	3,02	2,34	1,52	0,77	2,27	7,92	2,04	0,98	3,16
26	4,32	4,84	5,1	3,8	2,17	1,36	35,75	5,16	8,58	2,23	0,88	3,87
27	4,06	6,8	5,78	7,74	1,85	2,01	6,12	3,54	7,92	5,56	0,98	34,58
28	4,32	5,44	4,32	3,28	4,06	2,34	10,32	4,66	7,47	2,23	6,29	33,26
29	4,06	*	6,8	11	3,54	1,85	8,68	2,76	4,39	1,85	12,09	59,49
30	4,32	*	4,84	4,58	3,02	1,36	17,55	2,5	5,42	1,85	6,22	18,43
31	3,8	*	8,16	*	1,85	*	9,3	2,17	*	1,67	*	10,83
Máxima	195	43,5	52	70	61	11,7	61	7,82	51,27	29,25	14,15	125,31
Mínima	3,54	2,5	2,5	2,5	1,52	0,87	0,67	0,87	1,28	1,48	0,88	1,85
Média	22,79	7,69	7,89	7,02	7,06	2,43	3,97	2,02	6,21	3,59	2,22	13,64

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1990

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	22,05	2,79	1,18	2,6	3,61	1,48	0,88	2,98	3,23	3,42	3,35	1,48
2	67,11	3,57	1,28	2,23	2,98	10,05	0,88	2,6	3,61	3,61	13,28	1,48
3	11,63	2,23	1,38	2,04	2,6	3,35	0,68	2,41	3,35	3,16	7,59	1,38
4	10,83	1,85	1,28	1,85	2,23	2,6	1,28	2,23	4,39	2,79	4,64	1,85
5	9,24	2,23	1,08	2,98	1,85	1,85	1,85	1,48	8,78	2,98	7,59	2,23
6	10,83	5,16	1,94	3,16	1,85	3,16	1,48	1,48	5,16	2,98	10,9	2,04
7	9,24	2,23	1,48	6,6	1,48	3,42	1,28	1,38	10,04	2,79	10,57	5,73
8	8,25	2,41	14,59	5,49	1,48	2,6	1,08	1,28	7,26	2,41	5,94	8,58
9	14,62	2,23	4,39	3,16	1,38	2,04	1,08	1,28	4,64	2,41	24,58	4,98
10	20,57	6,15	8,53	2,79	1,28	2,41	0,88	1,28	3,61	4,65	7,59	2,79
11	15,09	3,16	3,87	2,41	1,28	2,98	0,88	1,08	3,16	2,98	5,94	2,23
12	9,24	2,6	2,98	2,41	1,28	2,04	0,88	1,08	4,2	3,75	4,9	3,31
13	8,58	4,65	3,75	2,41	1,28	1,85	0,88	1,08	14,69	2,98	4,39	15,05
14	8,25	2,51	3,87	2,04	1,08	1,67	0,68	1,08	5,68	3,35	3,87	5,42
15	11,23	2,41	4,13	1,67	1,08	2,04	0,88	0,88	4,64	19,16	3,35	4,64
16	8,58	2,04	2,79	1,48	1,28	1,48	0,88	2,31	3,87	9,64	3,16	3,61
17	8,58	1,85	2,6	1,48	24,58	1,48	1,85	2,98	3,35	12,03	2,98	3,16
18	6,6	1,48	7,87	1,67	8,29	1,28	8,28	2,79	2,98	19,16	3,35	2,6
19	10,83	1,38	11,23	2,6	2,41	1,28	23,24	30,66	2,6	58,22	2,98	2,23
20	9,31	1,28	15,55	16,56	2,23	1,08	25,04	7,26	2,23	10,83	2,79	2,04



Máxima	17,89	41,81	46,48	13,22	8,58	51,27	2,6	3,35	19,5	31,93	75,18	8,58
Mínima	1,08	1,28	1,28	1,08	0,88	0,48	0,48	0,43	0,37	1,38	1,38	1,08
Média	3,4	4,63	6,34	3,05	1,85	3,58	0,91	1,02	2,28	4,96	9,17	2,02

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1992

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	1,03	23,24	1,76	3,16	1,65	10,04	4,42	9,24	1,95	2,51	6,44	12,16
2	0,98	14,9	27,2	2,51	1,33	8,25	2,13	9,47	3,07	2,6	7,87	8,81
3	2,23	13,1	13,03	1,95	14,41	5,42	1,48	6,6	2,32	2,23	4,13	6,11
4	1,08	9,58	11,37	1,85	14,15	4,39	2,98	5,16	2,23	9,35	4,52	4,9
5	0,93	8,28	6,44	1,57	3,87	3,48	1,57	5,16	3,26	3,35	7,43	4,52
6	0,83	7,26	5,68	2,13	2,79	3,26	8,8	4,13	2,32	2,98	4,65	3,61
7	0,88	6,78	4,39	1,76	2,04	2,98	6,6	3,35	6,48	4,64	3,48	3,26
8	0,98	12,96	4	1,76	1,85	2,6	3,07	4,03	2,79	5,42	3,07	3,87
9	1,23	17,09	3,39	1,85	1,57	2,41	4,26	7,59	2,41	17,02	2,7	8,53
10	1,08	15,09	2,98	1,48	1,38	2,32	8,58	6,27	30,3	13,76	2,32	5,16
11	0,93	7,92	4,65	1,38	1,28	2,04	8,26	5,49	59,06	7,1	2,13	7,1
12	1,8	5,55	4,64	1,33	1,23	1,85	8,39	6,6	14,69	9,38	3,94	4,77
13	2,23	4,64	3,16	1,28	11,41	1,76	4	6,6	7,92	5,29	2,51	12,07
14	2,08	3,74	2,98	1,23	2,32	1,57	3,07	5,16	5,81	4	2,23	5,62
15	1,23	3,26	4,33	1,18	1,76	1,48	4,27	4,26	5,29	3,35	3,62	4
16	1,13	3,07	2,98	1,13	1,48	1,48	21,17	3,35	4,13	3,35	6,73	3,87
17	1,43	2,7	8,13	1,08	1,33	1,38	10,23	3,35	3,61	3,16	4	3,61
18	1,28	2,41	7,1	1,08	3,42	1,38	7,43	6,71	3,61	3,39	2,79	3,29
19	0,93	2,23	4	0,98	1,67	1,28	5,03	3,61	3,48	4,13	2,32	2,7
20	0,78	1,95	3,26	1,03	1,38	1,28	4	3,26	3,87	3,74	2,04	2,51
21	0,68	1,85	3,07	0,98	1,28	1,28	3,48	3,52	3,61	6,44	1,85	2,32
22	1,13	1,67	2,79	0,98	1,28	1,18	4,39	6,6	3,35	3,87	2,32	2,04
23	0,88	2,13	3,49	0,93	4,46	1,13	5,42	6,93	2,88	3,16	6,74	1,85
24	0,63	5,26	7,33	0,88	4,98	1,08	3,74	3,87	2,7	2,6	5,16	1,85
25	0,48	8,59	3,26	1,33	3,61	1,08	3,48	3,26	3,48	2,32	27,58	2,86
26	0,58	11,23	2,88	4,29	2,7	1,08	3,74	2,98	8,68	2,13	13,66	2,92
27	0,88	3,29	2,51	2,41	7,8	1,08	3,29	2,6	5,29	1,85	8,25	2,23
28	2,83	2,32	2,32	1,43	4,26	1,13	6,74	2,51	3,26	1,67	6,01	1,95
29	0,98	1,95	3,21	1,28	4,39	3,25	4,13	2,32	2,98	1,85	8,91	1,67
30	0,83	*	1,95	1,33	16,45	5,79	3,98	2,41	2,79	2,04	7,43	1,57
31	1,52	*	5,82	*	14,36	*	2,41	2,13	*	15,32	*	1,48
Máxima	4,39	28,05	46,48	5,42	25,64	10,83	24,44	10,04	59,92	18,96	34,6	15,55
Mínima	0,48	1,67	1,67	0,88	1,08	1,08	1,48	2,04	1,85	1,67	1,85	1,48
Média	1,18	7,04	5,29	1,59	4,45	2,62	5,31	4,79	6,92	4,97	5,56	4,3

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1993

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	1,38	2,41	3,87	2,79	2,41	1,95	1,67	1,03	2,41	12,4	3,48	3,33
2	1,28	2,32	3,35	10,34	2,13	1,67	1,33	0,98	2,41	8,25	4	3,7
3	2,51	2,88	3,16	5,94	1,95	1,48	1,33	1,28	3,16	6,27	5,16	3,59
4	3,18	2,79	3,26	5,55	1,48	1,28	1,28	1,13	3,94	6,93	3,61	4,46
5	7,1	2,41	9,38	5,16	3,82	4,39	1,18	1,08	2,32	8,65	2,98	2,88

6	4,26	2,32	5,16	4,39	2,41	3,16	1,08	0,98	1,85	6,77	2,79	2,23
7	2,88	2,04	4,26	4	2,13	1,67	1,13	0,88	1,43	5,42	2,51	1,67
8	8,14	2,41	3,26	3,35	1,76	1,85	1,08	0,88	3,38	4,52	2,32	1,85
9	3,48	46,65	2,88	2,98	1,76	1,52	0,98	0,83	21,9	3,87	2,13	4,26
10	7,1	8,88	3,87	2,7	1,57	1,57	0,98	2,32	6,8	3,48	2,04	5,66
11	9,47	71,67	4	2,51	1,28	2,51	0,98	1,57	4,64	3,26	1,85	12,42
12	6,27	9,94	9,79	2,41	1,33	5,68	15,58	1,18	3,16	3,07	1,95	8,98
13	4,9	5,68	3,87	2,6	1,33	11,07	10,9	0,88	2,6	2,79	1,76	3,52
14	5,29	19,29	3,26	2,41	9,79	5,75	5,63	0,83	3,61	2,6	1,48	2,79
15	3,61	5,88	5,66	2,23	4,13	3,87	2,79	0,88	6,61	2,51	1,48	2,32
16	3,35	32,28	6,77	1,95	2,88	2,79	1,95	0,88	4,77	2,32	1,33	2,04
17	4,03	10,5	4,52	1,67	2,04	2,32	1,48	0,88	3,16	2,23	1,33	8,25
18	2,88	4,64	3,87	1,67	4,65	13,9	1,48	1,08	2,41	2,32	1,38	3,26
19	6,02	5,03	3,48	1,67	2,6	3,75	1,33	1,28	3,77	2,04	2,13	2,79
20	7,13	4,39	3,07	1,57	2,79	2,98	1,28	1,03	2,04	2,41	1,38	2,32
21	4,64	9,27	4,9	11,82	2,23	2,6	1,23	0,83	35,46	2,32	1,33	2,13
22	5,56	13,94	14,32	4,39	1,95	2,32	1,18	0,93	11,04	2,13	1,18	3,36
23	2,98	6,74	11,43	2,88	1,85	2,04	1,13	1,13	17,39	4,55	1,13	7,43
24	2,51	6,14	8,52	2,79	1,76	1,85	1,08	1,08	24,44	5,75	1,13	4,13
25	2,79	4,77	5,55	2,51	1,67	1,67	0,98	0,88	12,73	5,75	1,08	5,79
26	2,23	8,09	4,13	2,04	1,48	1,85	2,6	0,78	14,62	8,75	3,32	3,74
27	2,51	5,29	3,87	1,85	1,43	1,48	1,18	0,78	14,29	8,25	1,38	9,71
28	2,7	4,65	3,61	1,67	1,57	1,48	1,03	0,68	8,25	15,25	1,23	3,35
29	5,4	*	3,26	1,67	1,67	1,76	0,98	0,68	5,68	6,27	1,03	2,79
30	6,04	*	2,98	2,32	2,23	1,43	1,13	0,68	20,63	5,59	0,98	2,88
31	2,7	*	3,07	*	5,63	*	1,13	0,58	*	4,26	*	2,98
Máxima	11,63	138,43	22,71	22,17	14,15	24,44	23,24	2,79	46,48	23,24	5,94	15,55
Mínima	1,28	1,85	2,79	1,48	1,18	1,28	0,98	0,58	1,38	2,04	0,98	1,28
Média	4,33	10,83	5,04	3,39	2,51	3,12	2,23	1	8,36	5,19	2,03	4,21
Média:	4,3	m <sup>3</sup> /s										

