

# 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 09

PJ0865-Z-H41-GR-RL-0009-0A

FEVEREIRO/2013

## 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 09

PJ0865-Z-H41-GR-RL-0009-0A

FEVEREIRO/2013

| REV. | DATA       | DESCRIÇÃO       | ELAB.   | VISTO | APROV. |
|------|------------|-----------------|---------|-------|--------|
| 0    | 08/02/2013 | EMISSÃO INICIAL | FBM/NBF | MAS   | EFM    |

## ÍNDICE

| <i>Item</i> | <i>Assunto</i>  | <i>Página</i> |
|-------------|---|---------------|
| <b>1.</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b>   | 02            |
| <b>2.</b>   | <b>METAS E ATIVIDADES</b>                                   | 04            |
| <b>3.</b>   | <b>ANDAMENTO DOS SERVIÇOS</b>                               | 07            |
| <b>3.1.</b> | <b>INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DA REDE FLUVIOMÉTRICA BÁSICA</b>   | 08            |
| <b>3.2.</b> | <b>REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA E SÓLIDA</b> | 09            |
| 3.2.1.      | <u>Medições de Descarga Líquida</u>                         | 09            |
| 3.2.2.      | <u>Medições de Descarga Sólida</u>                          | 11            |
| 3.2.3.      | <u>Cálculo da Descarga Sólida em Suspensão e Total</u>      | 11            |
| <b>3.3.</b> | <b>ANÁLISES LABORATORIAIS</b>                               | 15            |
| <b>3.4.</b> | <b>BANCO DE DADOS HIDROSEDIMENTOMÉTRICOS</b>                | 15            |

## **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 09, contém a descrição dos serviços realizados entre 1º e 31 de janeiro de 2013.

## **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**

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

A seguir descreve-se o andamento dos serviços relativos às atividades desenvolvidas durante o mês de janeiro de 2013.

No período de 26 de dezembro de 2012 à 06 de janeiro de 2013 a PCE concedeu férias coletivas aos funcionários. As atividades de escritório, laboratório e medições estiveram paralisadas. As leituras das réguas não foram interrompidas e uma equipe de hidrometria esteve de plantão neste período para eventual necessidade de manutenção ou reinstalação das réguas.

No período de 28 de janeiro a 01 de fevereiro de 2013, o Engenheiro Ulmar Duarte, da PCE do Rio de Janeiro, esteve em Porto Velho acompanhando e fiscalizando os serviços de campo, laboratório e escritório da filial.

### **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 14 estações instaladas no trecho compreendido entre Abunã e 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>  |
|-------------|--|---|
| 22/01/13    | Jusante Caldeirão do Inferno                               | Nivelamento das réguas em Jusante Caldeirão do Inferno;   |
| 23/01/13    | Jaciparaná / Cach. Teotônio Mont. / Cach. do Morrinho Jus. | Inspeção Fluviométrica em Jaciparaná Vila, Foz do Jaciparaná, Jusante Cachoeira do Morrinho e Montante Cachoeira do Teotônio; |
| 30/01/13    | Porto Velho  | Inspeção Fluviométrica na UHE Santo Antônio Montante;   |

### 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). De acordo com Proposta Técnica da 3ª Etapa do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira, a partir do mês de Janeiro de 2013 as medições serão realizadas com uma frequência mensal nas estações de Jusante Caldeirão do Inferno e Porto Velho e bimensal nas estações de Abunã, Montante Jaciparaná, São Carlos e Humaitá.

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 desde o início do monitoramento da PCE, sendo destacadas em vermelho as medições realizadas no período de abrangência deste relatório.

Na medição de Jusante Caldeirão do Inferno do dia 22/01/13 não foi possível realizar a medição com ADCP, pois o equipamento apresentou problemas de configuração. Os problemas já foram resolvidos e o equipamento encontra-se em funcionamento.

