

# UHE SANTO ANTÔNIO



## 2ª ETAPA DO PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS E MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO DO RIO MADEIRA E DO FUTURO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO

RELATÓRIO DE ANDAMENTO – RA 19

PJ0777-Z-H41-GR-RL-0019-0A

DEZEMBRO /2011

## UHE SANTO ANTÔNIO

### 2ª ETAPA DO PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS E MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO DO RIO MADEIRA E DO FUTURO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO

#### RELATÓRIO DE ANDAMENTO – RA 19

PJ0777-Z-H41-GR-RL-0019-0A

DEZEMBRO/2011

REV.	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	VISTO	APROV.
0	21/12/2011	EMISSÃO INICIAL	MAS/FBM	EFM	JCS

## ÍNDICE

<i>Item</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	2
<b>2.</b>	<b>METAS E ATIVIDADES</b>	4
<b>3.</b>	<b>ANDAMENTO DOS SERVIÇOS</b>	6
<b>3.1.</b>	<b>INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DA REDE FLUVIOMÉTRICA BÁSICA</b>	7
<b>3.2.</b>	<b>REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA E SÓLIDA</b>	8
3.2.1.	<u>Medições de Descarga Líquida</u>	8
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
3.3.1.	<u>Re-Instalação do Laboratório de Sedimentos</u>	15
<b>3.4.</b>	<b>OUTROS MONITORAMENTOS</b>	16
3.4.1.	<u>Contagem de Troncos</u>	16
<b>3.5.</b>	<b>BANCO DE DADOS HIDROSSEDIMENTOMÉTRICOS</b>	17

## **1. INTRODUÇÃO**

**2ª Etapa do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio**

---

Em 25 de maio de 2010, foi celebrado o Contrato CT.DS.PV.023.2010, de Prestação de Serviços de Levantamentos e de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio, entre a Santo Antônio Energia S.A. e a PCE Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda.

Este contrato tem por objeto a 2ª Etapa do Programa de Levantamentos e de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio iniciada em 1º de maio de 2010, que dá continuidade à 1ª Etapa do Programa, concluída em 30 de abril de 2010, de acordo com o Termo Aditivo ao contrato CT.DS.SP.002.2009, firmado em 18 de março de 2010.

O contrato da 2ª Etapa prevê a emissão mensal de Relatórios de Andamento – RA contendo a descrição dos serviços realizados no âmbito do Programa.

O presente relatório, RA 19, contém a descrição dos serviços realizados entre 1º e 30 de novembro de 2011.

## **2. METAS E ATIVIDADES**

**2ª Etapa do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio**

---

As atividades a serem realizadas no âmbito da 2ª 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.2 - Instalação de estação fluviométrica no rio Jaciparaná Montante;
- I.3 - Operação de 8 estações da Rede Fluviométrica Básica;
- I.4 - Operação de 8 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.

Meta VII: Caracterização Espacial do Sedimento Transportado pelo Rio Madeira em Condições Naturais:

- VII.7 - Caracterização do sedimento ao longo do rio Madeira, de Abunã até Humaitá

Meta VIII: Elaboração de Relatórios:

- VIII.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 no mês de novembro de 2011.

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

Os serviços relativos à rede fluviométrica incluem 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. Neste sentido, no período foram realizadas as seguintes atividades:

- Prosseguimento da operação de 20 estações instaladas no trecho Abunã - Humaitã 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.
- No mês de novembro foi desativada a estação Régua 9, localizada a montante da usina, devido ao alagamento do local provocado pelo enchimento do reservatório.
- Foi instalada uma nova estação limnimétrica no rio Madeira em 16/11/2011, com leituras diárias, às 7h:00 e 17h:00, denominada estação Jusante Cachoeira Madeira. Esta estação localiza-se na Vila Murinho, poucos quilômetros a jusante de confluência dos rios Beni e Mamoré e atende a uma recomendação do Parecer nº 78/2011/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 15 de agosto de 2011.
- 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**