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1994

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	2,23	10,43	1,95	4,52	3,74	3,87	1,33	1,18	0,88	1,48	6,14	2,23
2	1,95	8,19	1,95	4,39	3,52	2,7	2,03	1,13	0,88	2,7	4,26	2,32
3	4,77	6,58	5,36	3,81	2,79	2,23	6,91	1,38	0,98	2,51	3,61	2,04
4	4,9	6,01	2,98	2,51	2,41	2,41	3,61	1,23	1,48	2,13	2,88	1,85
5	5,68	4,26	2,04	2,23	3,31	2,23	2,88	1,08	1,67	1,85	3,74	1,95
6	4,2	4,52	45,8	1,95	3,18	2,41	2,98	1,03	1,38	1,43	2,98	10,88
7	6,65	5,16	53,81	1,76	1,95	2,41	2,98	0,98	1,13	1,28	4,13	6,08
8	5,03	4,9	26,85	1,67	1,85	3,61	3,35	0,98	1,03	1,18	3,77	3,61
9	6,72	4,9	16,96	2,04	1,95	3,77	2,79	0,88	2,41	1,08	5,23	2,88
10	3,77	4,65	21,7	5,89	1,85	2,7	1,85	0,93	3,19	1,08	3,16	2,51
11	2,7	3,61	11,63	2,6	3,99	2,51	1,67	1,03	2,51	1,03	2,6	2,32
12	2,32	4	8,58	4,13	17,88	2,13	1,76	1,03	2,13	12,49	2,32	2,13
13	2,13	4	9,24	26,22	4,39	1,85	1,48	0,93	2,23	4	2,98	1,85
14	1,95	3,35	12,91	18,64	2,7	1,67	1,43	0,88	1,38	2,7	4,64	4,64
15	2,04	3,35	10,43	8,09	2,41	1,57	1,38	0,88	1,13	1,76	5,89	5,81
16	1,95	3,42	24,18	5,03	3,23	1,48	1,28	0,88	1,23	1,48	3,61	6,51

17	1,57	2,79	8,65	3,87	2,51	1,48	1,28	1,95	1,85	1,48	13,23	4,64
18	3,59	3,11	6,27	3,61	2,23	1,38	1,28	2,51	2,23	1,48	23,77	4,26
19	2,23	2,88	5,16	11,23	1,95	1,38	1,18	2,13	2,79	3,98	10,83	3,26
20	1,85	3,77	4,52	5,16	1,76	5,21	1,08	1,03	1,85	1,85	9,47	9,18
21	2,79	3,16	3,74	3,74	1,67	2,79	1,03	0,93	1,43	1,48	14,39	4,77
22	5,29	2,7	3,26	4,13	1,67	1,71	3,35	0,88	1,28	12,58	6,77	22,64
23	6,93	7,43	2,98	4,13	3,16	1,28	4,39	0,98	1,18	15,01	5,16	9,87
24	6,94	5,16	2,88	5,94	3,75	2,26	4,13	1,48	1,08	7,26	4,39	6,27
25	8,19	3,61	2,6	9,77	2,41	2,79	2,32	2,98	0,98	6,51	3,61	4,64
26	4	2,88	2,79	6,01	4,9	1,67	1,85	1,38	3,18	10,24	3,26	3,87
27	12,23	2,51	2,98	4,52	2,88	1,38	2,23	1,08	4,46	11,63	3,48	3,87
28	25,58	2,32	2,7	3,74	3,68	1,33	2,04	1,08	1,33	10,5	3,61	3,61
29	12,16	*	2,23	3,48	2,41	1,28	1,43	1,13	3,94	10,04	3,29	3,07
30	9,01	*	2,04	3,48	4,77	1,23	1,28	1,08	3,05	16,1	2,6	2,79
31	11,03	*	4,74	*	2,98	*	1,28	0,93	*	12,07	*	3,61
Máxima	33,26	10,83	89,74	39,61	26,85	7,26	8,91	3,35	5,94	22,17	30,59	29,25
Mínima	1,48	2,04	1,85	1,67	1,67	1,18	0,98	0,88	0,88	0,98	2,23	1,85
Média	5,56	4,42	10,13	5,61	3,35	2,22	2,25	1,22	1,88	5,24	5,66	4,84

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1995

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	2,98	11,9	3,16	1,57	1,08	0,58	1,67	1,08	0,88	13,09	12,09	1,67
2	2,7	29,59	3,07	1,43	1,08	0,58	1,23	1,03	0,88	9,81	9,24	1,85
3	2,6	18,09	2,98	1,33	1,23	0,68	1,18	0,88	0,88	7,76	10,23	2,32
4	2,6	10,23	2,6	2,23	1,08	0,68	1,08	12,25	0,98	5,68	7,79	2,88
5	3,52	8,25	2,41	2,79	0,93	0,58	1,38	3,39	1,08	5,98	5,16	1,67
6	3,87	8,75	10,15	4,39	0,98	0,58	1,08	7,76	0,88	5,16	4	1,48
7	21,23	6,93	4	1,76	2,23	0,53	16,41	4,65	0,78	7,73	3,16	1,48
8	50,47	42,88	8,25	1,48	2,13	0,73	20,57	4,13	0,68	6,27	2,79	1,62
9	15,29	68,24	6,27	1,48	1,71	0,78	10,83	1,48	0,68	6,6	2,6	1,48
10	14,85	19,1	6,77	1,43	1,18	0,68	5,42	1,43	0,68	5,03	2,41	1,48
11	17,89	14,96	5,16	1,47	1,08	0,58	3,16	1,48	0,68	4,52	4,9	1,43
12	21,64	12,82	4,13	1,43	0,98	0,58	2,7	1,43	0,68	4,9	10,23	1,48
13	16,09	16,26	8,75	1,28	0,88	0,58	2,13	1,28	0,63	6,18	9,91	6,41
14	10,43	15,56	5,68	1,18	0,88	0,58	1,95	1,13	0,93	5,16	6,27	4,08
15	10,83	12,03	4,9	1,18	0,88	0,83	1,57	1,08	1,18	3,07	66,37	1,43
16	8,25	8,75	4,13	1,18	0,88	0,58	1,48	1,18	1,18	2,7	10,5	1,33
17	6,6	6,6	3,35	1,13	0,93	0,53	1,48	2,51	0,98	5,16	6,6	1,28
18	6,6	7,1	3,07	1,08	0,88	4,46	1,38	1,57	0,78	4	4,9	1,52
19	7,93	7,1	4,26	1,13	0,88	3,07	1,38	2,79	0,93	4,9	3,48	1,33
20	12,03	6,93	3,16	7,26	0,83	1,85	1,33	3,07	7,33	7,73	2,79	1,28
21	9,18	5,68	2,7	4,2	0,78	1,43	3,71	1,85	1,48	3,16	2,7	1,28
22	6,93	5,68	2,51	2,41	0,78	1,08	2,36	1,33	1,48	2,88	2,7	1,18
23	15,23	4,77	2,23	1,76	0,68	0,73	1,38	1,38	3,74	2,79	2,51	1,23
24	7,43	5,03	2,23	1,48	0,68	0,78	1,23	1,38	5,16	2,32	2,23	3,31
25	6,11	4,13	2,23	1,38	0,68	12,45	1,28	1,23	7,99	2,04	3,07	2,23
26	17,34	3,61	1,85	1,28	0,68	2,23	1,28	1,13	23,24	1,85	2,23	10,63
27	6,6	3,48	1,76	1,28	0,68	1,23	1,28	1,08	7,26	1,95	2,13	22,46
28	5,29	3,26	1,57	1,18	0,68	0,98	1,28	1,03	5,55	2,41	2,04	11,23



29	5,29	*	1,57	1,08	0,68	2,13	1,18	0,98	4,77	6,28	3,68	42,6
30	5,29	*	2,7	1,08	0,68	2,13	1,18	0,98	10,73	6,67	2,13	9,47
31	6,6	*	2,23	*	0,68	*	1,18	0,98	*	5,03	*	6,6
Máxima	51,27	79,16	17,89	8,58	2,23	23,24	30,59	17,89	23,24	14,15	120,31	51,27
Mínima	2,6	3,16	1,48	1,08	0,68	0,48	1,08	0,88	0,58	1,85	2,04	1,08
Média	10,63	13,13	3,87	1,84	0,98	1,51	3,12	2,22	3,17	5,12	7,03	4,89

