

# UHE SANTO ANTÔNIO



## 3ª ETAPA DO PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS E MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO DO RIO MADEIRA E DO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO

RELATÓRIO DE ANDAMENTO – RA 01

PJ0865-Z-H41-GR-RL-0001-0A

JUNHO/2012

## UHE SANTO ANTÔNIO

### 3ª ETAPA DO PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS E MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO DO RIO MADEIRA E DO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO

#### RELATÓRIO DE ANDAMENTO – RA 01

PJ0865-Z-H41-GR-RL-0001-0A

JUNHO/2012

REV.	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	VISTO	APROV.
0	30/06/2012	EMISSÃO INICIAL	MAS/FBM	EFM	JCS

## ÍNDICE

<i>Item</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	01
<b>2.</b>	<b>METAS E ATIVIDADES</b>	03
<b>3.</b>	<b>ANDAMENTO DOS SERVIÇOS</b>	06
<b>3.1.</b>	<b>INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DA REDE FLUVIOMÉTRICA BÁSICA</b>	07
<b>3.2.</b>	<b>REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA E SÓLIDA</b>	08
3.2.1.	<u>Medições de Descarga Líquida</u>	08
3.2.2.	<u>Medições de Descarga Sólida</u>	10
3.2.3.	<u>Cálculo da Descarga Sólida em Suspensão e Total</u>	10
<b>3.3.</b>	<b>ANÁLISES LABORATORIAIS</b>	14
<b>3.4.</b>	<b>BANCO DE DADOS HIDROSSEDIMENTOMÉTRICOS</b>	14
<b>3.5.</b>	<b>OUTROS MONITORAMENTOS</b>	15
3.5.1.	<u>Batimetria Detalhada do Trecho a Jusante da UHE Santo Antônio</u>	15
3.5.2.	<u>Acompanhamento da Evolução do Leito do Rio Madeira</u>	15
3.5.3.	<u>Medição de Velocidades no Reservatório da UHE Santo Antônio</u>	15
<b>3.6.</b>	<b>OUTRAS ATIVIDADES</b>	16

## **1. INTRODUÇÃO**

**3ª Etapa do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico  
do Rio Madeira e do Reservatório da UHE Santo Antônio**

---

Em 01 de maio de 2012, foi celebrado o Contrato CT DS.248.2012, de Prestação de Serviços entre a Santo Antônio Energia S.A. e a PCE Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda.

Este contrato tem por objeto a prestação de serviços para a 3ª Etapa do Programa de Levantamentos e de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Reservatório da UHE Santo Antônio iniciada em 1º de maio de 2012, que dá continuidade à 2ª Etapa do Programa, concluída em 30 de abril de 2012, de acordo com o 2º Termo Aditivo ao contrato CT.DS.PV.023.2010, firmado em 15 de março de 2012.

O contrato da 3ª Etapa prevê a emissão mensal de Relatórios de Andamento – RA contendo a descrição dos serviços realizados no âmbito deste Programa.

O presente relatório, RA 01, contém a descrição dos serviços realizados entre 1º e 31 de maio de 2012.

## **2. METAS E ATIVIDADES**

**3ª Etapa do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Reservatório da UHE Santo Antônio**

---

As atividades a serem realizadas no âmbito da 3ª Etapa do Programa estão agrupadas de acordo com as Metas constantes do Projeto Básico Ambiental da UHE Santo Antônio:

Meta I: Implantação e Operação de Estações Fluviométricas:

- I.4 - Operação de 10 estações da Rede Fluviométrica Básica;
- I.5 - Operação de 6 estações da Rede Fluviométrica Complementar.

Meta II: Realização de Medições de Descarga Líquida e Sólida:

- II.1 - Medições de QL e QS com amostragem integrada na vertical
  - . Nos grandes rios (Madeira);
  - . Nos pequenos cursos d'água (Jaciparaná).
- II.2 - Medições de QL e QS detalhada;
- II.3 - Cálculo das medições de QS e QL

Meta III: Análises Laboratoriais:

- III.1 - Controle, registro e armazenamento das amostras;
- III.2 - Análises: Concentração, granulometria em suspensão e leito.

Meta IV: Levantamento Topobatimétrico e Coleta de Material do Leito para Análise Granulométrica:

- IV.4 - ST e de AG do leito p/ acompanhamento do leito após a implantação do reservatório.

Meta V: Outros Monitoramentos:

- V.5 - Monitorar a evolução dos trechos com margens erodidas ou potencialmente instáveis.