Data	Local	Atividade
01/11/11	Porto Velho	Nivelamento de pontos críticos e instalação de RNs para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
03/11/11	Porto Velho	Nivelamento de pontos críticos para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
04/11/11	Porto Velho	Nivelamento de pontos críticos para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
05/11/11	Cujubim	Nivelamento de pontos críticos e instalação de RNs para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
06/11/11	São Carlos	Nivelamento de pontos críticos para atendimento ao Sistema

**2ª Etapa do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio**

		de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
07/11/11	São Carlos	Nivelamento de pontos críticos e instalação de RNs para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
08/11/11	Nazaré	Nivelamento de pontos críticos para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
09/11/11	Nazaré	Instalação de RNs para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
10/11/11	Papagaio / Calama	Nivelamento de pontos críticos para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
11/11/11	Humaitá	Nivelamento de pontos críticos para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
12/11/11	Humaitá	Instalação de RNs para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante da UHE;
14/11/11	Cachoeira Teotônio / Cachoeira Morrinho / Jaciparaná	Inspeção fluviométrica nas estações: Montante Cachoeira Teotônio, Jusante Cachoeira do Morrinho, Foz do Jaciparaná e Jaciparaná Vila
15/11/11	Abunã	Inspeção fluviométrica em Abunã;
16/11/11	Vila Murtinho	Instalação da Estação Fluviométrica de Jusante Cachoeira Madeira;
17/11/11	Jaciparaná	Nivelamento de réguas em Jaciparaná;
19/11/11	Porto Velho	Nivelamento da régua de apoio a telemétrica Montante UHE – Santo Antônio;
22/11/11	Porto Velho	Instalação dos lances de régua 26/28 e 28/30 na estação Porto Velho;
23/11/11	Cujubim	Instalação de RNs para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante;
24/11/11	São Carlos / Jusante Cachoeira do Morrinho	Nivelamento de réguas em São Carlos; Manutenção na estação Jusante Cachoeira do Morrinho;
25/11/11	Calama / Humaitá	Inspeção fluviométrica nas estações: Calama e Humaitá ;
26/11/11	Humaitá	Nivelamento de pontos críticos para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante;
27/11/11	Humaitá	Nivelamento de pontos críticos para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante;
28/11/11	Porto Velho	Instalação de RNs para atendimento ao Sistema de Previsão de Níveis e Vazões a Jusante;
29/11/11	Cachoeira Morrinho / Foz do Jaciparaná	Inspeção fluviométrica nas estações: Jusante Cachoeira do Morrinho e Foz do Jaciparaná;

### 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

**2ª Etapa do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio**

---

de Montante Jaciparaná. No período de estiagem, as medições são realizadas uma vez por mês nas estações do Madeira e bimestralmente no Jaciparaná.

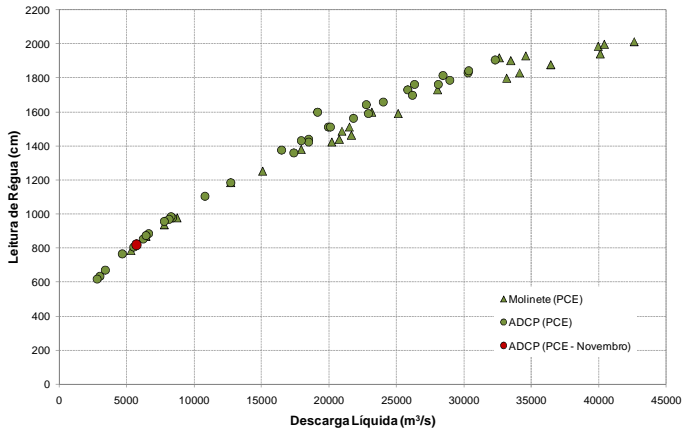
As medições de descarga líquida que aconteceram no período, em cada estação, são apresentadas na Tabela 3.2, enquanto que nos gráficos da Figura 3.2. se visualizam as medições realizadas nas estações desde o início do monitoramento da PCE, sendo destacadas em vermelho as medições realizadas no período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