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1996

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	3,35	4,26	8,19	7,2	5,55	1,38	2,79	2,79	1,57	8,25	5,68	5,42
2	13	3,48	5,68	8,25	4,39	1,95	2,79	2,7	1,43	6,93	4,64	2,79
3	6,27	13,69	7,59	6,11	3,48	1,38	3,16	2,6	11,72	12,42	3,26	2,41
4	5,42	10,83	9,32	5,81	3,26	1,18	3,07	2,51	13,64	6,6	5,42	12,47
5	4,77	5,94	12,03	4,9	2,98	1,84	2,79	2,41	1,57	7,26	5,42	5,16
6	14,06	5,16	10,04	5,42	2,6	3,23	2,79	2,41	1,48	6,93	4	7,35
7	7,43	8,39	8,58	5,98	2,51	1,48	23,84	2,41	1,38	8,58	3,35	6,27
8	6,11	5,16	8,09	5,16	2,23	1,23	24,14	2,23	9,68	5,42	2,88	4,13
9	16,63	27,05	6,11	3,87	2,98	1,03	19,16	2,23	4,65	4,9	3,16	3,16
10	8,41	23,14	6,22	3,26	2,23	0,93	6,6	5,55	26,85	5,75	2,79	2,88
11	7,43	13,96	3,48	4,77	1,95	0,98	4,65	2,98	5,42	5,03	2,98	9,95
12	5,94	10,1	6,27	3,26	1,85	0,88	2,41	1,43	1,28	4,64	12,86	7,73
13	5,42	5,81	3,35	6,08	1,76	0,88	1,85	1,38	1,18	4,26	5,81	4,46
14	4,9	5,03	2,88	9,31	1,48	0,88	2,23	11,77	9,24	5,55	6,27	2,79
15	5,68	4	4,52	5,16	1,48	0,88	2,41	2,98	19,25	3,87	6,11	4,9
16	4,9	1,85	3,35	4,64	1,38	1,08	2,32	2,04	5,68	3,16	16,09	3,74
17	4,2	1,57	6,27	3,74	1,48	6,72	2,04	1,57	9,77	2,7	8,41	3,16
18	6,55	4,77	8,75	3,16	1,48	2,6	1,85	1,48	7,43	2,51	7,43	2,41
19	6,6	4,77	4,77	2,88	1,38	1,95	1,67	1,33	5,16	15,88	6,6	3,94
20	4,39	4,11	6,11	2,41	1,38	1,85	1,48	1,28	4,39	4,9	10,24	4,26
21	4,26	2,23	12,63	2,51	1,38	1,48	1,48	1,18	3,48	7,1	14,62	2,98
22	3,16	1,67	8,75	2,23	1,38	2,23	1,48	1,08	4,07	16,1	9,31	41,22
23	7,59	1,95	5,16	2,04	1,28	2,04	1,48	1,08	5,03	8,25	8,25	6,34
24	5,42	5,03	1,48	1,85	1,28	2,23	1,48	1,08	2,88	5,98	8,41	5,68
25	3,74	4,39	1,52	1,76	1,28	2,41	1,48	1,03	9,05	13,23	5,85	4,64
26	3,87	3,87	1,75	1,43	1,18	3,75	1,48	0,98	6,6	5,94	4,9	4,13
27	4,46	2,79	26,22	2,6	1,18	8,58	1,48	0,93	49,27	10,41	4,9	5,81
28	5,42	3,87	13,1	5,61	1,18	4,64	1,48	1,03	29,05	7,26	5,16	10,43
29	4,9	13,3	8,41	7,92	1,08	4,77	2,32	1,08	10,83	5,16	3,74	17,42
30	4,9	*	6,93	6,01	1,08	2,98	3,07	1,38	8,58	4,39	3,35	8,25
31	5,68	*	5,68	*	0,98	*	2,98	2,41	*	3,74	*	7,04
Máxima	22,17	34,6	51,27	10,04	5,94	10,83	24,44	22,17	51,27	26,85	18,96	73,2
Mínima	2,98	1,48	1,18	1,38	0,98	0,88	1,48	0,88	1,18	2,41	2,79	2,23
Média	6,29	6,97	7,2	4,51	1,97	2,31	4,33	2,24	9,05	6,87	6,4	6,88

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1997

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	8,2	7,76	4,13	2,04	0,48	0,98	4,39	0,58	0,68	5,88	9,05	4,77
2	6,01	5,55	3,16	2,23	0,48	0,98	2,79	0,58	0,58	4,26	8,58	8,72
3	8,91	6,08	4,13	1,95	0,48	1,08	1,95	0,58	0,58	5,8	8,25	4,64
4	6,84	4,77	8,41	1,43	0,43	0,98	1,76	0,63	0,58	6,44	6,93	4,39
5	5,69	3,87	3,61	1,38	0,68	0,93	1,48	3,31	0,58	4,39	38,98	4,13
6	3,61	3,26	7,43	1,28	0,68	0,88	1,23	1,85	0,48	15,09	25,78	3,35
7	3,16	3,26	4,13	1,23	0,63	0,88	1,18	1,03	0,48	10,43	10,63	3,87
8	3,42	4	3,87	1,57	0,48	0,78	1,13	0,73	0,48	9,87	7,43	3,74
9	18,98	3,16	5,07	1,48	0,48	0,63	0,98	0,63	0,45	11,43	5,81	3,26
10	7,92	2,98	3,35	1,23	0,48	0,68	0,93	0,63	0,7	6,77	5,16	2,98
11	7,92	3,55	6,6	1,28	0,48	0,68	0,88	0,58	0,88	9,34	4,13	2,98
12	5,16	3,35	2,88	1,18	0,48	0,68	1,18	0,53	0,58	5,55	3,61	2,98
13	3,61	3,26	2,32	1,18	0,45	0,68	1,32	0,48	0,58	4	3,48	2,88
14	4,9	3,61	2,32	1,08	7,08	2,6	0,88	0,48	11,32	3,26	3,16	3,07
15	13,2	3,61	3,07	1,08	8,78	0,93	0,83	0,48	10,88	3,07	6,93	2,98
16	5,68	4,9	3,26	1,08	4,55	0,68	0,63	0,48	2,57	3,35	14,9	2,98
17	7,92	6,27	2,51	1,38	3,07	0,58	0,58	0,43	1,13	10,63	18,43	11,43
18	14,29	4,77	2,23	6,7	1,62	0,58	2,51	0,43	0,98	8,32	22,24	5,94
19	7,59	3,26	3,07	1,48	1,23	0,73	1,28	0,43	0,88	8,25	10,83	5,16
20	8,25	2,88	2,88	1,38	0,83	1,37	1,28	0,43	4,5	41,58	8,91	4,13
21	68,11	4,11	3,07	1,13	0,88	0,98	4,79	1,65	2,04	73,26	8,78	2,98
22	23,91	6,11	2,32	0,98	1,33	0,73	1,85	2,23	3,23	15,16	7,1	3,07
23	17,42	9,91	2,13	1,08	0,98	0,48	1,18	2,6	1,57	8,91	5,55	2,79
24	10,83	4,39	1,57	1,03	1,18	0,43	1,08	6,58	1,33	7,26	4,9	2,6
25	15,79	3,61	1,48	0,88	2,98	0,43	0,98	1,95	5,22	5,68	3,87	5,42
26	13,19	3,35	2,41	0,88	1,38	0,43	0,88	1,38	4,55	4,52	25,04	5,16
27	9,27	2,79	1,76	0,88	1,13	5,49	0,88	1,13	3,87	3,87	13,76	3,16
28	7,26	2,51	1,43	0,73	4,64	6,93	0,78	1,08	3,35	3,26	9,54	2,98
29	10,43	*	1,38	0,58	1,47	8,41	0,68	1,03	33,18	3,68	7,59	4,39
30	15,55	*	1,28	0,58	1,28	9,24	0,68	0,78	6,11	9,92	5,68	6,31
31	8,75	*	1,38	*	0,98	*	0,58	0,78	*	13,96	*	4,64
Máxima	89,74	13,22	8,91	12,03	13,69	9,24	6,6	8,25	51,27	79,16	54,73	12,42
Mínima	2,98	2,41	1,28	0,58	0,43	0,43	0,58	0,43	0,43	2,98	3,16	2,6
Média	11,35	4,32	3,18	1,41	1,68	1,73	1,4	1,18	3,48	10,55	10,5	4,25

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1998

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	6,34	9,38	16,63	12,03	2,79	1,38	0,78	1,38	2,23	10,83	3,48	2,13
2	4,9	6,27	9,31	8,25	2,6	1,18	0,88	2,6	2,04	20,3	4,65	1,76
3	5,16	5,55	7,1	6,44	2,41	1,13	21,25	1,57	1,85	31,99	7,1	1,76
4	12,82	4,64	6,27	5,42	2,6	1,08	3,9	1,48	1,76	16,96	3,26	1,76
5	32,73	4,13	5,42	5,29	2,32	0,98	2,51	17,63	13,79	22,38	2,98	2,98
6	15,16	3,87	4,64	6,93	1,95	0,98	1,76	4,64	7,41	15,11	2,7	1,76
7	9,87	3,48	4,39	6,6	1,57	0,93	1,38	2,88	18,16	14,89	2,6	2,98
8	12,23	3,35	4,39	5,42	1,57	0,88	4,17	2,6	6,6	16,09	2,51	5,14
9	12,82	4,9	4,13	4,39	1,48	0,88	23,58	13,98	5,85	8,91	3,85	2,7
10	12,03	3,35	3,16	4,39	1,48	0,78	5,42	4,39	4,39	7,76	14,69	5,16

11	10,04	7,26	3,26	3,74	1,48	0,78	3,26	3,35	5,03	6,27	11,23	21,1
12	6,44	6,84	4	3,48	1,38	0,73	2,7	3,07	3,35	8,41	6,93	5,59
13	5,55	6,77	4	3,26	1,33	0,98	2,41	15,16	6,13	5,03	15,91	4
14	4,77	19,5	6,44	3,16	1,28	1,13	2,13	14,96	8,25	5,55	14,43	3,26
15	73,58	75,41	6,6	2,98	1,57	0,98	1,85	6,6	10,1	4,26	6,77	8,78
16	10,24	43,38	10,05	4,39	1,28	0,88	1,67	5,29	6,77	4,13	5,16	4,64
17	5,98	19,5	13,92	4,64	1,18	0,83	1,48	6,74	4,39	5,81	4,26	4
18	4,9	9,47	44,59	2,88	1,18	1,18	1,43	17,96	3,35	5,03	3,48	2,79
19	6,93	6,6	11,63	2,6	1,18	7,46	1,48	20,91	24,58	4,52	3,26	2,41
20	9,71	7,26	8,75	2,41	1,18	2,32	1,48	7,92	37,59	4,64	3,35	2,32
21	6,6	5,94	6,93	2,23	1,28	1,38	1,38	8,09	12,69	4,64	2,88	2,41
22	3,87	5,94	9,31	2,13	1,18	1,23	1,38	5,55	8,58	4,77	10,43	2,51
23	3,87	8,25	12,62	2,32	1,08	1,08	3,88	13,1	6,93	3,26	4,39	11,23
24	3,61	25,71	12,42	12,63	1,08	1,38	5,42	6,27	7,1	9,91	2,88	4,2
25	10,9	11,03	12,03	3,48	0,98	1,18	3,64	4,9	5,16	7,92	2,51	11,5
26	6,6	15,09	7,1	5,29	1,28	1,03	2,41	3,87	4,65	23,27	2,23	17,43
27	6,01	10,43	6,14	8,75	1,33	0,93	1,57	3,26	10,67	8,78	5,03	8,25
28	4,9	9,64	6,34	6,8	5,04	0,88	1,48	2,79	7,76	6,27	3,29	5,55
29	6,6	*	7,26	4,13	5,55	0,88	1,38	2,88	15,56	4,9	2,41	4,64
30	6,6	*	8,75	3,16	5,05	0,78	2,98	2,32	12,42	4,52	2,23	3,61
31	8,65	*	10,1	*	1,85	*	1,48	2,23	*	4	*	2,88
Máxima	137,12	121,56	59,92	16,02	8,91	9,24	33,93	30,59	53	41,81	23,24	23,24
Mínima	3,35	3,35	2,98	2,04	0,98	0,68	0,78	1,38	1,67	3,16	2,23	1,67
Média	10,66	12,25	8,96	4,99	1,92	1,27	3,63	6,79	8,84	9,71	5,36	5,2