Meta VI: Banco de Dados Hidrossedimentométricos:

- VI.2 - Manutenção (atualização) do Banco de Dados;
- VI.3 - Análise de Consistência de Dados Hidrossedimentológicos;
- VI.4: Consistência dos Dados em atendimento à Res. Conj. nº 3, ANA/ANEEL..

Meta VII: Caracterização Espacial do Sedimento Transportado pelo Rio Madeira na Condição com os Reservatórios

- VII.1 - Caracterização do sedimento ao longo do rio Madeira, de Caldeirão do Inferno até Humaitá.

Meta VIII: Análise do Comportamento Sedimentológico do Reservatório da UHE Santo Antônio:

- VIII.3 - Evolução do leito do reservatório da UHE Santo Antônio, (Resolução ANA nº 465, de 11 de agosto de 2008);

VIII.4 - Evolução da Curva Cota x Volume do reservatório;

VIII.5 - Evolução da Eficiência da Retenção de Sedimentos no Reservatório;

VIII.6 - Evolução do Comportamento Sedimentológico do Reservatório.

Meta IX: Análise do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira a Jusante da UHE Santo Antônio, após o Enchimento do Reservatório

IX.1 - Evolução do Balanço Sedimentológico do rio Madeira a jusante da UHE Santo Antônio;

IX.2 - Variação Espacial e Temporal das Características Hidráulicas e Sedimentológicas do rio Madeira entre a UHE Santo Antônio e Humaitá;

IX.3 - Evolução do Leito do Rio Madeira a Jusante da UHE Santo Antônio, (Resolução ANA nº 465, de 11 de agosto de 2008);

IX.4 - Evolução do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira a jusante da UHE Santo Antônio;

IX.5 - Complementação dos Estudos de Modelagem Matemática do Comportamento Hidráulico e Sedimentológico do Rio Madeira.

Meta X: Elaboração de Relatórios:

X.1 - Consolidação em relatórios de todos os levantamentos, monitoramentos e análises realizados.



### **3. ANDAMENTO DOS SERVIÇOS**

A seguir descreve-se o andamento dos serviços relativos às atividades desenvolvidas durante o mês de maio de 2012.

### 3.1. INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DA REDE FLUVIOMÉTRICA BÁSICA

Os serviços relativos à rede fluviométrica incluíram a leitura diária de réguas, o nivelamento, instalação ou reinstalação de lances de réguas, a manutenção das estações e seções de medições, além de outras atividades direta ou indiretamente vinculadas ao bom funcionamento dos monitoramentos e levantamentos objeto deste Programa. Neste sentido, foram realizadas as seguintes atividades no período:

- Prosseguimento da operação de 16 estações instaladas no trecho compreendido entre a confluência dos rios Beni e Mamoré (próximo a Nova Mamoré) até Humaitá no rio Madeira e 2 estações no rio Jaciparaná, com leituras diárias de nível d'água às 07h00 e 17h00 (no rio Jaciparaná apenas uma das estações tem leituras diárias).
- Na estação Jusante Caldeirão do Inferno não estão sendo realizadas as leituras diárias, pois não há observador neste local devido ao remanejamento dos ribeirinhos para o enchimento do reservatório. No entanto, a partir do dia 11/11/2011 a estação telemétrica instalada no local começou a transmitir dados de leituras limnimétricas a cada 15 minutos.
- Inspeções e instalações de réguas em diversas estações fluviométricas, como detalhado a seguir, na Tabela 3.1.:

**Tabela 3.1.  
Instalação e Nivelamento de Réguas e Manutenção de Estações Fluviométricas**

<b>Data</b>	<b>Local</b>	<b>Atividade</b>
08/05/12	Cujubim	Inspeção fluviométrica em Cujubim;
09/05/12	São Carlos	Inspeção fluviométrica em São Carlos;
10/05/12	Nazaré / Papagaio / Calama / Humaitá	Inspeção fluviométrica em Nazaré, Papagaio, Calama; Nivelamento das réguas em Humaitá, com instalação do lance 21/20;
14/05/12	Jusante Cachoeira Madeira II	Nivelamento da estação Jusante cachoeira Madeira II; Transporte de cotas do FU-09 até a régua;
15/05/12	Abunã / Porto Velho	Nivelamento das réguas de Abunã; Inspeção fluviométrica na estação Régua 7, instalado o lance 11/13; Inspeção fluviométrica na estação Joana Uchoa, instalados os lances 14/17;
16/05/12	Jusante Caldeirão do Inferno / Jaciparaná	Nivelamento das réguas de Jusante Caldeirão do Inferno e Foz do Jaciparaná;
18/05/12	Cachoeira do Morrinho / Cachoeira do Teotônio	Nivelamento das réguas de Jusante Cachoeira do Morrinho e Montante Cachoeira Teotônio;
23/05/12	São Carlos	Inspeção fluviométrica em São Carlos;