**Tabela 3.2.**  
**Medições de Descarga Líquida Realizadas em Novembro de 2011**

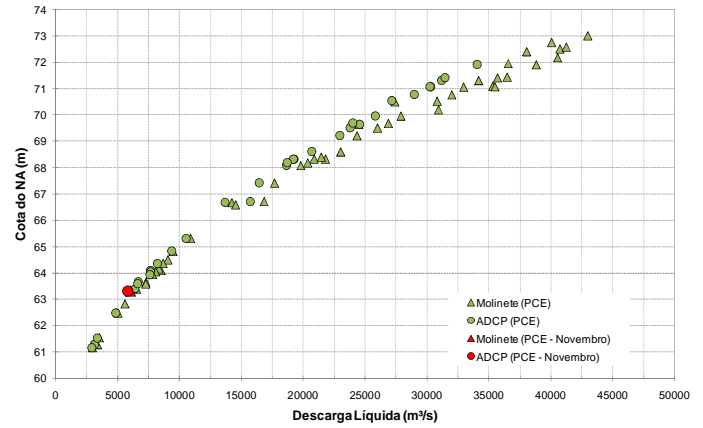
	<i>Abunã</i>	<i>Jus. Cald. do Inferno</i>	<i>Porto Velho</i>	<i>São Carlos</i>	<i>Humaitá</i>	<i>Montante Jaciparaná</i>
Molinete	-	17/11/11	21/11/11	24/11/11	26/11/11	-
ADCP	15/11/11	17/11/11	21/11/11	24/11/11	26/11/11	-