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 1999

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	3,35	6,11	6,93	10,83	2,13	1,08	1,38	1,95	0,73	1,38	13,39	1,48
2	3,29	5,29	4,39	9,84	2,04	1,08	1,33	1,57	0,68	4,29	8,58	1,33
3	2,6	4,26	3,61	9,07	1,85	1,08	3,48	1,43	0,68	4,26	6,01	2,7
4	2,6	3,87	6,44	8,25	1,67	1,03	34,6	1,38	0,68	1,85	4,64	5,68
5	10,24	3,16	5,03	3,48	1,48	1,85	23,37	1,38	0,63	16,41	4,52	1,76
6	5,81	2,88	6,93	3,26	4,27	2,04	7,43	1,28	0,58	16,43	3,39	3,67
7	4,9	3,16	7,33	3,26	1,95	2,41	16,49	1,23	0,58	8,91	3,07	6,87
8	22,59	7,59	7,1	2,7	1,85	12,12	7,92	1,18	0,48	13,57	2,6	11,63
9	19,13	13,16	5,94	2,13	1,57	20,83	5,29	1,18	4,55	5,59	2,51	12,33
10	20,03	10,43	5,29	1,85	1,38	11,63	4,26	1,18	4,18	4,26	4,13	12,09
11	17,02	10,43	8,09	1,67	1,23	3,87	36,34	1,08	4,7	8,52	6,01	13,29
12	16,36	5,68	5,94	1,85	1,08	3,07	25,04	1,08	16,3	6,77	19,54	22,74
13	11,63	4,65	5,29	2,04	6,6	2,6	6,44	0,98	26,85	5,68	6,97	24,51
14	11,63	9,84	4,9	4,9	5,03	2,32	5,03	1,48	9,87	3,87	13,02	10,43
15	7,59	5,68	4,39	4,77	4,39	4,9	4,26	1,08	8,19	3,16	10,41	6,6
16	10,73	6,27	9,44	7,26	2,98	2,79	3,74	0,98	3,74	9,97	6,44	4,64
17	11,23	6,77	9,88	5,81	2,13	2,13	3,16	11,67	2,6	20,6	5,72	3,87
18	10,83	5,42	10,83	4,77	1,48	3,87	2,41	3,79	2,13	7,99	3,87	3,74
19	8,75	6,77	7,1	3,07	1,48	2,32	2,04	1,43	1,95	5,03	3,26	3,16
20	6,93	5,29	5,94	2,7	1,48	10,43	1,57	1,28	1,57	4	3,07	2,41
21	5,29	21,27	4,64	2,51	1,38	3,87	1,85	1,18	1,43	3,61	2,88	3,87
22	4,64	12,53	4,13	3,87	1,33	2,79	5,16	1,08	1,38	3,26	2,51	2,98

23	9,58	12,96	4,13	2,51	1,28	2,7	4,64	0,98	1,33	4,9	3,33	4,13
24	23,84	9,24	6,77	2,23	1,18	2,13	2,23	0,98	2,13	4	3,68	5,03
25	9,57	9,11	4,13	1,95	1,18	1,85	2,13	0,93	1,38	6,77	2,7	3,74
26	6,6	5,55	3,61	1,76	1,18	2,79	1,95	0,88	1,23	12,91	2,23	3,16
27	6,77	4,65	3,35	3,35	1,08	2,13	1,76	0,98	1,13	6,18	1,95	2,7
28	6,11	5,42	2,98	2,79	2,23	1,85	1,95	1,13	1,08	5,03	1,85	2,32
29	13,92	*	2,6	3,53	1,76	1,57	2,13	0,93	1,08	4,13	1,76	1,95
30	8,41	*	2,7	2,13	2,32	1,38	1,76	0,88	3,53	10,49	1,57	1,85
31	6,11	*	12,62	*	1,23	*	3,61	0,83	*	8,01	*	9,34
Máxima	35,94	35,94	13,22	10,83	7,26	21,64	37,41	15,09	38,14	33,93	27,45	26,85
Mínima	2,41	2,79	2,6	1,48	1,08	0,98	1,28	0,78	0,48	1,38	1,48	1,28
Média	9,94	7,41	5,88	4	2,07	3,88	7,25	1,59	3,58	7,15	5,19	6,32

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 2000

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	11,9	4,39	16,43	2,13	0,63	0,37	0,93	0,48	0,93	1,76	2,32	4,39
2	10,05	2,6	6,6	1,76	0,58	0,37	0,83	0,48	6,01	1,43	2,13	5,73
3	5,16	3,68	5,42	2,41	0,58	0,37	0,78	0,98	3,29	1,38	1,85	2,6
4	3,74	2,23	7,26	5,45	0,58	0,43	1,55	1,18	2,41	1,52	2,04	2,79
5	5,68	2,79	5,03	3,29	0,58	0,63	0,83	0,78	1,67	2,79	5,68	2,6
6	5,16	2,7	4,9	2,13	0,58	0,53	0,73	0,58	2,36	2,23	6,27	3,29
7	3,64	2,13	5,16	1,76	0,58	0,48	0,63	0,48	2,41	1,57	19,16	2,32
8	3,29	2,23	6,27	1,67	0,48	0,45	0,58	0,48	1,43	1,48	10,98	1,67
9	4,52	4,88	5,75	1,48	0,48	0,37	0,58	0,48	1,28	1,48	5,94	1,57
10	4,64	12,83	9,53	1,43	0,48	0,37	0,48	1,75	1,18	3,99	5,72	1,43
11	3,61	4,39	3,39	1,33	0,48	0,4	0,48	1,99	2,6	3,88	6,34	1,33
12	2,51	9,45	3,07	1,23	3,01	0,35	0,43	1,38	14,09	2,13	5,29	1,23
13	2,23	4,26	3,16	1,13	1,75	0,32	0,43	0,83	5,42	21,1	3,61	1,18
14	2,04	3,61	2,51	1,08	0,73	0,32	0,43	0,63	4,26	17,17	8,2	1,08
15	2,04	10,83	2,32	1,33	0,53	0,32	0,78	0,63	19,75	6,34	3,74	8,09
16	6,13	35,66	2,32	1,43	0,48	0,32	0,58	0,68	22,92	11,03	7,04	4,94
17	3,27	9,14	6,28	1,18	1,45	0,5	0,45	0,63	11,83	7,43	3,87	4,9
18	1,76	7,43	3,07	1,38	0,58	6,62	0,43	0,58	11,23	4,77	8,81	2,88
19	2,6	5,42	4,39	1,23	0,58	1,99	0,43	0,53	10,63	3,61	5,99	1,76
20	4,79	4,77	7	1,13	0,58	1,13	0,43	0,48	7,26	3,26	3,26	1,57
21	2,32	4,26	4,13	0,93	0,58	2,8	0,43	0,45	4,26	2,98	5,43	1,43
22	1,95	3,61	4,64	0,88	0,48	0,93	3,18	0,43	3,16	2,6	3,74	1,33
23	1,85	3,16	7,93	0,88	0,48	0,73	3,14	0,4	3,16	2,41	2,98	1,28
24	1,85	5,29	4,13	0,78	0,48	0,58	1,03	0,37	2,13	2,6	2,04	3,68
25	2,32	3,39	3,16	0,78	0,48	0,48	0,73	0,37	5,29	2,79	3,14	2,98
26	4,42	3,87	3,07	0,78	0,48	1,27	0,58	0,37	3,16	3,26	2,88	3,42
27	2,13	3,26	2,98	0,73	0,45	4,18	0,48	7,25	2,7	3,16	2,32	2,41
28	1,85	2,88	2,6	0,68	0,43	1,85	0,43	3,07	4,77	2,98	1,76	4,89
29	2,7	8,32	2,6	0,68	0,4	1,13	0,43	1,33	3,16	6,93	1,67	4,26
30	1,67	*	4,39	0,68	0,37	1,03	0,43	0,73	2,41	4	6,85	2,32
31	35,3	*	2,41	*	0,37	*	0,43	0,68	*	2,79	*	2,23
Máxima	69,22	43,28	20,03	7,92	4,65	10,83	5,94	13,22	34,6	22,71	23,24	8,91
Mínima	1,38	2,04	2,23	0,68	0,37	0,32	0,43	0,37	0,78	1,38	1,67	1,08

Média	4,75	5,98	4,9	1,46	0,67	1,05	0,78	1,01	5,57	4,41	5,03	2,82
-------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 2001

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	2,04	7,2	13,1	1,43	1,76	2,04	1,67	2,7	1,13	52,8	1,38	6,01
2	1,48	3,48	6,77	1,67	1,43	1,85	1,43	2,32	0,98	15,12	1,28	4,13
3	1,38	3,07	4,13	1,57	1,28	1,38	1,33	2,13	0,88	9,41	1,28	3,07
4	1,28	7,43	3,26	1,43	18,12	1,28	1,18	1,95	0,83	5,03	1,18	2,88
5	1,18	4,13	2,88	3,57	6,38	1,28	1,18	1,67	0,83	3,87	1,18	4,26
6	1,33	7,59	2,32	1,67	4,07	1,28	1,38	1,48	1,18	2,98	1,08	9,51
7	1,38	5,16	8,09	1,57	2,23	1,28	1,23	1,38	9,87	4,16	1,03	4,77
8	1,33	4,13	11,06	1,48	1,67	1,28	1,18	1,28	2,67	32,91	1,48	3,48
9	1,23	18,8	11,55	1,57	1,57	4,51	1,03	1,28	1,28	13,96	1,67	3,26
10	2,13	4,9	8,78	2,23	1,43	1,48	0,98	1,18	1,18	6,77	5,52	2,98
11	1,43	3,74	5,16	2,04	3,42	1,43	0,98	1,18	1,38	4,9	13,96	2,7
12	6,78	3,26	4,26	1,95	1,76	1,33	1,47	1,08	1,23	4,26	4,13	2,51
13	8,1	7,95	4,26	1,57	1,48	1,18	1,03	1,03	1,08	4,64	2,79	4,13
14	2,23	4,64	4	1,52	2,7	1,08	0,98	0,98	1,33	3,87	2,79	9,25
15	1,57	12,42	2,6	1,43	2,13	1,03	0,88	0,93	2,13	3,07	3,39	6,14
16	1,95	6,47	3,46	1,43	20,04	0,98	0,88	0,88	1,13	2,7	3,16	4,77
17	4	10,93	5,92	1,57	6,93	1,13	0,88	0,88	0,98	2,32	12,42	4,26
18	2,04	13,43	4,13	2,32	4,64	1,18	0,78	0,88	0,93	4,9	5,29	4
19	1,43	6,44	3,74	1,43	3,64	6,12	5,42	0,88	0,88	4,77	4,39	3,48
20	1,23	8,81	4,62	1,28	2,32	3,9	2,98	0,88	0,88	8,75	6,34	3,26
21	5,36	5,85	2,79	1,52	2,13	1,48	1,95	1,18	0,88	6,41	4,52	2,98
22	2,6	4,39	2,32	1,18	2,41	1,28	7,1	1,38	8,45	3,26	3,29	2,79
23	1,67	3,48	2,04	3,44	2,04	1,18	4,13	1,13	5,79	2,88	2,41	5,16
24	8,73	3,07	1,85	1,57	2,04	1,18	6,6	0,93	3,07	2,51	2,13	3,87
25	4,26	2,7	1,76	6,94	7,1	2,96	8,41	0,88	2,7	2,13	1,95	3,39
26	3,55	2,32	2,88	2,88	2,32	23,23	16,96	0,88	2,13	1,95	1,85	2,98
27	4,77	3,48	1,95	1,95	4,74	4	38,76	0,88	2,13	1,76	1,67	3,29
28	2,98	19,83	2,23	1,76	9,61	2,7	9,57	2,7	35,66	1,67	25,58	3,68
29	2,23	*	2,6	1,57	3,07	2,32	5,68	3,11	24,74	1,48	7,1	2,51
30	3,16	*	1,95	2,51	2,41	1,85	4,26	4	27,75	1,43	16,79	1,76
31	5,07	*	1,57	*	2,23	*	3,26	2,04	*	1,38	*	1,67
Máxima	13,22	35,27	17,42	9,24	33,26	38,88	51,27	4,65	48,07	59,92	49,67	12,42
Mínima	1,18	2,23	1,48	1,18	1,28	0,98	0,78	0,88	0,78	1,38	0,98	1,67
Média	2,9	6,75	4,45	2	4,16	2,64	4,37	1,49	4,87	7,03	4,77	3,96

