

MANUAIS DO PROJETO

---

“Monitoramento e modelagem do Reservatório”

# Manual de Monitoramento Sedimentológico

Versão 2.0  
Maio, 2003

ITAIPU BINACIONAL, 2003

# Manual de Monitoramento

---

## **Instituto Agrônômico do Paraná**

Eng. Agr. Dr. Celso de Castro Filho  
Eng. Agr. João Henrique Caviglione  
Tec. Agr. Antonio Carlos Costa  
Lab. Auro Sebastião da Silva  
Tec. Agr. Jorge Felix

## **Pedotechnologies Inc. e Agteca S.A.**

Eng. Dr. Thomas Arey Cochrane  
Eng. Agr. Dr. L. Darrell Norton

## **ITAIPU Binacional**

Eng. Simone Benassi Frederigi MAFA.CD  
Biólogo Hélio Martins Fontes Júnior MAFA.CD  
Eng. Químico Luiz Dalmi Marenda MAFA.CD  
Zoot. Fernão Carbonar MAF.CD  
Aux. Biociências Aparecido Soares MAFA.CD  
Téc. Biociências Vilmar Bolzon MAFA.CD  
Eng. Flor. Luíz Paulo Johansson MAFA.CD



---

Indice Geral

<b>Manutencao de equipamento</b>	<b>7</b>
Locais de Monitoramento	7
Equipamento de Monitoramento	9
<i>Medidor de Nível de água</i>	9
<i>Turbidímetro</i>	9
<i>Troca de Baterias dos Equipamentos</i>	10
<i>Download com Computador ou Hobo Shuttle ou Palm</i>	12
Coleta de amostras	12
Manutenção e download nos pontos de Monitoramento	14
<i>Equipamento para levar nas viagens</i>	14
<i>Estruturas</i>	15
<i>Bóias</i>	18
São Francisco Falso	20
<i>Informação Geral</i>	20
<i>Procedimento de manutenção e Coleta de Amostras</i>	21
Guaíra (MS – PR)	22
<i>Informação Geral</i>	22
<i>Procedimento de manutenção e Coleta de Dados</i>	23
Rio Piquiri	23
<i>Informação Geral</i>	23
<i>Procedimento de manutenção e Coleta de Dados</i>	24
Rio Paraná - Porto São José	25
<i>Procedimento de manutenção e Coleta de Dados</i>	25
Rio Ivaí	27
<i>Procedimento de manutenção e Coleta de Dados</i>	28
Rio Iguatemi	29
<i>Procedimento de manutenção e Coleta de Dados</i>	30
Rio Ivinhema	31
<i>Procedimento de manutenção e Coleta de Dados</i>	31
Cronograma de viagens ao pontos de monitoramento	31
<b>Análise de dados de monitoramento</b>	<b>32</b>
Resumo dos cálculos do Monitoramento	32
Banco de dados do Monitoramento	36
<b>Resultados do Monitoramento</b>	<b>40</b>
Resultados de transporte e perdas de solos	40
Vida útil do Reservatório	42
<i>Observações sobre o calculo de vida útil:</i>	44

<b>Apendices</b>	<b>46</b>
Apendice 1	46
Apendice 2	49
<i>Lista de fornecedores de componentes eletrônicos (na WEB online):</i>	50
<i>Esquema básico do sistema de sonda para turbidímetros</i>	51
Apêndice 3	53

---

## Índice de Figuras

Figura 1. Locais de monitoramento.	8
Figura 2. Medidor de nível de água.	9
Figura 3. Turbidímetro com HOB0, caixa de controle, e sonda (sensor).	10
Figura 4. Bateria de 9V do turbidímetro.	11
Figura 5. Bateria do HOB0.	11
Figura 6. Palm utilizado para download.	12
Figura 7. Coleta de amostra de cima da ponte.	13
Figura 8. Coleta manual na área de turbulência.	13
Figura 9. Estruturas fixadas nos pilares nos pontos de monitoramento.	15
Figura 10. Caixa de controle com (1) data logger e (2) Hobo.	15
Figura 11. Sondas (sensor) do turbidímetro e do medidor de nível de água.	16
Figura 12. Seqüência de manutenção e download de dados das estruturas fixas.	17
Figura 13. Modelo de bóias usadas.	18
Figura 14. Novos desenhos de bóias para melhorar o desempenho em situações muito turbulentas.	18
Figura 15. Procedimentos 1 a 4 (manutenção e download de dados das bóias).	19
Figura 16. Procedimento de manutenção e download de dados das bóias.	20
Figura 17. Local de instalação da escada no Rio São Francisco Falso. (a) lado jusante do rio. (b) fixação de escada.	21
Figura 18. O download dos dados por cima da ponte ou na escada.	21
Figura 19. Coleta de amostras (a) por cima (b) por baixo.	22
Figura 20. Acesso, manutenção, e download em Guaíra.	23
Figura 21. Estrutura no rio Piquiri e barcos usados para coleta de dados.	24
Figura 22. Manutenção de equipamentos no Piquiri.	25
Figura 23. Bóia no rio Paraná em Porto São José e barco usado para acesso a bóia.	26
Figura 24. Manutenção da bóia (1) Remover Hobo (2) Verificar funcionamento (3) download via computador ou Shuttle, (3) limpeza de sonda.	27
Figura 25. Bóia no Rio Ivaí e acesso via barco.	28
Figura 26. Manutenção de bóia danificada no rio Ivaí.	29
Figura 27. Manutenção no rio Iguatemi.	30
Figura 28. Manutenção da bóia (1) Conexão de cabos para download (2) download via computador ou Shuttle, (3) limpeza de sonda.	31
Figura 29. Exemplo de download do turbidímetro (voltagem e data) mostrando o valor em voltagem da turbidez da água em azul.	32
Figura 30. Exemplo de download do turbidímetro (voltagem e data) mostrando o valor em voltagem da turbidez da água em azul.	34

Figura 31. Tabelas em MS Access com dados do turbidímetro, laboratorio, vazão, e sedimentos totais calculados.	37
Figura 32. Tabela com dados do turbidímetro para cada download.	38
Figura 33. Tabelas de análise (QUERIES) para calibração e calculo de medias para cada ponto de monitoramento.	39
Figura 34. Resultados de sedimentos diários do monitoramento do rio Ivaí (1 ano de dados).	41
Figura 35. Perda de solos calculado para cada sub-bacia baseado nos dados de monitoramento.	42
Figura 36. Box Car Pro 4.0 tela inicial.	46
Figura 37. Selecionar opção de funcionamento do Logger.	47
Figura 38. Tela do Launch (inicializar HOBO).	48
Figura 39. HOBO Shuttle	49
Figura 40. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Ivaí.	54
Figura 41. Sedimentos totais (T/Dia) transportados no rio Paraná em Guairá lado do Paraná	55
Figura 42. Sedimentos totais (T/Dia) transportados no rio Paraná em Guairá lado do Mato Grosso do Sul (medição do ponto mais perto da margem do MS).	56
Figura 43. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Iguatemi, MS.	57
Figura 44. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Carapa, Paraguai.	58
Figura 45. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Ivinhema, MS.	59
Figura 46. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Piquiri, PR.	60
Figura 47. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Paraná em Porto São Jose.	61
Figura 48. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio São Francisco Falso, PR.	62
Figura 49. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Paraná, total para Guaíra.	63

---

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento.	7
Tabela 2. Resumo de resultados do monitoramento de sedimentos nos rios que aportam ao Reservatório.	53

## Locais de Monitoramento

Existem dez locais de monitoramento para o projeto.

Rio Paraná – Jusante a barragem (Hidroelétrica de Itaipu);

1. Rio Paraná - Guaíra (Margem esquerda - Estrutura sobre a Ponte no lado do Paraná);
2. Rio Paraná - Guaíra (Margem direita - Estrutura sobre a ponte no lado do Mato Grosso do Sul);
3. Rio São Francisco Falso (Estrutura sob a ponte via Vila Bonita);
4. Rio Piquiri (Estrutura sob a ponte Palotina – Francisco Alves);
5. Rio Iguatemi (Estrutura sob a ponte Mundo Novo – Dourados);
6. Rio Ivaí (Bóia sob a ponte Paraíso do Norte – Rondon);
7. Rio Ivinhema (Bóia sob a ponte Ivinhema – Nova Andradina);
8. Rio Paraná – Porto São José (Bóia no meio do Rio Paraná em Porto São José);
9. Rio Carapa (local a ser determinado);

A Tabela 1 mostra as coordenadas dos pontos de monitoramento e a Figura 1 mostra com um círculo vermelho os locais de monitoramento.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento.

Ponto de Monitoramento	Latitude		Longitude	
	Deg	Min	Deg	Min
<b>Ponto Rio São Francisco Falso</b>	24	59.598	54	7.808
<b>Ponto Rio Parana, Guaira MS</b>	24	3.26	54	15.725
<b>Ponto Rio Parana, Guaira PR</b>	24	3.737	54	15.315
<b>Ponto Rio Piquiri</b>	24	11.379	53	51.277
<b>Ponto Rio Iguatemi</b>	23	50.212	54	20.094
<b>Ponto Rio Ivinhema</b>	22	22.873	53	32.021
<b>Ponto Rio Parana, Porto São José</b>	22	42.843	53	10.732
<b>Ponto Rio Ivai</b>	23	19.399	52	39.958

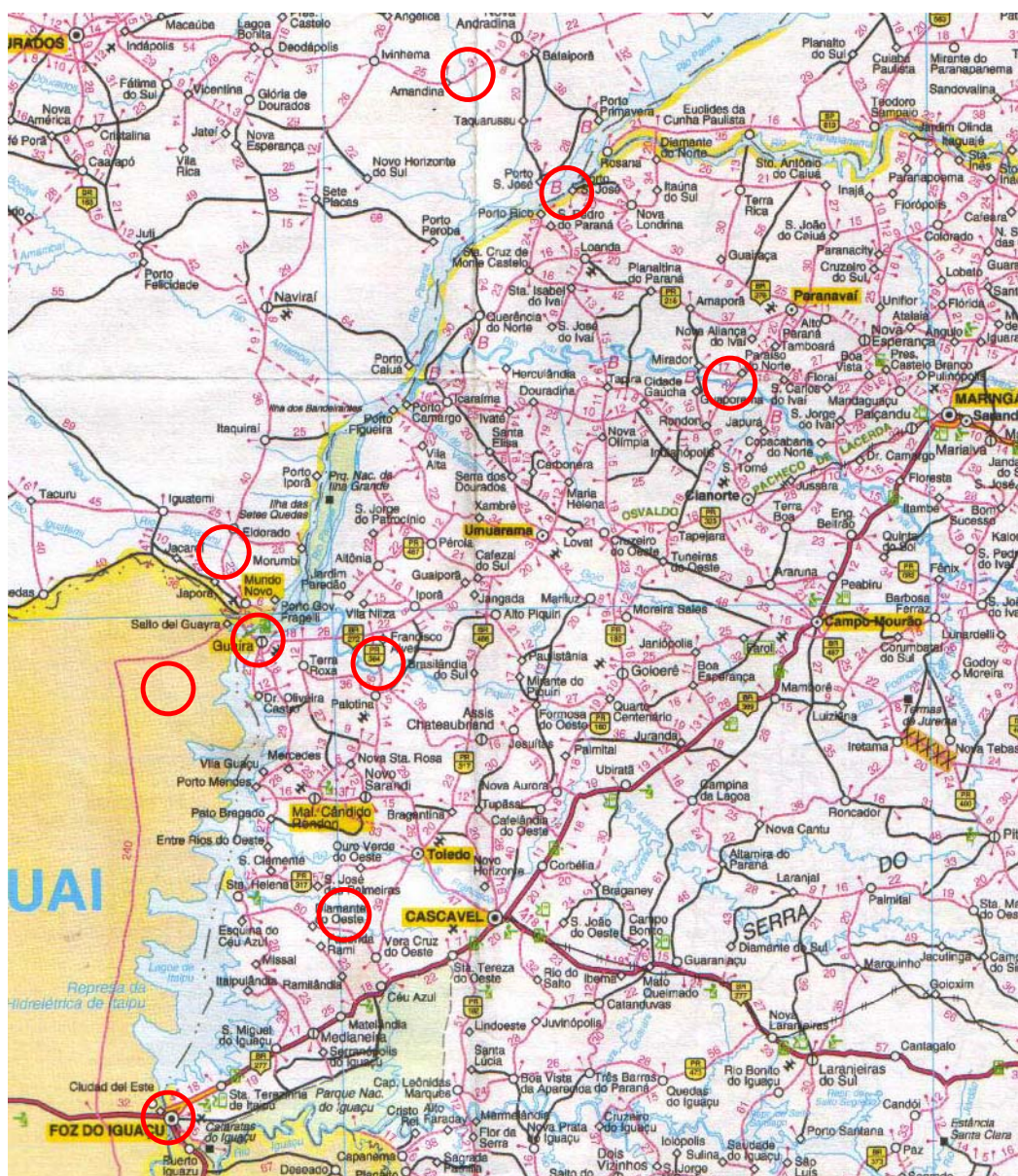


Figura 1. Locais de monitoramento.



## Equipamento de Monitoramento

### Medidor de Nível de água

Medidor de nível de água (Water level meter) – Este aparelho mede o nível de água dos rios. Ele tem duas partes, o data logger que armazena dados e o sensor de pressão que faz a leitura do nível da água (Figura 2). Estas duas partes são conectadas por um cabo de eletricidade a prova de água para transmissão dos dados do sensor de pressão até o data logger. O data logger armazena os dados até ser feito um download num computador portátil. O sensor de pressão mede a coluna de água encima dele que é transformada em leitura de nível de água. É importante que a amplitude de medição do nível de água do aparelho seja compatível com a diferença máxima do nível de água do rio para não perder dados em tempo de inundação ou seca. A leitura de nível de água logo será convertida em vazão do rio através de uma curva de calibração feita com medições do perfil do rio (seção transversal) e de velocidade da água. O estudo da hidrologia dos rios é feita usando o aparelho Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) ou se o rio for pequeno, utiliza-se os métodos tradicionais de medição de perfil e velocidade.

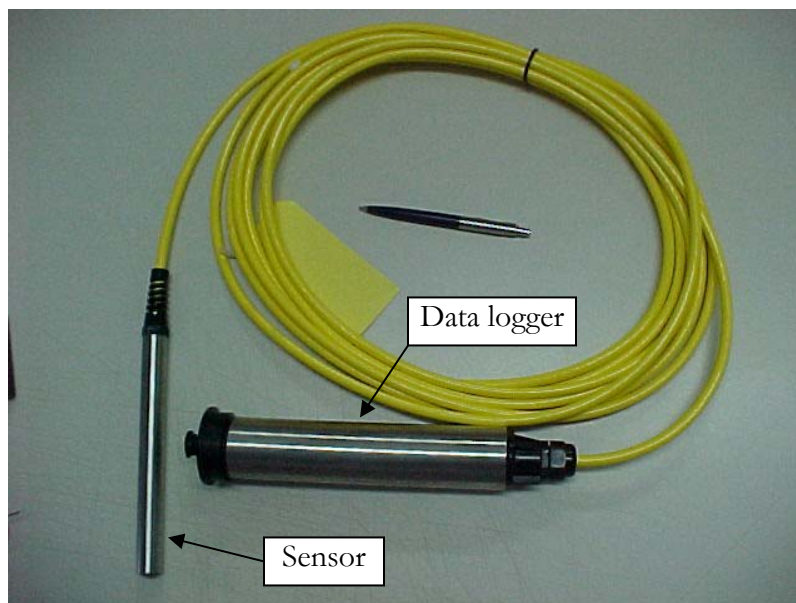


Figura 2. Medidor de nível de água.

### Turbidímetro

Turbidímetro (Turbidity meter) – Este aparelho mede a quantidade de sedimentos na vazão do rio através da medida de turbidez da água. Ele tem três partes, o data logger (ou hobo) que armazena dados, uma caixa de circuitos eletrônicos, e o sensor óptico que faz a leitura de turbidez debaixo da água (Figura 3). A função do data logger é de armazenar dados determinados pelo sensor a cada intervalo de tempo definido (cada hora no nosso caso). O sensor óptico determina a turbidez por meio de uma luz de 650nm que é transmitida através

da água do rio e medida com um chip foto elétrico. Se a turbidez for muito alta, o chip foto elétrico gera uma voltagem baixa e se a turbidez for baixa a voltagem é alta.

A calibração para determinar a concentração de sedimentos é feita com ajuda de um turbidímetro manual e de mostras de água tomadas no rio e analisadas no laboratório. Depois de certo tempo (cada mês ou dois) é feita a coleta dos dados (download) transferindo-os do data logger para um computador portátil. Uma vez feito o download, estes dados são processados e analisados por um pesquisador.

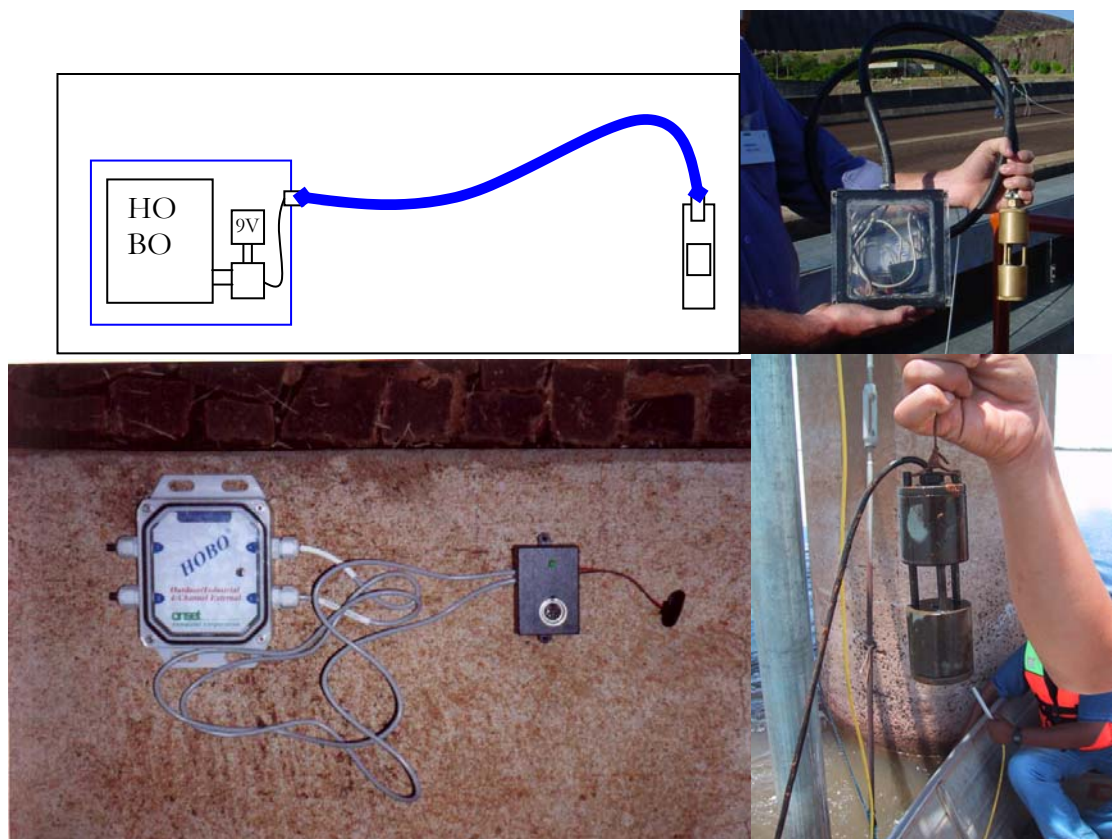


Figura 3. Turbidímetro com HOBO, caixa de controle, e sonda (sensor).