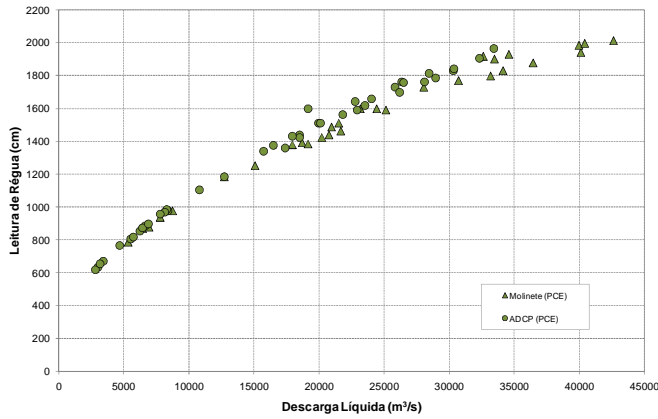
**Tabela 3.2.  
Medições de Descarga Líquida Realizadas em Janeiro de 2013**

|          | <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 | -            | 22/01/13                     | 17/01/13           | -                 | -              | -                          |
| ADCP     | -            | -                            | 17/01/13           | -                 | -              | -                          |

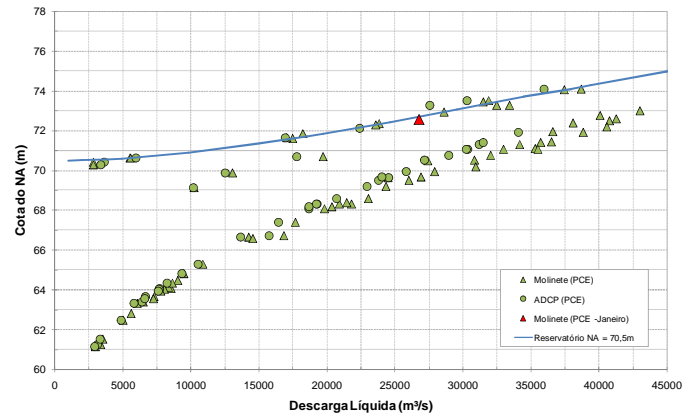
Na Figura 3.1. destaca-se a alteração do ajustamento das medições realizadas a partir de dezembro na estação Jusante Caldeirão do Inferno devido ao enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio. Nesta mesma figura apresenta-se a curva de remanso conforme calculada nos estudos de modelagem mediante o uso do modelo numérico HEC-RAS (linha azul).