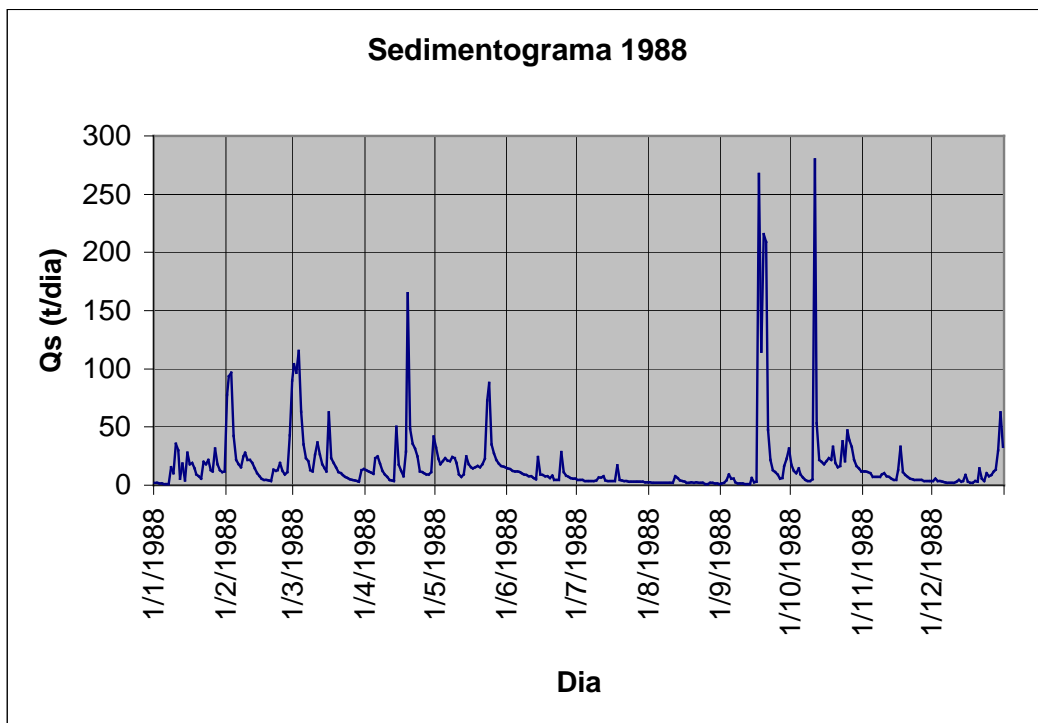
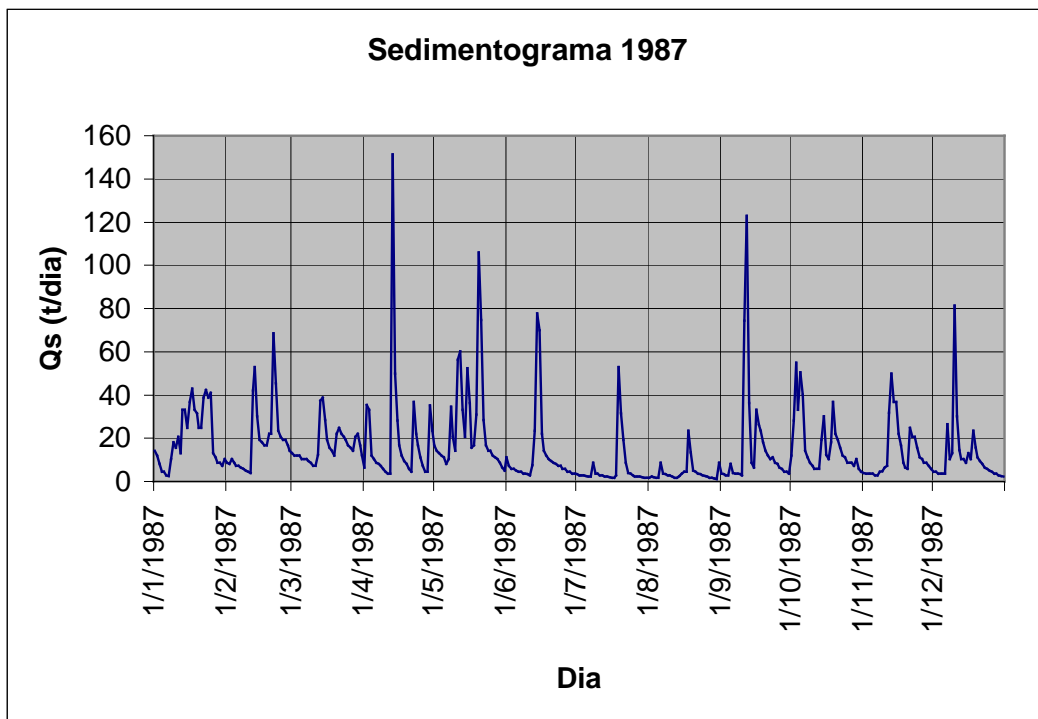
Vazões Fluviométricas Diárias (m<sup>3</sup>/s) – Ano: 2002

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	1,57	2,32	3,07	1,95	6,34	1,23	1,08	7,27	0,63	3,29	9,17	1,43
2	1,95	1,95	4,9	2,04	4	1,18	0,88	7,92	0,58	1,76	7,59	1,38
3	1,57	1,76	5,42	3,07	2,79	1,13	0,88	6,29	0,53	1,38	6,51	8,91
4	2,79	1,95	3,9	4,64	2,13	1,03	0,78	2,7	0,48	1,28	4,13	8,86
5	4,9	1,57	2,6	18,03	1,95	0,93	0,78	1,43	0,48	1,13	4	9,98
6	4,13	1,38	4,18	6,93	2,79	0,93	0,83	1,38	0,48	0,98	5,16	5,27
7	3,26	1,95	3,87	8,41	7,13	0,88	0,88	1,28	1,7	0,88	4,64	9,07