## Troca de Baterias dos Equipamentos

O turbidímetro e o medidor de nível de água funcionam com baterias de 9V (Figura 4). É recomendável seguir a seguinte estratégia para padronizar a troca de baterias: fazer a troca de baterias de nove volts a cada 4 meses (Março 2002, Julho 2002, Novembro 2002) ou seja três vezes por ano se forem utilizadas baterias alcalinas ou a cada 6 meses se forem usadas baterias Lithium. Outra alternativa seria o uso de baterias recarregáveis de 9V. Recomenda-se trocar as pilhas do HOBO a cada 6 meses (Figura 5).

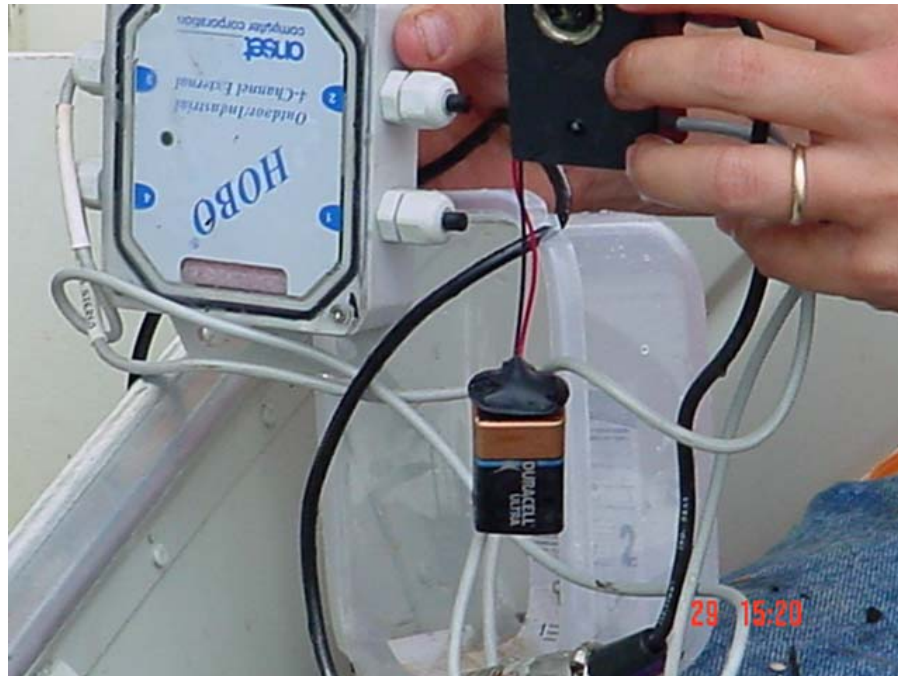


Figura 4. Bateria de 9V do turbidímetro.

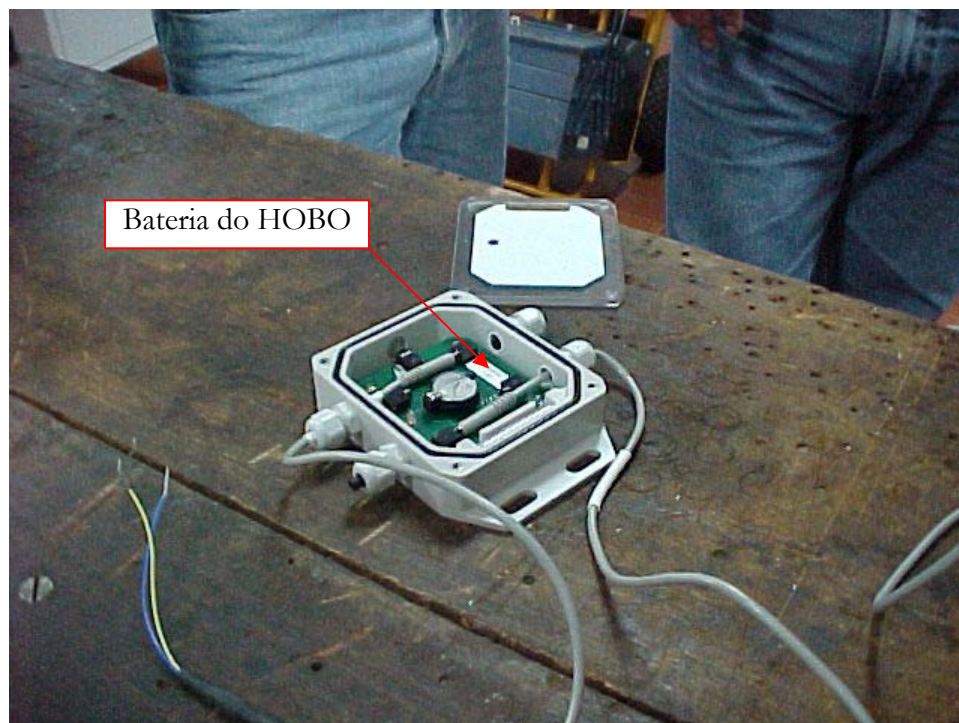


Figura 5. Bateria do HOB0.

## Download com Computador ou Hobo Shuttle ou Palm

O download dos dados armazenados e a programação do tempo de leituras no HOBO do turbidímetro ou no data logger do medidor de nível de água é feito através de um cabo conectado a um computador. A programação tanto quanto o download de dados requer o conhecimento dos programas Box Car Pro 4.0 (para o HOBO) e EZLEVEL do data logger do medidor de nível de água. O Apêndice 1 detalha o funcionamento do programa de download do HOBO chamado Box Car Pro 4.0 e o Apêndice 2 detalha o programa EZLEVEL. No caso do Hobo também pode-se usar um aparelho de armazenamento temporário chamado Hobo Shuttle para fazer o download temporário. Com este aparelho pode-se armazenar dados dos 10 pontos de monitoramento antes de descarregar a informação num computador.



Figura 6. Palm utilizado para download.

## Coleta de amostras

Há duas formas de coletar as amostras de sedimentos nos rios: manualmente por barco ou usando o coletor de amostras. De qualquer forma, os seguintes pontos tem que ser seguidos:

1. A quantidade de água que deve ser coletada é de um litro. Recomenda-se o uso de uma garrafa de um litro com mostra a Figura 8.
2. É extremamente importante que a coleta seja feita na área de maior turbulência no rio. Normalmente esta área está atrás do pilar de uma ponte (Figura 8).
3. Na hora da coleta, a garrafa deve estar completamente limpa. A garrafa deve ser submergida completamente dentro da água na hora da coleta e tampada em seguida.
4. A hora exata e a data da coleta devem ser documentadas para cada amostra coletada. Recomenda-se o uso de um sistema de numeração única onde cada garrafa usada tem um número. Recomenda-se também o uso de uma planilha para anotar o número da garrafa, o local da amostra, a data e a hora:



Número	Local	Data	Hora
102	Rio Piquiri	10-02-2002	14:30

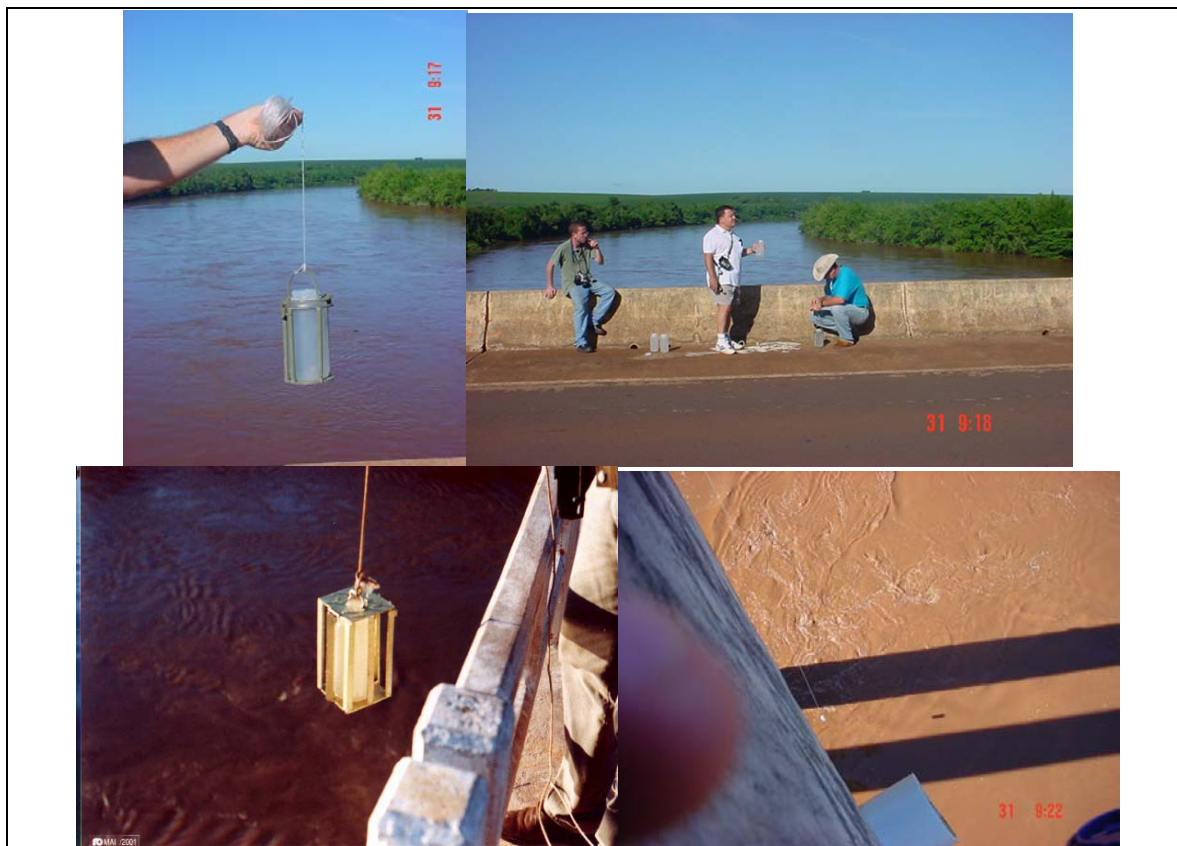


Figura 7. Coleta de amostra de cima da ponte.



Figura 8. Coleta manual na área de turbulência.

## Manutenção e download nos pontos de Monitoramento

### Equipamento para levar nas viagens

Para viajar aos pontos de monitoramento, é preciso reunir uma série de materiais para realizar a manutenção, download e coleta de amostras, além de resolver alguma emergência que possa surgir. A seguir é apresentada uma lista dos materiais que normalmente devem ser levados nestas viagens. O objetivo de apresentar esta lista aqui é para que o pessoal técnico que irá fazer a manutenção e download dos dados de maneira rotineira possa também se aparelhar de maneira adequada:

- Frascos de amostragem (4 para cada ponto)
  - Coletor de amostras
  - Sonar (medidor de profundidade)
  - Computador portátil (lap-top) e HOBO Shuttle
  - Cabos de download para turbidímetro e medidor de nível de água
  - Baterias 9V para turbidímetro e medidores de nível de água
  - Pilhas 3V para HOBO (tipo
  - Corda e cinto de segurança (2)
  - Salva vidas
  - Caixa de ferramentas
  - Corda fina de nylon
  - Corda grossa de nylon
  - Guarda chuva
  - Sacolas de plástico para impermeabilizar
- 
- Máquina fotográfica
  - Mapa da região
  - Recibos para pagamento de serviços de barco se for necessário
  - Livro de anotações
  - Caneta
  - Chaves para abrir cadeados

### Material adicional para repor bóias e reparar estruturas caso apresente algum dano:

- Bóia salva vidas
- Cabo de aço
- Parafusos de aço inox de diversos tamanhos.
- Turbidímetro extra

## Estruturas

Existem 5 estruturas fixadas a pilares de pontes na rede de monitoramento. Estas estruturas encontram-se nos seguintes locais: (1) Rio São Francisco Falso (2) Guaíra MS (3) Guaíra PR (4) Rio Piquiri e (5) Rio Iguatemi como mostra a Figura 9.

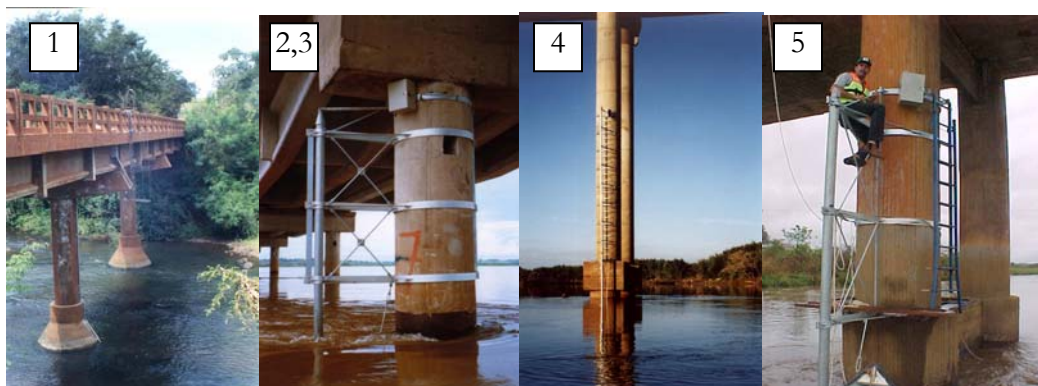


Figura 9. Estruturas fixadas nos pilares nos pontos de monitoramento.

Em cada uma destas estruturas tem-se uma caixa de controle onde se encontram os aparelhos de armazenar dados (HOB0 do turbidímetro e data logger do medidor de nível de água). A Figura 10 mostra uma destas caixas de controle com o equipamento dentro.

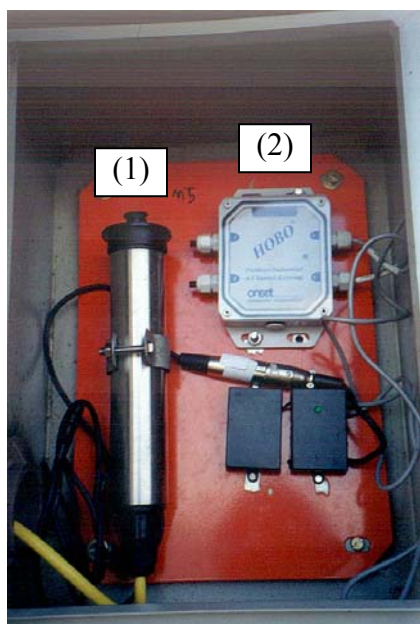


Figura 10. Caixa de controle com (1) data logger e (2) Hobo.

As sondas (ou sensores) do turbidímetro e do medidor de nível de água ficam no final do cano da estrutura. A Figura 11 mostra as duas sondas (turbidímetro e nível de água).



Figura 11. Sondas (sensor) do turbidímetro e do medidor de nível de água.

A manutenção destas estruturas e equipamentos consiste em:

1. Verificar a condição da estrutura;
  - a. Verificar falta de parafusos;
  - b. Verificar se existe alguma corrosão;
  - c. Verificar se não foi danificada;
2. Verificar o funcionamento dos equipamentos.
  - a. Verificar o funcionamento do HOBO e datalogger do medidor de nível de água. Algum problema será percebido no download.
  - b. Verificar as sondas. Verificar se entrou água ou se estão danificadas.
  - c. Trocar baterias quando for necessário (ver seção 2.4 deste manual).
3. Limpeza dos equipamentos (todas as estruturas menos São Francisco Falso).
  - a. Limpar a sonda do medidor de nível de água.
  - b. Limpar com um pano suave as lentes da sonda do turbidímetro.
  - c. Primeiro deve ser removido o niple de plástico azul da estrutura. Depois a sonda do turbidímetro deve ser removida por cima do cano puxando o fio branco de segurança. A sonda do medidor de nível de água é removida em seguida puxando no mesmo fio dela (o fio amarelo). A Figura 12 mostra com detalhe a seqüência de manutenção.





1. Verificação da estrutura e dos equipamentos na caixa de controle.



2. Download dos dados com o computador ou com o HOBOT shuttle.



3. Remover niple azul primeiro, depois as sondas.



4. Limpeza das sondas

Figura 12. Sequência de manutenção e download de dados das estruturas fixas.

## Bóias

Bóias foram instaladas nos seguintes pontos de monitoramento: (1) Jusante da barragem, (2) Rio Ivinhema, (3) Rio Paraná em Porto São José, (4) Rio Ivaí. Na caixa de controle encontra-se o Hobo e na parte inferior da bóia encontra-se a sonda do turbidímetro.



Figura 13. Modelo de bóias usadas.

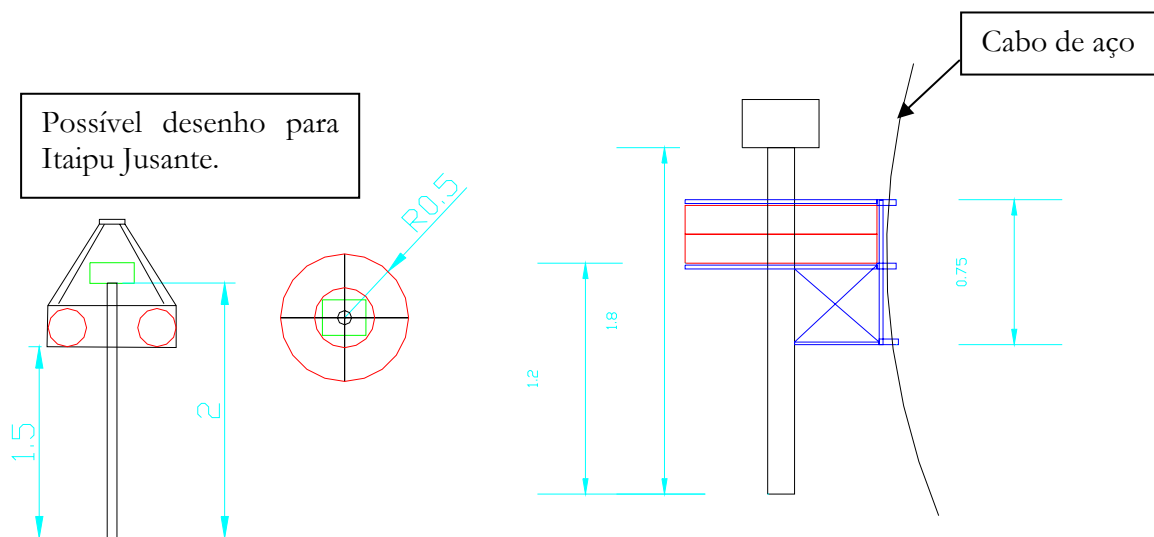


Figura 14. Novos desenhos de bóias para melhorar o desempenho em situações muito turbulentas.

O procedimento de manutenção e download das bóias é o seguinte:

1. Encostar o barco ao lado da bóia.
2. Abrir a caixa de controle da bóia.
3. Remover a caixa de plástico contendo o HOBO.
4. Fazer o download das informações (Figura 15).
5. Verificar o funcionamento do equipamento.

6. Limpar a sonda do turbidímetro (Figura 16).
7. Arrumar qualquer problema que a bóia tiver.
8. Impermeabilizar a caixa de plástico contendo o HOBOT com sacolas de borracha ou plástico.
9. Fechar caixa de controle da bóia.

