

# UHE SANTO ANTÔNIO



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

**CONSOLIDAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS  
HIDROSEDIMENTOLÓGICOS DO RIO MADEIRA  
– JANEIRO DE 2008 A ABRIL DE 2013 –**

**RELATÓRIO PARCIAL – R5**

**PJ0865-X-H41-GR-RL-0003-0A**

**SETEMBRO/2013**

## UHE SANTO ANTÔNIO

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

CONSOLIDAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS  
HIDROSSEDIMENTOLÓGICOS DO RIO MADEIRA  
– JANEIRO DE 2008 A ABRIL DE 2013–

RELATÓRIO PARCIAL – R5

PJ0865-X-H41-GR-RL-0003-0A

SETEMBRO/2013

0A	09/09/2013	EMISSÃO INICIAL	FBM / NBF	MAS	EFM
REV.	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	VISTO	APROV.

<b>ÍNDICE</b>		<i>Página</i>
<i>Item</i>	<i>Assunto</i>	
<b>1.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b>	1
<b>2.</b>	<b>DADOS UTILIZADOS</b>	5
<b>3.</b>	<b>SERVIÇOS DE CAMPO E LABORATÓRIO</b>	13
3.1.	INSTALAÇÕES DO ESCRITÓRIO, LABORATÓRIO E SALAS DE HIDROMETRIA	14
3.2.	CONTRATAÇÃO DE PESSOAL	15
3.3.	EQUIPAMENTOS DE HIDROSSEDIMENTOMETRIA	15
3.4.	INSTRUMENTAL PARA O LABORATÓRIO DE SEDIMENTOMETRIA	15
3.5.	VIATURAS E EMBARCAÇÕES	16
<b>4.</b>	<b>PROCEDIMENTOS E CONSISTÊNCIA DE DADOS</b>	18
4.1.	<b>OPERAÇÃO DAS ESTAÇÕES</b>	19
4.1.1.	<u>Leitura de Níveis d'água</u>	19
4.1.2.	<u>Medição e Cálculo da Descarga Líquida com Molinete Hidrométrico</u>	19
4.1.3.	<u>Medição da Descarga Líquida com ADCP</u>	20
4.1.4.	<u>Medição da Descarga Sólida em Suspensão</u>	20
4.1.5.	<u>Medição de Sedimentos do Leito</u>	23
4.1.6.	<u>Determinação da Descarga Sólida em Suspensão</u>	23
4.1.7.	<u>Determinação da Descarga Sólida Total</u>	24
4.1.8.	<u>Distribuição Granulométrica do Material do Leito</u>	25
4.2.	<b>ANÁLISES DE LABORATÓRIO</b>	26
4.3.	<b>CONSISTÊNCIA DE DADOS</b>	26
4.3.1.	<u>Leitura de Níveis d'água</u>	26
4.3.2.	<u>Medição da Descarga Líquida</u>	30
4.3.3.	<u>Medição da Descarga Sólida</u>	31
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA</b>	32
5.1.	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA UHE SANTO ANTÔNIO ABUNÃ	34
5.2.	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA JUSANTE CALDEIRÃO DO INFERNO	37
5.3.	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA UHE SANTO ANTÔNIO PORTO VELHO	41
5.4.	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA SÃO CARLOS	45
5.5.	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA UHE SANTO ANTÔNIO HUMAITÁ	49
5.6.	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA JACIPARANÁ - VILA	52
5.7.	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA MONTANTE JACIPARANÁ	53
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA SÓLIDA</b>	54
6.1.	<b>RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS</b>	55
6.1.1.	<u>Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito</u>	55
6.1.2.	<u>Análises do Sedimento em Suspensão na Superfície do Escoamento</u>	72
6.1.3.	<u>Análises do Sedimento em Suspensão das Amostras Pontuais</u>	75

<b>6.2.</b>	<b>RESULTADOS DOS CÁLCULOS DE DESCARGA SÓLIDA</b>	<b>79</b>
<b>7.</b>	<b>ESTUDOS HIDROSSEDIMENTOLÓGICOS BÁSICOS</b>	<b>95</b>
<b>7.1.</b>	<b>CURVAS-CHAVE DE DESCARGA LÍQUIDA</b>	<b>96</b>
7.1.1.	<u>Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Abunã</u>	96
7.1.2.	<u>Estação Fluviométrica Jusante Caldeirão do Inferno</u>	98
7.1.3.	<u>Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Porto Velho</u>	100
7.1.4.	<u>Estação Fluviométrica São Carlos</u>	101
7.1.5.	<u>Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Humaitá</u>	103
7.1.6.	<u>Estação Fluviométrica Jaciparaná - Vila</u>	105
7.1.7.	<u>Estação Fluviométrica Montante Jaciparaná</u>	106
<b>7.2.</b>	<b>CURVAS-CHAVE DE DESCARGA SÓLIDA</b>	<b>108</b>
7.2.1.	<u>Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Abunã</u>	109
7.2.2.	<u>Estação Fluviométrica Jusante Caldeirão do Inferno</u>	111
7.2.3.	<u>Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Porto Velho</u>	112
7.2.4.	<u>Estação Fluviométrica São Carlos</u>	114
7.2.5.	<u>Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Humaitá</u>	115
7.2.6.	<u>Estação Fluviométrica Jaciparaná - Vila</u>	117
7.2.7.	<u>Estação Fluviométrica Montante Jaciparaná</u>	118
<b>7.3.</b>	<b>AVALIAÇÃO DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA E SÓLIDA ANTES E DEPOIS DO ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO</b>	<b>120</b>
<b>7.4.</b>	<b>SÉRIES DE DESCARGAS SÓLIDAS</b>	<b>126</b>
<b>7.5.</b>	<b>GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E DO LEITO</b>	<b>138</b>
<b>7.6.</b>	<b>ANÁLISE DO CONTEÚDO DE AREIA NA DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO</b>	<b>142</b>
<b>7.7.</b>	<b>CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA SUPERFÍCIE DO ESCOAMENTO</b>	<b>143</b>
<b>7.8.</b>	<b>DETALHAMENTO DAS CURVAS DE DESCARGA SÓLIDA</b>	<b>146</b>
7.8.1.	<u>Caracterização das Curvas-chave de Sedimentos por Faixa Granulométrica</u>	146
7.8.2.	<u>Caracterização dos Períodos de Enchente e Vazante nas Curvas de Descarga Sólida</u>	148
7.8.3.	<u>Avaliação Comparativa das Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão</u>	153
<b>7.9.</b>	<b>CURVA DE PERMANÊNCIA DA DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO</b>	<b>154</b>
<b>7.10.</b>	<b>AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MOLINETES E ADCP DURANTE AS MEDIÇÕES DE VAZÃO</b>	<b>156</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>159</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>162</b>
<b>ANEXO I – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO</b>		
<b>ANEXO II – DADOS DE LEITURAS DE RÉGUA E DOS SENSORES DE NÍVEL DAS ESTAÇÕES</b>		

## **1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Reservatório da UHE Santo Antônio, em andamento desde janeiro de 2008, teve início efetivo com a 1ª Etapa, objeto de contrato firmado entre a Santo Antônio Energia e a PCE – Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda. em 15 de janeiro de 2009, com vigência inicialmente até 31 de janeiro de 2010, prorrogada para 30 de abril de 2010.

Essa etapa teve continuidade com a 2ª Etapa, cujo contrato firmado em 25 de maio de 2010, expirou em 24 de outubro de 2011 e foi aditado duas vezes, levando a execução dos serviços até 30 de abril de 2012.

A 3ª Etapa do Programa, que foi iniciada com o reservatório operando, teve contrato firmado em maio de 2012, com validade até abril de 2014.

As atividades contratadas se desenvolveram de acordo com o previsto nas propostas apresentadas pela PCE à Santo Antônio Energia, e que fazem parte dos respectivos contratos, que visaram atender às determinações do Projeto Básico Ambiental, das Licenças Ambientais emitidas pelo IBAMA, pela Outorga de Uso de Recursos Hídricos emitida pela ANA e pela Resolução Conjunta nº 3, emitida pela ANEEL e ANA.

As atividades 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

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, ANEEL/ANA.

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.

De acordo com o estabelecido nas atividades constantes no Projeto Básico da UHE Santo Antônio (Metas VI, VII e IX), vem sendo elaborados relatórios sobre consolidação e análise de consistência dos dados hidrossedimentométricos da bacia do rio Madeira obtidos nas fases anteriores dos estudos e, posteriormente, já no âmbito do Programa de Monitoramento, a partir de janeiro de 2008, contendo as principais análises para o estabelecimento de parâmetros hidrossedimentológicos do rio Madeira nas estações fluviométricas operadas pela PCE - Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda.

A fim de facilitar a consulta aos dados hidrossedimentológicos, os relatórios de consolidação vem incluindo sempre os dados referentes aos períodos anteriores, razão pela qual, o marco inicial é janeiro de 2008.

Até o momento, já foram emitidos os seguintes relatórios de consolidação:

- PJ0697-X-H41-GR-ED-102-0A - Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do Rio Madeira Sem Reservatório - Relatório Parcial - R3 - Junho/2008 - referente a dados até dezembro de 2007, anteriores ao Programa de Monitoramento;

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

---

- PJ0697-X-H41-GR-RL-003-0A - Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do Rio Madeira Sem Reservatório - Relatório Parcial - R5 - Dezembro/2009 - referente a dados de Janeiro de 2008 a Julho de 2009;
- PJ0697-X-H41-GR-RL-005-0A - Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do Rio Madeira Sem Reservatório - Relatório Final – R8 - Julho/2010 - referente a dados de Janeiro de 2008 a Abril de 2010;
- PJ0777-X-H41-GR-RL-005-0A - Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do Rio Madeira Sem Reservatório - Relatório Parcial – R5 - Maio/2011 - referente a dados de Janeiro de 2008 a Março de 2011;
- PJ0777-X-H41-GR-RL-0008-0A - Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do Rio Madeira Sem Reservatório - Relatório Final – R8 - Novembro/2011 - referente a dados de Janeiro de 2008 a Setembro de 2011;
- PJ0777-X-H41-GR-RL-0008-1A - Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do Rio Madeira Sem Reservatório - Relatório Final – R8 – Revisão - Novembro/2012 - referente a dados de Janeiro de 2008 a Janeiro de 2012;

O presente relatório apresenta a de consolidação e análise dos dados hidrossedimentológicos do rio Madeira, considerando as informações coletadas no período de Janeiro de 2008 a Abril de 2013.

## **2. DADOS UTILIZADOS**

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

---

No relatório PJ0697-X-H41-GR-ED-102-0A, emitido em Junho/2008, foi realizada a consolidação e análise dos dados hidrossedimentológicos do Rio Madeira na condição sem reservatório, considerando fundamentalmente os dados levantados na fase de Viabilidade.

Posteriormente, foram emitidos os relatórios PJ0697-X-H41-GR-RL-003-0A, em Dezembro/2009, e PJ0697-X-H41-GR-RL-005-0A, em Julho/2010, onde foi realizada, respectivamente, a consolidação parcial e final de todos os dados observados e das medições de descargas líquidas e sólidas realizadas no âmbito do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio, cuja 1ª etapa foi iniciada em fevereiro de 2008 e concluída em 30 de abril de 2010.

Nos documentos mencionados foram considerados, basicamente, os dados hidrossedimentométricos disponíveis nas estações da rede hidrometeorológica operada hoje pela Agência Nacional de Águas (ANA), e anteriormente pelo extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), no rio Madeira em Porto Velho e Abunã e no rio Mamoré em Guajará-Mirim. Nestas estações foram realizadas medições complementares de descargas líquidas, sólidas em suspensão e coletas de material do leito pelo Consórcio Eletrobrás Furnas / Construtora Norberto Odebrecht (FURNAS/CNO), no âmbito dos estudos dos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau, e a partir de 2008 pela empresa PCE.

A 2ª etapa do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio teve início em maio de 2010 com a celebração de novo contrato com a PCE. Em Maio/2011 foi emitido o Relatório Parcial de análise e consolidação dos dados coletados, e em Novembro/2011 foi emitido o relatório de Consolidação e Análise Final dos dados observados e das medições de descargas líquidas e sólidas realizadas no período de Jan/2008 a Set/2011. Em novembro de 2012, uma revisão deste Relatório Final incluiu os dados coletados até janeiro de 2012, caracterizando assim o encerramento do Primeiro Termo Aditivo para a 2ª Etapa do Programa de Levantamento e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira.

Na 3ª Etapa do Programa foi dada a continuidade aos estudos e relatórios desenvolvidos até o momento, atendendo ao estabelecido no Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico. Neste relatório são levados em consideração os dados de leituras de réguas e de medições de descargas líquidas e sólidas nas estações que compõem a Rede Fluviométrica Básica e Rede Fluviométrica Complementar, listadas, respectivamente, na Tabela 2.1. e Tabela 2.2. Nestas tabelas se descreve o tipo de estação, as coordenadas de localização, a cota do zero da régua e o período com dados disponíveis, entre outras informações.