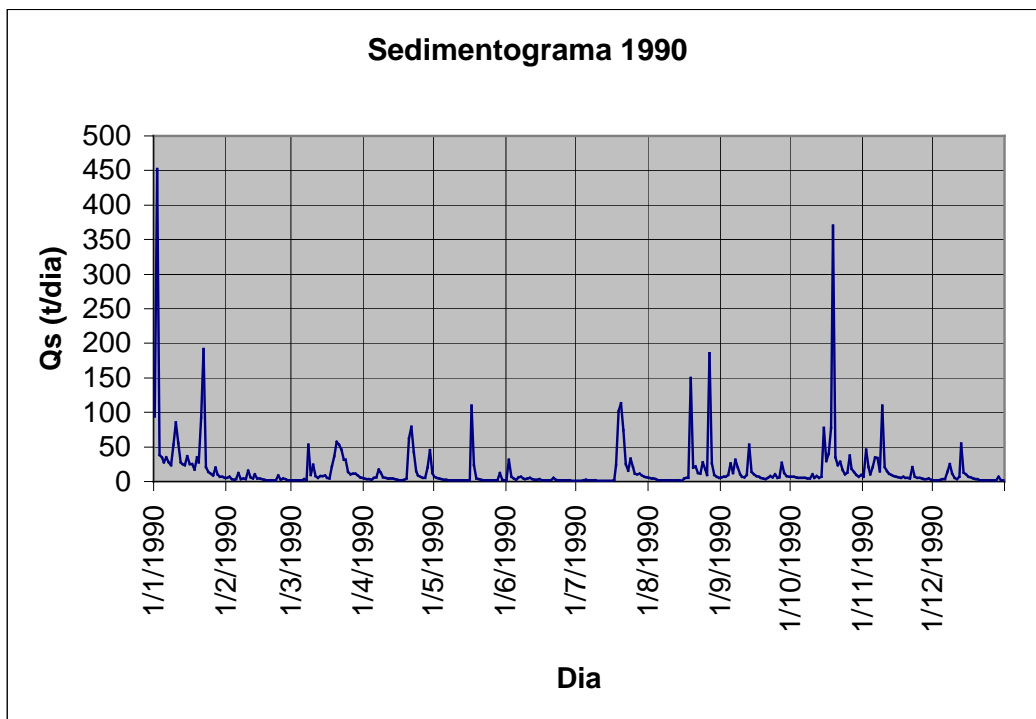
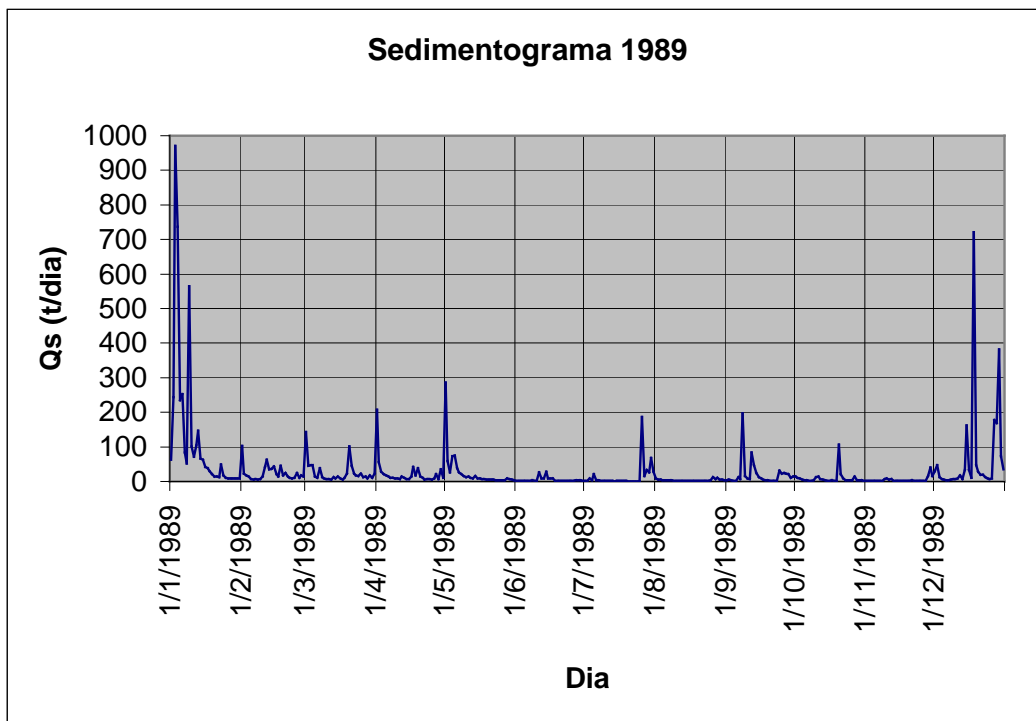
8	2,41	1,57	3,46	4,77	3,07	0,88	0,83	1,23	0,88	0,83	3,74	6,58
9	4	1,43	2,79	3,26	8,34	0,83	0,78	1,13	0,98	3,41	3,07	3,87
10	11,94	1,33	2,32	2,88	3,42	0,78	0,78	0,98	0,88	1,28	4,36	11,23
11	7,59	1,18	1,95	2,51	2,51	1,38	0,78	0,83	0,78	1,13	3,2	6,31
12	27,53	1,13	1,76	1,95	2,13	0,98	2,67	0,88	0,88	0,98	2,23	7,22
13	18,54	1,08	4,52	1,95	1,76	0,93	1,03	0,93	1,03	0,88	1,95	11,09
14	16,02	3,64	6,29	6,12	1,43	0,93	0,88	0,98	17,88	0,78	1,67	7,22
15	10,43	2,51	2,88	2,79	1,33	5,62	0,78	0,88	2,79	0,78	1,67	4,77
16	8,41	2,04	2,51	2,32	2,04	2,23	0,78	0,83	2,04	0,73	1,67	3,52
17	5,85	1,95	2,13	1,95	1,38	1,43	0,68	0,78	1,48	0,68	1,85	2,88
18	4,39	4,77	1,76	1,57	2,51	1,18	0,68	0,78	1,33	1,03	1,57	2,6
19	5,16	2,98	1,57	3,81	3,14	1,52	3,19	0,78	1,23	1,08	1,38	2,32
20	7,59	2,6	1,43	2,04	1,67	1,48	1,23	0,68	14,84	0,98	1,23	2,23
21	5,03	10,51	4	1,76	2,88	1,33	1,13	0,68	6,29	0,78	1,08	3,59
22	5,46	7,04	17,34	4,64	4,46	5,73	0,88	0,68	1,85	1,22	2,04	4,26
23	5,66	3,39	6,58	2,32	6,14	4,39	0,78	0,98	1,43	4,18	2,23	7,67
24	4	13,01	3,48	1,57	3,46	2,04	0,68	0,78	1,38	1,85	1,28	5,03
25	5,16	4,13	2,88	1,43	5,49	2,13	0,73	0,68	1,38	5,82	1,13	6,21
26	3,26	3,07	2,32	1,33	2,6	1,95	0,83	0,58	1,28	4,72	1,13	5,6
27	2,88	8,02	2,04	1,33	1,67	1,76	0,83	2,31	1,18	2,04	1,03	3,07
28	2,51	3,48	1,95	1,43	1,38	1,43	0,78	0,98	1,13	1,48	1,95	2,7
29	2,32	*	4,16	1,33	1,33	1,28	0,68	0,78	1,08	1,33	1,57	2,51
30	2,51	*	1,95	2,23	1,28	1,18	0,68	0,78	1,08	10,24	2,51	2,32
31	2,88	*	2,6	*	1,28	*	4,63	0,68	*	8,09	*	2,13
Máxima	46,48	18,43	23,84	23,24	12,03	7,59	8,58	9,64	30,59	13,22	13,69	16,49
Mínima	1,48	1,08	1,38	1,28	1,28	0,78	0,68	0,58	0,48	0,68	0,98	1,38
Média	6,18	3,35	3,63	3,41	3,03	1,69	1,09	1,61	2,33	2,16	2,89	5,22

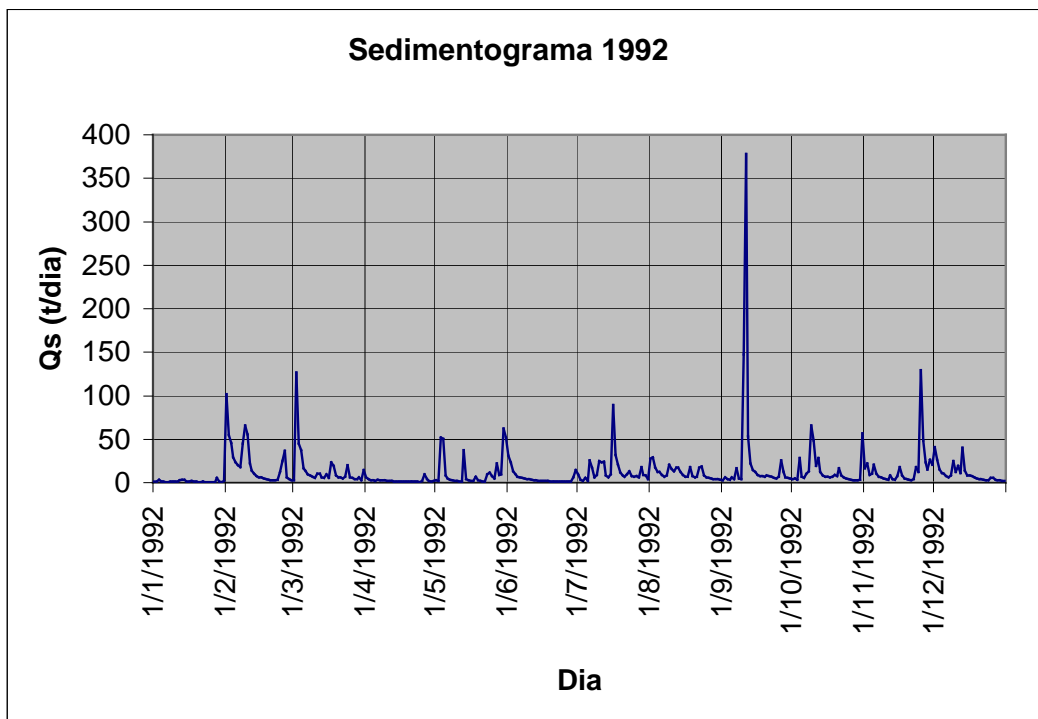
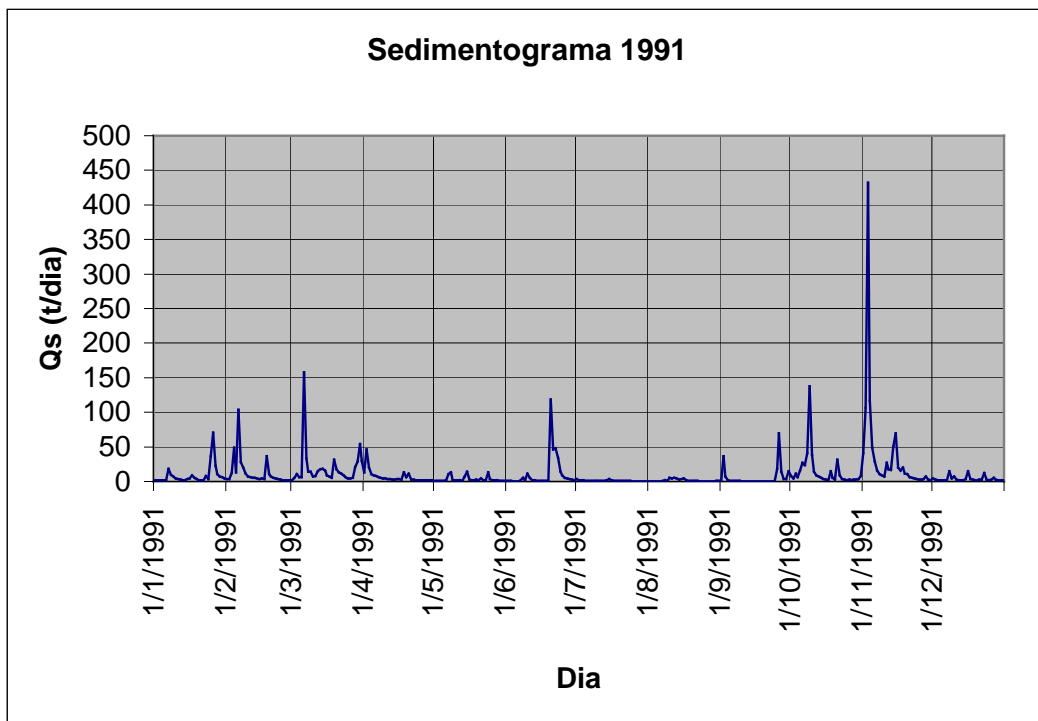
**ANEXO E**