O procedimento é ilustrado nas próximas figuras.



Figura 15. Procedimentos 1 a 4 (manutenção e download de dados das bóias).





Figura 16. Procedimento de manutenção e download de dados das bóias.

## São Francisco Falso

### Informação Geral

- Encarregado de coletas de amostras:
  - Sr. João Martins (possui venda no local: Comercial Martins).
- Descrição de equipamento de monitoramento:
  - Estrutura sob a ponte com Turbidímetro e medidor de Nível de água.
- Acesso ao equipamento:
  - Uso de escada para fazer o download (ver Figura 17). Esta escada encontra-se guardada na fazenda perto da ponte. Qualquer duvida falar com o Sr. João Martins.
- Forma de coleta de amostras:
  - Utilização de amostrador por cima da ponte quando o rio estiver com nível alto ou coleta direta debaixo da ponte.
- Características do rio:
  - Quando chove, o nível de água do rio sobe rapidamente, mas também desce em pouco tempo;
  - Água é limpa quando o rio esta baixo, mas extremadamente suja depois de uma chuva.

## Procedimento de manutenção e Coleta de Amostras

1. Colocar escada para chegar até a caixa debaixo da ponte (Figura 17)
2. Fazer download do Turbidímetro e medidor de Nível de água.
3. Se o nível de água estiver baixo, fazer a limpeza de equipamento. A limpeza é feita entrando no rio e abrindo a base da estrutura.
4. Coletar amostras do rio (Figura 19).



Figura 17. Local de instalação da escada no Rio São Francisco Falso. (a) lado jusante do rio. (b) fixação de escada.



Figura 18. O download dos dados por cima da ponte ou na escada.





Figura 19. Coleta de amostras (a) por cima (b) por baixo.

## Guaíra (MS – PR)

### Informação Geral

- Encarregado de coletar as amostras:
  - Funcionários de Itaipu em Guaíra.
- Descrição de equipamento de monitoramento:
  - Duas estruturas sob a ponte com Turbidímetro e medidor de Nível de água. Uma no lado do Paraná e outra no lado do Mato Grosso do Sul.
- Acesso ao equipamento:
  - Uso de escada para fazer o download (Figura 20). Está escada encontra-se guardada no escritório de Itaipu em Guaíra. Qualquer duvida falar com o Sr. Alexandre.
  - Utiliza-se barco de Itaipu ou barco alugado da beira do rio para fazer download e manutenção dos equipamentos.
- Forma de coleta de amostras:
  - Utilização de amostrador por cima da ponte quando o rio estiver com nível alto ou coleta direta debaixo da ponte.
- Características do rio:
  - Quando chove e tem vento, aparecem ondas altas e fortes não se recomendando o uso de barco pequeno.
  - A água é limpa quando o rio está baixo e pouco suja quando está alto. O lado do Paraná carrega mais sedimentos do que o lado do Mato Grosso do Sul.

## Procedimento de manutenção e Coleta de Dados

1. A coleta deve ser feita com barco de motor, preferivelmente com o de Itaipu
2. Colocar escada para acessar a caixa na ponte.
3. Fazer download do Turbidímetro e do medidor de Nível de água.
4. Limpeza de equipamento.



Figura 20. Acesso, manutenção, e download em Guaíra.

## Rio Piquiri

### Informação Geral

- Encarregado de coletar as amostras:
  - Sr. João Romani (dono do restaurante a beira do rio).

- Descrição de equipamento de monitoramento:
  - Uma estrutura sob a ponte com Turbidímetro e medidor de Nível de água.
- Acesso ao equipamento:
  - Utiliza-se barco do Sr. Romani para download e manutenção dos equipamentos(Figura 21).
  - Uso de escada interna da estrutura para fazer o download (Figura 22).
- Forma de coleta de amostras:
  - Utilização de amostrador por cima da ponte ou coleta direta debaixo da ponte por meio de barco.
- Características do rio:
  - Correnteza forte quando chove. Nível do rio sobe muito em tempo de chuva e o rio fica sujo com sedimentos argilosos e pedaços de madeira flutuando.
  - Quando o rio está baixo se apresenta calmo e com água limpa.

### **Procedimento de manutenção e Coleta de Dados**

1. Chegar no pilar da ponte com barco (às vezes com remo)
2. Verificar a estrutura.
3. Subir na escada interna da estrutura e fazer download do Turbidímetro e do medidor de Nível de água.
4. Fazer a limpeza de equipamento.



Figura 21. Estrutura no rio Piquiri e barcos usados para coleta de dados.



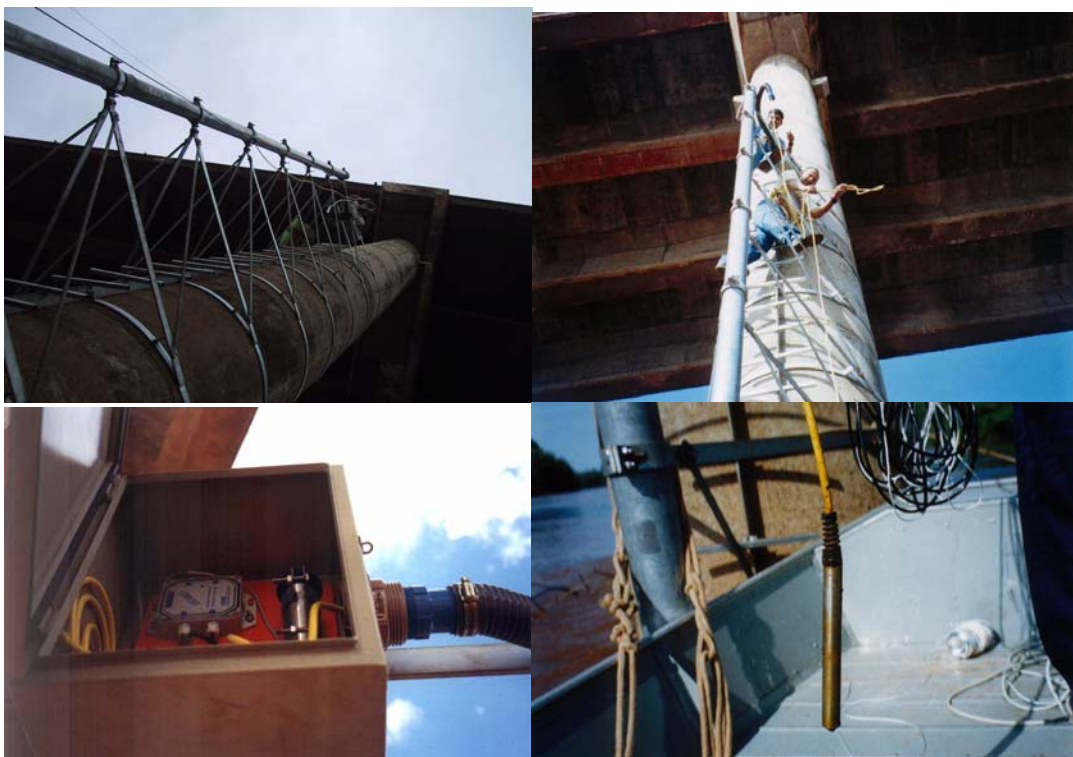


Figura 22. Manutenção de equipamentos no Piquiri.

## Rio Paraná - Porto São José

- Encarregado de coletar as amostras:
  - Sr. Claudionor da Silva, mecânico de barcos.
- Descrição do equipamento de monitoramento:
  - Uma bóia com um turbidímetro.
- Acesso ao equipamento:
  - Utiliza-se barco do Sr. Claudionor para fazer o download e manutenção da bóia e turbidímetro.
- Forma de coleta de amostras:
  - Coleta manual com barco.
- Características do rio:
  - Rio com água limpa apresentando-se calmo na maior parte do ano.
  - Tem influência direta das barragens a montante (Primavera e Rosana).

### Procedimento de manutenção e Coleta de Dados

1. Amarrar barco ao lado da bóia (Figura 23).
2. Fazer download dos dados do HOBO - Turbidímetro (ver processo na Figura 24).
3. Limpar sonda do turbidímetro.
4. Limpar ou arrumar bóia se for preciso.

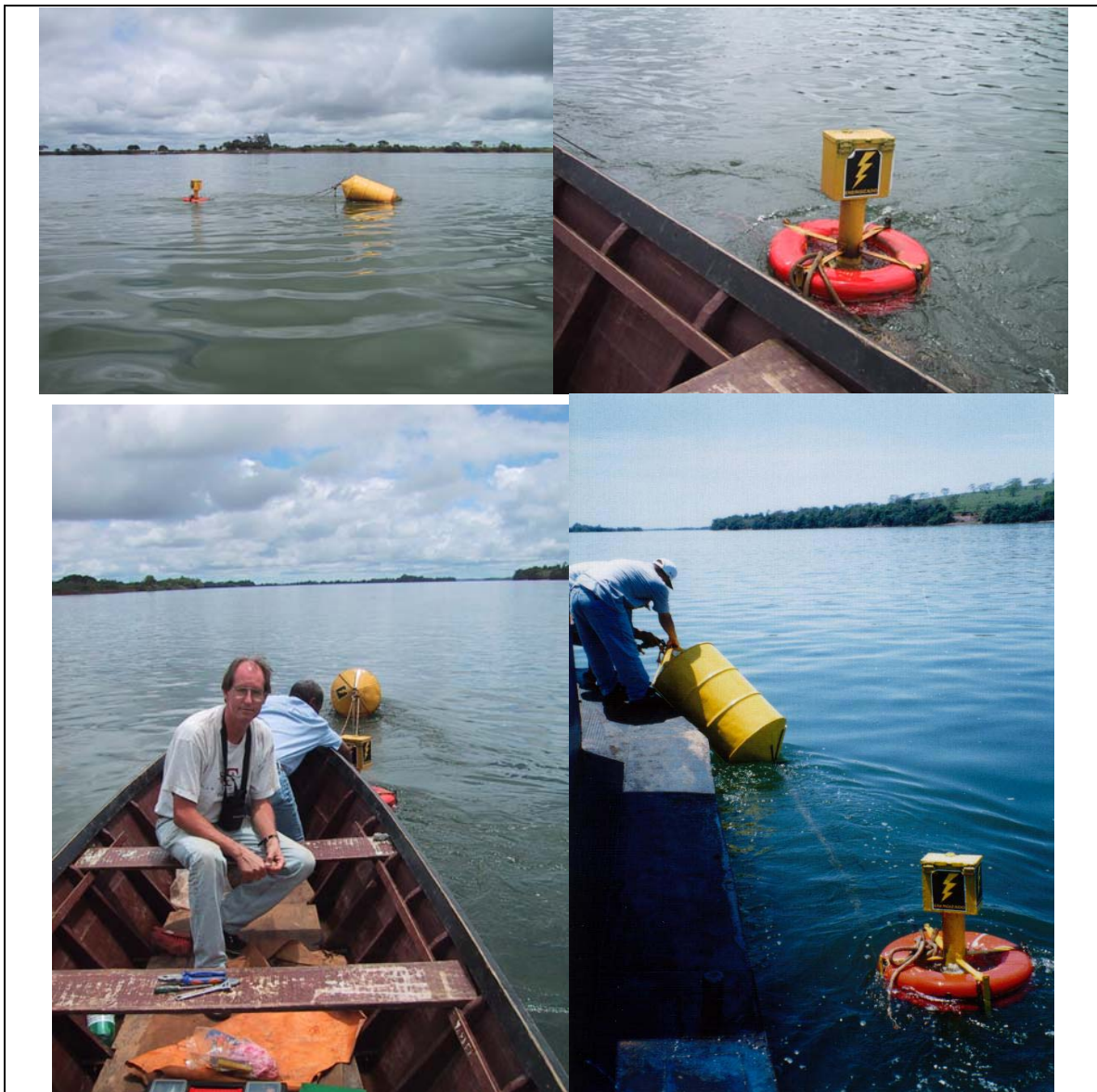


Figura 23. Bóia no rio Paraná em Porto São José e barco usado para acesso a bóia.

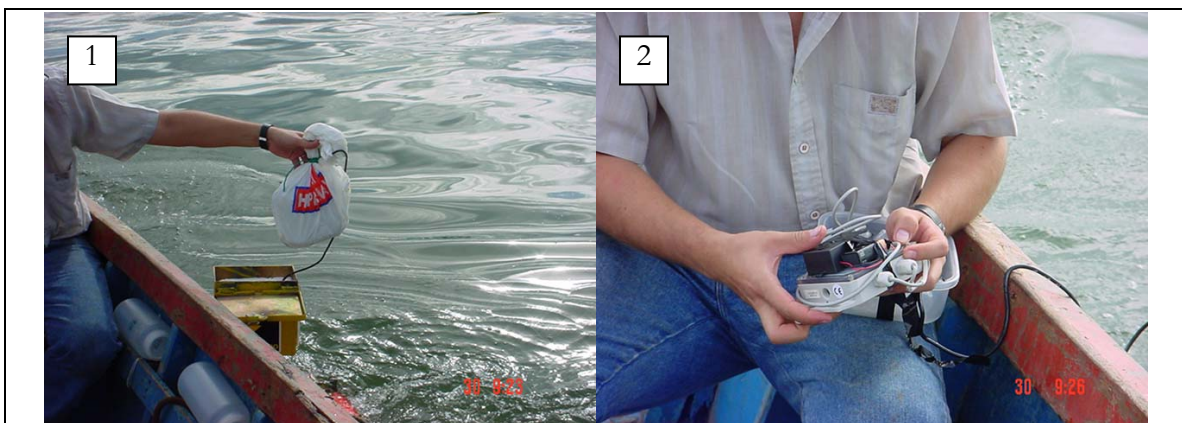




Figura 24. Manutenção da bóia (1) Remover Hobo (2) Verificar funcionamento (3) download via computador ou Shuttle, (3) limpeza de sonda.

## Rio Ivaí

- Encarregado de coletas de amostras:
  - Sr. Walter Evangelista Passos. Mora na fazenda ao lado do rio e a esposa cuida do ponto de monitoramento hidrológico de Itaipu.
- Descrição de equipamento de monitoramento:
  - Uma bóia com Turbidímetro.
- Acesso ao equipamento:
  - Utiliza-se o barco do Sr. Walter para download e manutenção da bóia (Figura 25).
- Forma de coletar as amostras:
  - Utilização de amostrador por cima da ponte ou coleta direta debaixo da ponte por meio de barco.
- Características do rio:
  - Correnteza forte quando chove. Nível do rio sobe muito em tempo de chuva e o rio fica sujo com sedimentos argilosos e pedaços de madeira flutuando.
  - Quando o rio está baixo apresenta-se calmo com água limpa.
  - O rio Ivaí tem é mais volumoso que o rio Piquiri. Em tempo de enchente é o acesso ao rio por barco é muito perigoso.





Figura 25. Bóia no Rio Ivaí e acesso via barco.

### Procedimento de manutenção e Coleta de Dados

1. Acesso à bóia através de barco.
2. Fazer download do Turbidímetro.
3. Limpar equipamento (turbidímetro).
4. Fazer limpeza de material em volta da bóia (galhos, madeira flutuando, etc.). Arrumar bóia se for preciso. Um exemplo desta limpeza e manutenção da bóia é detalhada na Figura 26.



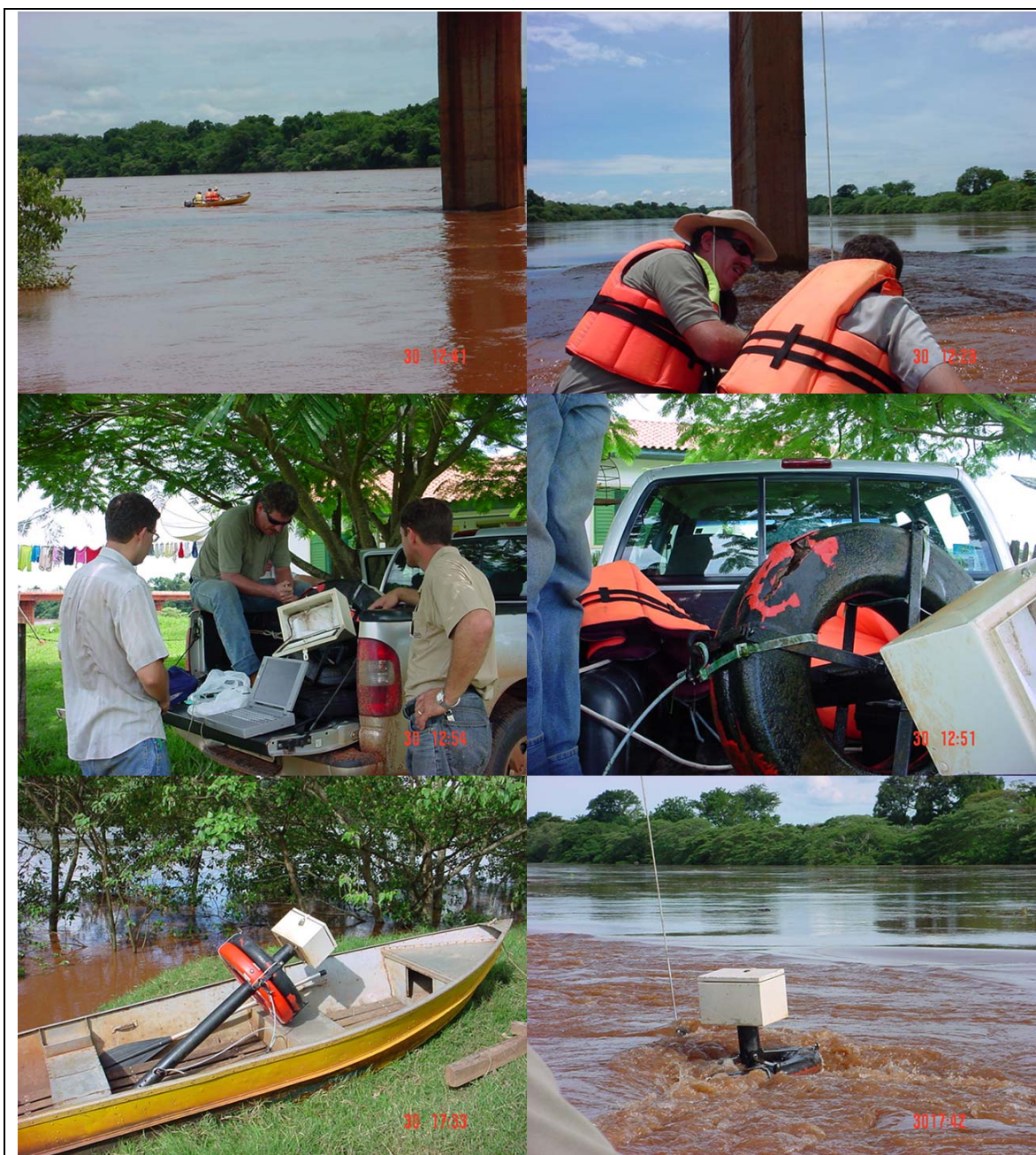


Figura 26. Manutenção de bóia danificada no rio Ivaí.

## Rio Iguatemi

- Encarregado de coletas de amostras:
  - Sr. Deraldo Nunes Machado (dono do restaurante a beira do rio).
- Descrição de equipamento de monitoramento:
  - Uma estrutura sob a ponte com Turbidímetro e medidor de Nível de água.