As estações UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá foram implantadas pela PCE no âmbito do Programa de Monitoramento e começaram a operar em março/2009, entretanto, aos efeitos de caracterizar a dinâmica hidrossedimentológica do rio Madeira nestes locais foram também utilizadas as leituras diárias das réguas das estações da ANA, denominadas Abunã, Porto Velho e Humaitá. Por este motivo, nestas três estações, o intervalo de disponibilidade de dados inicia há varias décadas, em Fevereiro/1976, Abril/1967 e Janeiro/1972, respectivamente.

O mapa com a localização de todas as estações fluviométricas apresenta-se no desenho PJ0865-Z-H41-GR-DE-0004-0A, no ANEXO I.

A Rede Fluviométrica Complementar está composta por estações instaladas em pontos notáveis do rio Madeira (entre a confluência dos rios Beni e Mamoré até a localidade de Humaitá) e do rio Jaciparaná, com os objetivos de subsidiar a modelagem hidrossedimentológica unidimensional e bidimensional, os estudos de remanso, a previsão de vazões e níveis da UHE e de modelagem física (modelo reduzido). Estão também incluídos os postos instalados para apoio aos trabalhos desenvolvidos no projeto executivo da UHE Santo Antônio.

A rede fluviométrica que já não está operando no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do rio Madeira se detalha na Tabela 2.3.

Cabe destacar que com o enchimento do reservatório as medições de descarga líquida e sólida que ocorriam na estação Jaciparana (Vila) foram suspensas. A partir de março de 2011 foi instalada no rio Jaciparaná uma nova estação fluviométrica denominada MONTANTE JACIPARANÁ, situada a 68 km da confluência com o rio Madeira (no limite da influência do remanso do reservatório da UHE Santo Antônio).

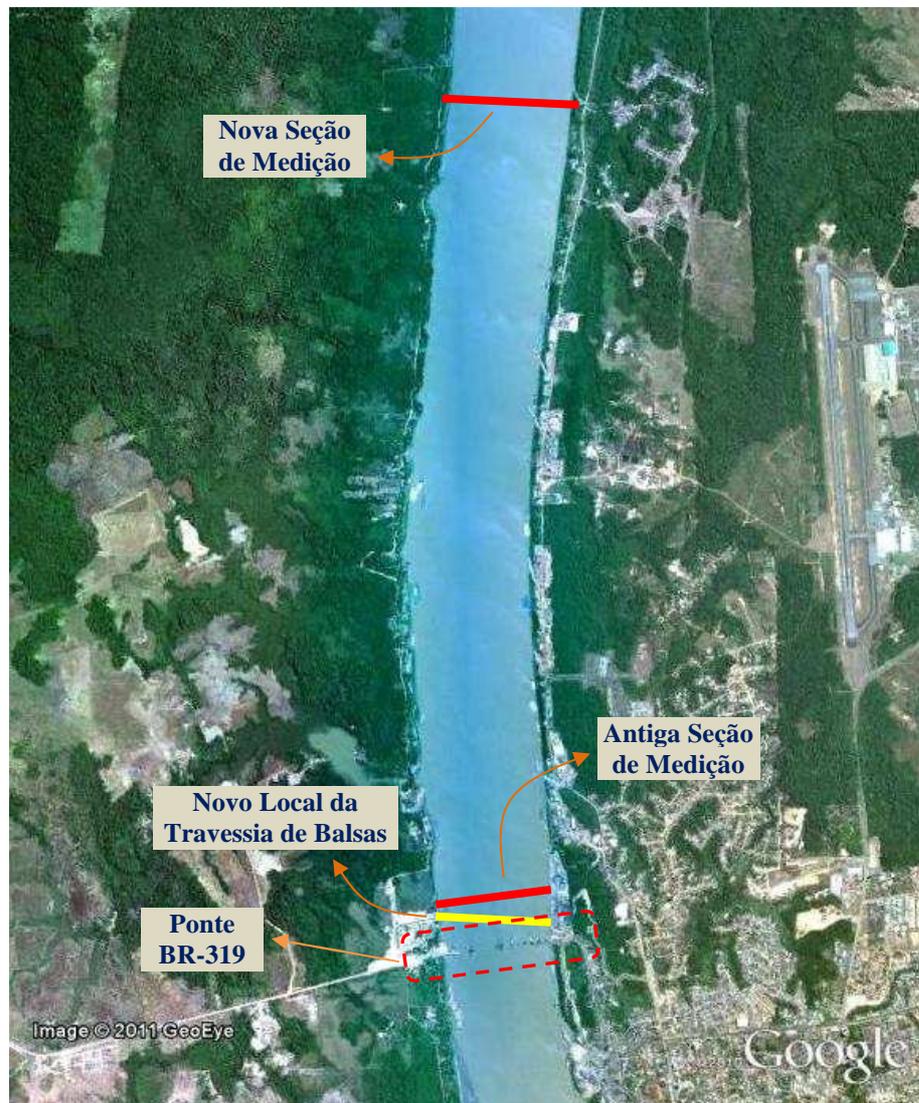
Se destaca que nas estações Jusante Caldeirão do Inferno e Montante Jaciparaná não está sendo realizada a leitura diária das réguas já que se carece de observador, na primeira das estações devido ao remanejamento dos ribeirinhos da área de influencia direta do reservatório da usina (a seção de réguas permanece instalada devido às medições frequentes de descarga líquida e sólida que a equipe de hidrometria da PCE realiza), e na segunda das estações devido a que não existem moradores nos arredores para assumir esta atividade. Não obstante, dado que estas estações carecem de observador, os dados de níveis d'água podem ser obtidos a partir das estações telemétricas instaladas nestes locais.

Na estação UHE Santo Antônio Montante, situada no espigão que separa o vertedouro da casa de força N° 2 (CF2), foi instalado em 12/11/2011 o sensor de nível que monitora a elevação do reservatório da usina. No mesmo local, as leituras de régua começaram 10 dias depois, em 22/11/2011, e se estenderam até 31/08/2012, quando a PCE transferiu a responsabilidade de operação da régua para a equipe de O&M da Santo Antônio Energia.

Também cabe aclarar que em setembro de 2010 a seção de medição de descargas líquidas e sólidas de Porto Velho foi deslocada em 5,1 km para jusante devido à construção da ponte da BR-319. Isto obrigou a deslocar a rota de travessias das balsas em aproximadamente 200 metros para jusante, coincidindo com a “antiga” seção de medição da PCE (Figura 2.1.).

Adicionalmente, levou-se em consideração que as obras executadas durante a construção da ponte poderiam alterar e mascarar os resultados de amostragem de sedimentos do Programa de Monitoramento. A nova seção de medição possui as seguintes coordenadas UTM (*datum* WGS 84): 9039444N / 399137E (na margem direita) e 9039519N / 398310E (na margem esquerda).

**Figura 2.1.**  
**Localização da Nova Seção de Medição em Porto Velho**



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

**Tabela 2.1.**  
**Rede Fluviométrica Básica do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira**

Nome da Estação	Rio	Tipo	Coordenadas UTM		Cota Zero (m)	Operador	Data da Instalação	Disponibilidade de Dados
			Norte (m)	Este (m)				
UHE Santo Antônio Abunã (❶/❷)	Madeira	PFDST	8.926.370	240.512	74,65	PCE	29/03/2009	17/02/1976 a 30/04/2013
Jusante Caldeirão do Inferno (❷)	Madeira	PFDST	8.982.304	323.362	54,23	PCE	31/07/2009	01/04/2009 a 30/04/2013
UHE Santo Antônio Porto Velho (❶/❷)	Madeira	PFDST	9.032.851	399.179	43,00	PCE	19/03/2009	10/04/1967 a 30/04/2013
São Carlos (❸)	Madeira	PFDST	9.066.528	444.077	38,56	PCE	19/09/2008	19/09/2008 a 30/04/2013
UHE Santo Antônio Humaitá (❶/❷)	Madeira	PFDST	9.170.426	497.816	24,65	PCE	27/03/2009	01/01/1972 a 30/04/2013
Montante Jaciparaná (❹)	Jaciparaná	PFDST	8.949.448	348.391	----	PCE	25/03/2011	25/03/2011 a 30/04/2013

**Observações:**

- ❶ Estação com réguas instaladas e/ou operadas por outras entidades, nas quais a PCE realiza medições de descargas líquida e sólida e possui rede telemétrica com leituras de nível.
- ❷ A cota do zero da régua foi corrigida a partir da correção altimétrica dos marcos do IBGE de Outubro/2009. O novo ajustamento altimétrico apresentado pelo IBGE em Junho/2011 ainda não foi incorporado.
- ❸ A cota do zero foi corrigida em Fev/2012 a partir de um novo nivelamento realizado com GPS (dupla frequência) pela AEROMAPA.
- ❹ Não há réguas instaladas no local. As medições são relacionadas ao nível d'água (NA) determinado a partir de marcos de referência.

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

Tabela 2.2.

Rede Fluviométrica Complementar em Operação do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira

Nome da Estação	Rio	Tipo	Coordenadas UTM		Cota Zero (m)	Operador	Data da Instalação	Disponibilidade de Dados
			Norte (m)	Este (m)				
Guajará Mirim (❶)	Mamoré	F	8805961	243326	109,29	ANA	---	08/08/1970 a 30/04/2013
Foz do Rio Jaciparaná (❷)	Madeira	F	8985020	349022	54,91	PCE	15/10/2008	15/10/2008 a 30/04/2013
Cach. do Morrinho Jusante (❷)	Madeira	F	9004736	372421	53,20	PCE	08/10/2008	08/10/2008 a 30/04/2013
Cach. Teotônio Montante (❷)	Madeira	F	9020215	383057	52,07	PCE	12/09/2008	12/09/2008 a 30/04/2013
UHE Santo Antônio Montante (❷)	Madeira	PFT	9027666	395110	0,00	PCE	12/11/2011	12/11/2011 a 30/04/2013
UHE Santo Antonio Jus R7 (❷)	Madeira	FT	9029102	397739	42,89	PCE	05/09/2008	05/09/2008 a 30/04/2013
Cujubim (❸)	Madeira	F	9050760	418771	42,04	PCE	17/09/2008	17/09/2008 a 30/04/2013
Nazaré (❸)	Madeira	F	9096634	463133	33,07	PCE	29/09/2011	29/09/2011 a 30/04/2013
Papagaio (❶)	Madeira	PFT	9095804	490024	29,67	PCE/AHIMOC	22/09/2008	22/09/2008 a 30/04/2013
Calama (❸)	Madeira	F	9112208	513412	30,26	PCE	30/09/2011	30/09/2011 a 30/04/2013
Jaciparaná (vila) (❷)	Jaciparaná	PFT	8.975.978	346.143	62,87	PCE	16/10/2008	16/10/2008 a 30/04/2013

**Observações:**

❶ Estação com réguas instaladas e/ou operadas por outras entidades.

❷ A cota do zero da régua foi corrigida a partir da correção altimétrica dos marcos do IBGE de Outubro/2009. O novo ajustamento altimétrico apresentado pelo IBGE em Junho/2011 ainda não foi incorporado.

❸ A cota do zero foi corrigida em Fev/2012 a partir de um novo nivelamento realizado com GPS (dupla frequência) pela AEROMAPA.

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

**Tabela 2.3.**  
**Rede Fluviométrica Desativada do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira**

Nome da Estação	Rio	Tipo	Coordenadas UTM		Cota Zero (m)	Operador	Disponibilidade de Dados
			Norte (m)	Este (m)			
Jus. Cachoeira Madeira II	Madeira	F	8855660	242007	---	PCE	16/11/2011 a 31/07/2012
Cachoeira Jirau Jusante	Madeira	F	8969207	312225	---	PCE	22/10/2008 a 23/04/2009
Cach. Cald. Inferno Montante	Madeira	F	8974232	315586	---	PCE	21/10/2008 a 23/04/2009
Cach. Cald. Inferno Jusante	Madeira	F	8976242	319427	---	PCE	17/10/2008 a 24/04/2009
Cach. do Morrinho Montante (❷)	Madeira	F	9002670	366277	54,00	PCE	12/10/2008 a 31/05/2011
Pedral Jusante (❶)	Madeira	F	9008470	382182	52,81	PCE	11/10/2008 a 12/08/2010
Cach. Teotônio Montante II (❶)	Madeira	F	9016308	380769	51,02	PCE	14/10/2008 a 13/09/2010
Cachoeira Teotônio Jusante (❷)	Madeira	F	9020227	383346	42,35	PCE	11/09/2008 a 30/09/2011
Régua 4 (❷)	Madeira	F	9024456	392343	40,52	PCE	08/09/2008 a 30/09/2011
Régua 11 (❷)	Madeira	F	9026028	393071	39,46	PCE	02/11/2008 a 30/09/2011
Régua 1 (❷)	Madeira	F	9027361	392594	43,06	PCE	05/09/2008 a 31/07/2012
Régua 10 (❷)	Madeira	F	9026852	393964	39,46	PCE	14/01/2009 a 30/09/2011
Régua 5 (❷)	Madeira	F	9027542	394572	40,40	PCE	05/09/2008 a 30/09/2009
Régua 9 (❷)	Madeira	F	9026334	395002	38,92	PCE	02/11/2008 a 21/11/2011
Régua 6 (❷)	Madeira	F	9027243	395260	40,66	PCE	02/09/2008 a 10/08/2009
Régua 2 (❷)	Madeira	F	9027543	395890	41,22	PCE	01/09/2008 a 22/07/2009
Régua 3 (❷)	Madeira	F	9026506	396292	40,28	PCE	03/09/2008 a 16/01/2012
Régua 8 (❷)	Madeira	F	9027152	396953	39,53	PCE	01/11/2008 a 16/01/2012

**Observações:**

❶ A determinação da cota do zero da régua é precária, precisando de uma avaliação mais acurada.