**Figura 3.2.**  
**Medições de Descarga Líquida desde o Início do Monitoramento da PCE**

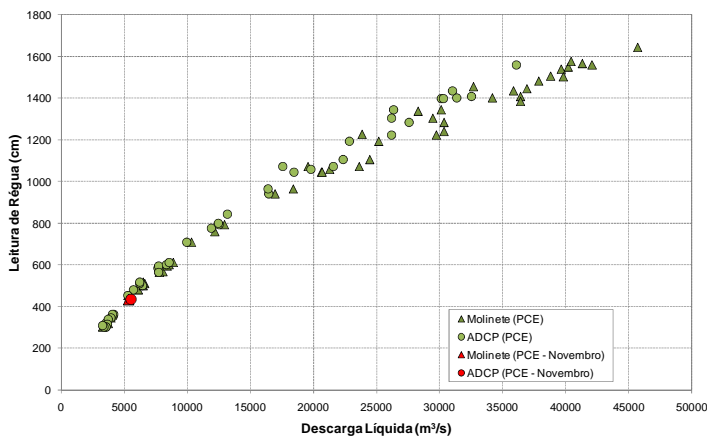
**Abunã**



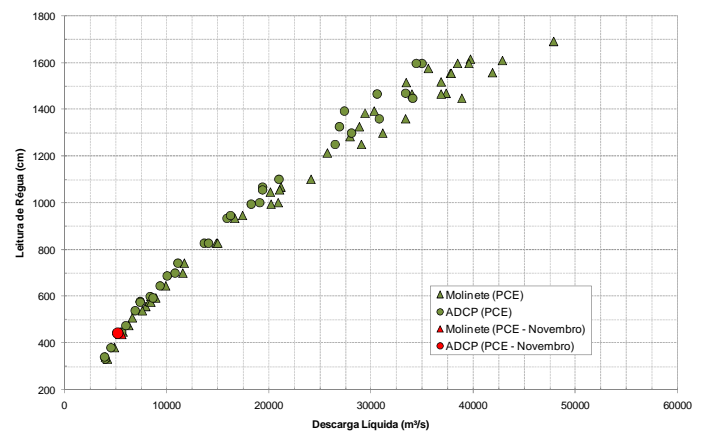
**Jusante do Caldeirão do Inferno**



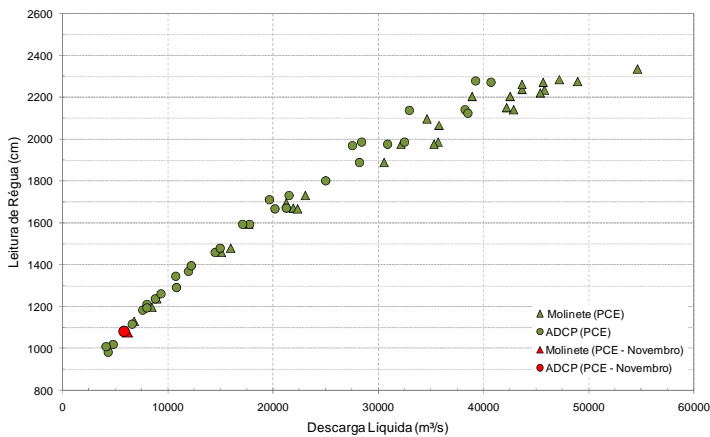
**Porto Velho**



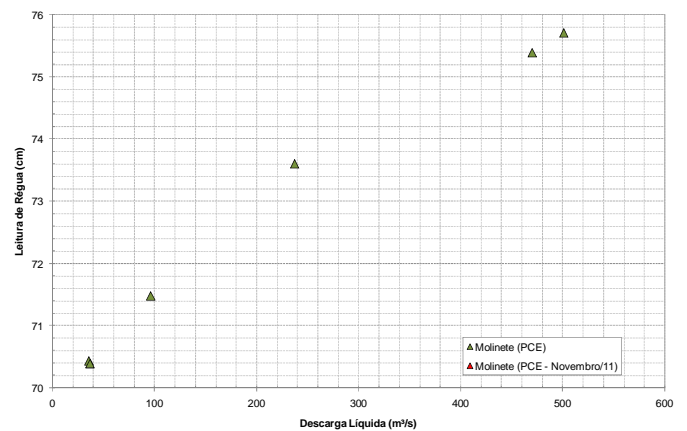
**São Carlos**



**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 DH-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 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 serão 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, onde serão coletadas 5 amostras de água ao longo de três verticais.

As medições de descarga sólida realizadas com amostragem integrada na vertical que aconteceram em novembro de 2011 em cada estação, se visualizam na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3.  
Medições de Descarga Sólida Realizadas em Novembro de 2011**

	<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>	15/11/11	17/11/11	21/11/11	24/11/11	26/11/11	-

### 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 cujas descargas sólidas foram calculadas em novembro de 2011. Os gráficos da Figura 3.3. e Figura 3.4. 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.

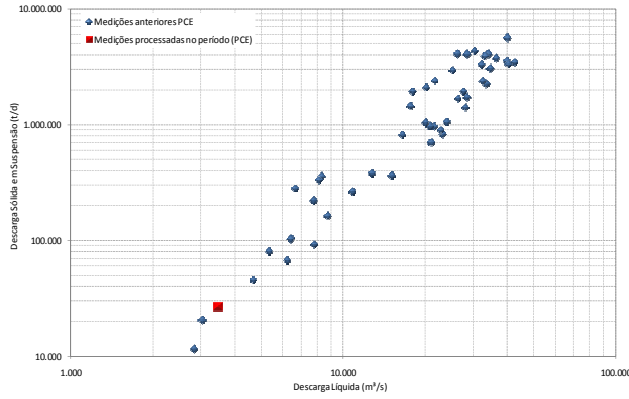
**Tabela 3.4.  
Descargas Sólidas Calculadas em Novembro de 2011**

	<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	06/09/11	08/09/11	12/09/11	14/09/11	16/09/11	20/10/11
Descarga Sólida Total	06/09/11	08/09/11	12/09/11	14/09/11	16/09/11	20/10/11