**3ª Etapa do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Reservatório da UHE Santo Antônio**

Data	Local	Atividade
24/05/12	Humaitá	Nivelamento das réguas de Humaitá, instalado o lance 19/21 e Montante Cachoeira Teotônio;
29/05/12	Jusante Caldeirão do Inferno	Nivelamento das réguas de Jusante Caldeirão do Inferno;

### 3.2. REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA E SÓLIDA

#### 3.2.1. Medições de Descarga Líquida

As medições de descarga líquida são realizadas com ADCP e/ou molinete (utiliza-se o método da meia seção). No período de águas altas (dezembro-junho), as medições ocorrem duas vezes ao mês nas estações do rio Madeira e uma vez ao mês na estação de Montante Jaciparaná. No período de estiagem, as medições são realizadas uma vez por mês nas estações do Madeira e bimestralmente no Jaciparaná. A partir do mês de Dez/2011 a frequência de medições na estação Abunã foi alterada para 1 (uma) medição por mês e, a partir do mês de julho as medições passarão a ter uma frequência bimensal de acordo ao que consta na Proposta Técnica da 3ª. Etapa do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira. Adicionalmente, a partir do mês de julho/2012 as medições nas estações São Carlos e Humaitá passarão a ter frequência mensal conforme estabelecido na Proposta Técnica da 3ª. Etapa de Monitoramento.

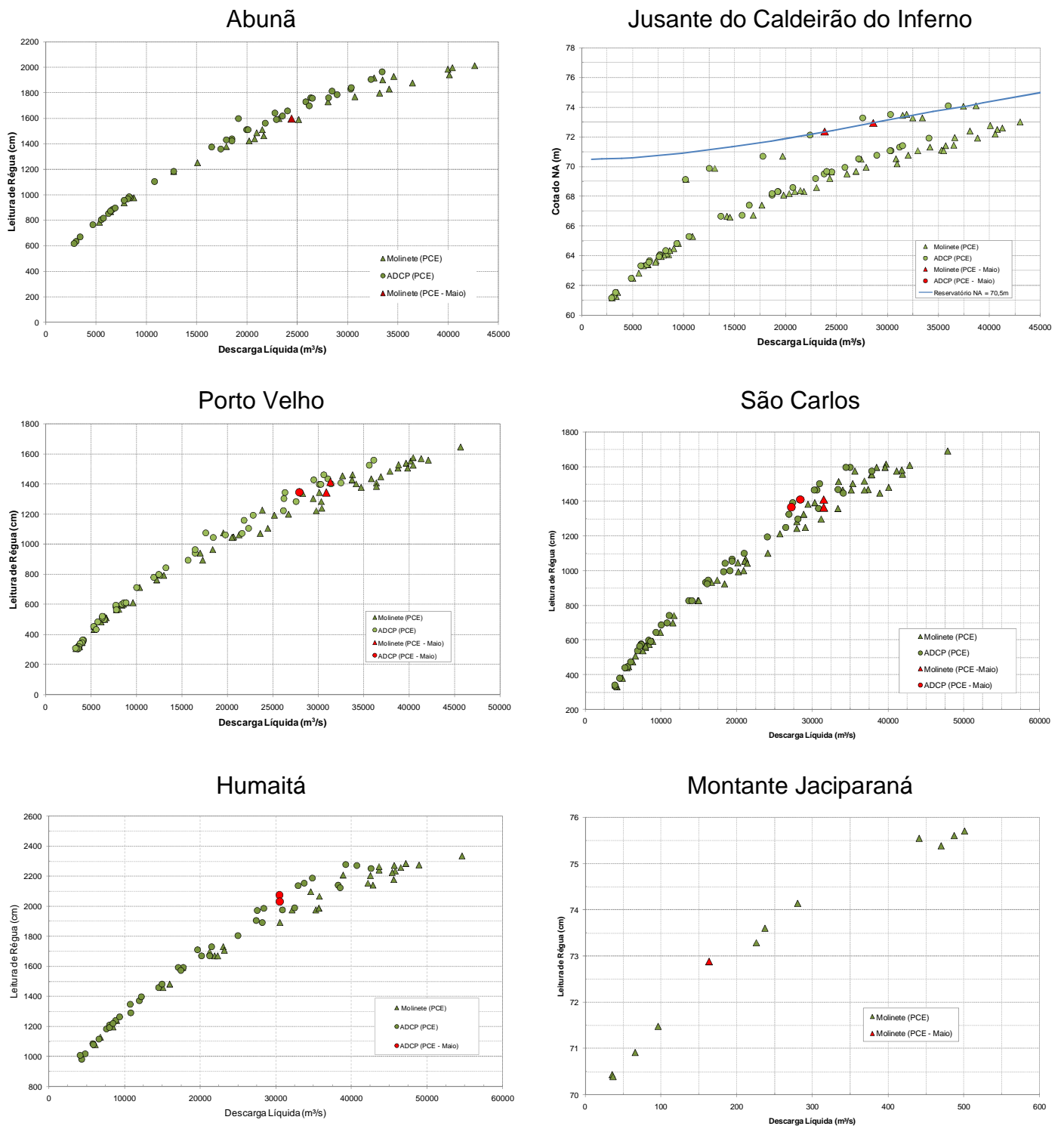
As medições de descarga líquida que aconteceram no período, em cada estação, são apresentadas na Tabela 3.2., enquanto que nos gráficos da Figura 3.1. se visualizam as medições realizadas em cada estação desde o início do monitoramento da PCE, sendo destacadas em vermelho as medições realizadas no período deste relatório.