❷ A cota do zero da régua foi corrigida a partir da correção altimétrica dos marcos do IBGE de Outubro/2009. O novo ajustamento altimétrico apresentado pelo IBGE em Junho/2011 não foi incorporado.

A Tabela 2.4., a seguir, apresenta um resumo das medições realizadas nas estações que compõem a Rede Fluviométrica Básica, no período de março de 2009 a abril de 2013. Neste sentido, a tabela quantifica o número de medições de descarga líquida (molinete e ADCP) e descarga sólida (sedimento em suspensão e do leito) realizadas no contexto do Programa de Monitoramento do Rio Madeira (1ª, 2ª e 3ª Etapas).

**Tabela 2.4.**  
**Medições de Descarga Líquida e Sólida Realizadas no Contexto do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira**

Nome da Estação	Molinete	ADCP	Amostra de Suspensão	Amostra do Leito
UHE Santo Antônio Abunã	32	43	67	61
Jusante Caldeirão do Inferno	73	46	76	70
UHE Santo Antônio Porto Velho	74	61	77	72
São Carlos	71	49	77	72
UHE Santo Antônio Humaitá	37	48	76	70
Jaciparaná (vila)	21	---	22	19
Montante Jaciparaná	74	---	15	17
<b>TOTAL</b>	<b>382</b>	<b>247</b>	<b>320</b>	<b>289</b>

Em relação à rede telemétrica da UHE Santo Antônio se destaca que sua instalação foi iniciada em fevereiro de 2011, estando composta por 10 estações fluviométricas e 8 estações pluviométricas. A operação da rede foi responsabilidade da PCE até setembro de 2012, em contrato firmado com a SAE em 21/06/2010, estendido nos Termos Aditivos celebrados em 11/04/12 e 03/08/12. Conforme Ata de Reunião nº S-A-E-AR-143/11, de 12 de setembro de 2012, a operação da rede telemétrica foi transferida para a equipe de O&M da Santo Antônio Energia durante a segunda quinzena do mês de setembro. Assim, os dados telemétricos das diferentes estações consistidos no âmbito da 3ª Etapa do Programa finalizam em setembro de 2012, conforme se observa na Tabela 2.5.

**Tabela 2.5.**  
**Período de Operação das Estações Telemétricas no Contexto do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira**

Estação	Período de Operação
UHE Santo Antônio Abunã	23/02/2011 a 30/09/2012
Jusante Caldeirão do Inferno	24/02/2011 a 30/09/2012
Montante Jaciparaná	26/02/2011 a 30/09/2012
Jaciparaná (vila)	24/02/2011 a 30/09/2012
UHE Santo Antônio Montante	12/11/2011 a 30/09/2012
UHE Santo Antônio Jusante R7	22/02/2011 a 30/09/2012
UHE Santo Antônio Porto Velho	26/09/2011 a 30/09/2012
São Carlos	23/02/2011 a 30/09/2012
Papagaio	24/02/2011 a 30/09/2012
UHE Santo Antônio Humaitá	25/02/2011 a 30/09/2012

### **3. SERVIÇOS DE CAMPO E LABORATÓRIO**

Para a realização sistemática dos serviços de operação da Rede Fluviométrica Básica e Complementar no âmbito do Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio, incluindo os relativos às medições de descargas líquidas e sólidas, cálculos e análises sedimentométricas em laboratório, foi implantada em maio de 2008 uma Filial da PCE – Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda. em Porto Velho. A mesma foi projetada de forma a atender as necessidades técnicas e administrativas dos serviços em andamento, de acordo com os itens a seguir.

### **3.1. INSTALAÇÕES DO ESCRITÓRIO, LABORATÓRIO E SALAS DE HIDROMETRIA**

- Reforma, ampliação e adequação das instalações imóveis de Porto Velho para as funções a que se destinam;
- Instalação de escritório técnico-administrativo, composto de salas de hidrometria, laboratório de sedimentometria, sala de reuniões, depósito e copa;
- Aquisição e instalação de equipamentos, móveis e utensílios, telefonia e internet.

Durante o mês de setembro de 2011 a cidade de Porto Velho foi atingida por uma forte tempestade que arrancou o telhado, derrubou o forro das instalações do laboratório de hidrossedimentologia e comprometeu parte da obra civil do laboratório. Esta situação levou à decisão de construir um novo laboratório, inaugurado em dezembro de 2011, conforme visto na Figura 3.1. e Figura 3.2.

**Figura 3.1.**

#### **Sala de Recepção de Amostras do Novo Laboratório de Hidrossedimentologia**



**Figura 3.2.**  
**Instalações do Novo Laboratório de Análise de Sedimentos**



### 3.2. CONTRATAÇÃO DE PESSOAL

A equipe sediada em Porto Velho, vinculada ao Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira, está composta de 14 pessoas, distribuídas da seguinte forma:

- Um técnico especializado em hidrometria para a supervisão técnica dos trabalhos de campo;
- Dois hidrometristas, dois auxiliares de hidrometrista e um ajudante de hidrometrista para realização de levantamentos e medições de campo;
- Três profissionais para apoio de campo, sendo dois barqueiros e um motorista;
- Três laboratoristas para os serviços do laboratório de sedimentometria;
- Duas pessoas para apoio das atividades do escritório, sendo 1 administrativo e 1 servente.

### 3.3. EQUIPAMENTOS DE HIDROSSEDIMENTOMETRIA

Aquisição de instrumentos e equipamentos para os serviços de levantamentos e medições de campo, entre os quais se destacam o ADCP WH Rio Grande 600 kHz, equipamentos de posicionamento GPS e DGPS, molinetes e guinchos fluviométricos (35m e 50m), lastros (30 kg e 50 kg), amostradores de sedimentos em suspensão e de sedimentos do leito, ecobatímetro digital BATHY 500-MF e software de processamento HyPack, medidor de concentração e granulometria a laser LISST-SL, níveis topográficos, régua limnimétrica, entre outros. A descrição detalhada destes equipamentos se encontra no Relatório de Consolidação e Análise de Dados – R5 (PJ 0697-X-H41-GR-RL-003-0A), emitido em Dezembro de 2009.

### 3.4. INSTRUMENTAL PARA O LABORATÓRIO DE SEDIMENTOMETRIA

Aquisição de instrumentos e materiais para o laboratório de sedimentometria, entre os que se destacam diversas balanças, estufas, bombas de vácuo, equipo de filtragem de amostras, tubos de sedimentação, tanque de pipetagem, agitador mecânico e jogos de

peneiras, frascos para coletas de amostras, vidraçarias e acessórios diversos, totalizando mais de 500 itens. A descrição detalhada deste instrumental se encontra no Relatório de Consolidação e Análise de Dados – R5 (PJ 0697-X-H41-GR-RL-003-0A), emitido em Dezembro de 2009.

### 3.5. VIATURAS E EMBARCAÇÕES

Para o desenvolvimento das atividades de campo foi necessária a aquisição de 2 (dois) pick-up Mitsubishi, modelo L200 GLS 4x4) e 3 barcos de alumínio com motor.

A seguir se observam alguns dos equipamentos de hidrossedimentometria adquiridos, além das viaturas e embarcações utilizadas durante os serviços (Figura 3.4.).

**Figura 3.4.  
Equipamentos, Viaturas e Embarcações Adquiridos para os Serviços de Campo do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico**



Barco com capota



Molinete hidrométrico e lastro



Veículo e carreta rodoviária



Veículos e acampamento durante os trabalhos de hidrometria

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



ADCP



Ecobatímetro e DGPS



Antena para DGPS

## **4. PROCEDIMENTOS E CONSISTÊNCIA DOS DADOS**

#### 4.1. OPERAÇÃO DAS ESTAÇÕES

A operação das estações hidrométricas obedeceu às Normas Hidrológicas de 1970 do extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE, 1970), ao Guia de Práticas Sedimentométricas publicado pela ANEEL (Carvalho *et al.*, 2000) e às orientações da Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 03, de 10 de agosto de 2010, presentes no documento “Orientações para operações das Estações Hidrométricas”. Essas normas estão de acordo com as regras emitidas por entidades internacionais como a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS – United States Geological Survey) e o Comitê Internacional de Grandes Barragens (ICOLD - International Committee on Large Dam).

A operação das estações incluiu leituras de nível d’água obtidas nas réguas, manutenção preventiva/corretiva e coleta de dados das estações telemétricas, medições de descarga líquida e sólida, nivelamento das réguas, manutenção dos equipamentos das estações, limpeza da seção transversal e outras providências.

A seguir são descritas sucintamente as metodologias empregadas nas principais atividades de monitoramento.

##### 4.1.1. Leitura de Níveis d’água

A leitura de nível d’água nas réguas é realizada por um observador local, devidamente treinado, diariamente às 7h e às 17h. As anotações são realizadas em cadernetas recolhidas pelo hidrometrista a cada visita à estação ou, excepcionalmente, a cada fim de mês. Nesta oportunidade são executados os serviços de manutenção da estação, com limpeza do local, reinstalação de lances de régua e nivelamento das réguas.

Nas estações telemétricas a leitura do nível d’água ocorre a cada 15 minutos, e a transmissão dessas informações de hora em hora através do sistema de transmissão de dados via satélite GOES.

A manutenção preventiva das estações telemétricas teve frequência bimestral (até setembro/2012), com limpeza das instalações, nivelamento das réguas instaladas no local e conferência dos níveis entre o sensor de nível da estação e a régua. As manutenções corretivas são executadas conforme a necessidade.

##### 4.1.2. Medição e Cálculo da Descarga Líquida com Molinete Hidrométrico

As medições de descarga líquida com o uso de molinete resultam demoradas e complexas, além de perigosas. Por este motivo foram adotadas diferentes estratégias de medição para os diferentes períodos do ano hidrológico. Nos períodos de estiagem as medições foram realizadas com o barco ancorado, considerando 20 verticais e 6 (seis) pontos por vertical (superfície, fundo, 20%, 40%, 60%, 80%). Na medida em que o rio começa a aumentar o nível, as medições passam a ser realizadas em três pontos por vertical: a 20%, 60% e 80 % da profundidade total.

Durante o período de pico da cheia, quando acontecem elevadas velocidades da corrente e grande passagem de troncos de madeira flutuantes e submersos, a velocidade é medida em somente um ponto na vertical, a 60% da profundidade total. A quantidade de verticais é mantida durante o ano todo, independentemente do período de águas altas ou águas baixas.

A descarga líquida é calculada através do método da meia seção no escritório no Rio de Janeiro, por meio de programa computacional. Além deste procedimento, a equipe de hidrometria da filial Porto Velho é também orientada a calcular a medição, de forma a maximizar a precisão dos resultados e verificar possíveis erros de digitação.

#### 4.1.3. Medição da Descarga Líquida com ADCP

De forma concomitante às medições de descarga líquida com molinete hidrométrico está sendo utilizado um medidor acústico de efeito Doppler, comumente denominado ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). O equipamento da serie *WorkHorse* da *RDI Instruments®*, com frequência de 600 kHz, é especificado para operar em rios com grandes profundidades, e mede a velocidade instantânea da corrente a partir de um dispositivo que pode ser montado em um barco ou lancha (RDI, 2003).

Para evitar interferências magnéticas com a bússola do equipamento, o barco utilizado é de alumínio e o suporte do equipamento também foi construído, na maior parte, em alumínio. Adicionalmente, no momento de realizar as medições, é inserida uma correção local da variação magnética no arquivo de configuração.

As medições de descarga líquida com o uso de ADCP são normalmente realizadas a partir de 3 ou mais travessias, com o uso de um equipamento de posicionamento via satélite acoplado (GPS). Dadas as condições particulares do rio Madeira, com elevadas velocidades da corrente e alta carga de sedimentos em suspensão, utiliza-se preferencialmente um GPS com correção diferencial (sinal OMNISTAR), além de um ecobatímetro, de forma a evitar os problemas de fundo móvel.