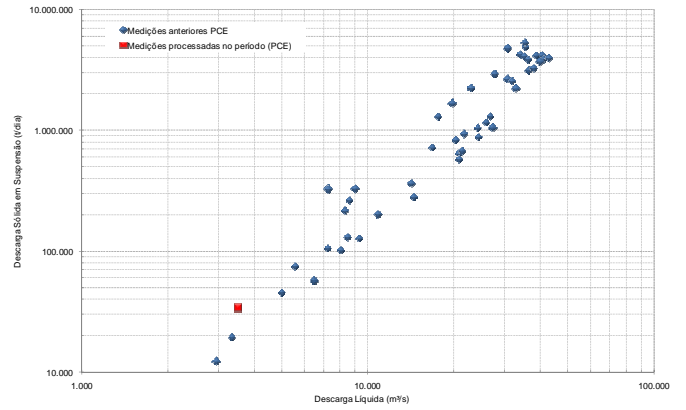
Para o cálculo da descarga sólida total de Abunã do dia 06/09/11, foi utilizada a granulometria da amostra do leito do dia 05/08/2011, pois a amostra do referido dia foi perdida no desabamento do teto do laboratório.

**Figura 3.3.**  
**Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão**

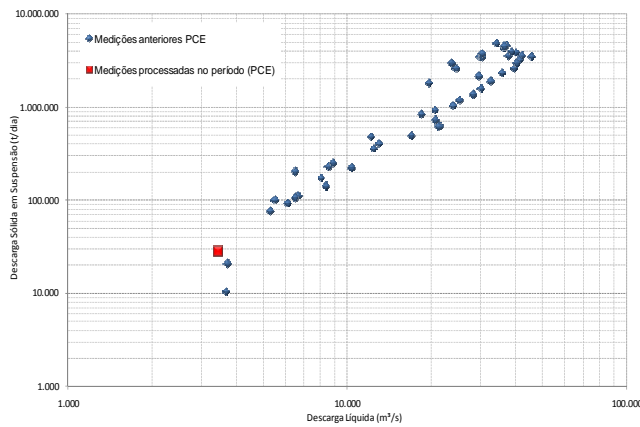
Abunã



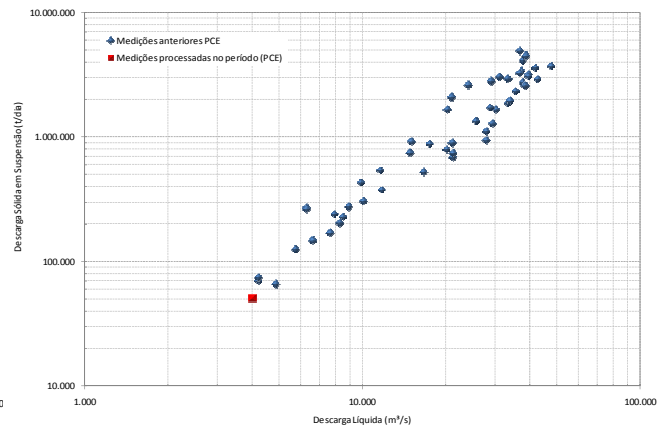
Jusante do Caldeirão do Inferno



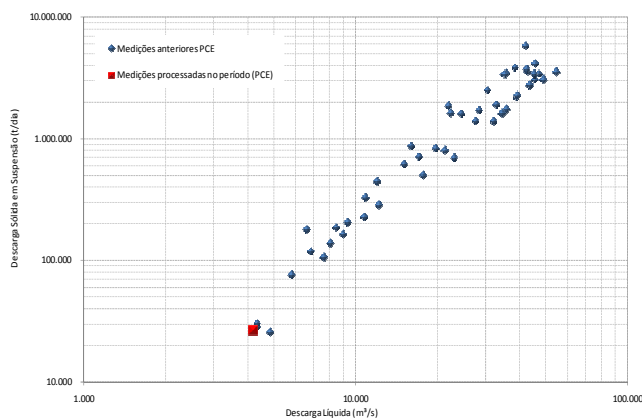
Porto Velho



São Carlos



Humaitá



Montante Jaciparaná

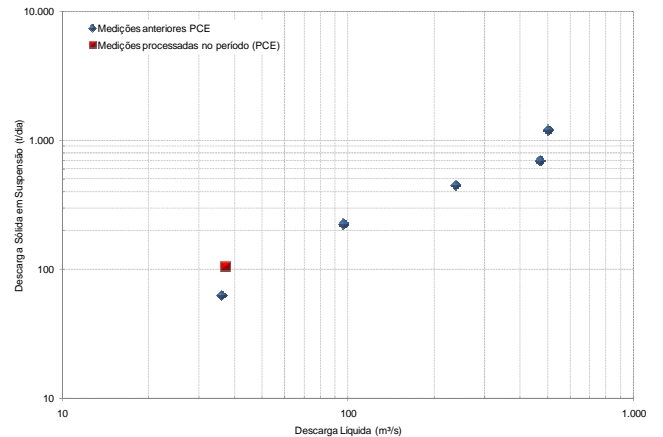
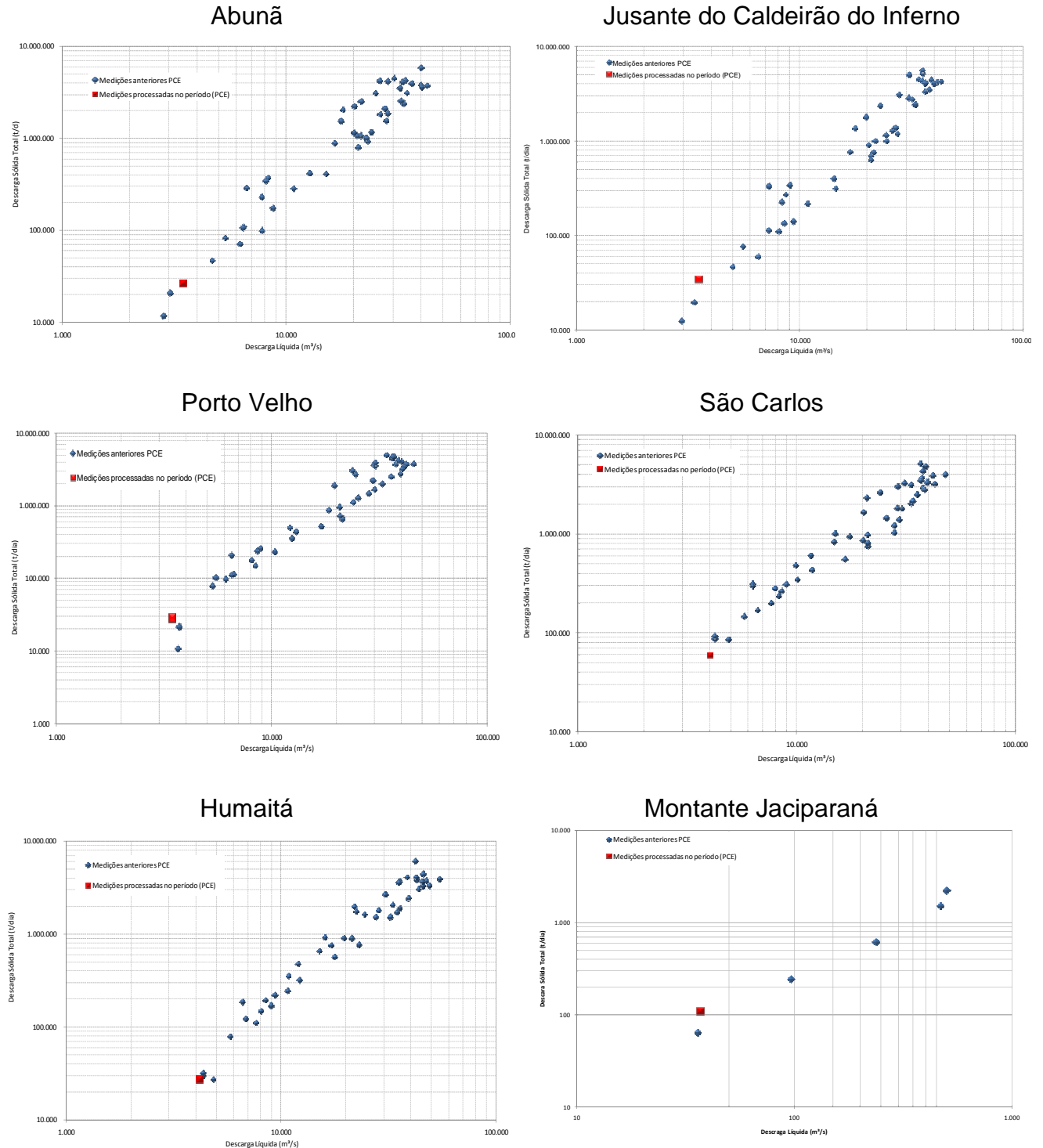