**Tabela 3.2.  
Medições de Descarga Líquida Realizadas em Maio de 2012**

	<i>Abunã</i>	<i>Jus. Cald. do Inferno</i>	<i>Porto Velho</i>	<i>São Carlos</i>	<i>Humaitá</i>	<i>Montante Jaciparaná</i>
Molinete	15/05/12	16/05/12 29/05/12	07/05/12 21/05/12	09/05/12 23/05/12	-	17/05/12
ADCP	-	-	21/05/12	09/05/12 23/05/12	11/05/12 25/05/12	-

Na Figura 3.1. destaca-se o comportamento díspar das medições realizadas a partir de dezembro na estação Jusante Caldeirão do Inferno, devido ao enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio. Neste sentido destaca-se que durante o mês de maio o nível do reservatório não ficou estável na cota 70,5m, mas que variou entre a cota 70,30m e a cota 70,65m. Nesta mesma figura apresenta-se a curva de remanso conforme calculado nos estudos de modelagem mediante o uso do modelo numérico HEC-RAS (linha azul).

Figura 3.1.  
Medições de Descarga Líquida desde o Início do Monitoramento da PCE



### 3.2.2. Medições de Descarga Sólida

Em conjunto com as medições de descarga líquida são realizadas as medições de descarga sólida, com amostragem do sedimento em suspensão e amostragem do material do leito. A amostragem de sedimento em suspensão utiliza o método de integração na vertical, visando à obtenção da concentração de sedimentos em suspensão e a granulometria média na seção transversal, enquanto que a amostragem do leito visa determinar a granulometria do material que compõe a calha do rio. A amostragem de sedimentos em suspensão está sendo realizada com os amostradores AMS-8 (saca) e D-49 e as amostragens de sedimentos de fundo com o amostrador BM-54.

Paralelamente ao procedimento de amostragem de sedimentos integrada na vertical, é executada a amostragem de sedimentos em suspensão na superfície do rio, nas estações do rio Madeira. Esta amostra é coletada no centro da seção transversal, em garrafa plástica de 500 ml (ou 2000 ml em períodos de estiagem), a uma profundidade de aproximadamente 20 cm. A análise no laboratório determina apenas a concentração de sedimentos em suspensão destas amostras. Com este novo dado se pretende avaliar a correlação entre o fluxo de sedimentos médio na seção transversal e o fluxo de sedimentos na superfície do escoamento. Adicionalmente esta informação pode subsidiar estudos do transporte de sedimentos em suspensão a partir de imagens de satélite.

No mês de julho/2011 foram iniciadas as medições de descarga sólida detalhada (amostragem pontual), com a finalidade de caracterizar a distribuição vertical de sedimentos em suspensão ao longo do estirão em estudo. Com este intuito foram realizadas quatro campanhas ao longo do ano hidrológico (enchente, pico da cheia, vazante e estiagem) nas estações Jusante Caldeirão do Inferno, Porto Velho e Humaitá, quando foram coletadas 5 amostras de água ao longo de três verticais.