#### 4.1.4. Medição da Descarga Sólida em Suspensão

A realização de medições diretas da carga de sedimentos do leito no rio Madeira não foi possível devido às grandes profundidades e altas velocidades verificadas. Em vista disso foi estabelecido que as medições de descarga sólida fossem feitas pelo método indireto, que consiste em fazer amostragens integradas dos sedimentos em suspensão e amostragem dos sedimentos do leito, analisar as amostras para determinação da concentração e da granulometria dos sedimentos em suspensão e granulometria dos sedimentos do leito. Os resultados finais da descarga sólida são obtidos por cálculos através de fórmulas conhecidas e de uso tradicional, contando para isto com a medição da descarga líquida instantânea no momento da amostragem.

A coleta das amostras integradas dos sedimentos em suspensão foi realizada com o amostrador de saca, AMS-8 (Figura 4.1.), de fabricação nacional, que possibilita a obtenção da amostra em toda a vertical pelo método de integração na vertical. Já para a amostragem de sedimentos no rio Jaciparaná está sendo utilizado o amostrador de

sedimentos em suspensão D-49 (Figura 4.2.), que resulta mais apropriado para aquele curso de água.

Durante as medições foi utilizado o processo de igual incremento de largura (IIL), sendo 20 verticais para a medida da descarga líquida, entre 9 e 12 verticais para a amostragem de sedimentos em suspensão e 5 verticais para amostragem do material do leito. Após a coleta, todas as amostras foram etiquetadas com a data, nome do rio, do local, do processo de coleta, nome do hidrometrista e outras informações.

**Figura 4.1.**  
**Amostrador de Sedimento em Suspensão - Modelo AMS-8 (saca)**



**Figura 4.2.**  
**Amostrador de Sedimento em Suspensão - Modelo D-49**



Paralelamente ao procedimento de amostragem de sedimentos integrada na vertical, em dezembro de 2010 teve início a amostragem de sedimentos em suspensão na superfície do escoamento, nas estações fluviométricas do rio Madeira (UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, UHE Santo Antônio Porto Velho, São Carlos e UHE Santo Antônio Humaitá). 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 esta informação se pretende avaliar a correlação entre o fluxo de sedimentos médio na seção transversal e o fluxo de sedimentos na superfície do escoamento. Adicionalmente, este dado pode subsidiar estudos do transporte de sedimentos em suspensão a partir de imagens de satélite.

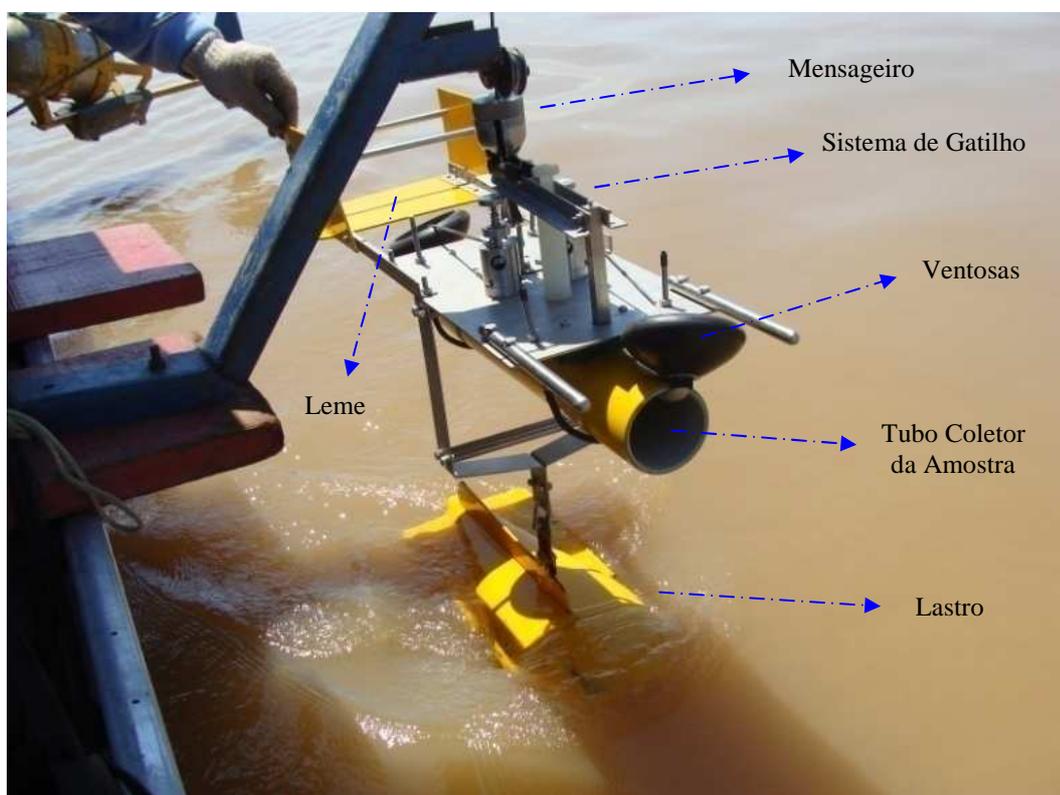
De acordo com o postulado no Projeto Básico Ambiental, no marco do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico seriam realizadas medições de descarga sólida através de amostragem pontual de sedimentos, com a finalidade de caracterizar a distribuição vertical de sedimentos em suspensão ao longo do estirão em estudo. Com este intuito estão sendo realizadas campanhas ao longo do ano hidrológico (enchente, pico da cheia, vazante e estiagem) nas estações Jusante Caldeirão do Inferno, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá, onde são coletadas 5 amostras de água ao longo de três verticais (localizadas a 25%, 50% e 75% da largura da seção transversal).

As primeiras tentativas de amostragem pontual ocorreram em novembro de 2009, quando foi utilizado um amostrador do tipo D-49 (modificado), fabricado pela empresa HIDROMECC. Com as pressões e as velocidades elevadas encontradas no rio Madeira, o sistema de vedação do equipamento evidenciou problemas e, ainda que o fabricante do equipamento realizou diversas modificações no desenho original do equipamento, o problema no sistema de vedação não foi solucionado.

Em virtude destes problemas, a PCE providenciou o desenvolvimento de um novo amostrador pontual de sedimentos, adaptado do modelo Callede, que apresenta um sistema de amostragem e armazenamento diferente. Este modelo de amostrador, de construção artesanal, vem sendo utilizado pela Agência Nacional de Águas nos principais rios da Amazônia.

Após diversas tentativas com vários protótipos de amostrador, envolvendo testes em piscinas e no rio Paraíba do Sul, em julho de 2011 começaram as campanhas de amostragem detalhada de sedimentos em suspensão do rio Madeira com o uso do novo amostrador pontual (Figura 4.3.).

**Figura 4.3.**  
**Amostrador Pontual de Sedimentos em Suspensão Desenvolvido no Âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira**



#### 4.1.5. Medição de Sedimentos do Leito

Segundo consta na literatura (Julien, 1995; Carvalho *et al.*, 2000), um dos equipamentos mais adequados para operar à grandes profundidades e com elevadas velocidades é o modelo US BM-54, do tipo de penetração vertical (Figura 4.4.). Nos trabalhos desenvolvidos pela PCE os sedimentos do leito foram coletados com este amostrador que possibilita obter uma amostra superficial do material que compõe o leito. Além deste amostrador, em algumas ocasiões especiais foi utilizado um outro tipo de amostrador, de construção simples, do tipo de raspagem horizontal (Figura 4.5.).

As amostras de cada vertical de material do leito foram acondicionadas em sacos plásticos, totalizando cerca de 2 kg de material. Todas as amostras foram etiquetadas com a data, nome do rio, local de amostragem, número da vertical, processo de coleta e outras informações, e encaminhadas para o laboratório.

As coordenadas dos locais de amostragem foram gravadas no GPS durante o procedimento de amostragem ou imediatamente após a finalização do mesmo, utilizando coordenadas UTM e *Datum* WGS 1984.

**Figura 4.4.**  
**Amostrador de Sedimentos do Leito**  
**Modelo US BM-54**



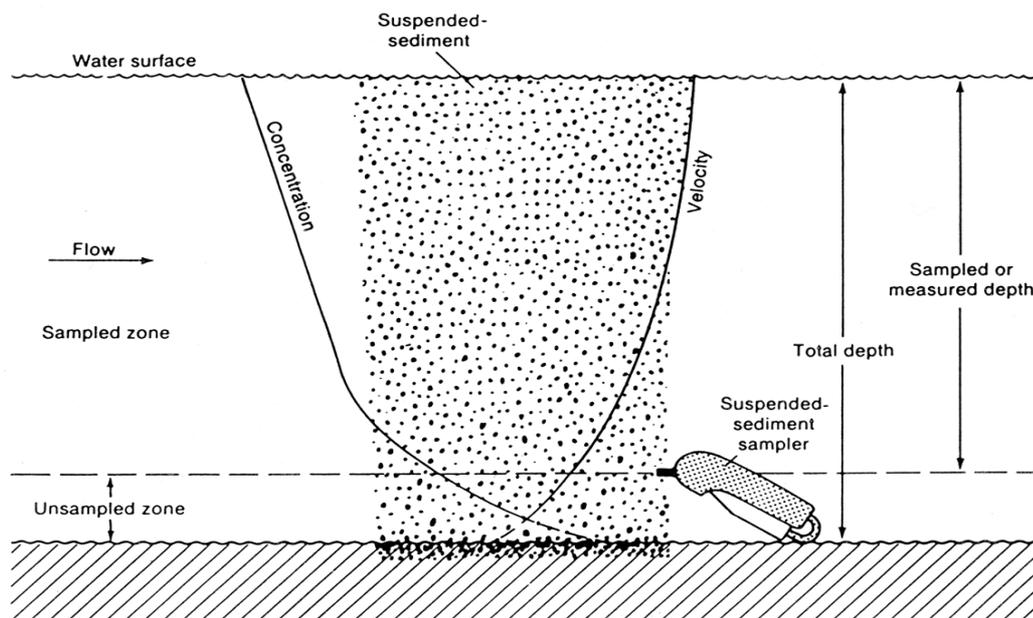
**Figura 4.5.**  
**Amostrador de Sedimentos do Leito do**  
**Tipo de Raspagem Horizontal**



#### 4.1.6. Determinação da Descarga Sólida em Suspensão

A descarga sólida em suspensão foi determinada a partir do procedimento de amostragem nas diversas verticais pelo método IIL (Igual Incremento de Largura). Durante o procedimento de amostragem o equipamento não alcança toda a profundidade do curso d'água, sendo que a descarga em suspensão não medida se localiza na camada entre o bico do amostrador e o fundo do rio, que normalmente compreende 0,3 a 0,4m, conforme se observa na Figura 4.6., podendo variar para outros modelos de amostrador.

**Figura 4.6.**  
**Desenho Esquemático das Regiões de Amostragem em um Curso d'Água em Relação ao Perfil Vertical de Velocidades e Concentrações (Edwards & Glysson, 1998)**



A descarga sólida em suspensão medida é calculada pela seguinte expressão:

$$Q_{ss} = 0,0864 \cdot Q \cdot C$$

sendo,

$Q_{ss}$  = descarga sólida em suspensão medida, em t/dia,

$Q$  = descarga líquida, em  $m^3/s$ ,

$C$  = concentração do sedimento em suspensão, em mg/l,

0,0864 = constante de transformação de unidades.