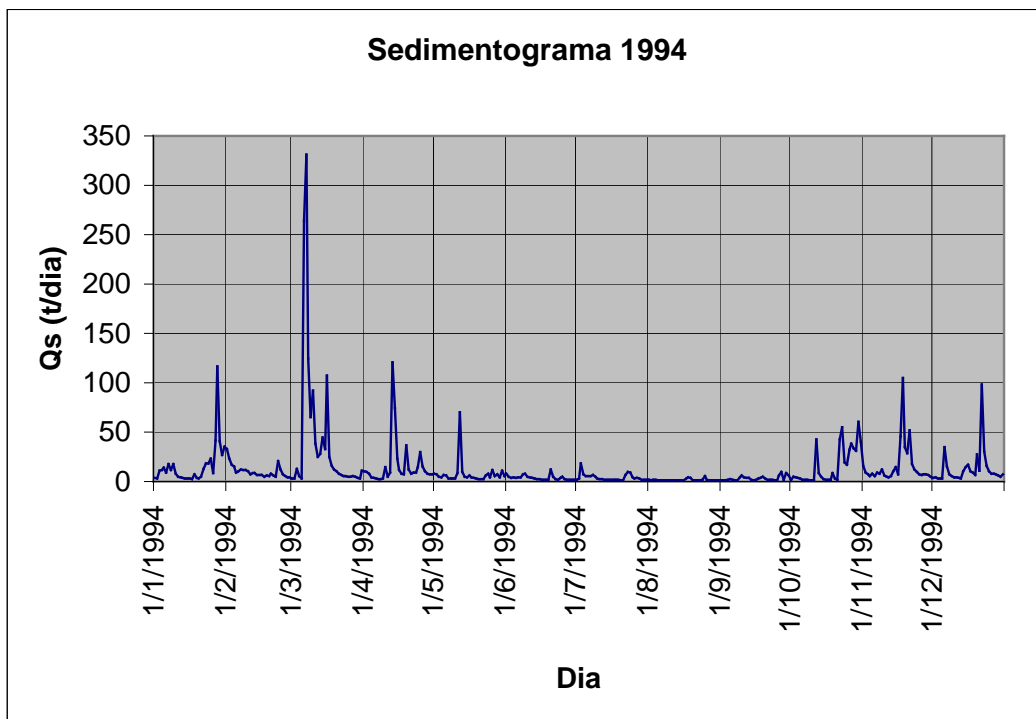
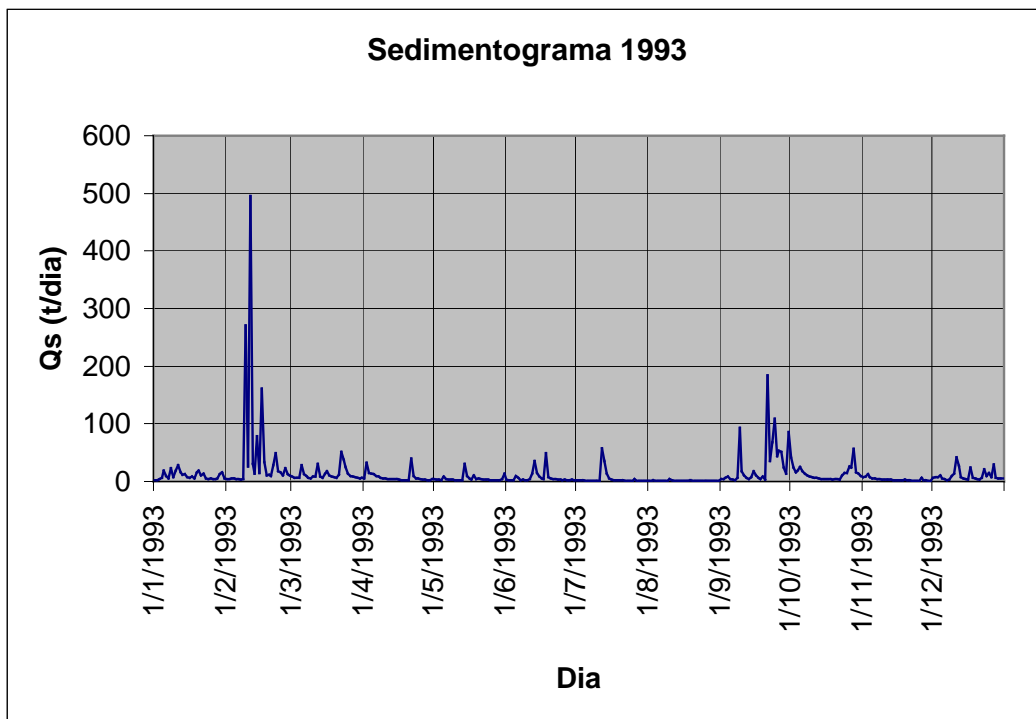
**SEDIMENTOGRAMAS ANUAIS**

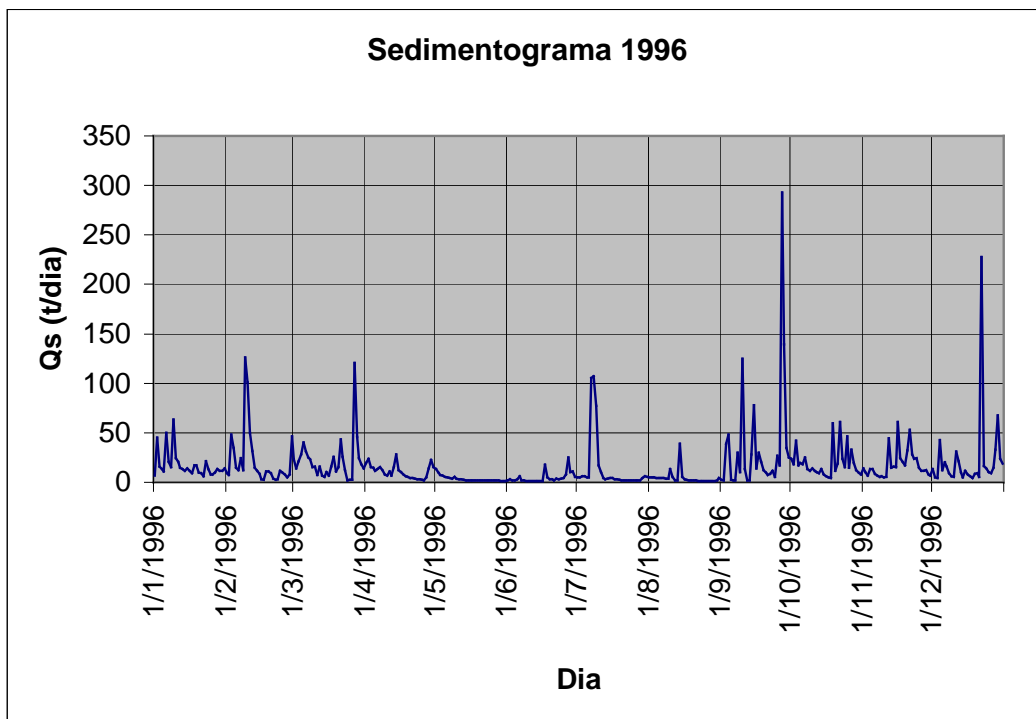
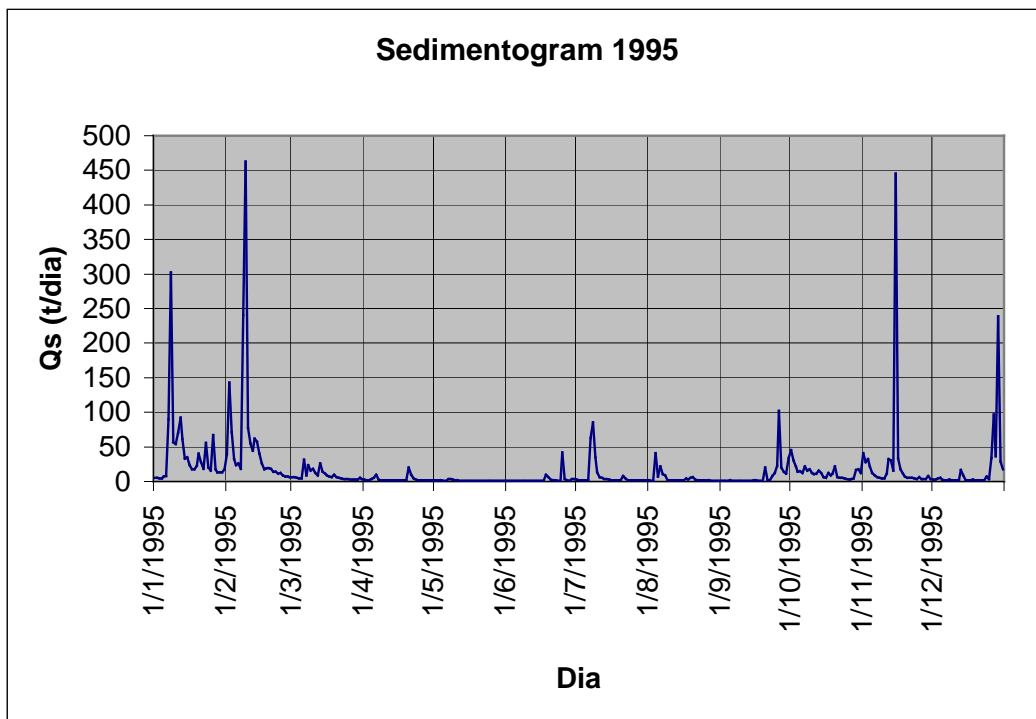


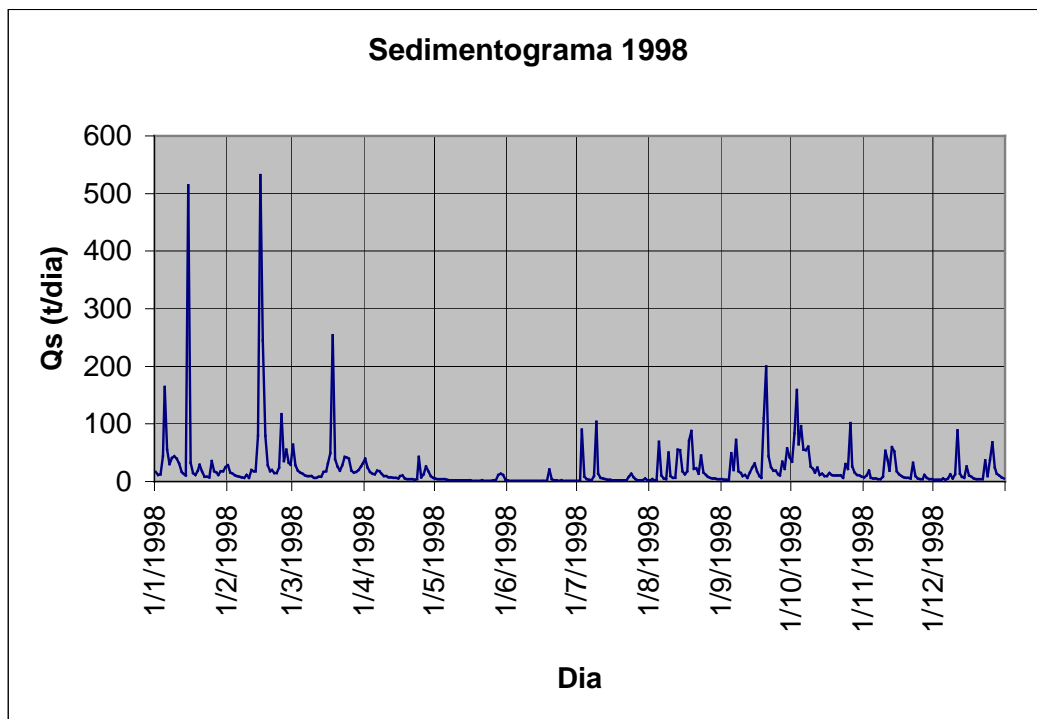
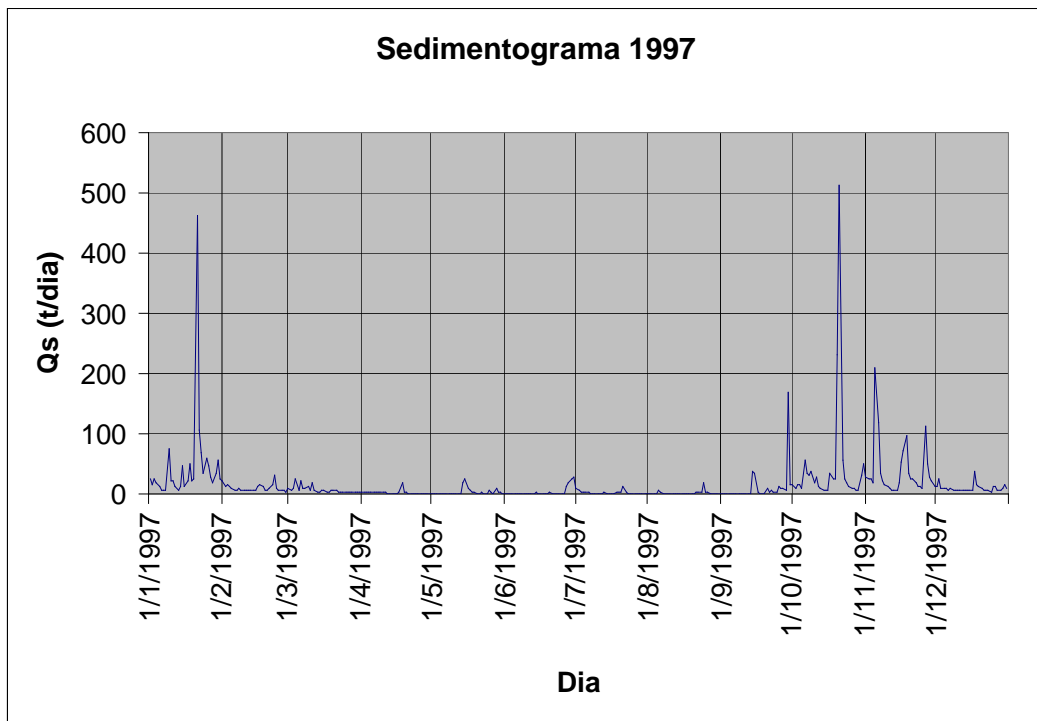