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

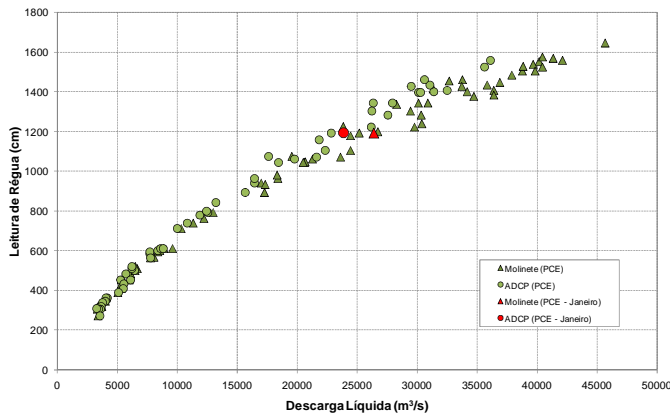
Abunã



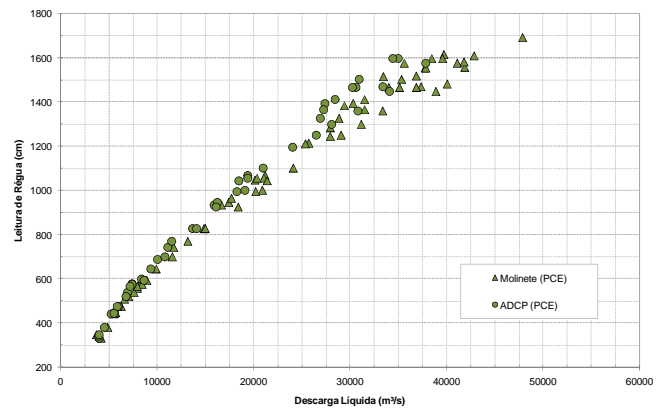
Jusante do Caldeirão do Inferno



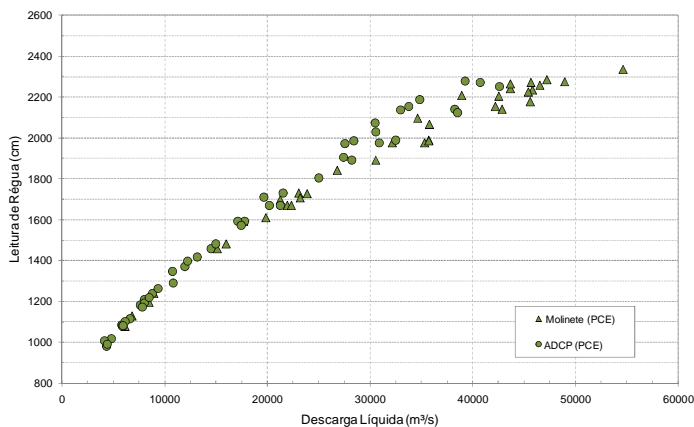
Porto Velho



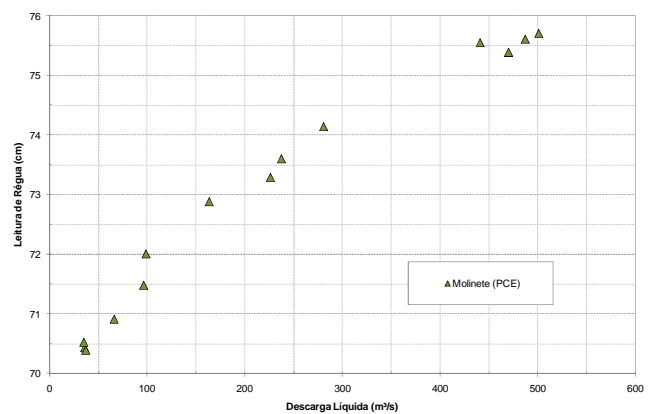
São Carlos



Humaitá



Montante Jaciparaná



### 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 janeiro de 2013 em cada estação, se visualizam na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3.  
Medições de Descarga Sólida Realizadas durante Janeiro de 2013**

|                  | <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> |              | 22/01/2013                   | 17/01/2013         |                   |                |                            |

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

A descarga sólida em suspensão medida é calculada pela expressão:  $Q_{ss} = 0,0864 \cdot Q \cdot C$  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).

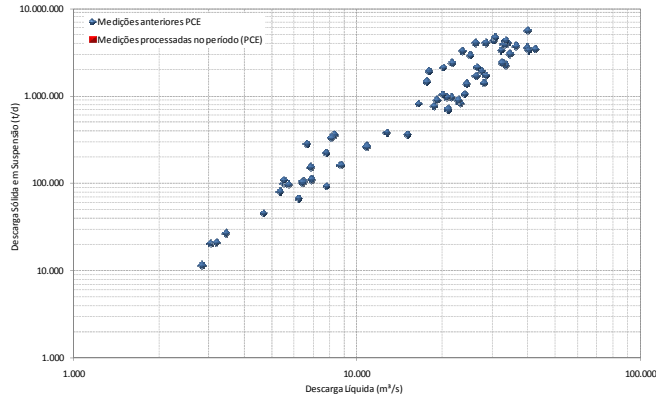
A Tabela 3.4 apresenta as datas das medições cujas descargas sólidas foram calculadas em janeiro de 2013. Os gráficos da Figura 3.2. e Figura 3.3. apresentam as curvas-chave de descarga sólida em suspensão e descarga sólida total para cada estação, sendo destacadas em vermelho as medições realizadas no período de abrangência deste relatório.

**Tabela 3.4.  
Descargas Sólidas Calculadas em Janeiro de 2013**

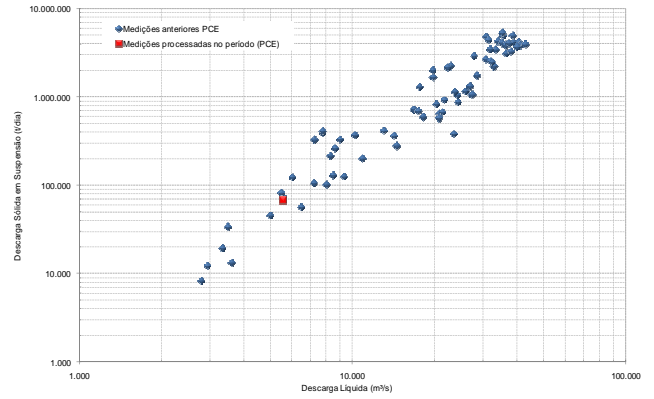
|                              | <i>Abunã</i> | <i>Jus. Cald. do Inferno</i> | <i>Porto Velho</i>   | <i>São Carlos</i> | <i>Humaitá</i> | <i>Montante Jaciparaná</i> |
|------------------------------|--------------|------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|----------------------------|
| Descarga Sólida em Suspensão | -            | 13/11/12                     | 05/11/12<br>04/12/12 | 06/12/12          | 09/11/12       | -                          |
| Descarga Sólida Total        | -            | 13/11/12                     | 05/11/12<br>04/12/12 | 06/12/12          | 09/11/12       | -                          |