#### 4.1.7. Determinação da Descarga Sólida Total

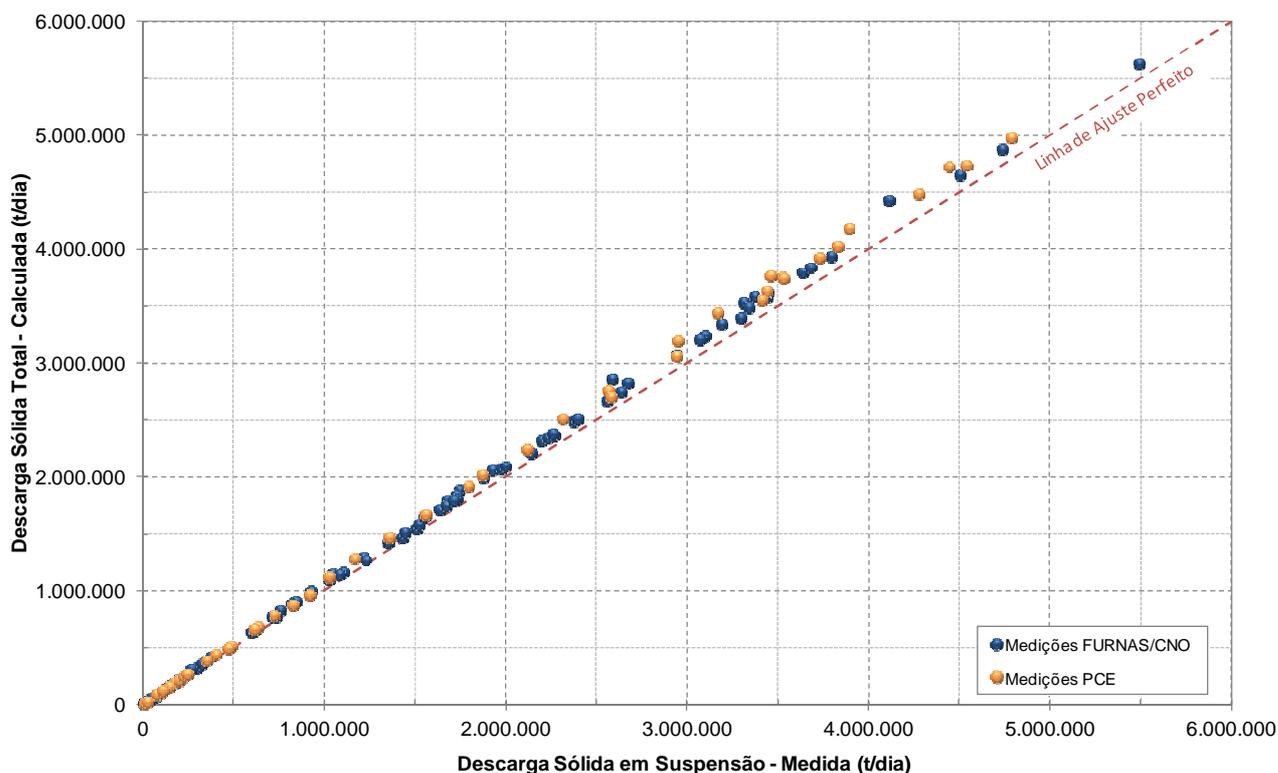
A descarga sólida total foi calculada pelo Método Modificado de Einstein (método de Einstein modificado por Colby & Hembree em 1955 e adaptado por Lara em 1966) considerando duas alternativas de procedimentos: *Saída Einstein*, segundo o critério do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), e *Saída Lara*, de acordo com o processo do US Bureau of Reclamation (USBR). Os resultados conduzem a valores próximos, tendo sido selecionado o método do USGS, por ser mais tradicional.

Na prática, os cálculos foram realizados mediante a utilização de um programa computacional desenvolvido por Mendes (2001), preparado segundo as instruções contidas em publicações do USGS e do USBR. O processo calcula a descarga sólida em suspensão medida ( $Q_{sm}$ ), a descarga sólida total ( $Q_{st}$ ) e a descarga de arrasto, além da descarga sólida total para cada faixa granulométrica.

Aos efeitos de avaliar o desempenho da fórmula de Einstein modificada por Colby e Hembree (Colby & Hembree, 1955) foi realizado um estudo de consistência da mesma. Para isto, a descarga sólida total estimada mediante a fórmula de Einstein modificada foi contrastada com a descarga sólida em suspensão medida (Figura 4.7.).

As pequenas diferenças observadas em relação à linha de ajuste perfeito (linha tracejada a 45°) são atribuídas ao fato de que a descarga sólida medida não contempla o transporte de sedimentos na camada mais próxima ao leito (0,30 - 0,40 m), como também não pondera a descarga sólida de arrasto, além da dispersão intrínseca do processo hidrossedimentológico. Conclui-se, desta forma, que a fórmula de Einstein modificada apresenta um adequado ajuste aos dados medidos por FURNAS/CNO e PCE no rio Madeira em Porto Velho.

**Figura 4.7.**  
**Avaliação da Descarga Sólida Total Calculada Mediante a Fórmula de Einstein Modificada em relação à Descarga Sólida em Suspensão Medida em Porto Velho**



#### 4.1.8. Distribuição Granulométrica do Material do Leito

A determinação da distribuição granulométrica de sedimentos do leito foi realizada com o método de peneiramento a seco, mediante a agitação mecânica e manual da uma série de peneiras com malhas padronizadas.

Os resultados das análises granulométricas são apresentados pelas porcentagens de material dos diversos diâmetros, para os quais são traçadas as curvas granulométricas. Nestas curvas podem ser assinaladas, por exemplo, as porcentagens de diâmetros

característicos para 16, 50, 84 e 90%, que são denominados de  $d_{16}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{84}$  e  $d_{90}$ , respectivamente.

## **4.2. ANÁLISES DE LABORATÓRIO**

Cada amostra recebida pelo laboratório foi catalogada em livro especial e em meio magnético. Em seguida, a amostra foi pesada e armazenada em local apropriado para posterior análise.

A análise do material em suspensão das amostras integradas na vertical foram realizadas pelo processo de pipetagem ou do tubo de remoção pela base, de acordo com o valor da concentração (proporcional) de sedimentos na amostra. O procedimento, nas duas situações, exige a retirada preliminar da areia presente na amostra com uso de peneiras de 5 cm de diâmetro e a pesagem desse material a fim de compor a curva granulométrica. No caso das análises das amostras de sedimentos em suspensão colhidas na superfície do rio, apenas a concentração de sedimentos é analisada, o que se faz através do processo de filtração ou evaporação.

Por último, no caso das amostras pontuais são utilizados os mesmos procedimentos das análises integradas no período de enchente e pico da cheia, quando é analisada a concentração e granulometria dos sedimentos através dos processos de pipetagem ou tubo de remoção pela base. No período de vazante e estiagem, analisa-se somente a concentração, devido ao baixo conteúdo de material sedimentar.

O material do leito analisa-se pelo processo de peneiramento (em seco). O material resultante da peneira mais fina foi analisado por pipetagem, pelo tubo de remoção pela base ou por densitometria, dependendo do peso do resíduo. Nos casos de pouco material, de 0,150 a 3 g, foi utilizado o método do tubo de remoção pela base e, nos casos de 3 a 10 g, o método da pipetagem.

## **4.3. CONSISTÊNCIA DE DADOS**

Neste item são apresentados os procedimentos de consistência e análise dos dados obtidos na operação das estações hidrométricas.

### **4.3.1. Leitura de Níveis d'água**

As leituras de régua das estações fluviométricas operadas no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico foram consistidas, e encontram-se disponíveis no ANEXO II. Neste anexo também se encontram consistidos os níveis d'água obtidos nas estações telemétricas, do início da operação até o mês de setembro de 2012.

A consistência das séries de leituras (7h00 e 17h00) foi realizada prioritariamente sob as estações em operação do rio Madeira restando, portanto, algumas régua nas quais foi realizada apenas uma consistência preliminar dos dados, entre as que citamos:

- Régua 2, Régua 5 e Régua 6 (régua desativadas, instaladas próximas ao eixo da usina);

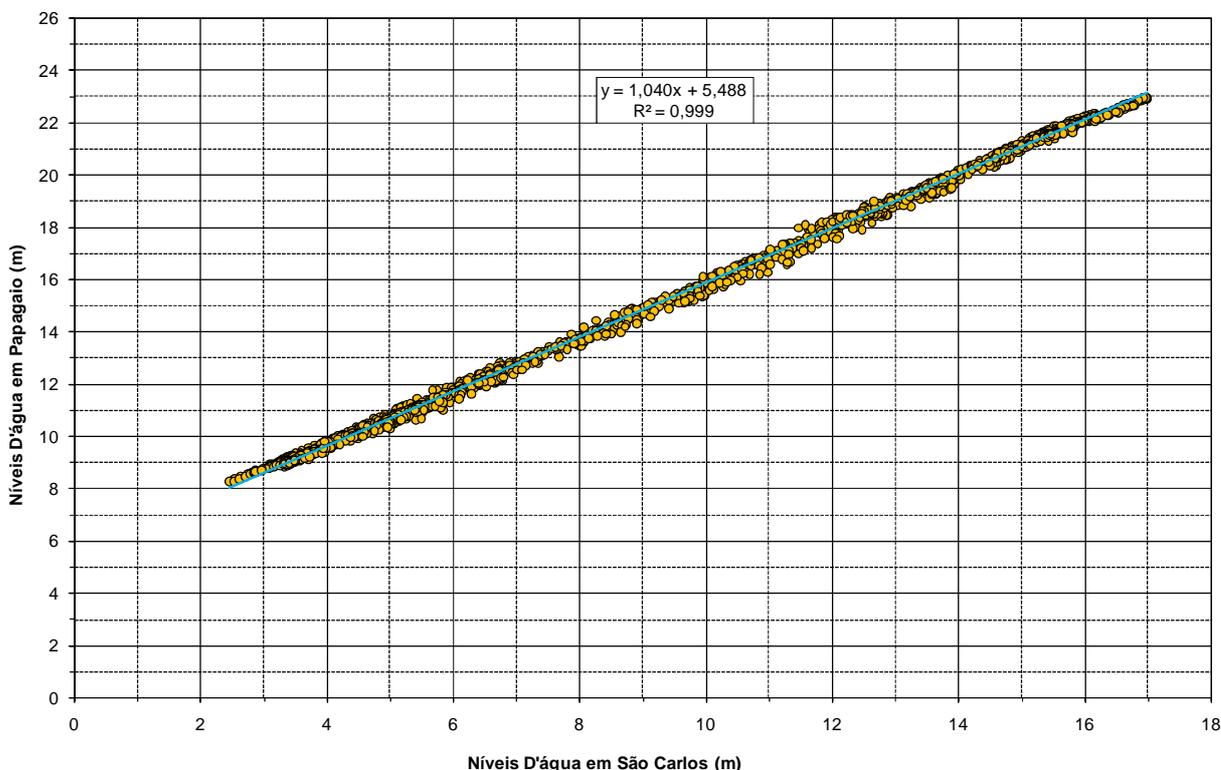
- Cachoeira do Teotônio Montante II e Pedral Jusante (régua desativadas, que carecem de informações altimétricas);
- Cachoeira do Caldeirão do Inferno Jusante, Cachoeira do Caldeirão do Inferno Montante e Cachoeira do Jirau Jusante (régua desativadas, operadas unicamente na Etapa da Viabilidade).

O procedimento de avaliação e correção de dados contou com as seguintes etapas:

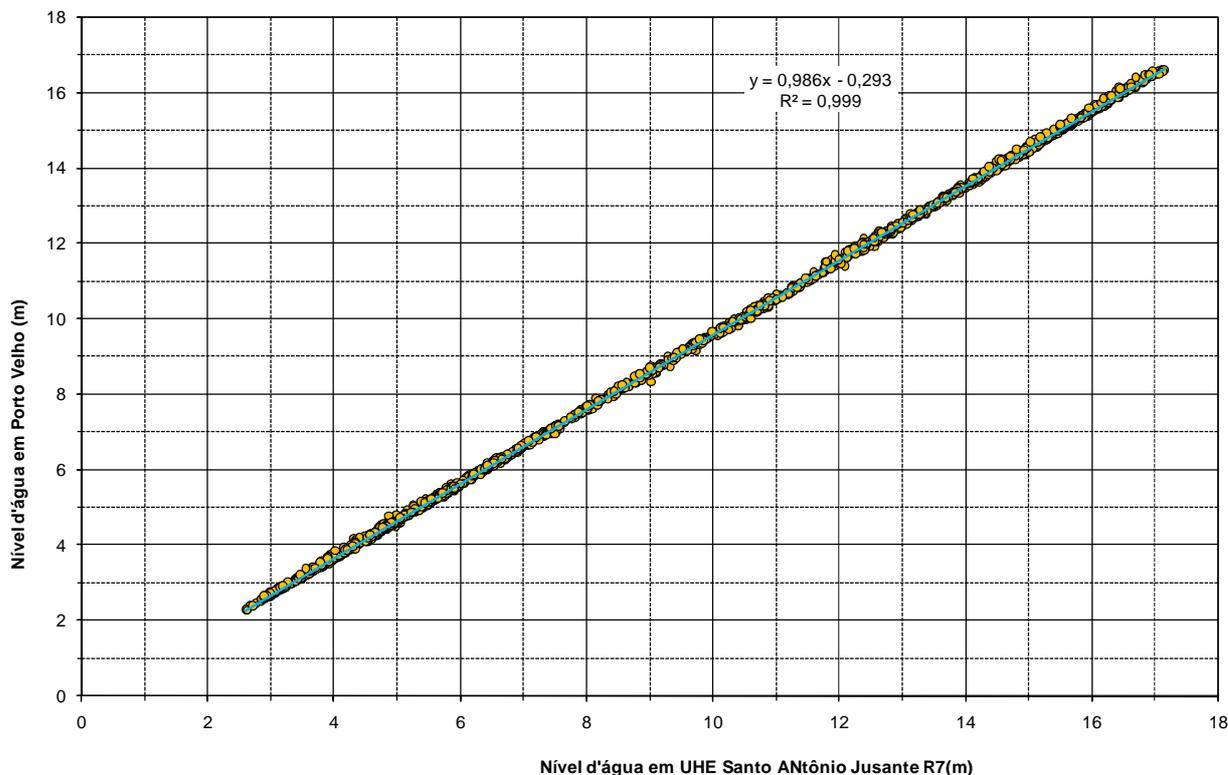
- Verificação de erros de digitação das leituras diárias (tarefa realizada a partir do controle dos boletins fluviométricos);
- Verificação de erros de observação (e/ou digitação) dos lances de régua;
- Correção das leituras diárias devido à aferição e nivelamento de lances de régua;
- Correlação de régua com a régua mais próxima (situada a montante ou jusante) para correção e preenchimento de dados.