- Acesso a equipamento:
  - Uso de escada interna da estrutura para fazer o download (ver Figura...).
  - Utiliza-se barco do Sr. Deraldo para o download e manutenção dos equipamentos.
- Forma de coletar as amostras:
  - Utilização de amostrador por cima da ponte ou coleta direta debaixo da ponte por meio de barco.
- Características do rio:
  - Correnteza forte quando chove. Nível do rio sobe muito em tempo de chuva.
  - Rio com muita areia.

### **Procedimento de manutenção e Coleta de Dados**

1. Colocar escada para acessar a caixa dos equipamentos na ponte.
2. Fazer download do Turbidímetro e medidor de Nível de água.
3. Fazer a limpeza de equipamento.
4. Fazer a manutenção da estrutura.



Figura 27. Manutenção no rio Iguatemi.

## Rio Ivinhema

- Encarregado de coletar as amostras:
  - Sr. Antônio. (morador permanente da beira do rio).
- Descrição de equipamento de monitoramento:
  - Uma bóia com Turbidímetro.
- Acesso ao equipamento:
  - Utiliza-se barco do Sr. Antônio para o download e manutenção da bóia.
- Forma de coleta de amostras:
  - Utilização de amostrador por cima da ponte ou coleta direta debaixo da ponte por meio de barco.
- Características do rio:
  - Correnteza forte quando chove. Nível do rio sobe muito em tempo de chuva e o rio fica sujo com plantas e pedaços de madeira flutuando.
  - Quando está baixo, o rio fica calmo e com água limpa.

### Procedimento de manutenção e Coleta de Dados

1. Fazer download do Turbidímetro.
2. Limpeza de equipamento.
3. Limpeza e manutenção da bóia.



Figura 28. Manutenção da bóia (1) Conexão de cabos para download (2) download via computador ou Shuttle, (3) limpeza de sonda.

## Cronograma de viagens aos pontos de monitoramento

Recomenda-se combinar as visitas aos pontos de monitoramento com as coletas de amostras. Fazer coletas de amostras 2 vezes por mês e download cada dois meses.

## Resumo dos cálculos do Monitoramento

Os dados que coletamos para o monitoramento são as seguintes:

1. Dados das amostras de sedimentos nos pontos feitas 2 ou 3 vezes por semana. Estas amostras são processadas nos laboratórios de Itaipu e Iapar. Um novo banco de dados foi desenvolvido em MS Access o qual esta no site de FTP.
2. Dados do turbidímetro por hora (ver Figura 29); estes dados também estão num banco de dados em MS Access.

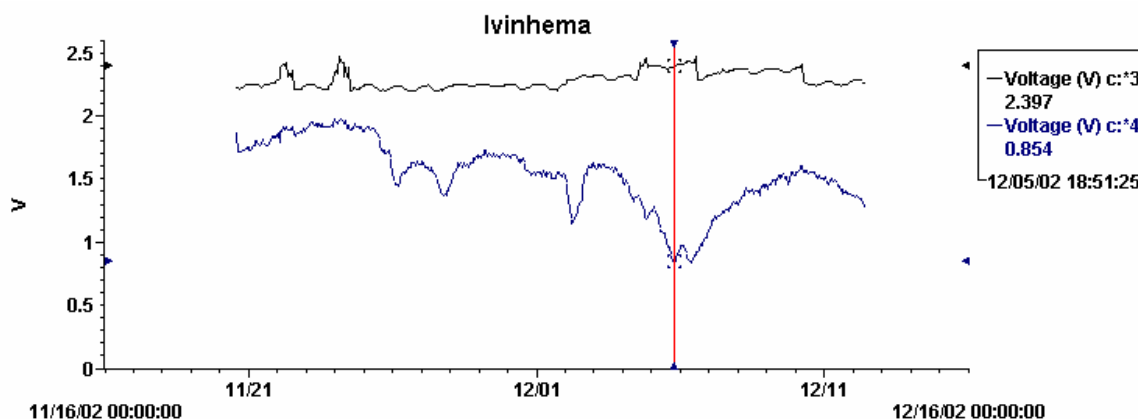


Figura 29. Exemplo de download do turbidímetro (voltagem e data) mostrando o valor em voltagem da turbidez da água em azul.

(No dia 5 de dezembro tivemos uma enchente onde a turbidez da água incrementou muito.)

3. Dados de vazão diária ou por hora (dependendo do local). Estes dados são fornecidos pela divisão de hidrologia ou calculados utilizando o nível de água.

Para o cálculo de concentração e sedimentos totais, primeiro é feita uma comparação entre os resultados das análises das amostras do laboratório com os dados do turbidímetro. A vazão também é comparada a estes dados. Quando temos um incremento na vazão devemos esperar um incremento na concentração de sedimentos (mas a relação entre estes não é sempre a mesma e as vezes ocorre o contrario – ou seja concentração baixa quando a vazão sobe). Basicamente é feita uma calibração contínua com as amostras de sedimentos



analisadas no laboratório e os dados de vazão para obter os melhores resultados de concentração de sedimentos diários.

A seguir apresentamos novamente a seqüência seguida para obter os resultados desejados de sedimentos em suspensão. Esta também é a seqüência que está sendo programada em Visual Basic para facilitar a computação dos resultados das análises.

**Filtragem inicial:**

1. eliminar valores que estão fora do padrão (valores repentinamente muito altos, ou muito baixos). Isto tem que ser feito tanto nos dados de laboratório (comparação entre dados de Itaipu e IAPAR) como nos dados do turbidímetro (comparações com valores de vazão e amostras do laboratório).
2. Se for preciso interpolar valores faltantes.

**Curva base:**

1. tem sido observado que as equações para determinar a concentração de sedimentos com base na voltagem do turbidímetro tem a seguinte forma:

$$y = b \cdot e^{a \cdot x}, \text{ onde}$$

y = concentração de sedimentos (em mg/L)

x = voltagem do turbidímetro

a, b = coeficientes da equação

Uma curva base pode ser definida no laboratório ou usando algumas das amostras analisadas no laboratório.

Para solucionar a equação pode ser usada a seguinte fórmula:

$$x = \frac{\ln(y/b)}{a}$$

**Calibração com amostras analisadas no laboratório:**

1. Ajustar equação utilizando as análises das amostras do laboratório;
2. Fazer um ajuste temporal, ou seja, um ajuste dos valores de concentração para compensar a possível acumulação de sujeira no turbidímetro a medida que o tempo passa.

**Observação da vazão:**

1. É preciso comparar a vazão aos dados de concentração calculados para verificar novamente se tudo parece em ordem.

**Cálculo de sedimentos totais:**

1. O cálculo da quantidade (toneladas por dia) de sedimentos consegue-se através da multiplicação da vazão com a concentração e ajuste das unidades.

Sedimentos em suspensão: mg/L

Vazão: m<sup>3</sup>/s

Assumimos os seguintes fatores:

1 m<sup>3</sup> = 1000 kg = 1000 L de água

assumindo a densidade de água em condições standard – 1 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O = 1 g = 1 mL

A = sedimentos em suspensão

B = vazão

$$T / dia = \frac{A \cdot mg}{L} \cdot \frac{1000L}{m^3} \cdot \frac{B \cdot m^3}{s} \cdot \frac{60s}{1min} \cdot \frac{60min}{1hr} \cdot \frac{24hr}{dia} \cdot \frac{1g}{1000mg} \cdot \frac{1kg}{1000g} \cdot \frac{T}{1000kg}$$

$$T/dia = A * B * 0.0864$$

Os dados que coletamos para o monitoramento são as seguintes:

4. Dados das amostras de sedimentos nos pontos feitas 2 ou 3 vezes por semana. Estas amostras são processadas nos laboratórios de Itaipu e Iapar. Um novo banco de dados foi desenvolvido em MS Access o qual esta no site de FTP.
5. Dados do turbidímetro por hora (ver Figura 29); estes dados também estão num banco de dados em MS Access.

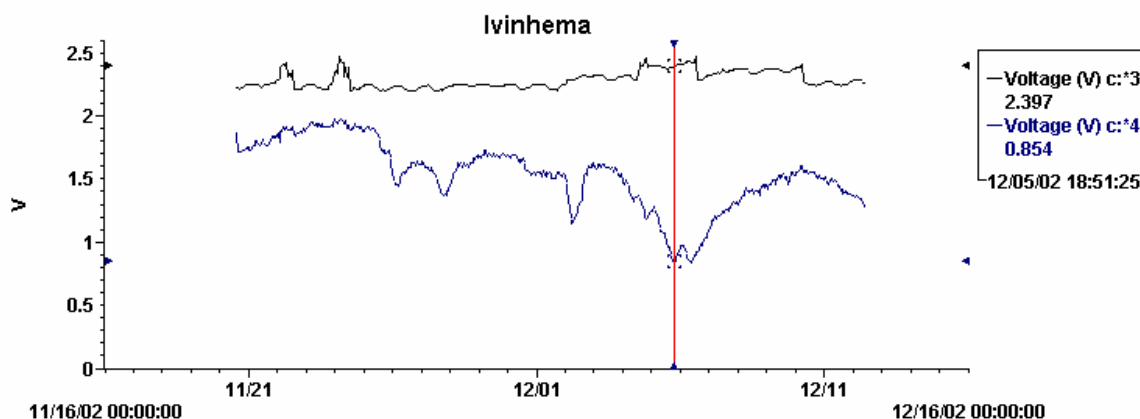


Figura 30. Exemplo de download do turbidímetro (voltagem e data) mostrando o valor em voltagem da turbidez da água em azul.

(No dia 5 de dezembro tivemos uma enchente onde a turbidez da água incrementou muito.)

6. Dados de vazão diário ou por hora (dependendo do local). Estes dados são fornecidos pela divisão de hidrologia ou calculados utilizando o nível de água.

Para o calculo de concentração e sedimentos totais, primeiro é feita uma comparação entre os resultados das análises das amostras do laboratório com os dados do turbidímetro. A vazão também é comparada a estes dados. Quando temos um incremento na vazão devemos esperar um incremento na concentração de sedimentos (mas a relação entre estes não é sempre a mesma e as vezes ocorre o contrario – ou seja concentração baixa quando a vazão sobe). Basicamente é feita uma calibração contínua com as amostras de sedimentos

analizadas no laboratório e os dados de vazão para obter os melhores resultados de concentração de sedimentos diários.

Aqui apresentamos novamente a seqüência seguida para obter os resultados desejados de sedimentos em suspensão e esta também é a seqüência que está sendo programada em Visual Basic para facilitar a computação dos resultados das análises.

**Filtragem inicial:**

3. eliminar valores que estão fora do padrão (valores repentinamente muito altos, ou muito baixos). Isto tem que ser feito tanto nos dados de laboratório (comparação entre dados de Itaipu e IAPAR) como nos dados do turbidímetro (comparações com valores de vazão e amostras do laboratório).
4. Se for preciso interpolar valores faltantes.

**Curva base:**

2. tem sido observado que as equações para determinar a concentração de sedimentos com base na voltagem do turbidímetro tem a seguinte forma:

$$y = b \cdot e^{a \cdot x}, \text{ onde}$$

y = concentração de sedimentos (em mg/L)

x = voltagem do turbidímetro

a, b = coeficientes da equação

Uma curva base pode ser definida no laboratório ou usando algumas das amostras analisadas no laboratório.

Para solucionar a equação pode ser usada a seguinte fórmula:

$$x = \frac{\ln(y/b)}{a}$$

**Calibração com amostras analisadas no laboratório:**

3. Ajustar equação utilizando as análises das amostras do laboratório;
4. Fazer um ajuste temporal, ou seja, um ajuste dos valores de concentração para compensar a possível acumulação de sujeira no turbidímetro a medida que o tempo passa.

**Observação da vazão:**

2. É preciso comparar a vazão aos dados de concentração calculados para verificar novamente se tudo parece em ordem.

**Cálculo de sedimentos totais:**

2. O cálculo da quantidade (toneladas por dia) de sedimentos consegue-se através da multiplicação da vazão com a concentração e ajuste das unidades.

Sedimentos em suspensão: mg/L

Vazão: m<sup>3</sup>/s

Assumimos os seguintes fatores:

1 m<sup>3</sup> = 1000 kg = 1000 L de água

assumindo a densidade de água em condições standard – 1 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O = 1 g = 1 mL

A = sedimentos em suspensão

B = vazão

$$T / dia = \frac{A \cdot mg}{L} \cdot \frac{1000L}{m^3} \cdot \frac{B \cdot m^3}{s} \cdot \frac{60s}{1min} \cdot \frac{60min}{1hr} \cdot \frac{24hr}{dia} \cdot \frac{1g}{1000mg} \cdot \frac{1kg}{1000g} \cdot \frac{T}{1000kg}$$

$$T/dia = A * B * 0.0864$$

## Banco de dados do Monitoramento

Todos os dados do monitoramento foram organizados num banco de dados em formato MS Access. Este arquivo foi colocado no site de FTP:

[\*Sedimentologia/Monitoramento/banco\\_dados/amostras.mdb\*](#)

Neste banco de dados temos as seguintes tabelas (TABLES) de dados para cada ponto de monitoramento:

- Dados de laboratório (ex.): cara\_lab
- Dados de vazão (ex.): cara\_vazão
- Dados do turbidímetro: cara\_turb\_ago\_out; cara\_turb\_mai\_jul
- Resultado de sedimentos: cara\_sed\_total

Podemos ver o banco de dados na Figura 31 mostrando todas as tabelas para os pontos de monitoramento. Na Figura 32 mostramos um exemplo do banco de dados do turbidímetro para o rio Carapa.

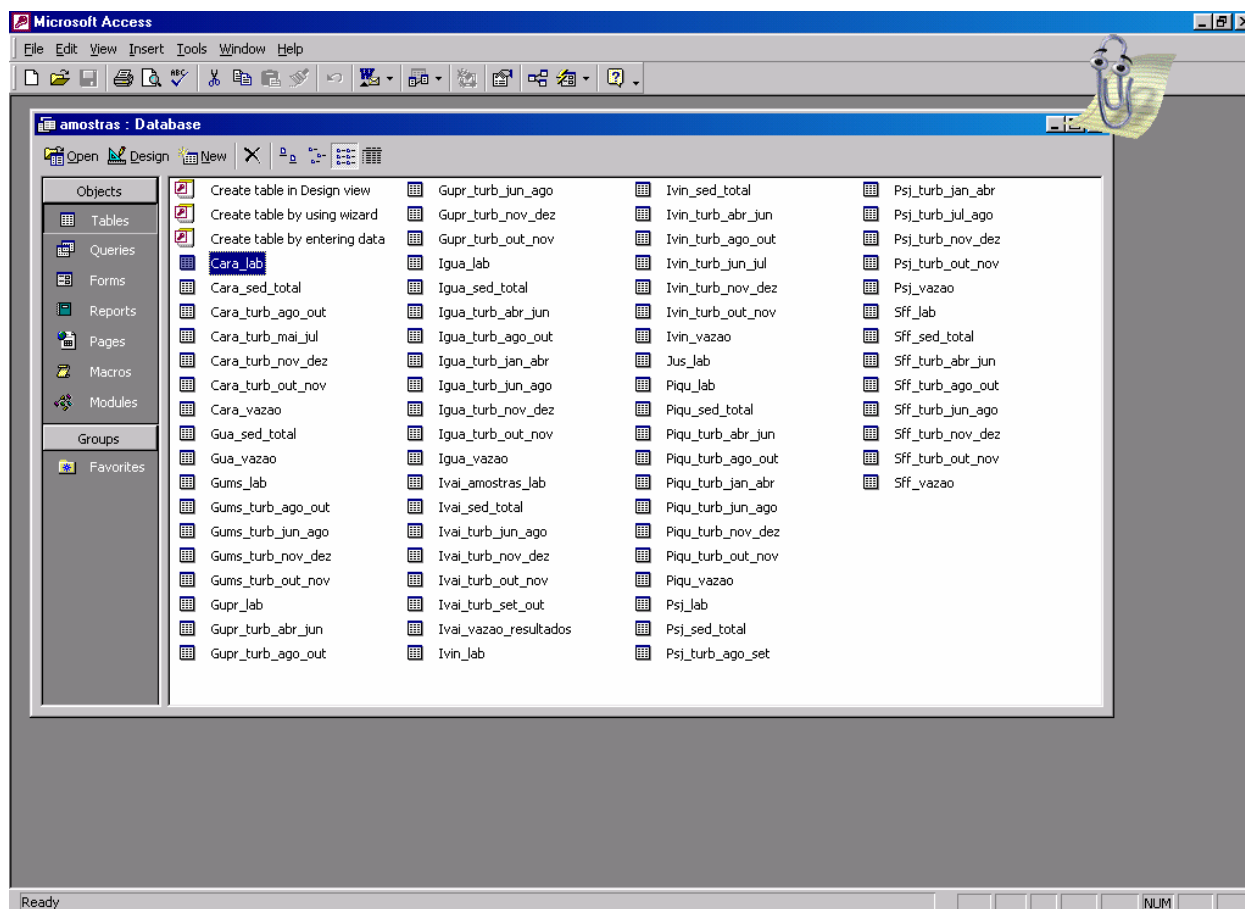
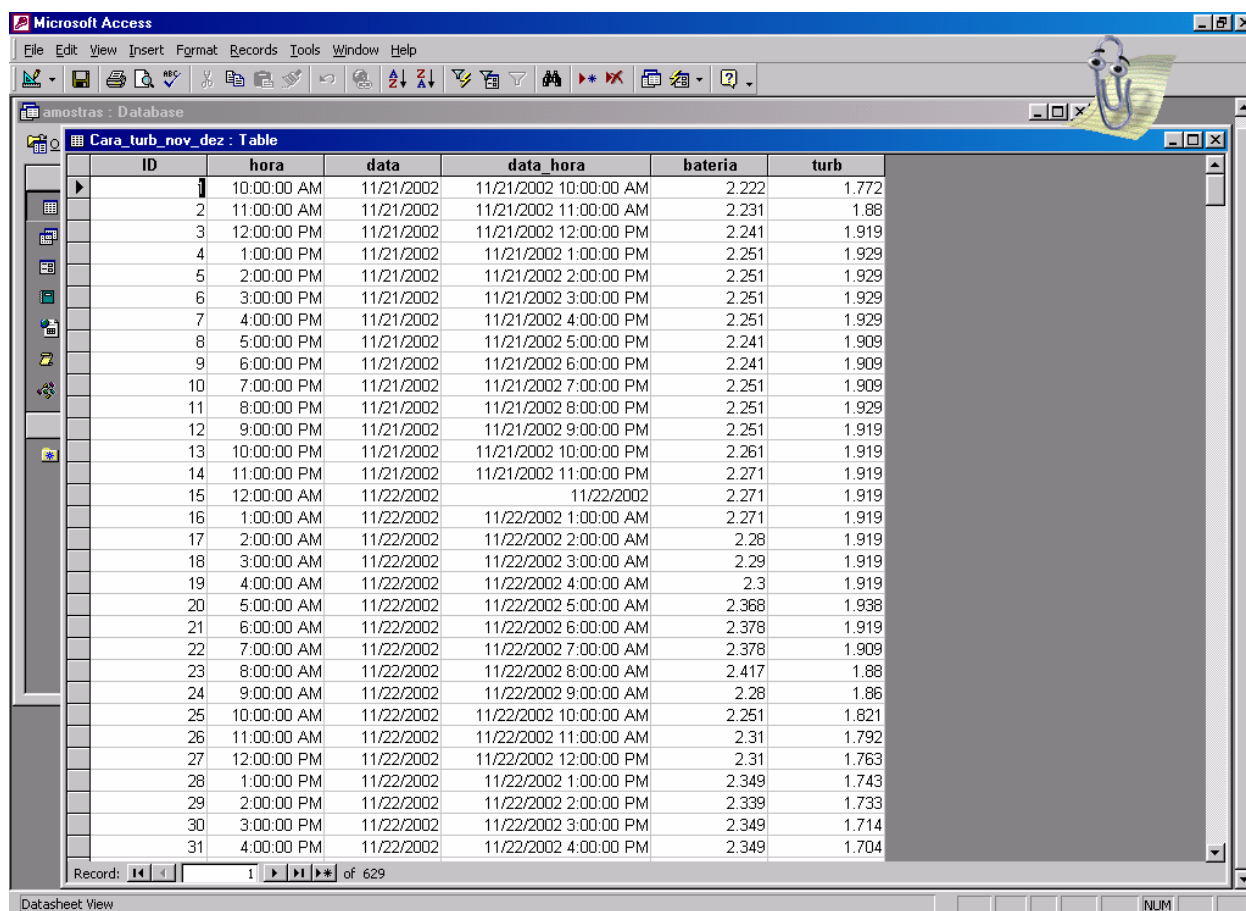


Figura 31. Tabelas em MS Access com dados do turbidímetro, laboratório, vazão, e sedimentos totais calculados.