As medições de descarga sólida realizadas com amostragem integrada na vertical que aconteceram em maio de 2012 em cada estação, se visualizam na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3.  
Medições de Descarga Sólida Realizadas com Amostragem Integrada na Vertical durante Maio de 2012**

	<i>Abunã</i>	<i>Jus. Cald. do Inferno</i>	<i>Porto Velho</i>	<i>São Carlos</i>	<i>Humaitá</i>	<i>Montante Jaciparaná</i>
<b>Integrada</b>	15/05/12	16/05/12 29/05/12	07/05/12 21/05/12	09/05/12 23/05/12	11/05/12 25/05/12	17/05/12

### 3.2.3. Cálculo da Descarga Sólida em Suspensão e Total

A descarga sólida em suspensão medida é calculada pela expressão:  $Q_{ss} = 0,0864.Q.C$  sendo,  $Q_{ss}$  = descarga sólida em suspensão medida (t/dia);  $Q$  = descarga líquida ( $m^3/s$ );  $C$  = concentração medida (mg/l) e 0,0864 a constante de conversão de unidades.

A descarga sólida total é calculada pelo Método Modificado de Einstein (método de Einstein modificado por Colby & Hembree - 1955), segundo o critério do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Os cálculos foram realizados mediante a utilização de um programa computacional desenvolvido por Mendes (2001).

A Tabela 3.4 apresenta as datas das medições cujas descargas sólidas foram calculadas em maio de 2012. Os gráficos da Figura 3.2. e Figura 3.3. apresentam as curvas-chave de descarga sólida em suspensão e descarga sólida total para cada estação, sendo destacadas em vermelho as medições realizadas no período deste relatório.

**Tabela 3.4.  
Descargas Sólidas Calculadas em Maio de 2012**

	<i>Abunã</i>	<i>Jus. Cald. do Inferno</i>	<i>Porto Velho</i>	<i>São Carlos</i>	<i>Humaitá</i>	<i>Montante Jaciparaná</i>
Descarga Sólida em Suspensão	14/03/12	15/03/12 27/03/12	05/03/12 19/03/12	07/03/12 21/03/12	09/03/12 23/03/12	16/03/12
Descarga Sólida Total	14/03/12	15/03/12 27/03/12	05/03/12 19/03/12	07/03/12 21/03/12	09/03/12 23/03/12	16/03/12