Este último ponto (correlação de régua) representa uma importância capital para a consistência de dados e, por este motivo, apresentam-se a seguir exemplos da correlação de leituras de régua mencionada (Figura 4.8. e Figura 4.9.).

**Figura 4.8.**  
**Correlação da Leitura de Régua de Papagaio e São Carlos**



**Figura 4.9.**  
**Correlação da Leitura de Réguas em Porto Velho e UHE Santo Antônio Jusante R7**



Na consistência dos dados obtidos a partir das estações telemétricas, preliminarmente as médias diárias (média aritmética simples dos 24 dados horários) da leitura do nível d'água foram plotadas em cotogramas (leitura x tempo), onde podem ser visualizados/corrigidos erros grosseiros. Também foram aplicadas as correções pertinentes às manutenções preventivas e corretivas. Após esse estudo, foram comparados os dados médios diários das telemétricas com os dados médios diários das leituras das réguas existentes em cada local. Nas estações telemétricas de Jusante Caldeirão do Inferno, UHE Santo Antônio Montante e Montante Jaciparaná também foram utilizados dados de outras estações próximas nesta comparação, devido a existência períodos inoperantes das réguas nos locais.

A régua localizada em Jusante Caldeirão do Inferno foi desativada em 19 de maio de 2011 e a consistência desta estação foi realizada mediante correlação com a estação telemétrica de UHE Santo Antônio Abunã, localizada 157 quilômetros a montante. Porém, com o enchimento do reservatório da usina não é mais possível obter a correlação entre estas estações devido ao efeito de remanso. Assim, os dados de Jusante Caldeirão do Inferno não foram consistidos a partir de 25/11/2011.

Para a estação da UHE Santo Antônio Montante, a régua da própria estação foi instalada depois do início da operação da telemétrica, por isso, além da consistência com a régua da própria estação, também foram considerados os dados de leitura da estação Régua 1.

A estação de Montante Jaciparaná não possui réguas com leituras diárias feitas por observador. Por isso, esta estação foi consistida através de correlação com a estação telemétrica Jaciparaná Vila. Como a estação de Jaciparaná Vila não registrou níveis

d'água entre 24/05/2011 e 29/11/2011 não foi feita a correlação entre os dois postos, mas igualmente os dados deste período de Montante Jaciparaná foram avaliados qualitativamente. A correlação também não pode ser feita nos dados a partir do dia 30/11/2012, pois Jaciparaná Vila encontrava-se sob efeito do remanso do reservatório.

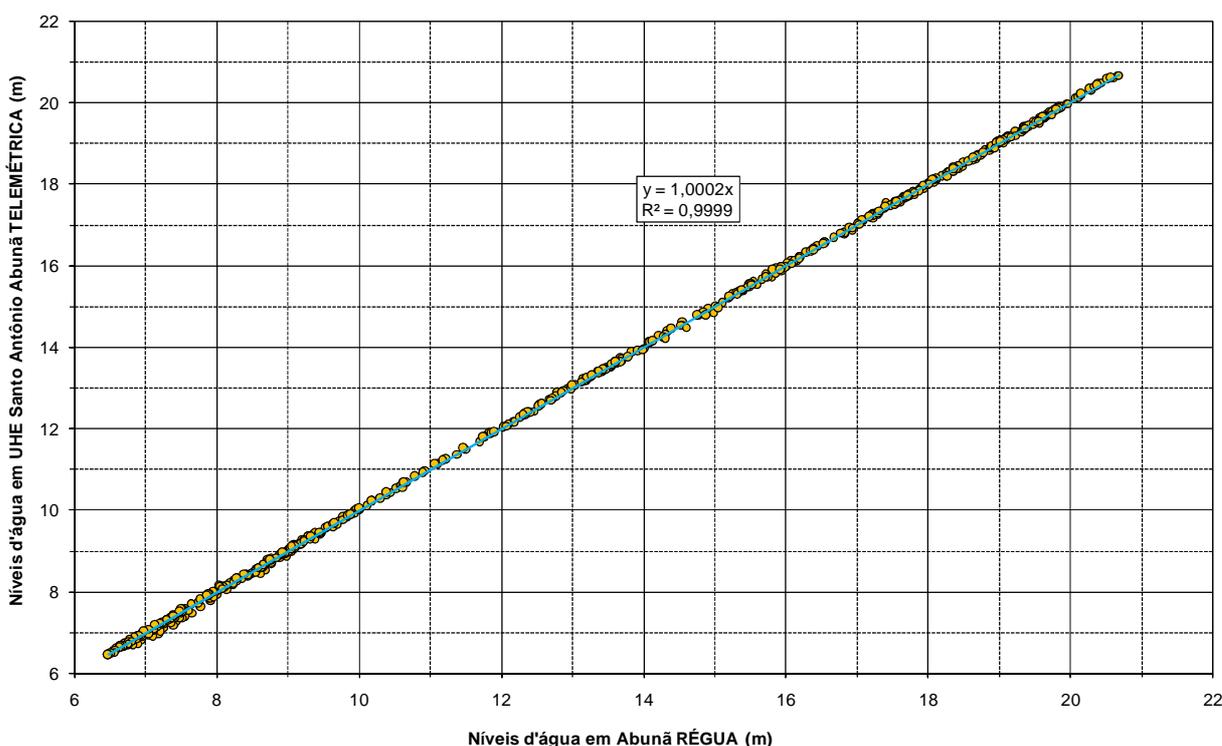
Cabe aclarar que as estações telemétricas de Jusante Caldeirão do Inferno e Jaciparaná Vila não coletaram informações do nível d'água em alguns meses da estiagem do rio Madeira, pois o nível mínimo de operação destas estações ainda não havia sido atingido (a rede telemétrica foi dimensionada para funcionar após o enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio). Com isso, não há leituras em Jusante Caldeirão do Inferno entre os dias 03/07/2011 e 25/11/2011 e em Jaciparaná Vila entre 24/05/2011 e 30/11/2011.

Sendo assim, o procedimento de avaliação e correção dos dados das estações telemétricas contou com as seguintes etapas:

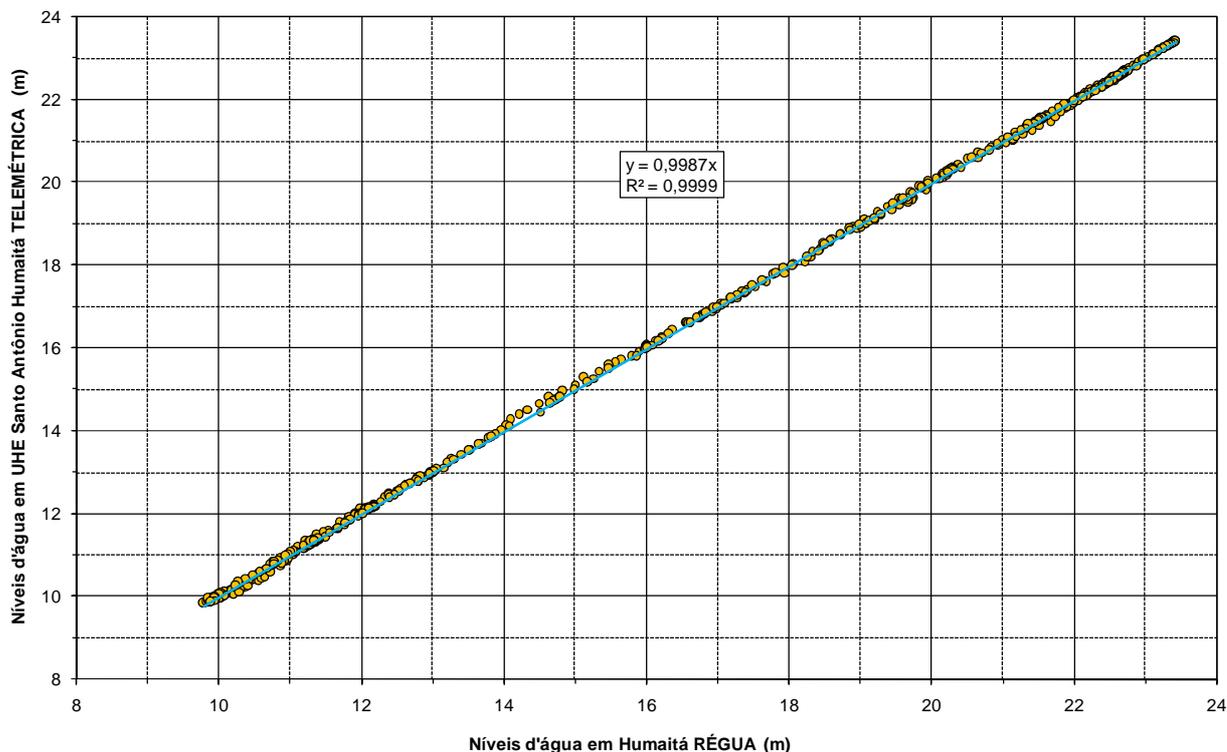
- Verificação dos erros grosseiros através de cotogramas;
- Aplicação das correções significativas no nivelamento da telemétrica, conforme manutenção de campo;
- Exclusão de períodos de célula inativa (em Jusante Caldeirão do Inferno e Jaciparaná Vila) e períodos de dados problemáticos;
- Verificação dos erros na correlação das leituras das telemétricas com as leituras de régua no mesmo local ou com os dados da estação telemétrica mais próxima.

Nas Figuras 4.10. e 4.11. observam-se exemplos das correlações régua x telemétrica.

**Figura 4.10.**  
**Leituras Telemétrica x Leituras das Régua em Abunã**



**Figura 4.11.**  
**Leituras Telemétrica x Leituras das Régua em Humaitá**



#### 4.3.2. Medição da Descarga Líquida

As medições de descarga líquida são calculadas no campo pelo hidrometrista responsável e recalculadas no escritório da PCE através de planilhas em Excel. Assim evitam-se erros de cálculo e/ou digitação. Posteriormente, a medição calculada é plotada em conjunto com as demais medições e com a curva-chave, tornando-se possível a análise gráfica da qualidade da medição.

As medições de vazão com equipamentos de efeito doppler apresentam numerosas vantagens técnicas em relação às medições convencionais, mas também representam um desafio já que é necessário um adequado conhecimento técnico e operacional para avaliar as mesmas.

As principais diretrizes levadas em consideração para garantir o bom desempenho durante as medições e no processamento dos resultados, em consonância com o exposto na literatura internacional (Oberg *et al.*, 2005; Mueller & Wagner, 2009), são as seguintes:

- uma medição é válida quando, pelo menos, 50% da vazão total foi efetivamente medida pelo equipamento (existem camadas próximas ao leito, à superfície e nas margens que não são medidas, são estimadas);
- em caso de constatar-se a possibilidade de leito móvel no local da medição recomenda-se o uso conjunto de ADCP, ecobatímetro e DGPS;
- uma travessia considera-se adequada quando a variação de vazão em relação ao valor médio da medição (média de todas as travessias) é menor que 5%;

- o número total de *bad ensembles* e *lost ensembles* não deve superar o 10% do total de *ensembles* da medição já que estes vazios são calculados por extrapolação das verticais próximas;
- a trajetória da embarcação durante as diferentes travessias deve ser semelhante;
- recomenda-se que a quantidade de travessias realizada durante os trabalhos de campo seja em números pares (para evitar tendências nos resultados das medições que começaram em uma ou outra margem);
- o valor médio das principais magnitudes deve ser semelhante durante as diferentes travessias, para assegurar a uniformidade dos resultados;
- deve-se evitar as variações acentuadas na velocidade da embarcação.

#### 4.3.3. Medição da Descarga Sólida

Os erros nos resultados das medições da descarga sólida ocorrem geralmente devido ao uso de amostrador inadequado, erros na amostragem, na análise de laboratório, descarga líquida mal medida ou mal calculada, erros de digitação nas planilhas, entre outros. Mesmo com a realização criteriosa das medições, a literatura demonstra que o erro médio esperado é de 10% no resultado da descarga sólida em suspensão e 25% na descarga sólida do leito ou do material do leito (Yuqian, 1983).

A análise de consistência de dados sedimentométricos exige grande quantidade de medições para se chegar a um resultado adequado. Geralmente, devido à irregularidade da carga sólida nos cursos d'água, com grandes variações temporais, é recomendável dispor de uma boa quantidade de dados, com a maior frequência de medições possível. Além disso, as medições devem ser executadas com o máximo cuidado, seguindo os critérios estabelecidos em normas, tais como:

- Designar técnicos experientes para compor as equipes de campo e laboratório;
- Efetuar a medição da descarga líquida de maneira correta seguindo as normas;
- Utilizar o equipamento adequado às condições locais de profundidades e velocidades considerando o método de medição escolhido;
- Obedecer aos métodos de amostragem e coletar quantidade de material adequado às análises que deverão ser efetuadas;
- Efetuar as análises de laboratório de acordo com os métodos estabelecidos;
- Escolher métodos adequados de cálculos;
- Garantir a digitação dos dados sem erros e ter o máximo cuidado com as amostras.