ID	hora	data	data_hora	bateria	turb
1	10:00:00 AM	11/21/2002	11/21/2002 10:00:00 AM	2.222	1.772
2	11:00:00 AM	11/21/2002	11/21/2002 11:00:00 AM	2.231	1.88
3	12:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 12:00:00 PM	2.241	1.919
4	1:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 1:00:00 PM	2.251	1.929
5	2:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 2:00:00 PM	2.251	1.929
6	3:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 3:00:00 PM	2.251	1.929
7	4:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 4:00:00 PM	2.251	1.929
8	5:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 5:00:00 PM	2.241	1.909
9	6:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 6:00:00 PM	2.241	1.909
10	7:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 7:00:00 PM	2.251	1.909
11	8:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 8:00:00 PM	2.251	1.929
12	9:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 9:00:00 PM	2.251	1.919
13	10:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 10:00:00 PM	2.261	1.919
14	11:00:00 PM	11/21/2002	11/21/2002 11:00:00 PM	2.271	1.919
15	12:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002	2.271	1.919
16	1:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 1:00:00 AM	2.271	1.919
17	2:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 2:00:00 AM	2.28	1.919
18	3:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 3:00:00 AM	2.29	1.919
19	4:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 4:00:00 AM	2.3	1.919
20	5:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 5:00:00 AM	2.368	1.938
21	6:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 6:00:00 AM	2.378	1.919
22	7:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 7:00:00 AM	2.378	1.909
23	8:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 8:00:00 AM	2.417	1.88
24	9:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 9:00:00 AM	2.28	1.86
25	10:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 10:00:00 AM	2.251	1.821
26	11:00:00 AM	11/22/2002	11/22/2002 11:00:00 AM	2.31	1.792
27	12:00:00 PM	11/22/2002	11/22/2002 12:00:00 PM	2.31	1.763
28	1:00:00 PM	11/22/2002	11/22/2002 1:00:00 PM	2.349	1.743
29	2:00:00 PM	11/22/2002	11/22/2002 2:00:00 PM	2.339	1.733
30	3:00:00 PM	11/22/2002	11/22/2002 3:00:00 PM	2.349	1.714
31	4:00:00 PM	11/22/2002	11/22/2002 4:00:00 PM	2.349	1.704

Figura 32. Tabela com dados do turbidímetro para cada download.

Também temos os dados das análises (QUERIES) para cada ponto de monitoramento:

- Médias de turbidez diárias (ex.): Cara\_avgturb\_ago\_out
- Dados para calibração (ex.): Cara\_cali\_ago\_out
- Tabelas para comparações e análises: Cara\_todos

Podemos ver todas estas tabelas de analise (QUERIES) na Figura 33.

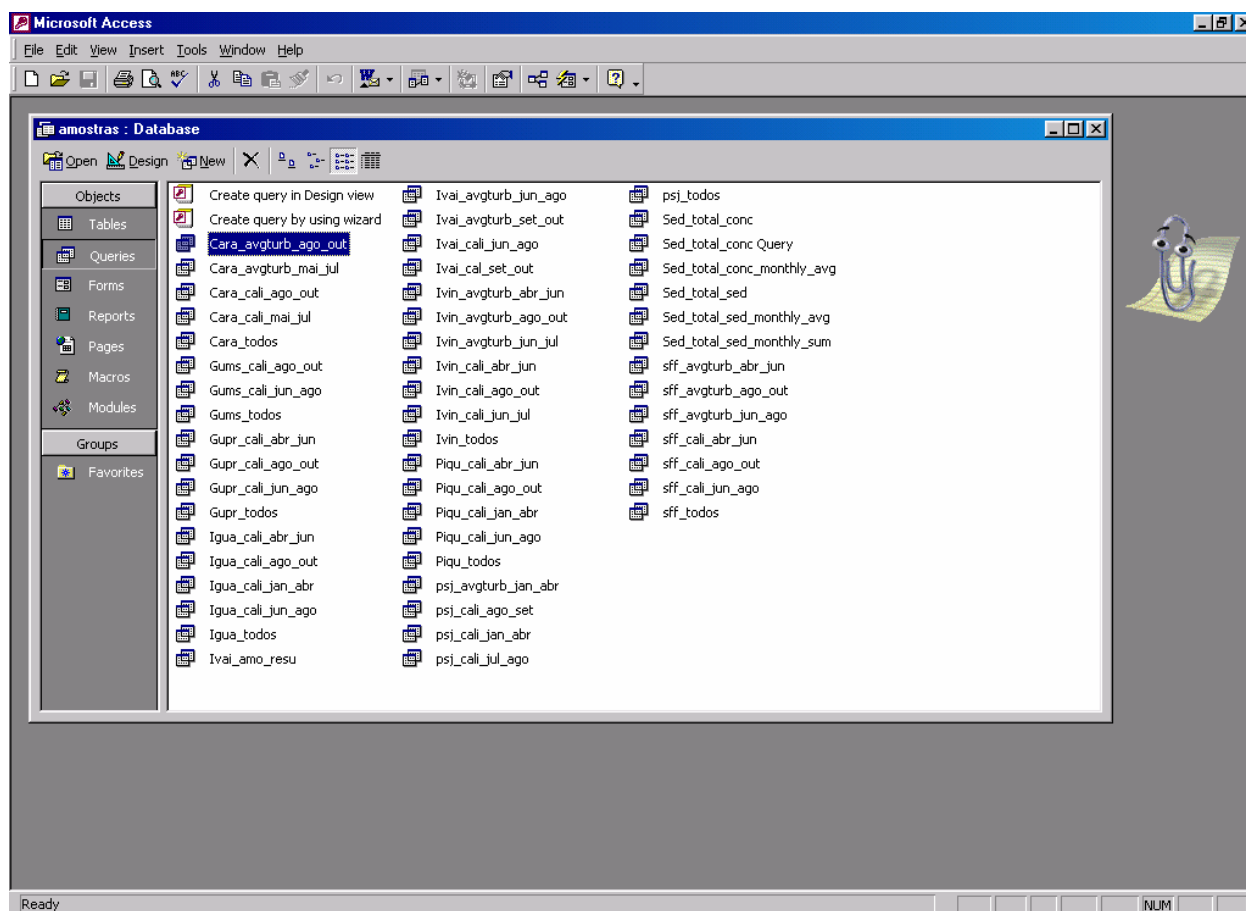


Figura 33. Tabelas de análise (QUERIES) para calibração e calculo de medias para cada ponto de monitoramento.

Também foi feito um banco de dados dos analises de laboratorio. Todos os dados do IAPAR e Itaipu forma incluídos neste banco de dados e esta disponível no seguinte diretório no site de FTP:

***[Sedimentologia/Laboratorio/banco\\_dados/laboratorio\\_dados.mdb](#)***

RESULTADOS DO MONITORAMENTO

---

## Resultados de transporte e perdas de solos

Com o monitoramento de sedimentos contínuo em todos os pontos, podemos observar na maioria das bacias que ficam no Paraná que o aporte de sedimentos ocorre de tal forma que uns poucos eventos grandes de chuvas ou enchentes são responsáveis pela maior parte da contribuição anual de sedimentos. Como exemplo apresentamos a Figura 34 que mostra os resultados de sedimentos totais para o Ivaí durante um ano inteiro de monitoramento. Neste caso podemos apreciar que 5 eventos grandes são responsáveis por pelo menos 70% do aporte anual de sedimentos deste rio. No rio Piquiri e no rio São Francisco também podemos observar este fenômeno. No Mato Grosso observamos que o aporte é um pouco melhor distribuído durante o ano inteiro. As diferenças significativas das bacias do Mato Grosso e Paraná são o tipo de solos e a cobertura (as bacias do Paraná tendo mais cultivos anuais e as do Mato Grosso mais pastagens).



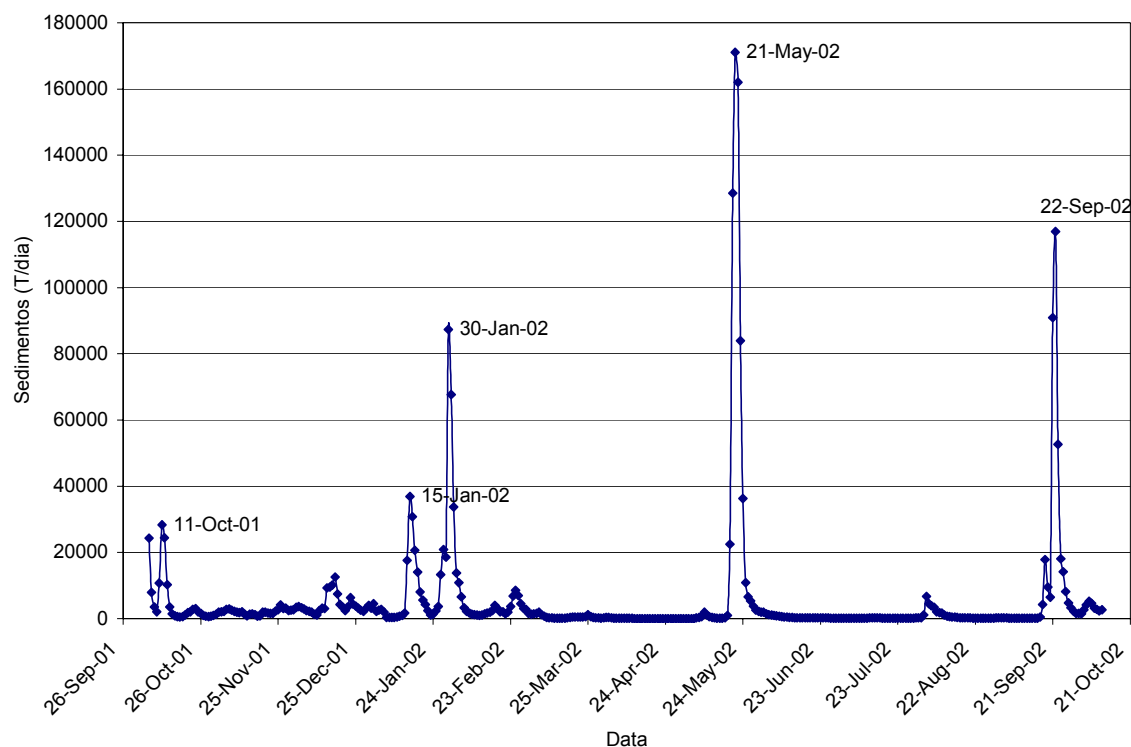


Figura 34. Resultados de sedimentos diários do monitoramento do rio Ivaí (1 ano de dados).

Resumimos aqui algumas observações das bacias do Ivaí e Ivinhema.

1. Os resultados de monitoramento do Ivaí mostram que o maior aporte de erosão ocorre em poucos dias nos meses de maior chuva. Por exemplo, em um dia tivemos 70000 toneladas de sedimento no rio, que equivale a quase toda a soma de sedimentos dos meses de março e abril.
2. Os resultados da bacia do Ivinhema mostra que a erosão foi uniforme ou constante durante os meses de monitoramento (e bem menor no total do que o Ivaí). Tem alguns dias onde tem mais erosão, mas a variação não é tão grande quanto a do Ivaí.

As diferenças das duas bacias são as seguintes:

Ivaí: plantio de soja, cana de açúcar, milho; sedimento argiloso

Ivinhema: pastagem natural, pastagem plantada e um pouco de soja; sedimento mais arenoso

É muito importante a bacia do Ivaí manter o máximo de cobertura vegetal nos meses de chuva (dez, jan, fev) pois uns poucos eventos de chuva durante esses meses causa um 70% (estimado) da perda de solos que vai no reservatório. No caso do Ivinhema, o sistema de conservação poderia ser melhorando as pastagens, cobertura da pastagem, manejo de gado, etc.

Na Figura 35 calculamos a perda de solos das sub-bacias utilizando os resultados do monitoramento e as áreas das sub-bacias. Estes resultados mostram que o maior problema está mesmo na sub-bacia do Ivaí, seguida pela sub-bacia do Piquiri. Adicionalmente vemos que as sub-bacias do Iguatemi, São Francisco Falso, e a área interna contribuem significativamente também. O rio Ivinhema tem uma contribuição relativa muito pequena e não seria área de prioridade ainda. Pelos dados do monitoramento, pode-se ver claramente que é preciso um programa de conservação com prioridade nas bacias do rio Ivaí e Piquiri no estado do Paraná. Na área do São Francisco falso também seria necessário programas de conservação para proteger as margens do reservatório, não tanto em termos de contribuição total de sedimentos mas a contribuição local destes rios que drenam no reservatório e podem influenciar negativamente o meio aquático e turismo. Os dados do Carapa ainda são poucos e é provável que a contribuição desta bacia seja relativamente similar ao São Francisco Falso ou Piquiri pela quantidade de agricultura e desenvolvimento recente que está ocorrendo lá.

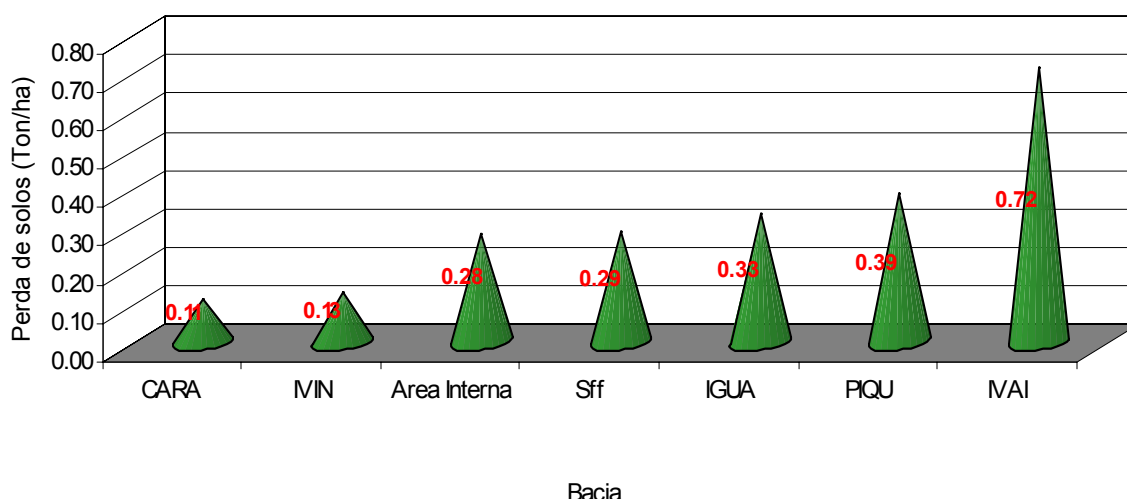


Figura 35. Perda de solos calculado para cada sub-bacia baseado nos dados de monitoramento.

## Vida útil do Reservatório

Os cálculos de vida útil do reservatório utilizando os dados que temos até o momento indica um aporte de aproximadamente 6.5 milhões de toneladas anuais em Guaíra (fevereiro até novembro, 2002). Utilizando um fator de segurança de 2 (comum para sedimentologia) estimamos um aporte anual de máximo 13 toneladas anuais. Utilizando um fator de retenção do reservatório de 0.86 podemos calcular os seguintes valores:

Soleira da tomada de água (volume de  $4.7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ): 475 anos para chegar neste nível – assumindo o enchimento uniforme do reservatório (ou seja isto somente é uma estimativa

bruta que também assume condições iguais na bacia em todos os anos). Estas estimativas podem variar significativamente de ano a ano pois dependem do clima e variações na bacia – como cobertura, uso do solo, etc.

Estas estimativas feitas para determinar a vida útil do reservatório são baseadas nas seguintes limitações:

- 1) Os dados utilizados para determinar o aporte de sedimentos ao reservatório são de menos de 1 ano contínuo de monitoramento em Guaíra e não inclui o aporte de sedimentos das margens do reservatório.
- 2) Foi assumido que a deposição seria uniforme em todo o reservatório, sem tomar em conta a topografia do fundo do reservatório que teria um efeito significativo em onde seria depositado este sedimento. Ou seja, foi unicamente utilizado o volume do reservatório no cálculo de vida útil.
- 3) Foi assumido uma densidade de 1,13t/m<sup>3</sup> para o material sendo depositado.
- 4) Foi assumido uma retenção de sedimento no reservatório de 0.86
- 5) A estimativa de vida útil não toma em conta a possível melhora ou piora de assoreamento causado pelo uso de terras agrícolas no futuro. Espera-se que com o avanço de tecnologia na área agrícola e a implementação de melhores práticas conservacionistas, o aporte de sedimentos ao reservatório diminua no decorrer dos anos.

Baseado nos dados de monitoramento, estima-se uma contribuição de aproximadamente 6.5 milhões de toneladas anuais entrando em Guaíra. Tendo em vista que este ano foi relativamente seco, comparado há outros anos, e assumindo um potencial incremento de chuvas em outros no futuro, aplicamos um fator de correção de 2. Deste jeito obtemos uma média anual de 13 milhões de toneladas entrando em Guaíra. Este valor obviamente ainda não inclui os o monitoramento de Novembro até Janeiro 2003, nos meses onde o aporte de sedimentos é alto.

Utilizamos a seguinte fórmula simplificada para determinar estes os anos de vida útil do Reservatório:

$$T = (\gamma * V) / (S * E_r)$$

Onde

T = tempo até assorear o volume indicado (anos)

V = volume do reservatório utilizado (m<sup>3</sup>)

S = Aporte de sedimentos no reservatório (toneladas por ano)

$\gamma$  = peso específico 1.13 t/m<sup>3</sup> do material sólido sedimentado

$E_r$  = eficiência de retenção de sedimentos do reservatório, calculado baseado na curva de Brune, 0.86, este valor será obtido diretamente no futuro baseado no monitoramento de sedimentos saído do reservatório.

Os resultados deste método simplificado de obter a vida útil do reservatório é apresentado na Tabela 2 abaixo. Para comparação, incluímos os resultados obtidos utilizando estimativas de estudos prévios do aporte de sedimento ao reservatório (em Guaira).

Tabela 2. Calculo de vida útil do reservatório em anos utilizando diferentes vazões e resultados de diversos estudos.