Figura 3.2.  
Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão

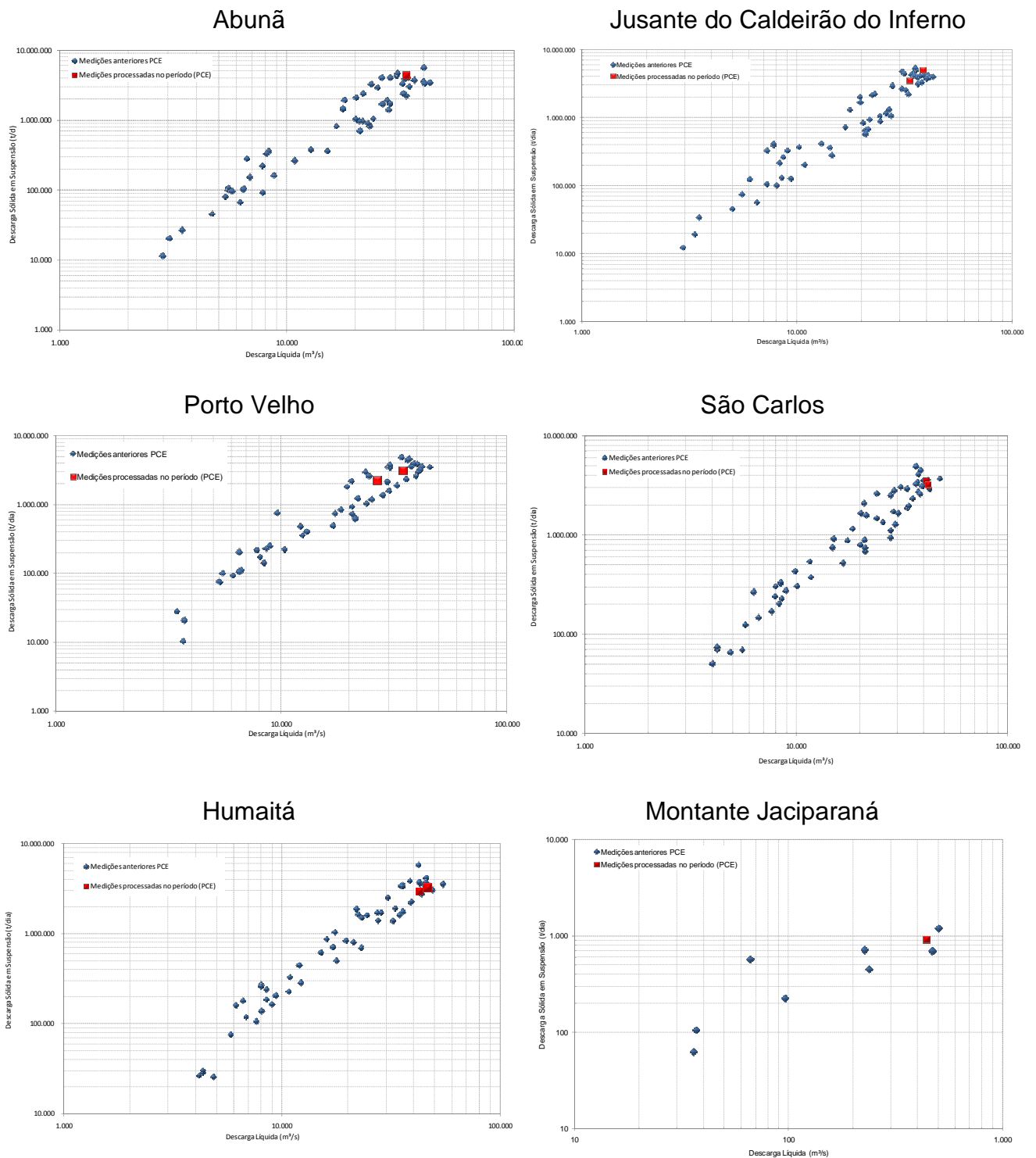
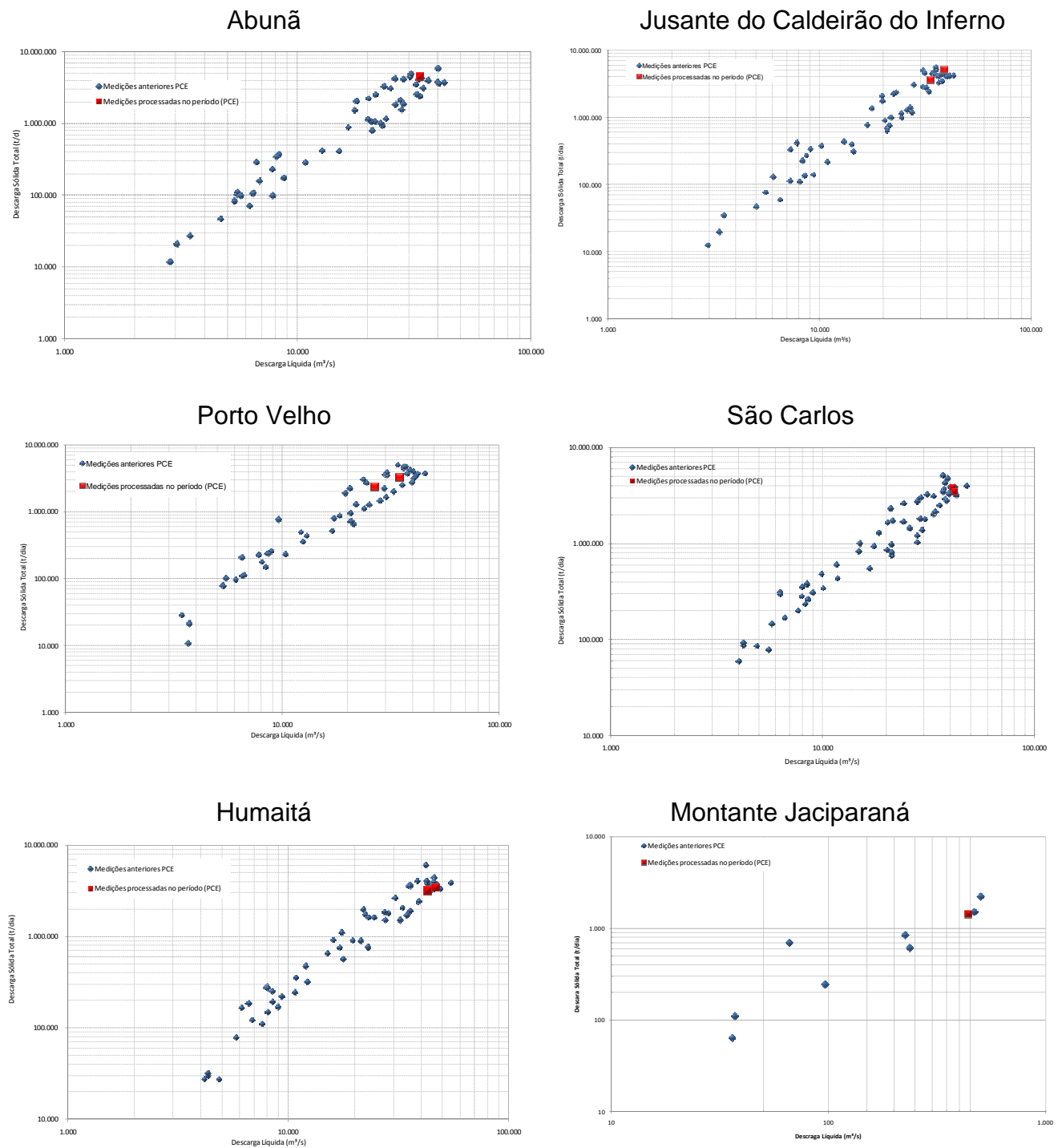