A partir dos resultados das medições de descarga sólida é possível efetuar análises gráficas para verificar a qualidade das medições, por exemplo, com a curva-chave de sedimentos. No caso de haver pontos muito dispersos, procura-se analisar os resultados de concentração, de granulometria, etc., antes de descartar a medição. Por outro lado, valores dispersos podem indicar ajustes diferentes no período de subida ou descida dos hidrogramas. Neste sentido, um dos procedimentos adotados no âmbito do Programa de Monitoramento para avaliar a consistência das análises laboratoriais consiste na re-amostragem dos sedimentos em suspensão durante as medições. Isto é, sazonalmente, em cada estação fluviométrica, são realizadas amostragens por duplicado dos sedimentos em suspensão.

## **5. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA**

Neste item, apresenta-se o resumo dos resultados das medições de descarga líquida executadas nas estações fluviométricas descritas na Tabela 2.1. Nas estações UHE Santo Antônio Porto Velho e Jusante Caldeirão do Inferno as medições foram realizadas paralelamente com o uso de molinete fluviométrico e ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) e, nas estações restantes foi utilizado apenas um dos métodos (molinete ou ADCP).

As medições realizadas com molinete seguiram a metodologia de trabalho descrita no item Procedimentos e Consistência de Dados. No período de março de 2009 a abril de 2013 foram realizadas 382 medições convencionais nas estações fluviométricas.

A partir de maio de 2009 incorporou-se às atividades de campo a medição com ADCP, metodologia adotada como padrão, conforme descrito no Projeto Básico da UHE Santo Antônio, de forma que, no período maio de 2009 a abril de 2013, foram realizadas 247 medições com este equipamento.

Os resultados obtidos nas medições de ADCP foram altamente satisfatórios, além de aumentar a segurança para o pessoal de campo, diminuindo o tempo efetivo da medição e os riscos de acidentes com os equipamentos. Por estes motivos, a partir de abril de 2010, as medições de descarga líquida nas estações de UHE Santo Antônio Abunã e UHE Santo Antônio Humaitá passaram a ocorrer preferencialmente com o uso do ADCP.

As medições de descarga líquida no rio Jaciparaná nas estações Jaciparaná – Vila (antigamente) e Montante Jaciparaná (neste momento) são realizadas somente com o molinete, pois o ADCP, cuja frequência de funcionamento é 600 kHz, não é recomendado para seu uso em rios com baixas profundidades. Na estação de Jaciparaná - Vila, inicialmente, as medições foram realizadas na seção denominada S-03, originalmente implantada por FURNAS, a jusante da foz do rio Branco. Posteriormente, verificou-se que este local não abrangia a vazão afluente do rio São Francisco, motivo pelo qual a seção de medição foi deslocada para a Vila Jaciparaná. Por se tratar de um trecho curvilíneo e com alta influência do efeito de remanso do rio Madeira, esta estação foi novamente deslocada para montante e, a partir de Junho/2009, as medições foram realizadas na seção S-02 (denominação de FURNAS), até março de 2011. Na tabela resumo da estação Jaciparaná - Vila, as leituras de réguas relacionadas às medições são referentes à régua instalada pela PCE na Vila Jaciparaná.

Com o represamento do rio Madeira no sítio da UHE Santo Antônio, o remanso do reservatório afetou o trecho do rio Jaciparaná nas imediações da Vila Jaciparana. Por este motivo, as medições de descarga líquida e sólida nesta estação foram suspensas, e foi instalada uma nova estação fluviométrica fora da influência do remanso, denominada Montante Jaciparaná. Assim, a partir de março de 2011, a seção de medição do rio Jaciparaná foi deslocada em 49 quilômetros para montante. Neste novo local as medições de descarga líquida e sólida não abrangem os aportes dos rios Branco e São Francisco.

Os resumos das medições de descarga líquida são apresentados para cada estação em duas tabelas, uma relativa à medição com molinete e outra relativa à medição com ADCP, com destaque para as principais informações que caracterizam cada medição (Tabela 5.1. a Tabela 5.12.).

## 5.1. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA UHE SANTO ANTÔNIO ABUNÃ

**Tabela 5.1.**  
**Resumo das Medições com Molinete em UHE Santo Antônio Abunã**

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)
29/03/2009	1.930	639,9	14.346,3	22,4	2,14	34.624
08/04/2009	1.902	644,9	15.096,1	23,4	2,22	33.496
20/04/2009	1.917	637,8	15.049,1	23,6	2,17	32.633
19/05/2009	1.729	630,2	13.781,2	21,9	2,04	28.079
30/05/2009	1.599	638,8	13.049,8	20,4	1,78	23.171
13/06/2009	1.509	625,0	12.487,5	20,0	1,72	21.525
30/06/2009	1.438	617,8	11.871,0	19,2	1,75	20.762
23/07/2009	1.184	607,3	10.040,3	16,5	1,27	12.777
20/08/2009	976	602,0	8.990,6	14,9	0,98	8.772
03/09/2009	870	598,7	8.236,6	13,8	0,79	6.470
14/10/2009	784	584,5	7.833,5	13,4	0,69	5.367
04/11/2009	935	597,5	8.776,4	14,7	0,89	7.806
06/12/2009	1.378	623,0	11.565,5	18,6	1,55	17.975
15/12/2009	1.461	626,7	12.263,3	19,6	1,77	21.690
12/01/2010	1.589	627,1	12.834,1	20,5	1,96	25.152
27/01/2010	1.827	633,2	14.358,7	22,7	2,38	34.143
23/02/2010	1.795	631,1	14.609,9	23,1	2,27	33.201
09/03/2010	1.939	635,8	15.465,4	24,3	2,60	40.136
23/03/2010	1.878	638,5	14.675,9	23,0	2,49	36.477
04/01/2011	1.424	618,9	11.564,5	18,7	1,75	20.221
22/03/2011	1.984	641,1	15.498,2	24,2	2,58	39.974
05/04/2011	2.013	650,8	15.316,2	23,5	2,79	42.668
19/04/2011	1.998	649,1	15.197,2	23,4	2,66	40.425
02/06/2011	1.485	618,1	12.267,5	19,8	1,71	20.999
14/06/2011	1.251	610,2	11.111,9	18,2	1,36	15.110
14/02/2012	1.770	635,2	14.610,8	23,0	2,10	30.733
15/05/2012	1.596	622,2	12.814,2	20,6	1,91	24.456
19/06/2012	1.389	618,7	12.185,3	19,7	1,54	18.728
03/07/2012	1.381	611,8	12.119,9	19,8	1,58	19.178
15/08/2012	877	595,5	8.717,2	14,6	0,80	6.930
19/02/2013	1.773	633,0	14.424,8	22,8	2,25	32.466
18/04/2013	1.997	653,6	16.137,7	24,7	2,49	40.259

**Tabela 5.2.**  
**Resumo das Medições com ADCP em UHE Santo Antônio Abunã**

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
19/05/2009	1729	6	25.869	307	1,0	21.934	14.293,8	1,94	623,2
30/05/2009**	1599	3	19.192	506	3,0	16.714	13.639,2	1,49	632,0
10/06/2009	1562	4	21.855	243	1,0	18.487	13.084,7	1,75	621,3
13/06/2009	1509	6	19.967	452	2,0	16.887	12.972,9	1,56	619,8
30/06/2009	1438	8	18.533	399	2,0	15.641	12.027,9	1,58	611,3
23/07/2009	1184	4	12.739	238	2,0	10.862	10.800,1	1,21	591,8
20/08/2009	976	6	8.429	190	2,0	7.037	9.139,3	0,92	597,3
06/12/2009	1378	4	17.436	273	2,0	14.741	11.757,8	1,48	603,1
16/12/2009**	1475	4	17.271	319	2,0	14.753	12.214,5	1,41	619,4
12/01/2010	1589	7	22.959	444	2,0	19.737	13.148,1	1,75	627,3
27/01/2010	1827	4	30.313	362	1,0	26.922	14.218,1	2,13	635,0
10/02/2010	1841	4	30.407	509	2,0	26.585	14.391,8	2,11	632,3
13/04/2010	1763	6	26.377	477	2,0	23.430	13.939,5	1,89	622,0
27/04/2010	1641	6	22.775	510	2,0	20.119	12.432,4	1,83	622,8
04/05/2010*	1763	4	28.135	524	1,9	24.906	12.985,4	2,18	596,4
18/05/2010	1512	6	20.116	413	2,0	17.690	12.298,2	1,64	617,5
01/06/2010	1374	6	16.524	192	1,0	14.525	11.393,3	1,45	611,5
15/06/2010	1102	6	10.833	142	1,0	8.904	9.823,7	1,10	596,8
06/07/2010	853	6	6.246	131	2,0	5.167	8.240,6	0,76	583,1
10/08/2010	764	6	4.697	73	1,6	3.831	7.583,1	0,62	582,4
21/09/2010	634	6	3.046	62	2,0	2.431	6.867,4	0,44	576,4
05/10/2010	616	6	2.845	60	2,1	2.264	6.812,7	0,42	576,8
09/11/2010	884	6	6.675	135	2,0	5.571	8.299,0	0,80	586,8
30/11/2010	984	6	8.319	114	1,4	6.981	8.875,1	0,94	592,1
14/12/2010	968	6	8.143	197	2,4	6.832	8.857,9	0,92	590,8
04/01/2011*	1424	6	18.528	246	1,3	16.313	11.866,9	1,56	611,6
18/01/2011*	1432	6	17.965	248	1,4	15.747	11.909,8	1,51	614,3
02/02/2011	1696	8	26.196	358	1,4	22.930	13.353,0	1,96	623,5
15/02/2011*	1784	6	28.998	594	2,0	25.137	13.717,5	2,12	616,5
01/03/2011	1904	5	32.351	787	2,4	28.266	14.524,6	2,23	625,9
04/05/2011	1812	6	28.494	542	1,9	25.437	14.283,4	2,00	627,5
17/05/2011	1657	6	24.044	423	1,8	21.370	13.578,6	1,77	621,0
07/07/2011	957	4	7.829	196	2,5	6.361	9.324,5	0,84	591,3
05/08/2011	872	6	6.427	117	1,8	5.289	8.703,2	0,74	580,6
06/09/2011	671	4	3.456	53	1,5	2.798	7.417,3	0,47	566,7
18/10/2011**	804	6	5.529	73	1,3	4.441	8.358,6	0,66	576,9
15/11/2011	816	6	5.733	80	1,4	4.605	8.411,4	0,68	572,5
13/12/2011	895	6	6.888	39	0,6	5.867	8.746,3	0,79	586,0
19/01/2012	1619	6	23.550	263	1,1	20.845	13.255,2	1,78	627,0

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

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
14/03/2012	1965	6	33.474	372	1,1	27.554	15.377,00	2,18	643,3
17/04/2012	1756	4	26.509	313	1,2	23.464	13.498,00	1,96	618,7
2/10/2012**	653	6	3.199	55,7	1,7	2.638	7.581,60	0,422	586,5
18/12/2012	1337	6	15.742	248	1,6	13.533	11.674,70	1,35	596,3

Observações:

\* Medições revisadas em Out/2011 – Correção na Profundidade do Ecobatímetro.

\*\*As medições realizadas em 30/05/2009, 16/12/2009, 18/10/2011 e 2/10/2012 estão sujeitas ao efeito de fundo móvel, pois foram realizadas sem o auxílio de GPS no posicionamento da embarcação. As medições de 30/05/2009 e 16/12/2009 foram desconsideradas na análise de consistência dos dados.