Volume do Reservatório (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )		Atual monitoramento 2002	Einstein 1972-73	Harder 1972-73	COMAM 1977-78	G.E.A. 1986-89	Newton calculo 1992	Newton sugerido 1992
		<i>Sedimentos totais em milhões de toneladas anuais</i>						
		13	21	36	9.89	18.94	23.7	47.3
Nível Maximo	29.0	2931	1815	1058	3853	2012	1608	806
Crista do vertedouro	11.5	1162	720	420	1528	798	638	319
Vol. morto	10.0	1011	626	365	1329	694	554	278
Soleira da tomada da água	4.7	475	294	172	624	326	261	131

### Observações sobre o calculo de vida útil:

- O calculo de vida útil é muito subjetivo já que depende de que volume se utilize. Em muitas ocasiões recomenda-se utilizar o volume menor (o da soleira da tomada de água) já que o reservatório nunca ficaria completamente assoreado. O movimento da água pelas turbinas e vertedouro seriam suficientes para formar um canal, ou seja o Reservatório voltaria a ficar como um rio.
- Seria preferível esperar ate obter mais dados do monitoramento atual (1.5 ou 2 anos mínimo) para poder estimar valores mais significativo de vida útil do reservatório. A bacia de influencia direta a Itaipu é muito dinâmica (câmbios de agricultura, chuvas, etc) que influenciam o aporte de sedimentos ao reservatório o que dificulta estas aproximações de vida útil do reservatório. Mesmo assim, o que a gente poderia fazer seria uma simulação com a modelagem que indica-se a gente quanto poderíamos reduzir o aporte de sedimentos ao reservatório se em toda a bacia utilizassem praticas conservacionistas de diversos tipos. Com a modelagem do RUSLE poderemos simular diversas condições (cobertura, praticas conservacionistas) para ver quanto poderíamos reduzir o aporte e quais regiões seriam as mais importantes.
- Mesmo que os valores de vida úteis sejam muitos elevados, o problema principal ocorre no local onde este sedimento esta sendo depositado. Mesmo em poucas quantidades, o sedimento depositado no reservatório pode ter um efeito muito negativo no meio aquático, na navegação, e no turismo.



## APÊNDICES

## Apêndice 1

Este apêndice faz um sumário em português do uso do programa Box Car Pro 4.0 para fazer download dos dados do Turbidímetro. O manual de uso pode ser estudado com maior atenção para obter detalhes adicionais.

1. Rodando o programa Box Car Pro 4.0. Quando o programa for rodado pela primeira vez, deverá aparecer a tela como na Figura 36.

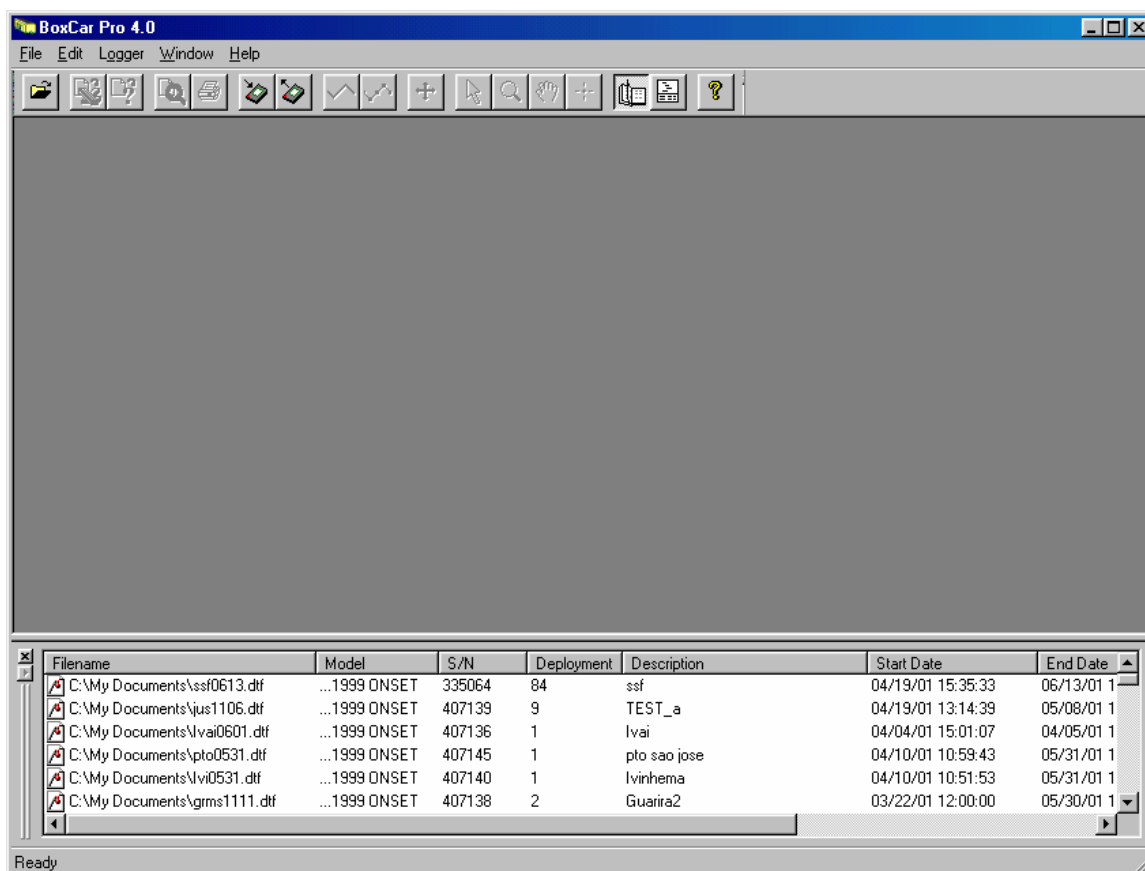


Figura 36. Box Car Pro 4.0 tela inicial.

2. Em seguida, se deve selecionar uma das seguintes opções (ver Figura 37). Quando se faz download, utiliza-se a opção b (Readout). Para inicializar de novo o Hobo utiliza-se a opção a (Launch).
  - a. Launch - inicializar um HOBO
  - b. Readout – fazer a leitura de dados de um HOBO
  - c. HOBO Shuttle Readout – fazer a leitura do Shuttle
  - d. Optic Shuttle Readout – fazer a leitura de um Optic Shuttle
  - e. Read HOBO Pro Archives – ler um arquivo salvo do HOBO
  - f. Multiple launch – inicializar vários HOBOS

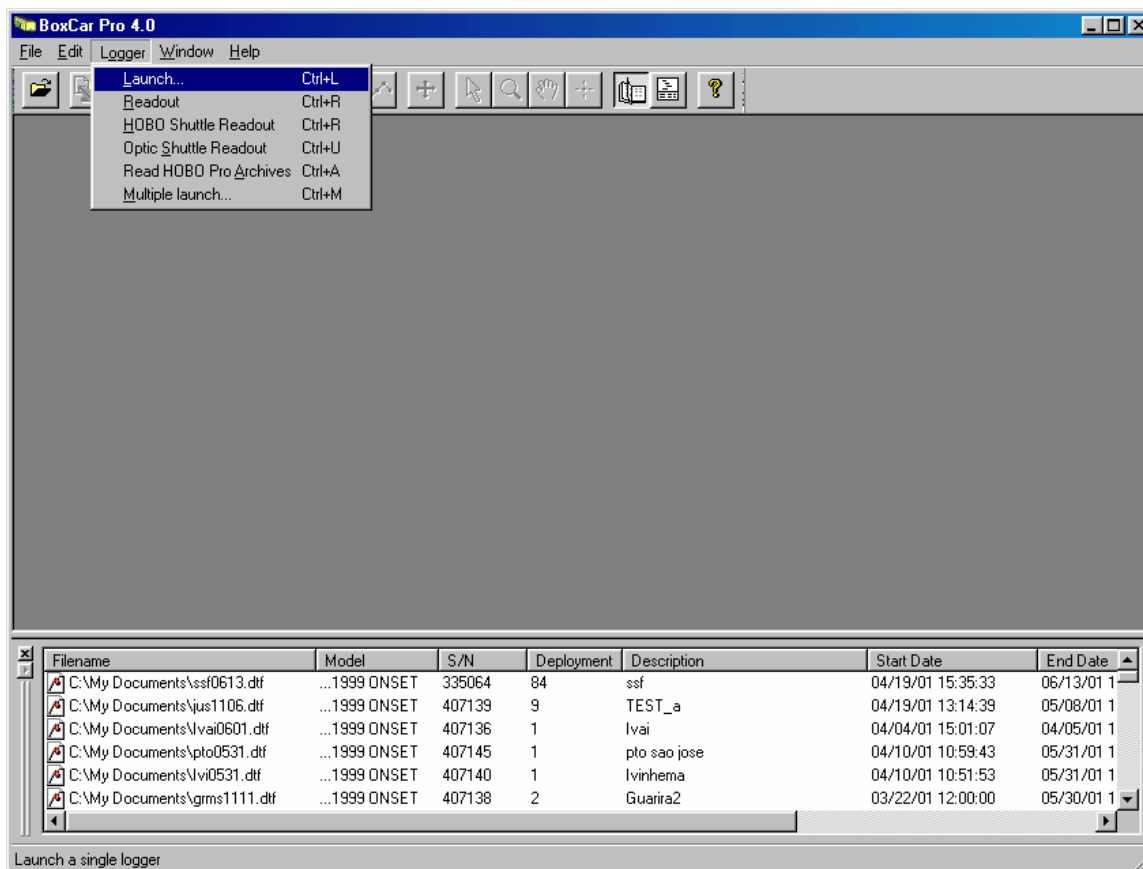


Figura 37. Selecionar opção de funcionamento do Logger.

3. A tela da opção Launch (inicializar) é apresentada na Figura 38. Nesta tela há uma variedade de opções para programar o HOBO. A tradução delas segue:

**Description** – descrição do HOBO ou localização (ej. Piquiri)

**Interval (Duration)** – intervalo (no nosso caso 1 hr.)



Measurement (Descrição de leitura)	Channels (canais do HOBO 1-4)	Unit (unidade de leitura)	Reading (valor de leitura)
Voltage	3	V (volts)	1.209
Voltage	4	V (volts)	1.805

**Wrap around when full (overwrite oldest data)** – re-escrever dados antigos quando memória estiver cheia

**Delayed Start** – inicialização postergada

**Current Enables Channel #(s):** 3, 4 (canais do HOBO habilitados, 3 e 4 para o turbidímetro)

**Enable/Disable Channels** – opção para habilitar e desligar canais do Data logger (4 canais).

**Launch**

HOBOTEMP, RH, LI, EXT (C) 1996 ONSET S/N: 201  
Date: 04/19/99 15:31:04 Deployment: 125

Description: Launch Test  
Interval (Duration): 6 Mins (16 Days, 13 Hrs, 6 Mins)

Measurement	Channels	Unit	Reading
Temperature	1	*F	75.22
Temperature	1	*C	24.01
RH	1, 2	%	28.5
Dew Point	1, 2	*F	42.58

(\*) Next to channel identifier denotes a selectable sensor channel. Battery:  Bad Good

☐ Wrap around when full (overwrite oldest data)  
☐ Delayed Start: 04/02/99 15:21:35

Current Enabled Channel #(s): 1, 2 Enable/Disable Channels...

Figura 38. Tela do Launch (inicializar HOBO).

Com estas opções pode-se programa o HOBO para fazer leituras do turbidímetro. A opção READOUT seria utilizada para fazer o download dos dados já armazenado na memória do HOBO. Também pode ser usado o HOBO Shuttle para fazer o download automatico do HOBO (Figura 39). Este aparelho serve de intermediario entre o Hobo e o computador, podendo armazenar a informação de ate 10 Hobos inteiros.



Figura 39. HOBOTurbidimeter Shuttle

Apendice 2

A descrição e detalhamento do programa EZLEVEL para fazer o download dos dados de nível de água ainda está sendo feito. Em breve teremos esta informação em português.

Apendice 3

Desenhos eletronicos do turbidimetro.

<div><div><div>Turbidimetro</div><div><div><div><div><div><div>+9V</div><div>1</div><div>4</div><div>5</div><div>8</div><div>3</div><div>-9V (ground)</div></div></div><div><div>LED650nm</div><div>500</div></div></div></div><div><div>Hobo - leitura (canal 3)</div><div>470</div></div></div></div></div>	Componente	Número por sensor	Total
	Jumbo Super-bright LED 5000 mcd light output 1.82V 20mA	1	15
	TIL 111	1	15
	OPT 101	1	10
	Green LED common	1	15
	9V battery connector	1	15
	1k resistor 1/4W	4	60
	470 ohm resistor 1/4W	1	15
	100 ohm resistor 1/4W	1	15

Turbidimetro PIN # 3

Bateria (+9V)

5

4

1

2

100

+ hobo (canal 3)

- hobo (canal 3)

1k

hobo - (ground) (canal 4)

LED verde simples

1k

hobo - leitura (canal 4)

## Lista de fornecedores de componentes eletrônicos (na WEB online):

O LED pode ser encontrado na Radio Shack no seguinte site:

<http://www.radioshack.com/product.asp?catalog%5Fname=CTLG&category%5Fname=CTLG%5F010%5F012%5F002%5F003&product%5Fid=276%2D086>

RadioShack.com L.P.  
300 West Third Street, Suite 1400  
Fort Worth, Texas 76102  
[www.radioshack.com](http://www.radioshack.com)  
Tel: 1 800 323 6586

O OPT 101 pode ser encontrado na seguinte página:

<http://focus.ti.com/docs/prod/productfolder.jhtml?genericPartNumber=OPT101>

Burr Brown Corporation (Texas Instruments)  
P.O. Box 11400,  
Tucson, AZ 85734  
U.S.A.

Tel.: (800) 548-6132 ou (520) 746-1111  
Internet: <http://www.burrbrown.com/>

Também é possível encontrar o OPT 101 e o TIL111 na seguinte companhia:

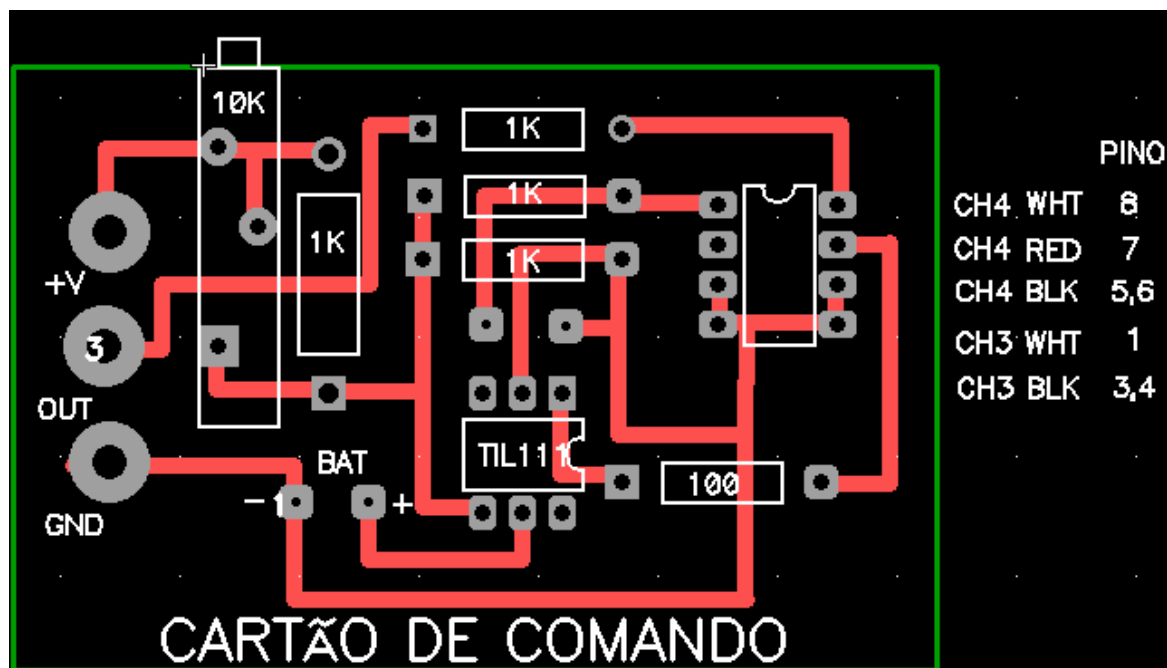
Newark Electronics  
7500 Viscount Ave.  
El Paso, TX 79925-5694  
U.S.A.  
Tel: (915) 722-6367 ou (800) 463-9275  
Internet: <http://www.newark.com/>

Ou empresas distribuidoras de eletrônicos no Brasil também.

Distribuidora principal dos data loggers (HOBO) no Brasil:

Tracom  
Rua Tertuliano Branco de Miranda, 287 – Jd. Internacional  
CEP: 04756-040 – São Paulo, Brasil  
Telefone: (0\*\*11) 5641-3631  
Fax: (0\*\*11) 5642-0209  
[www.tracom.com](http://www.tracom.com)

## Esquema básico do sistema de sonda para turbidímetros





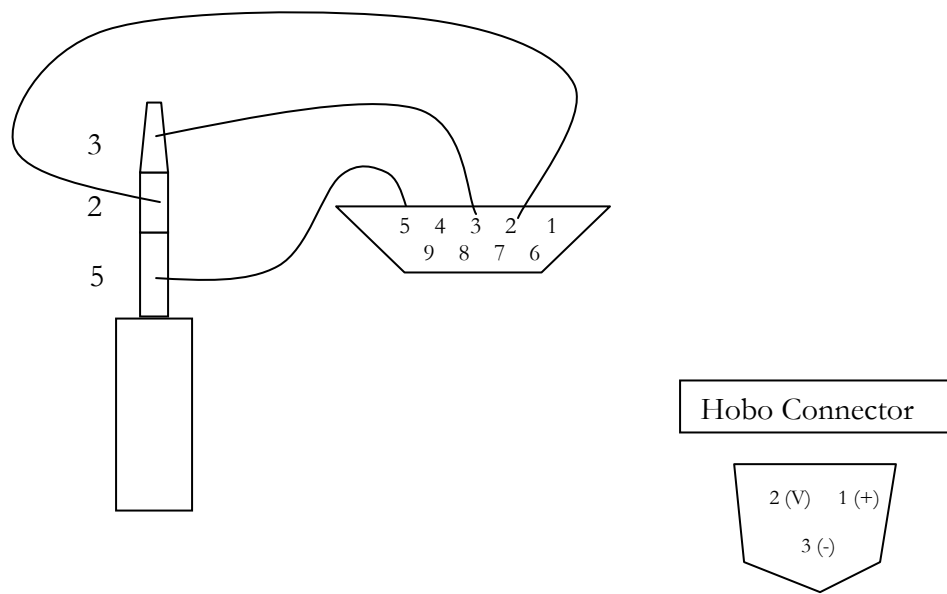


Figura 40. Conectores para o HOBO e eletrônicos

## Apêndice 3

Tabela 2. Resumo de resultados do monitoramento de sedimentos nos rios que aportam ao Reservatório.