Figura 3.2.  
Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão

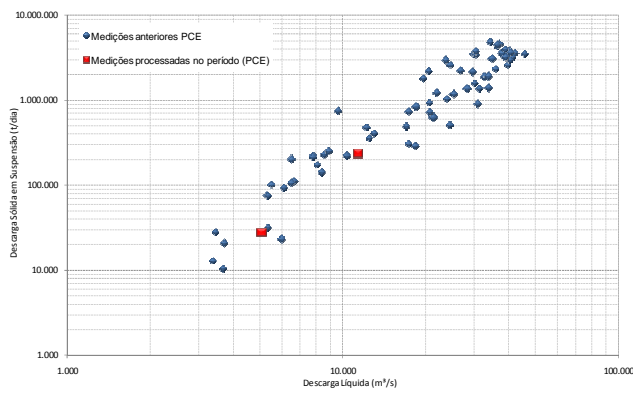
Abunã



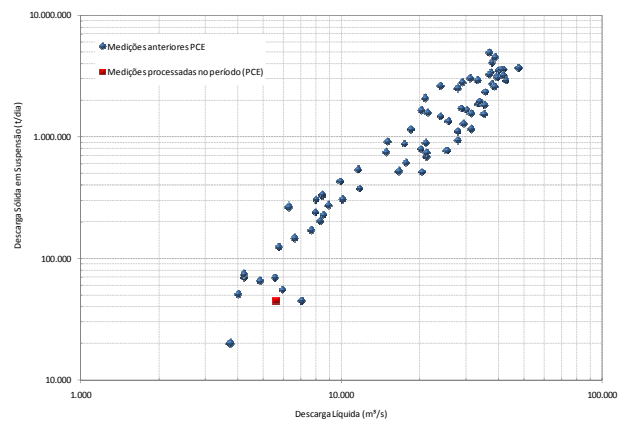
Jusante Caldeirão do Inferno



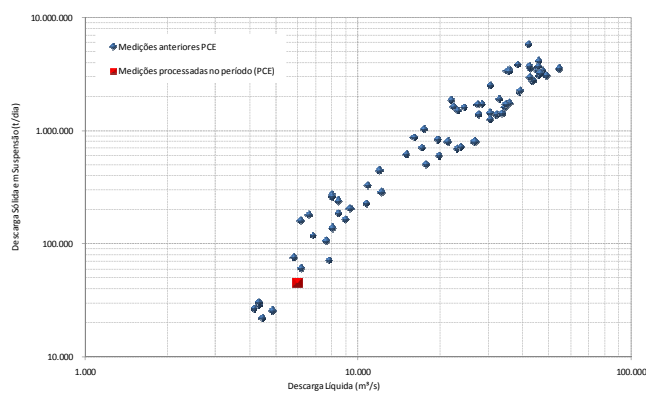
Porto Velho



São Carlos



Humaitá



Montante Jaciparaná

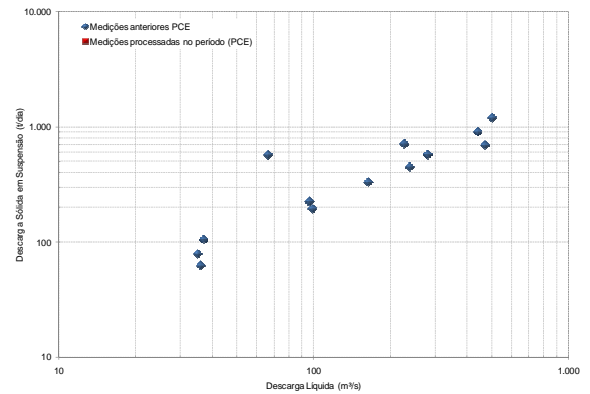
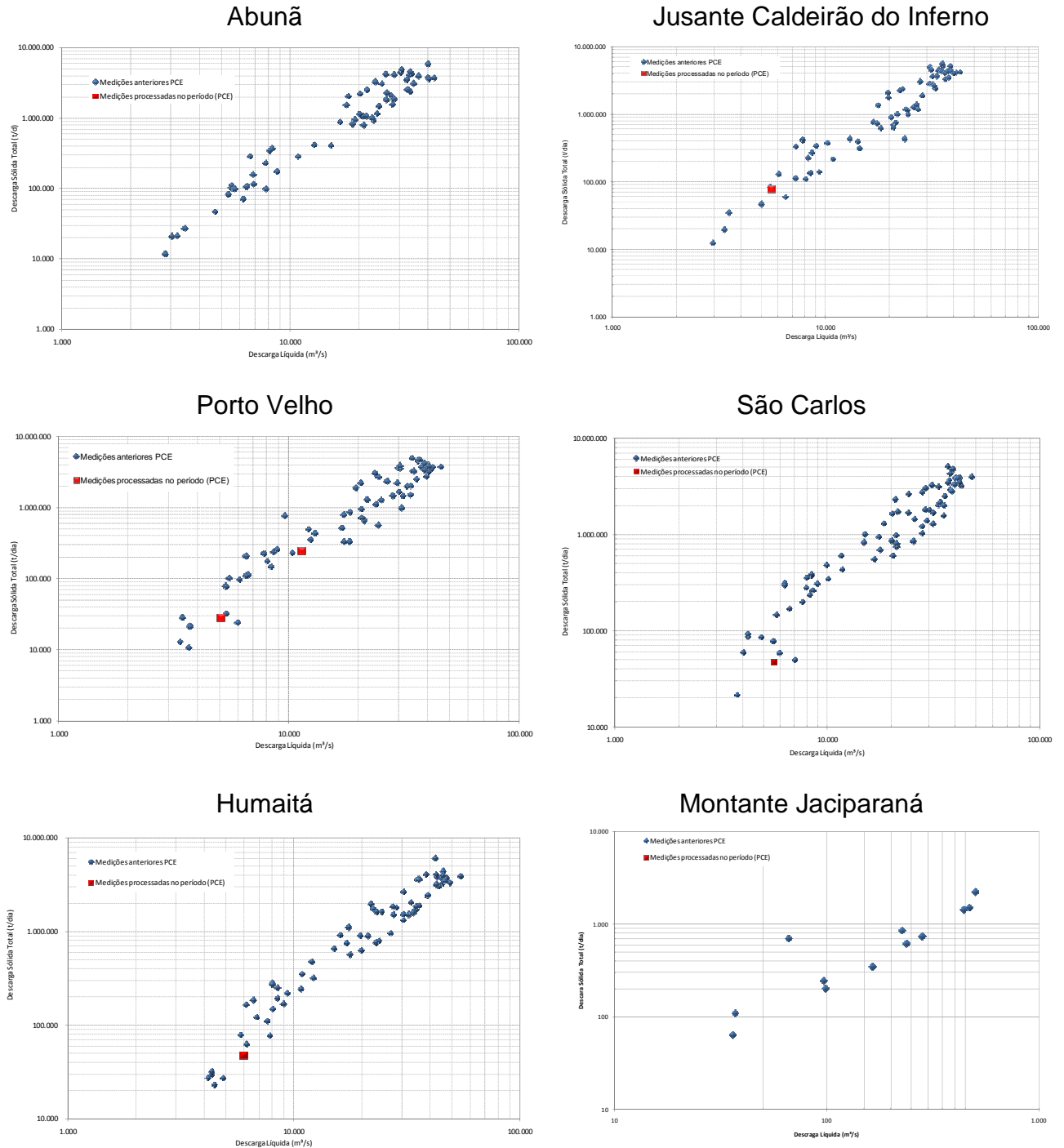


Figura 3.3.  
Curvas-chave de Descarga Sólida Total





### 3.3. ANÁLISES LABORATORIAIS

No período deste relatório, foram finalizadas 4 análises de sedimentos em suspensão (amostragem integrada), 6 análises de concentração de sedimentos em suspensão (amostragem na superfície), 02 análise pontual dos sedimentos em suspensão e 4 análises de sedimentos do leito, listadas a seguir, na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5.  
Análises Laboratoriais Realizadas em Janeiro de 2013**

|                            | <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    | -            | -                            | 04/12/12             | 06/12/12          | 08/12/12       | 21/12/12                   |
| Concentração na Superfície | 19/12/12     | 20/12/12                     | 04/12/12<br>17/01/13 | 06/12/12          | 08/12/12       | -                          |
| Amostragem Pontual         | -            | -                            | 04/12/12             | -                 | 08/12/12       | -                          |
| Sedimentos do Leito        | 19/12/12     | -                            | 04/12/12             | 06/12/12          | 08/12/12       | -                          |

### 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 em 27/06/2012 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.