Figura 3.3.  
Curvas-chave de Descarga Sólida Total





### 3.3. ANÁLISES LABORATORIAIS

No período deste relatório, foram finalizadas 10 análises de sedimentos em suspensão (amostragem integrada), 11 análises de concentração de sedimentos em suspensão (amostragem na superfície), 01 análise pontual dos sedimentos em suspensão e 10 análises de sedimentos do leito, listadas a seguir, na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5.**  
**Análises Laboratoriais Realizadas em Maio de 2012**

	<i>Abunã</i>	<i>Jus. Cald. do Inferno</i>	<i>Porto Velho</i>	<i>São Carlos</i>	<i>Humaitá</i>	<i>Montante Jaciparaná</i>
Sedimentos em Suspensão	14/03/12	15/03/12 27/03/12	19/03/12 09/04/12	21/03/12 12/04/12	23/03/12 14/04/12	19/04/12
Concentração na Superfície	17/04/12	27/03/12 18/04/12 30/04/12	09/04/12 24/04/12 07/05/12	12/04/12 26/04/12	14/04/12 28/04/12	-
Amostragem Pontual	-	15/03/12	-	-	-	-
Sedimentos do Leito	14/03/12	15/03/12 27/03/12	19/03/12 09/04/12	21/03/12 12/04/12	09/03/12 23/03/12	16/3/12

### 3.4. BANCO DE DADOS HIDROSSEDIMENTOMÉTRICOS

O banco de dados hidrossedimentométricos do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Reservatório da UHE Santo Antônio contém informações de leituras de réguas, medições de descarga líquida, medições de descarga sólida, perfis batimétricos dos cursos de água, amostras de sedimentos em suspensão, amostras de sedimentos do leito e análises laboratoriais, além dos principais resultados obtidos nos estudos hidrossedimentológicos básicos do projeto.

Cabe informar que na medida em que estes dados são processados e consistidos, os mesmos são armazenados de forma tabular, em meio digital. Adicionalmente, as principais informações hidrossedimentológicas das estações fluviométricas Abunã, Jus. Caldeirão do Inferno, Porto Velho, São Carlos, Humaitá e Jaciparaná são gravadas em formato Access e inseridos no software HIDRO com o intuito de atender as demandas da Agência Nacional de Águas (ANA) vinculadas à Resolução N° 465, de 11 de Agosto de 2008, e Resolução Conjunta ANEEL/ANA N°3 de 10 de agosto de 2010.

Em 11 de fevereiro de 2011 estas informações foram enviadas em meio digital para a Agência Nacional de Águas, junto com a ficha descritiva de cada estação fluviométrica. Em 21 de julho, a ANA respondeu ao email da PCE solicitando algumas alterações no arquivo enviado. As alterações foram concluídas e os dados foram novamente enviados para a ANA no dia 26 de julho de 2011.

Destaca-se que recentemente a ANA informou que está finalizando a elaboração do documento que orientará a confecção do Relatório Anual de Operação das Estações

Hidrológicas, solicitando para aguardar a emissão deste documento para o envio dos dados hidrológicos coletados no exercício 2011.

### **3.5. OUTROS MONITORAMENTOS**

#### **3.5.1. Batimetria Detalhada do Trecho a Jusante da UHE Santo Antônio**

A partir do dia 09 de maio começou o levantamento batimétrico detalhado do trecho compreendido entre a UHE Santo Antônio até 2 km a jusante da ponte em construção na BR-319.