	data inicio	data final	Media (T/dia)	Total (T)	Dias medidos	Anual (T/ano)	Área da bacia (ha)	Perda de solos (T/ha)
<b>Guaira Total</b>	28-Jan-02	17-Dec-02	16877	5468248	324	6160217	12881123	0.48
<b>Ivai</b>	06-Oct-01	18-Dec-02	6571	2884872	439	2398584	2665430	0.90
<b>Porto São Jose</b>	30-Jan-02	18-Dec-02	2774	895959	323	1012461	130536	
<b>Piquiri</b>	31-Jan-02	16-Dec-02	2705	865541	320	987258	2123810	0.46
<b>Ivinhema</b>	14-Nov-01	12-Dec-02	1116	439642	394	407283	3136840	0.13
<b>Iguatemi</b>	29-Jan-02	18-Dec-02	926	299875	324	337822	792407	0.43
<b>Carapa</b>	12-May-02	17-Dec-02	132	29123	220	48318	229845	0.21
<b>São Francisco Falso</b>	15-Nov-01	16-Dec-02	46	18403	397	16920	52031	0.33
<b>Área Interna (Entre Porto São Jose e Guaira)</b>						1016810	4032100	0.25

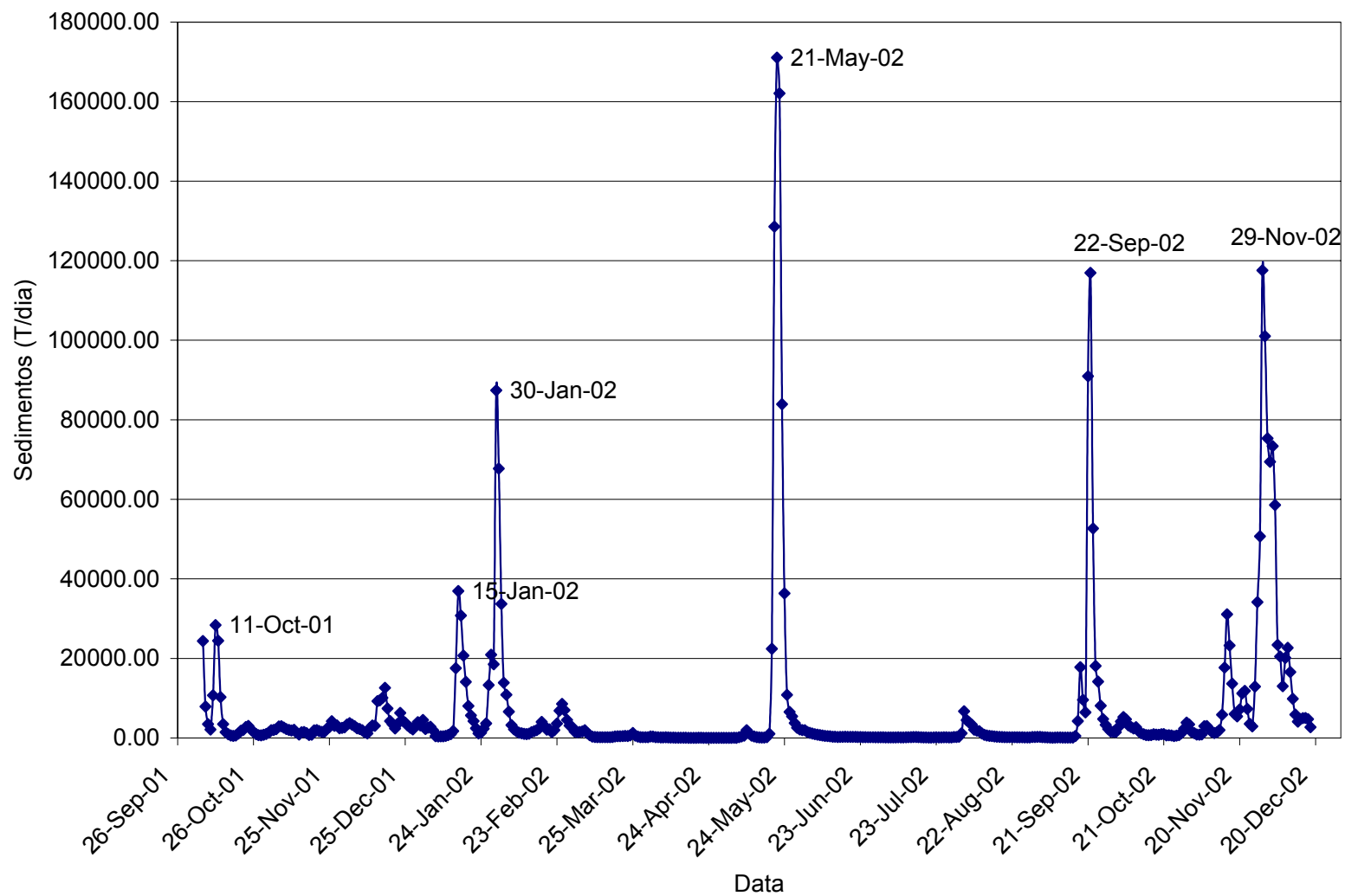


Figura 41. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Ivaí.

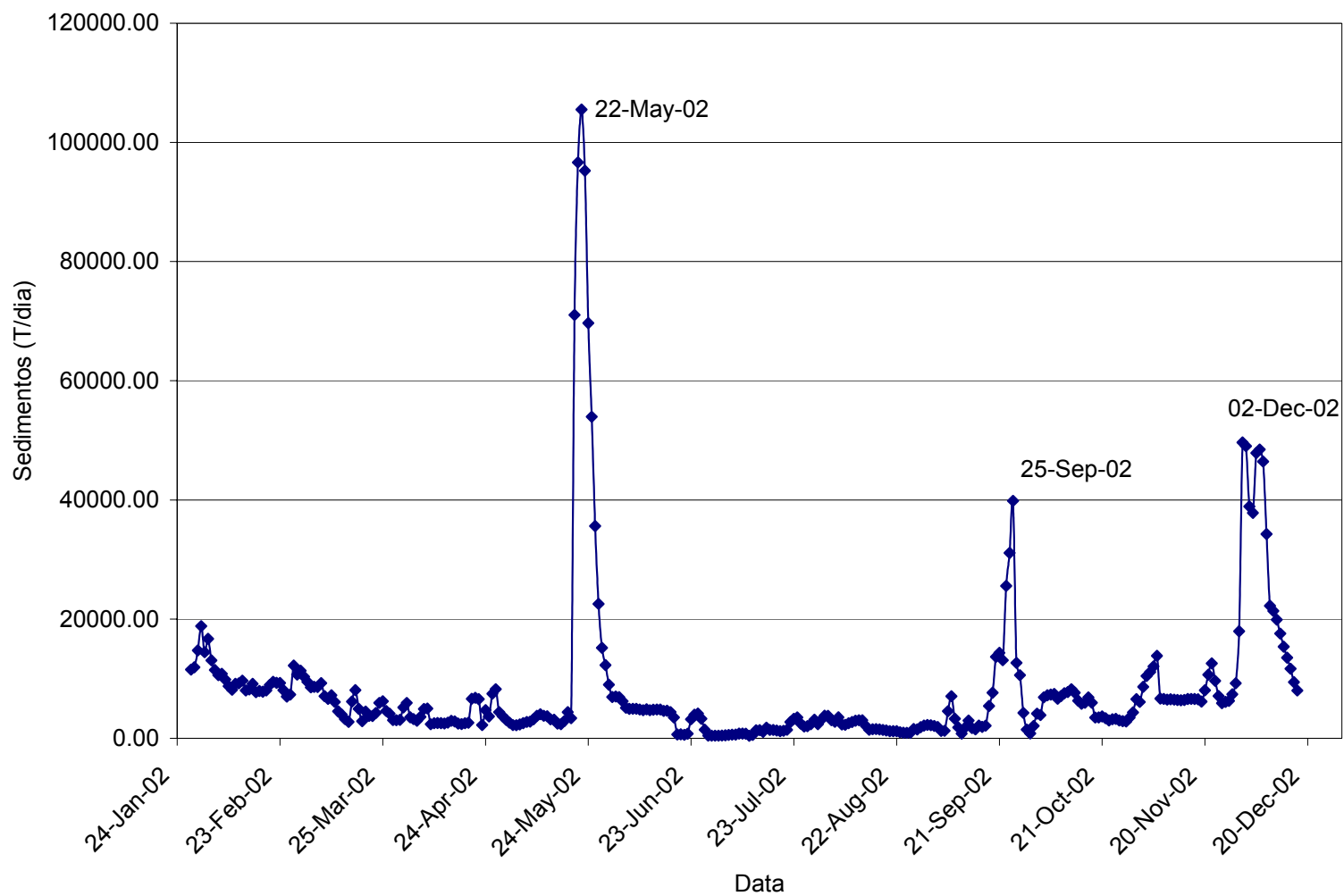


Figura 42. Sedimentos totais (T/Dia) transportados no rio Paraná em Guairá lado do Paraná (medição do ponto mais perto da margem do PR).



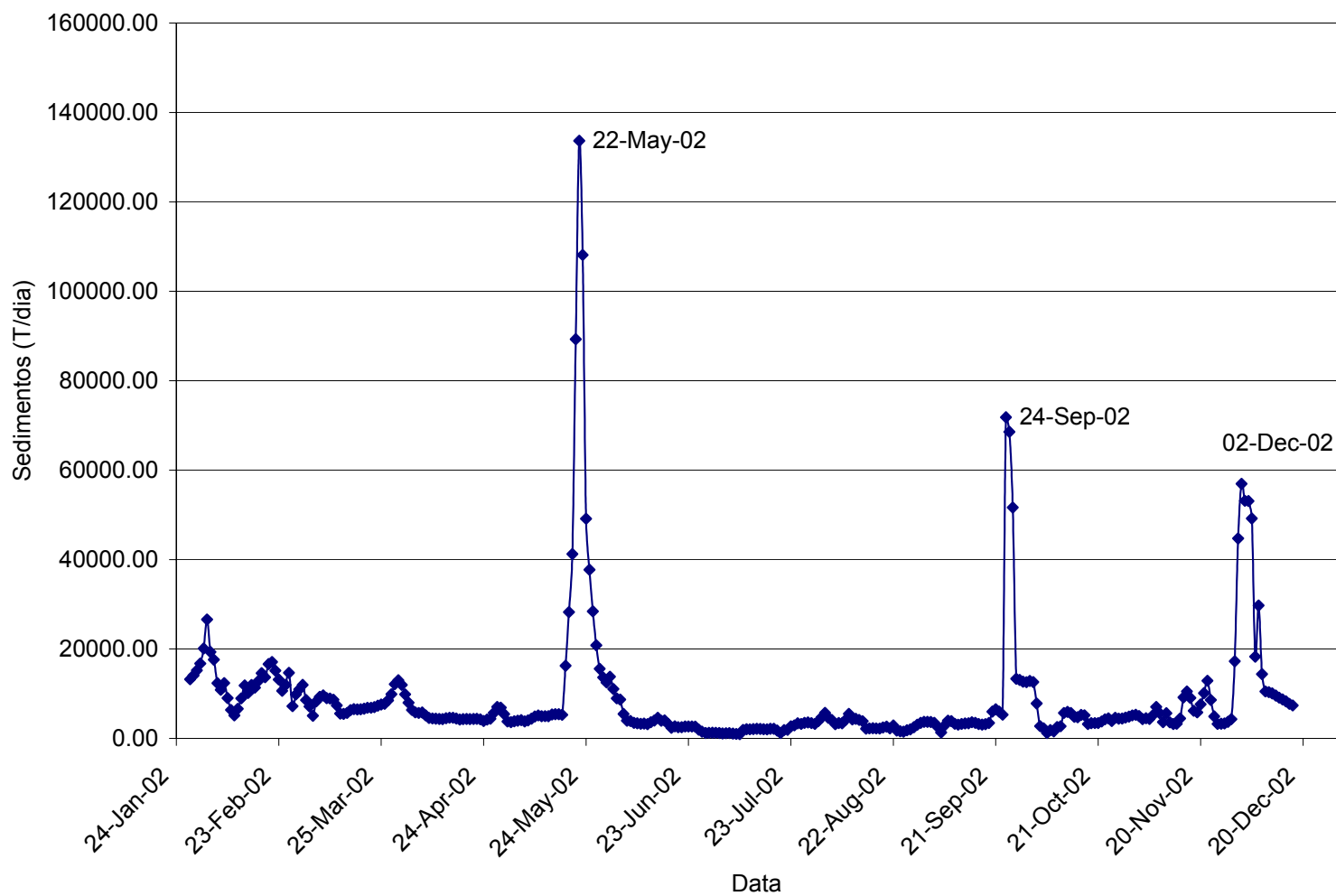


Figura 43. Sedimentos totais (T/Dia) transportados no rio Paraná em Guairá lado do Mato Grosso do Sul (medição do ponto mais perto da margem do MS).

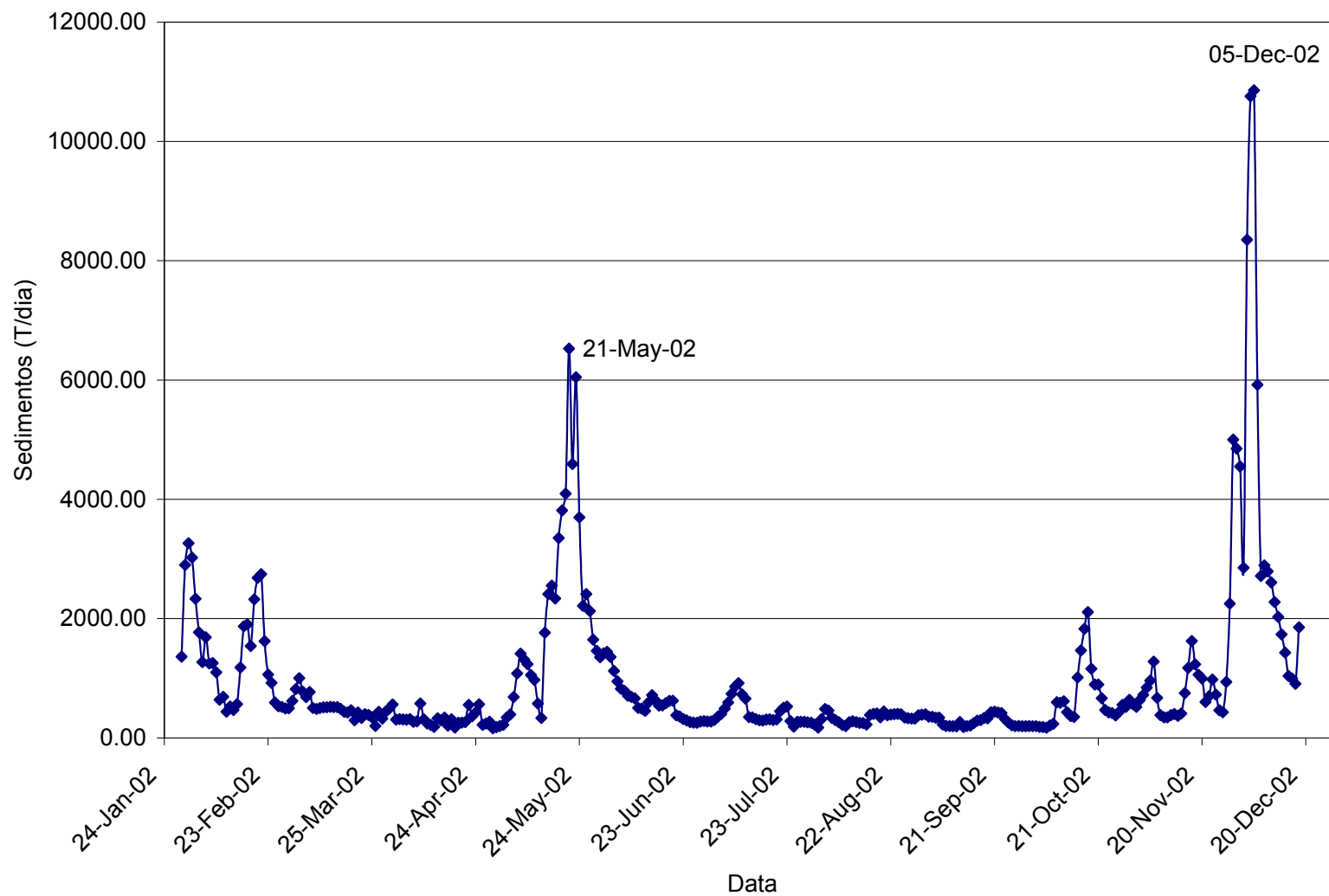


Figura 44. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Iguatemi, MS.

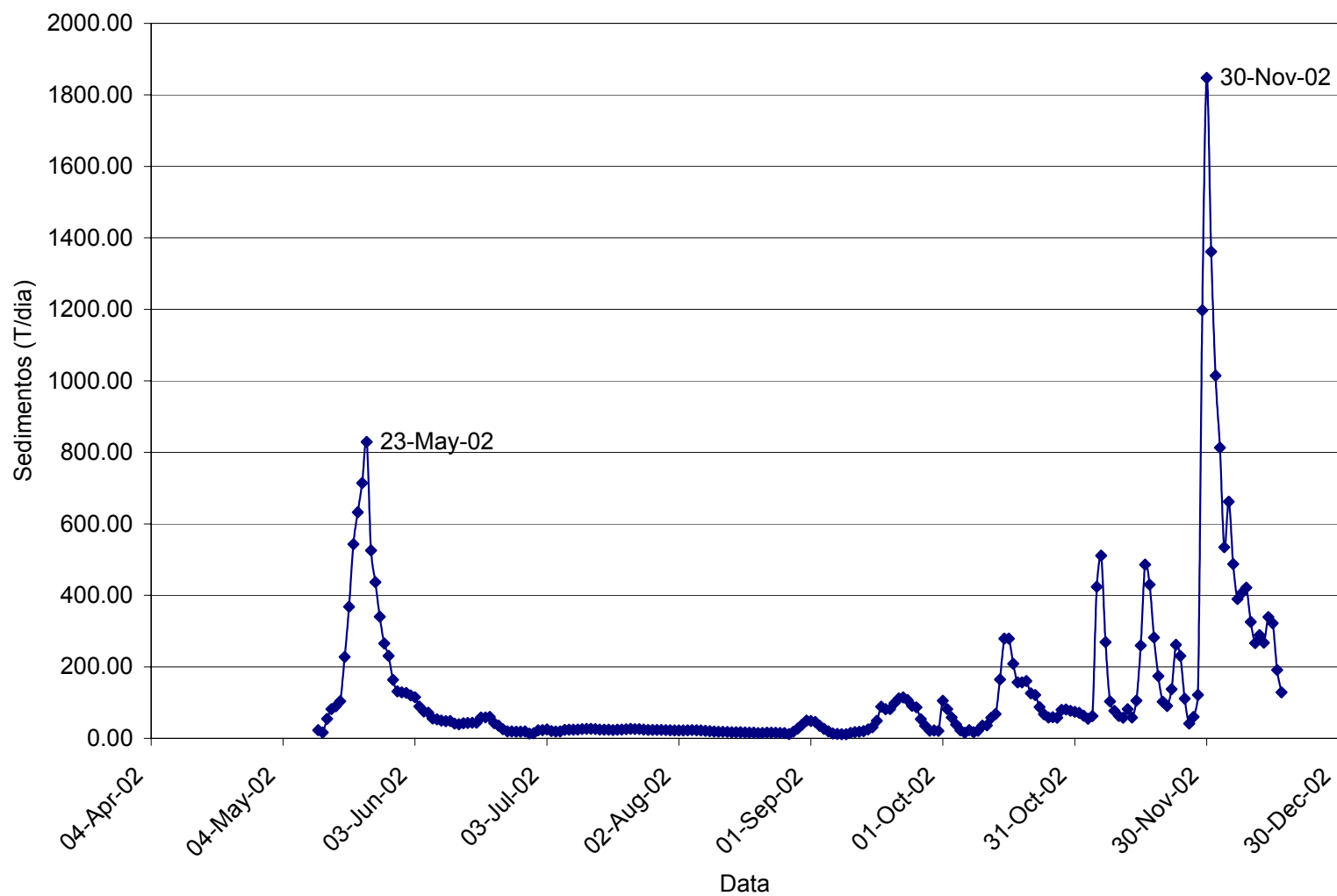


Figura 45. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Carapa, Paraguai.