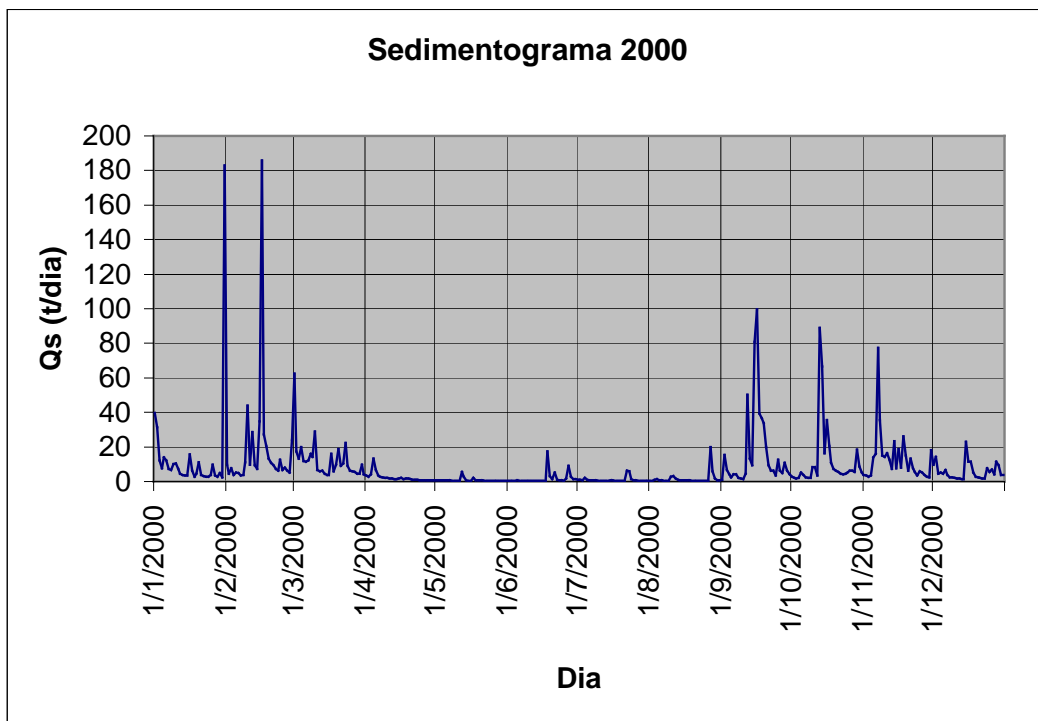
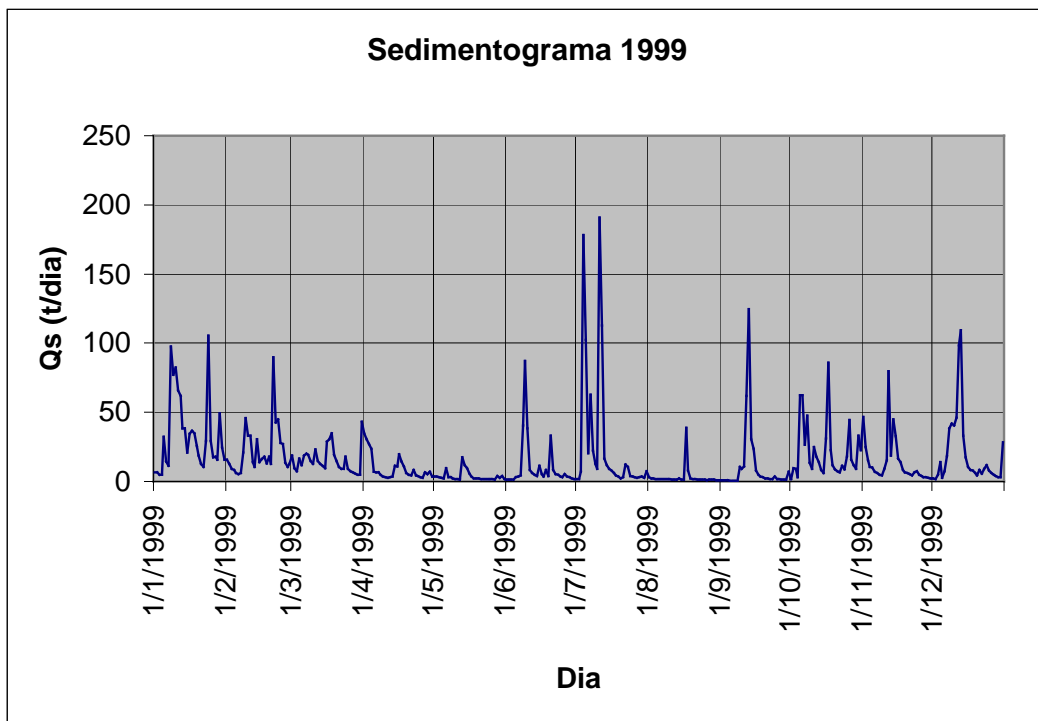


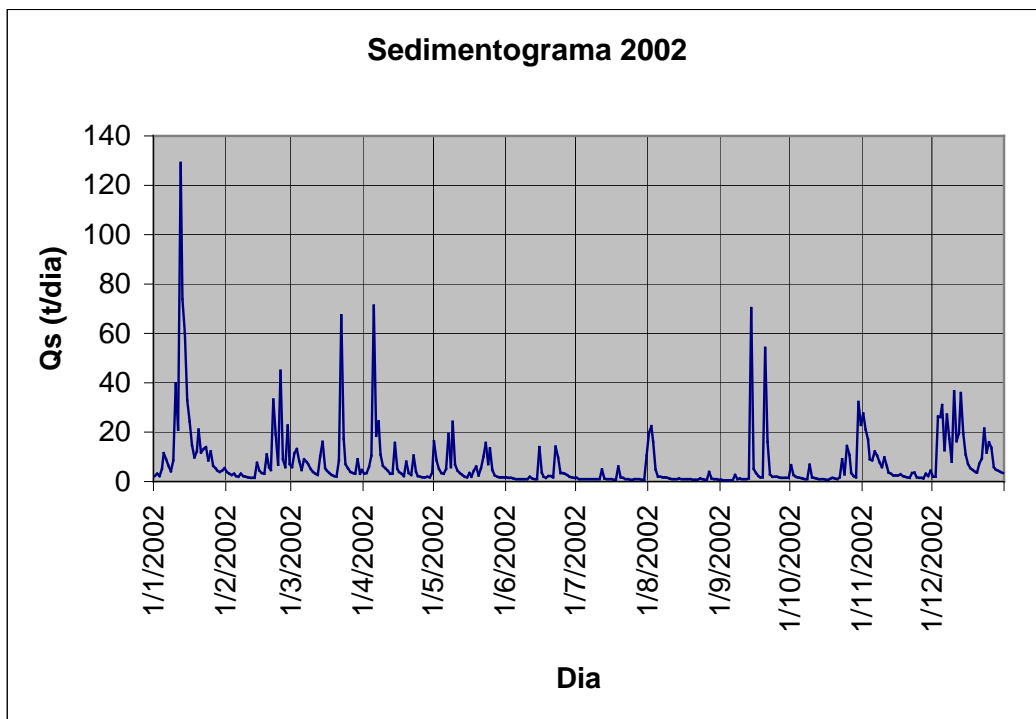
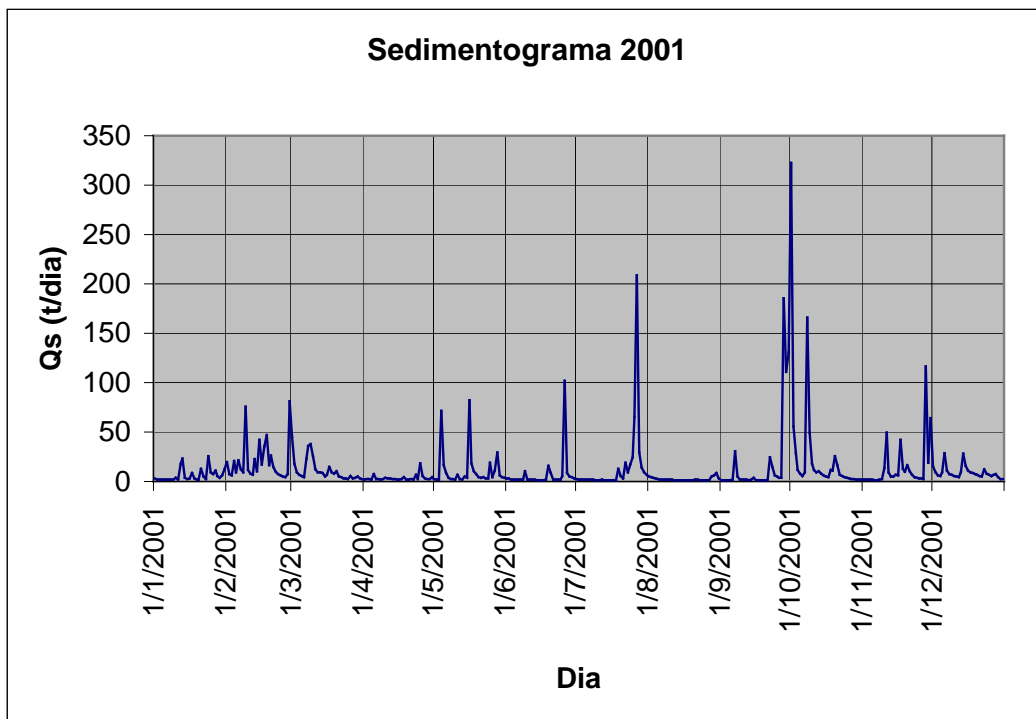












This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)