O objetivo deste levantamento batimétrico de 9,5 km de comprimento tem por objetivo subsidiar os novos estudos de modelagem bidimensional que serão realizados pela PCE durante os próximos meses. Esta atividade terá continuidade ainda no mês seguinte pois a mesma é demorada já que o levantamento consiste em medições de seções transversais a cada 50 metros.

#### **3.5.2. Acompanhamento da Evolução do Leito do Rio Madeira**

Conforme previsto no Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira no mês de maio começou o levantamento topobatimétrico de seções transversais para acompanhamento da evolução do leito do reservatório da UHE Santo Antônio e do rio Madeira a jusante da usina, após a construção dos reservatórios. Particularmente, durante o mês de maio, foi realizado o levantamento de 20 seções transversais localizadas no reservatório da UHE.

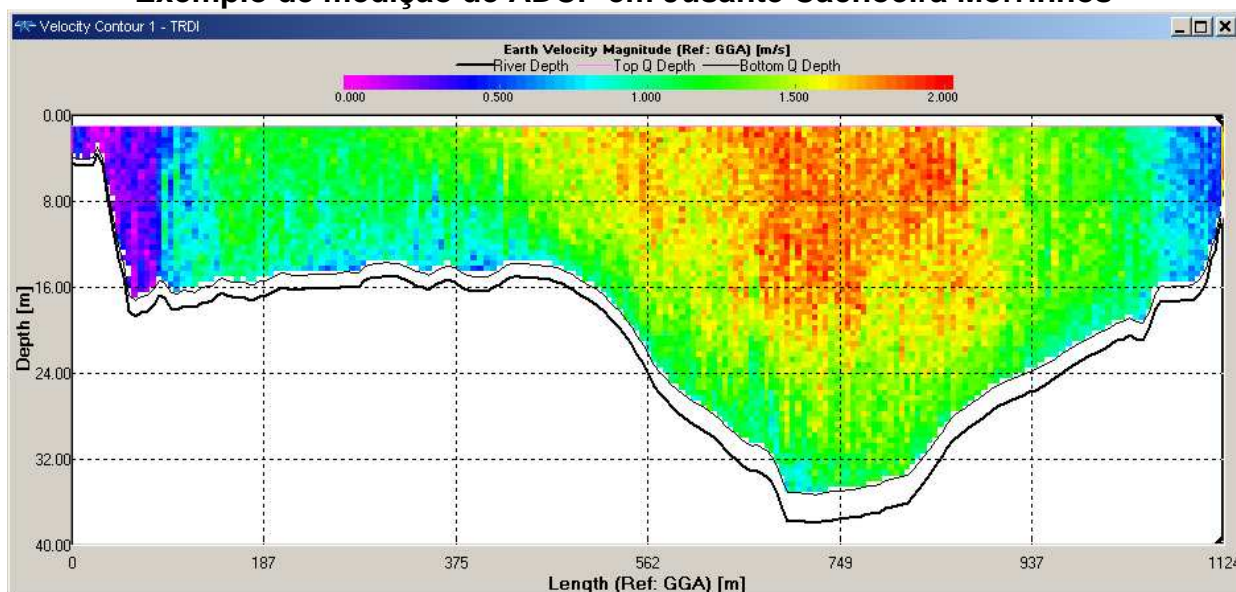
#### **3.5.3. Medição de Velocidades no Reservatório da UHE Santo Antônio**

Atendendo à solicitude da SAE, na primeira semana de maio foram realizadas medições da velocidade do escoamento em três locais no interior do reservatório da UHE Santo Antônio:

- Régua Foz do Jaciparaná;
- Régua Jusante Cachoeira Morrinhos;
- Régua Montante Cachoeira Teotônio.

Posteriormente, o resumo destas medições foi encaminhado à SAE com destaque para os dados de vazão, área e largura da seção, velocidade média e velocidade máxima, além das coordenadas das margens do local de medição e a distribuição transversal da velocidade d'água obtida a partir do ADCP (Figura 3.4.).

**Figura 3.4.**  
**Exemplo de medição de ADCP em Jusante Cachoeira Morrinhos**



### 3.6. OUTRAS ATIVIDADES

No período de 9 a 11 de maio, o Eng. Maximiliano Strasser da PCE (Rio de Janeiro) participou, a pedido da SAE, da Vistoria realizada pela empresa JGP Consultoria e Participações Ltda. sob o empreendimento da UHE Santo Antônio.

Durante esta Auditoria foram comentados os diferentes monitoramentos implementados no marco do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira, além de discutir aspectos relativos à erosão de margens em Porto Velho e as atividades de monitoramento das oscilações nestes locais.