Figura 3.4.  
Curvas-chave de Descarga Sólida Total





### 3.3. ANÁLISES LABORATORIAIS

No período deste relatório, foram finalizadas 1 análise de sedimentos em suspensão (amostragem integrada), 5 análises de sedimentos em suspensão (amostragem na superfície) e 5 análises de sedimentos do leito, listadas a seguir, na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5.**  
**Análises Laboratoriais Realizadas em Novembro de 2011**

	<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	-	-	-	-	-	20/10/11
Concentração na Superfície	18/10/11	21/10/11	25/10/11	27/10/11	30/10/11	-
Sedimentos do Leito	18/10/11	08/09/11 21/10/11	25/10/11	-	-	20/10/11

As análises de suspensão do mês de outubro apresentam elevada concentração de sedimentos pelo que as granulometrias das mesmas devem ser analisadas pelo método da pipetagem. Para este método é necessária a utilização de um tanque com temperatura controlada, que ainda não foi re-instalado nas novas instalações do laboratório de sedimentos. Por tanto, essas análises estão armazenadas e serão finalizadas no mês de dezembro, quando da conclusão das obras do novo laboratório.

#### 3.3.1. Re-Instalação do Laboratório de Sedimentos

No dia 13 de setembro a localidade de Porto Velho foi atingida por uma tempestade com fortes ventos. O vendaval suspendeu o telhado e o forro das instalações do laboratório de hidrossedimentologia da PCE, provocando a inundação das instalações e paralisação temporária das atividades em andamento.

Nos mês de outubro, o laboratório já estava novamente em operação nas instalações provisórias, enquanto são executadas as obras de instalação do novo laboratório. Em novembro foram finalizadas as bancadas e as instalações elétricas (Figura 3.5.) e a mudança definitiva e re-instalação de todos os equipamentos acontecerão em dezembro.

**Figura 3.5.**  
**Instalações do Novo Laboratório de Sedimentos**



### 3.4. OUTROS MONITORAMENTOS

#### 3.4.1. Contagem de Troncos

Entre os dias 7 e 11 de novembro de 2011, foi realizada a campanha de contagem de troncos na seção de controle de Porto Velho (a jusante da régua R7), visando estimar a quantidade de troncos transportados pelo Rio Madeira na superfície. O resumo dos dados coletados encontra-se na Tabela 3.7.

**Tabela 3.7.**  
**Campanha de Contagem de Troncos Realizada em Novembro de 2011**

Campanha	Data	Cota Início	Cota Fim	<i>Margem Direita</i>				<i>Margem Esquerda</i>			
				Quantidade				Quantidade			
				Peq.	Médio	Grande	Total	Peq.	Médio	Grande	Total
<b>PORTO VELHO</b>											
42ª Campanha	7-nov-11	4,26	4,27	25	0	0	25	160	1	0	161
	8-nov-11	4,02	3,90	42	1	0	43	105	0	0	105
	9-nov-11	4,57	4,58	29	0	0	29	88	0	0	88
	10-nov-11	4,47	4,45	42	0	0	42	64	0	0	64
	11-nov-11	4,37	4,12	26	0	0	26	66	0	0	66

### **3.5. BANCO DE DADOS HIDROSSEDIMENTOMÉTRICOS**

O banco de dados hidrossedimentométricos do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio (2ª Etapa) 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 Resolução N° 465, de 11 de Agosto de 2008, da Agência Nacional de Águas (ANA).

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. Ainda não houve um novo contato de parte desta Agência Reguladora.