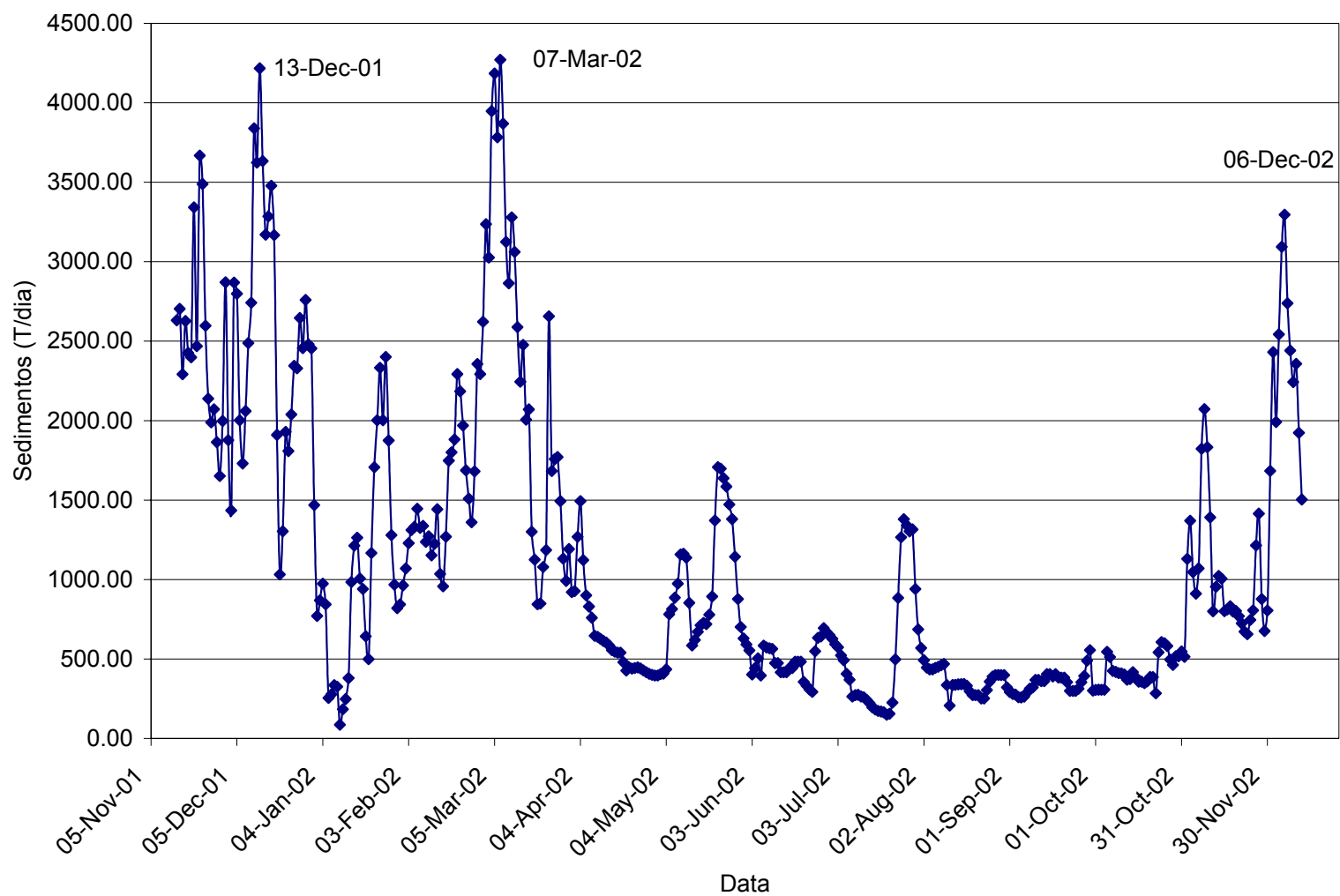


Figura 46. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Ivinhema, MS.



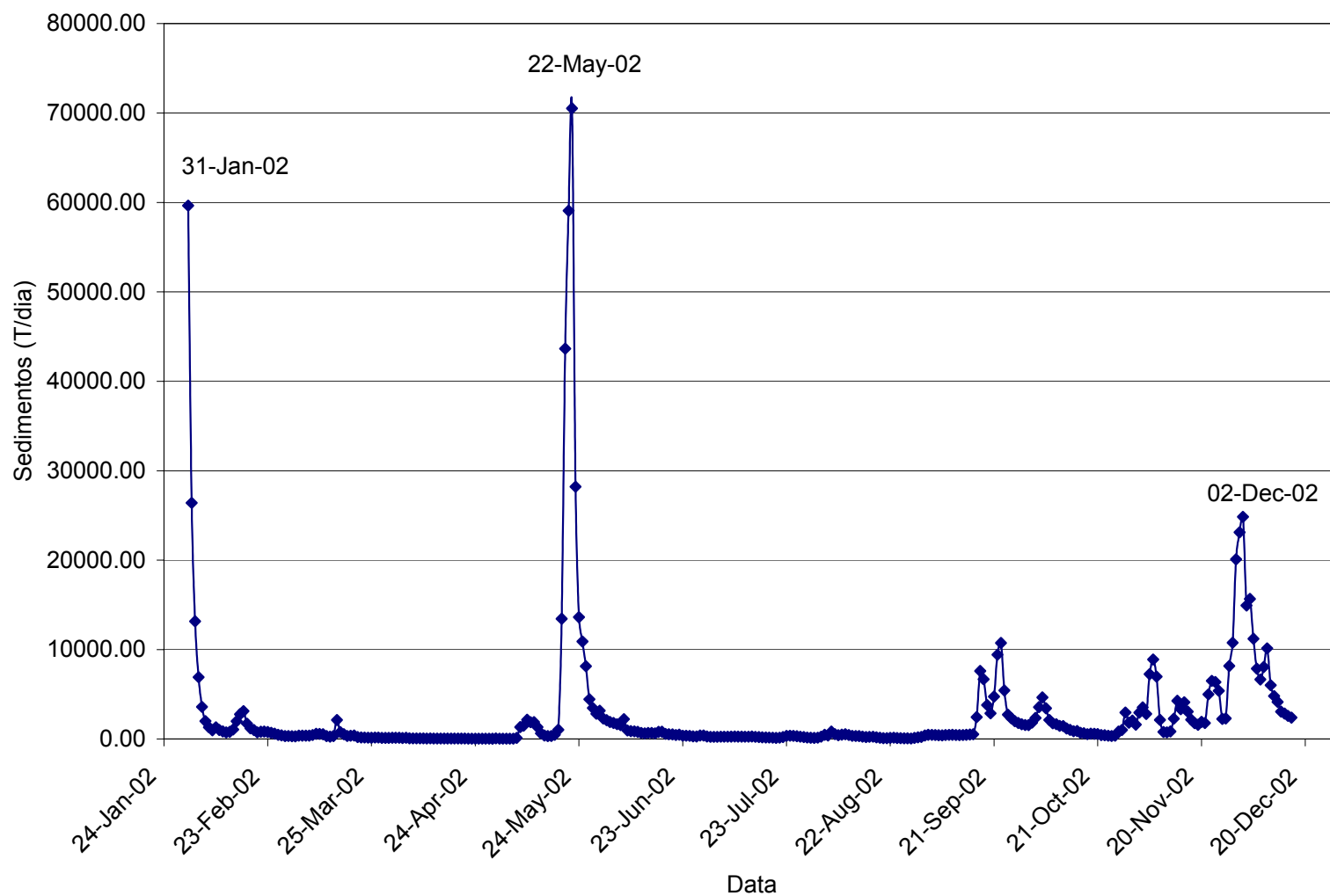


Figura 47. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Piquiri, PR.

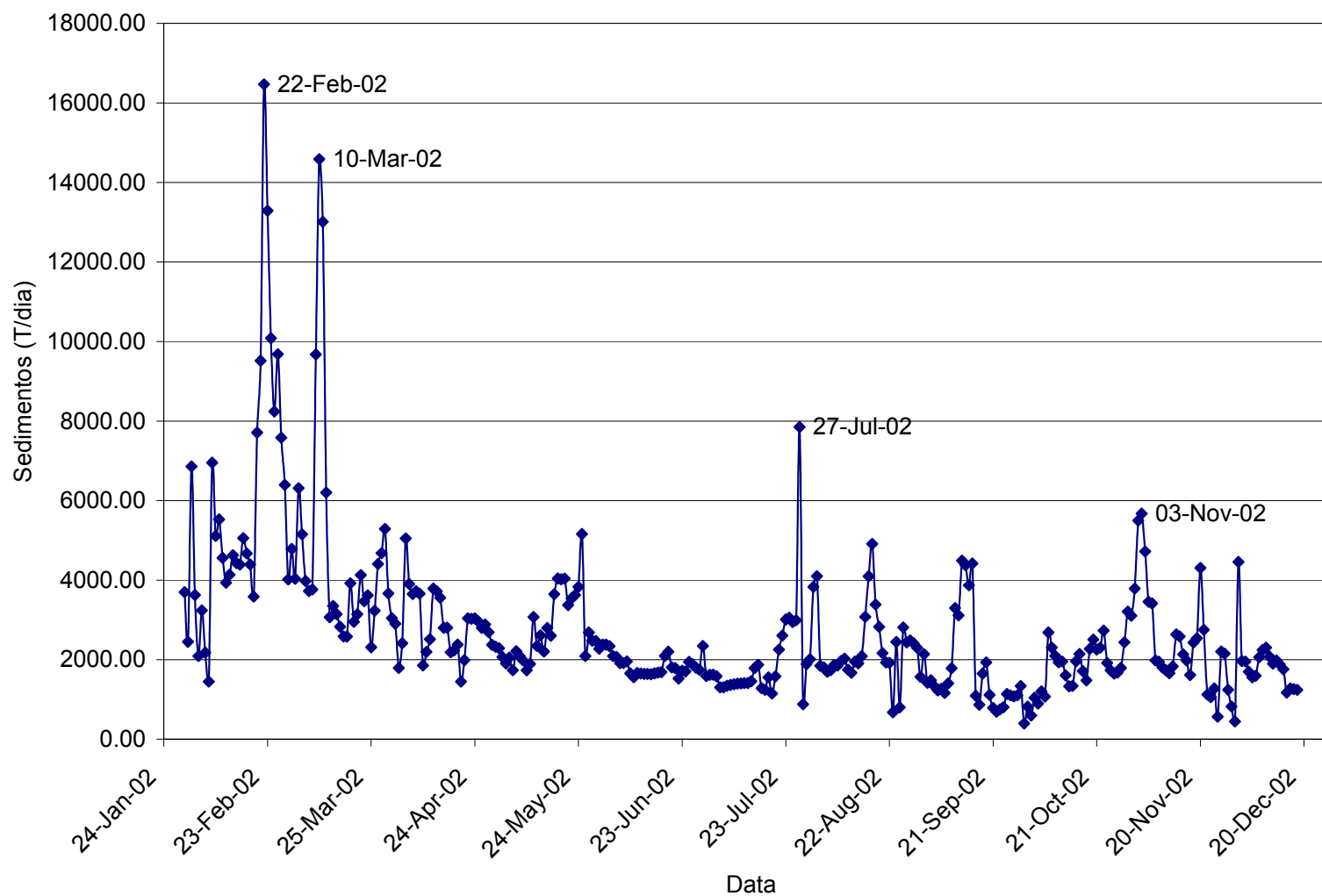


Figura 48. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Paraná em Porto São Jose.

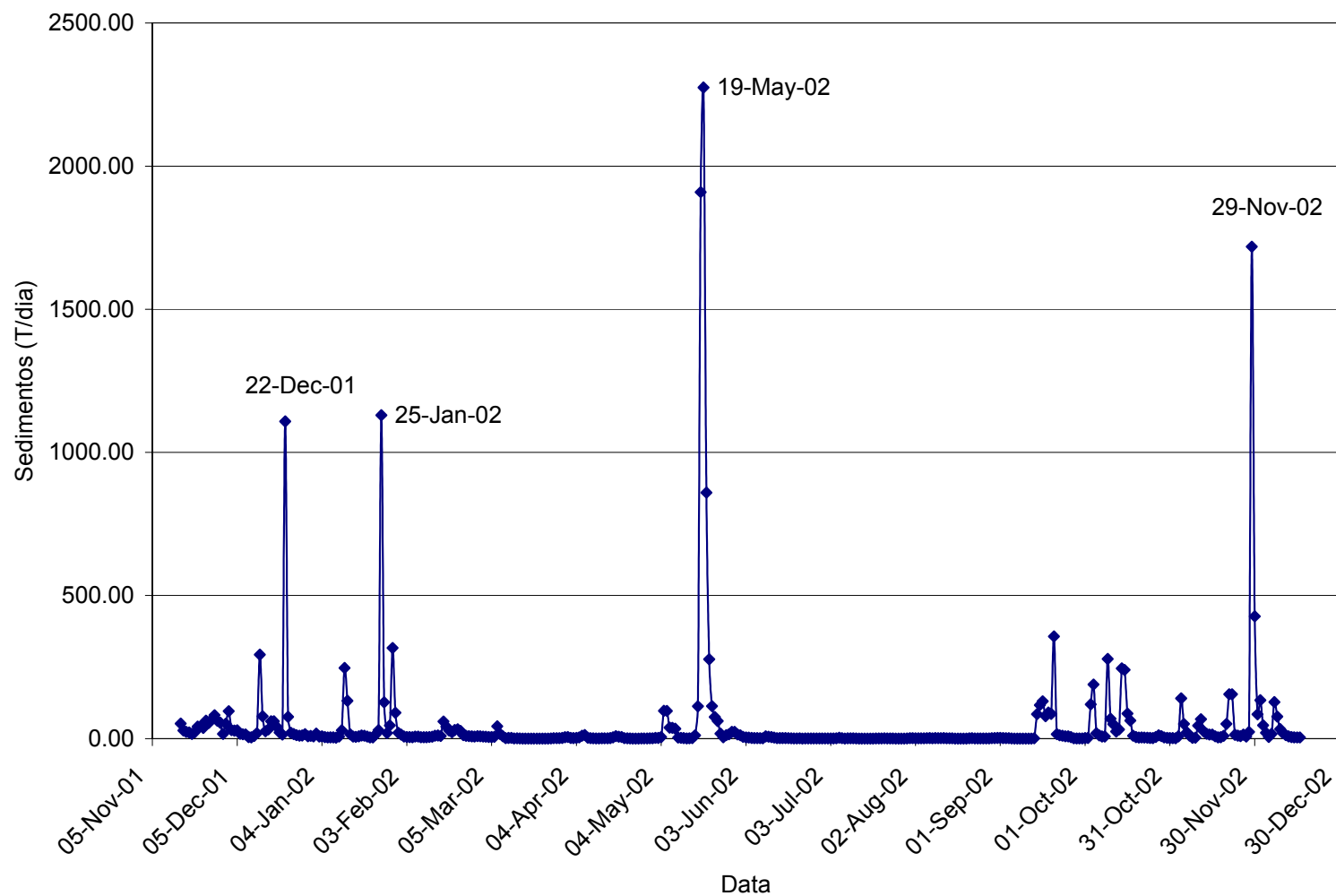


Figura 49. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio São Francisco Falso, PR.

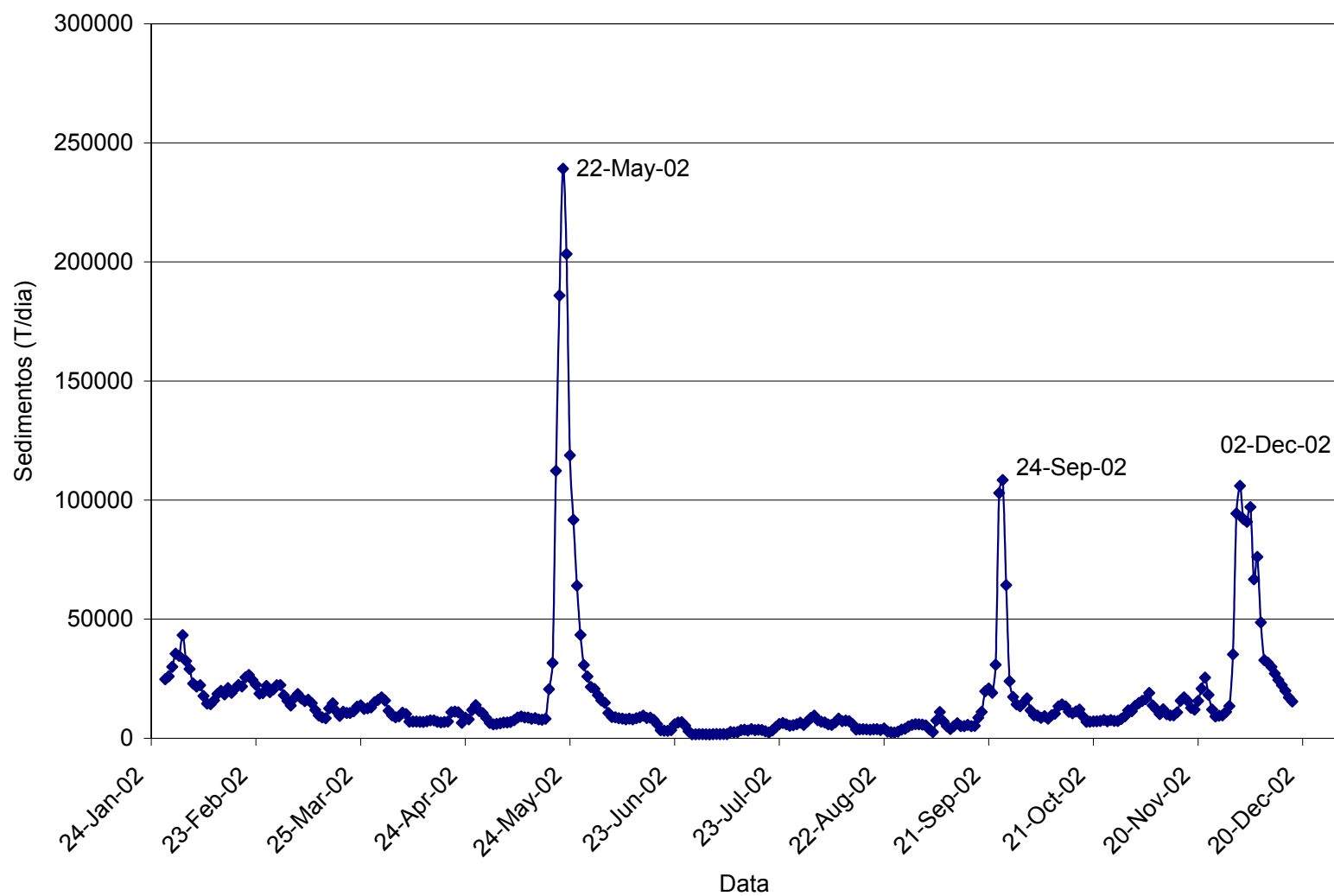


Figura 50. Sedimentos totais (T/dia) transportados no rio Paraná, total para Guaira.