## 5.2. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA JUSANTE CALDEIRÃO DO INFERNO

**Tabela 5.3.**  
**Resumo das Medições com Molinete em Jusante Caldeirão do Inferno**

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)
01/04/2009*	1.828	1.270,46	21.776,11	17,14	1,87	40.775
09/04/2009*	1.772	1.271,86	21.373,31	16,80	1,71	36.592
18/04/2009*	1.817	1.278,26	21.139,90	16,54	1,80	38.081
20/05/2009*	1.626	1.254,52	19.232,30	15,33	1,43	27.423
29/05/2009*	1.541	1.252,0	17.431,7	13,92	1,41	24.511
11/06/2009*	1.497	1.246,6	17.390,0	13,95	1,40	24.362
29/06/2009*	1.409	1.243,4	16.123,2	12,97	1,30	20.892
21/07/2009*	1.243	1.260,1	14.315,9	11,36	0,99	14.234
18/08/2009	1.058	1.375,6	10.875,6	7,91	0,86	9.377
10/09/2009	985	1.232,6	10.910,3	8,85	0,78	8.520
16/10/2009	858	1.232,3	9.133,4	7,4	0,61	5.590
06/11/2009	991	1.239,2	10.876,1	8,8	0,77	8.334
05/12/2009	1.318	1.245,7	15.052,8	12,1	1,18	17.693
17/12/2009	1.436	1.252,2	16.533,2	13,2	1,39	23.036
14/01/2010	1.573	1.262,2	17.857,5	14,1	1,56	27.916
29/01/2010	1.708	1.265,6	19.701,5	15,6	1,74	34.192
12/02/2010	1.718	1.255,8	19.818,9	15,8	1,80	35.719
24/02/2010	1.686	1.270,3	19.646,7	15,5	1,80	35.343
11/03/2010	1.795	1.265,5	21.135,1	16,7	1,92	40.582
26/03/2010	1.721	1.267,5	20.047,6	15,8	1,82	36.505
15/04/2010	1.630	1.257,1	18.733,0	14,9	1,65	30.844
29/04/2010	1.527	1.255,4	17.702,8	14,1	1,47	26.018
06/05/2010	1.653	1.253,5	18.975,9	15,1	1,69	32.030
20/05/2010	1.409	1.251,0	16.292,9	13,0	1,34	21.813
03/06/2010	1.304	1.240,5	14.724,1	11,9	1,14	16.845
17/06/2010	1.107	1.246,4	12.328,7	9,9	0,88	10.894
07/07/2010	915	1.238,5	9.882,1	8,0	0,66	6.526
11/08/2010	823	1.230,2	8.620,6	7,0	0,58	5.026
22/09/2010	703	1.230,4	7.402,9	6,0	0,45	3.366
07/10/2010	691	1.233,2	7.109,4	5,8	0,42	2.965
10/11/2010	941	1.240,9	10.695,1	8,6	0,68	7.292
02/12/2010	1.026	1.244,3	11.429,0	9,2	0,79	9.063
15/12/2010	1.012	1.239,3	11.537,7	9,3	0,75	8.667
06/01/2011	1.384	1.248,0	15.711,6	12,6	1,26	19.813
19/01/2011	1.394	1.251,0	15.837,7	12,7	1,29	20.370
03/02/2011	1.597	1.269,5	18.960,8	14,9	1,63	30.954
17/02/2011	1.684	1.274,7	20.455,0	16,0	1,74	35.520
02/03/2011	1.768	1.270,9	21.196,0	16,7	1,83	38.853
23/03/2011	1.835	1.273,9	21.318,9	16,7	1,94	41.283
06/04/2011	1.878	1.279,1	21.806,4	17,0	1,97	43.023
20/04/2011	1.852	1.285,2	21.328,7	16,6	1,88	40.101

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

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)
06/05/2011	1.683	1.263,2	19.374,8	15,3	1,70	32.991
19/05/2011	1.545	1.264,6	17.593,4	13,9	1,53	26.901
03/06/2011	1.416	1.255,4	16.061,5	12,8	1,34	21.473
15/06/2011	1.235	1.246,7	13.840,8	11,1	1,05	14.538
09/07/2011	980	1.238,9	10.475,6	8,5	0,77	8.069
02/08/2011	934	1.241,1	10.083,6	8,1	0,72	7.271
08/09/2011	729	1.229,0	7.354,7	6,0	0,48	3.527
21/10/2011	970	1.239,0	10.110,0	8,2	0,77	7.820
17/11/2011	907	1.237,5	9.357,7	7,6	0,65	6.044
01/12/2011	1.490	1.264,2	16.635,9	13,2	0,62	10.240
16/12/2011	1.566	1.270,9	17.758,1	14,0	0,73	13.043
06/01/2012	1.646	1.272,4	18.587,7	14,6	1,06	19.739
15/02/2012	1.923	1.270,6	21.303,7	16,8	1,48	31.490
29/02/2012	1.981	1.280,2	21.975,6	17,2	1,70	37.443
15/03/2012	1.986	1.280,1	21.919,7	17,1	1,77	38.707
27/03/2012	1.906	1.275,3	20.670,8	16,2	1,62	33.453
18/04/2012	1.903	1.275,3	20.747,2	16,3	1,57	32.497
30/04/2012	1.929	1.282,5	20.887,0	16,3	1,53	31.919
16/05/2012	1.814	1.274,8	19.146,9	15,0	1,25	23.849
29/05/2012	1.872	1.279,1	20.082,5	15,7	1,43	28.626
05/06/2012	1.807	1.276,8	19.299,5	15,1	1,22	23.618
20/06/2012	1.763	1.272,8	18.712,3	14,7	0,97	18.238
04/07/2012	1.739	1.268,1	18.307,1	14,4	0,96	17.489
16/08/2012	1.639	1.258,9	16.908,2	13,4	0,33	5.504
20/09/2012	1.620	1.264,2	16.885,6	13,4	0,17	2.825
03/10/2012	1.607	1.264,2	17.067,3	13,5	0,16	2.812
13/11/2012	1.641	1.273,0	16.822,7	13,2	0,33	5.581
20/12/2012	1.742	1.269,2	17.632,4	13,9	0,97	17.052
22/01/2013	1.832	1.283,5	20.221,4	15,8	1,32	26.782
20/02/2013	1.912	1.286,9	20.394,6	15,8	1,65	33.685
26/03/2012	2.023	1.284,0	22.784,0	17,7	1,83	41.786
16/04/2013	2.021	1.275,3	22.821,6	17,9	1,88	42.791

\* OBS: As leituras de régua de abril à julho de 2009 foram obtidas pela diferença do NA e da cota do zero da régua.

**Tabela 5.4.**  
**Resumo das Medições com ADCP em Jusante Caldeirão do Inferno**

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
29/05/2009**	1541	2	24.553	439	2,0	19.973	18.385,4	1,34	1.242,5
11/06/2009**	1497	4	22.955	246	1,0	18.700	17.860,4	1,29	1.247,5
29/06/2009**	1409	6	19.252	611	3,0	15.666	16.222,3	1,19	1.218,1
21/07/2009**	1243	5	13.674	233	2,0	11.035	14.321,1	0,96	1.240,9
18/08/2009	1058	6	9.359	177	2,0	6.915	11.546,0	0,81	1.381,1
01/09/2009	985	3	7.687	191	2,0	5.690	11.202,8	0,69	1.224,1
05/12/2009	1318	4	16.462	248	2,0	13.253	15.707,6	1,05	1.239,6
17/12/2009	1436	4	20.692	274	1,0	17.007	17.227,2	1,20	1.242,2
14/01/2010	1573	6	25.848	197	1,0	21.522	18.700,0	1,38	1.256,3
29/01/2010	1708	4	31.182	399	1,0	26.625	19.999,1	1,56	1.266,8
12/02/2010	1718	4	31.484	287	1,0	26.985	20.136,9	1,56	1.268,9
15/04/2010*	1630	4	27.155	212	1,0	22.855	19.045,3	1,43	1.254,1
29/04/2010	1527	4	23.784	135	1,0	20.010	17.860,0	1,33	1.251,7
06/05/2010	1653	4	28.986	318	1,0	24.580	19.357,6	1,50	1.257,8
20/05/2010	1406	4	19.207	246	1,0	15.938	16.373,9	1,17	1.248,3
03/06/2010*	1304	4	15.748	205	1,0	12.864	15.101,0	1,04	1.245,9
17/06/2010	1107	4	10.516	220	2,0	8.030	12.916,9	0,81	1.236,9
07/07/2010	915	4	6.387	126	2,0	4.443	10.424,9	0,61	1.229,8
11/08/2010	821	4	4.866	68	1,4	3.400	9.240,3	0,53	1.229,8
22/09/2010	703	4	3.107	28	0,9	2.012	7.739,2	0,40	1.227,3
07/10/2010	691	5	2.906	28	1,0	1.745	6.878,7	0,42	1.350,7
10/11/2010	941	4	6.644	156	2,3	4.762	10.669,1	0,62	1.236,0
15/12/2010	1012	4	8.237	85	1,0	6.074	11.524,8	0,72	1.233,8
06/01/2011	1384	4	18.685	211	1,1	15.318	16.291,3	1,15	1.254,9
19/01/2011*	1394	4	18.700	55	0,3	15.647	16.200,6	1,15	1.250,7
17/02/2011	1683	4	30.347	460	1,5	25.903	20.048,4	1,51	1.259,8
02/03/2011	1767	4	34.078	543	1,6	29.338	21.005,5	1,62	1.263,6
06/05/2011	1683	1	30.254	---	---	25.747	19.655,5	1,54	1.265,7
19/05/2011	1545	4	24.022	344	1,4	20.221	17.977,1	1,34	1.244,3
09/07/2011	980	4	7.636	303	4,0	5.696	11.223,5	0,68	1.236,1
02/08/2011	934	4	6.627	191	2,9	4.801	10.598,8	0,63	1.231,1
08/09/2011	729	3	3.328	141	4,2	2.136	7.931,7	0,42	1.224,6
21/10/2011***	970	4	7.595	75	1,0	5.462	10.666,1	0,71	1.232,8
17/11/2011	907	4	5.818	234	4,0	4.035	10.052,1	0,58	1.230,4
01/12/2011***	1490	2	10.171	320	3,1	8.472	16.956,2	0,60	1.237,3
16/12/2011***	1566	3	12.506	378	3,0	10.533	18.125,2	0,69	1.247,6
06/01/2012	1646	2	17.807	611	3,4	15.041	18.874,8	0,94	1.264,4
18/01/2012	1789	6	22.424	750	3,3	19.129	20.151,7	1,11	1.264,3
15/03/2012	1906	4	35.971	802	2,2	31.058	22.275,50	1,61	1.263,30

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

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
18/04/2012	1903	4	27.574	451	1,6	23.668	21.054,00	1,31	1.261,00
30/04/2012	1929	1	30.285			25.542	21.422,80	1,41	1.246,50
20/9/2012***	1620	4	3.637	78	2,1	2.927	17.469,20	0,208	1.268,30
03/10/2012***	1607	4	3.362	120	3,6	2.705	17.324,40	0,194	1.268,40
13/11/2012***	1641	5	5.971	107	1,8	4.752	17.129,30	0,349	1.266,20
20/12/2012	1742	3	16.944	467	2,8	13.921	18.616,60	0,91	1.261,00
26/3/2013	2023	3	36.512	687	1,9	30.203	22.893,10	1,6	1.276,00

**Observações:**

\* Medições revisadas em Out/11 - Correção na Profundidade do Ecobatímetro.

\*\* As Leituras de régua de abril a julho de 2009 foram obtidas indiretamente pela diferença entre o Nível d'Água (NA) e a cota do zero da régua.

\*\*\*As medições realizadas em 21/10/2011, 01/12/2011, 16/12/2011, 20/09/2012, 03/10/2012 e 13/11/2012 estão sujeitas ao efeito de fundo móvel, pois foram realizadas sem o auxílio de GPS no posicionamento da embarcação.

### 5.3. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA UHE SANTO ANTÔNIO PORTO VELHO

**Tabela 5.5.  
Resumo das Medições com Molinete em UHE Santo Antônio Porto Velho**

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)
19/03/2009	1.484	757,1	16.966,0	22,4	2,22	37.739
03/04/2009	1.551	755,3	17.345,0	23,0	2,32	40.196
16/04/2009	1.538	757,0	17.488,4	23,1	2,27	39.656
04/05/2009	1.455	755,1	16.872,5	22,4	1,94	32.672
22/05/2009	1.337	751,1	15.950,8	21,2	1,77	28.223
01/06/2009	1.227	741,2	15.086,8	20,4	1,58	23.866
22/06/2009	1.060	738,4	14.944,5	20,2	1,52	21.281
06/07/2009	941	734,0	14.093,1	19,2	1,21	16.985
05/08/2009	711	728,1	12.218,8	16,8	0,85	10.363
14/09/2009	452	713,4	10.304,2	14,4	0,53	5.492
26/10/2009	576	720,0	11.163,1	15,5	0,72	8.075
19/11/2009	761	726,0	12.438,5	17,1	0,98	12.181
23/11/2009	793	721,4	12.594,3	17,5	1,03	12.979
19/12/2009	1.105	741,1	14.718,2	19,9	1,66	24.472
04/01/2010	1.223	744,9	15.545,6	20,9	1,92	29.775
18/01/2010	1.284	753,1	15.906,6	22,2	1,91	30.371
01/02/2010	1.408	756,0	16.818,7	22,2	2,16	36.395
15/02/2010	1.401	753,0	16.749,4	22,2	2,04	34.202
01/03/2010	1.447	754,1	17.083,7	22,7	2,16	36.930
15/03/2010	1.504	757,1	17.509,7	23,1	2,27	39.832
03/04/2010	1.559	759,3	18.625,9	24,5	2,26	42.111
19/04/2010	1.345	757,1	17.023,3	22,5	1,77	30.117
10/05/2010	1.304	751,2	16.215,1	21,6	1,82	29.477
25/05/2010	1.046	740,1	14.087,5	19,0	1,46	20.638
08/06/2010	965	740,3	13.687,9	18,5	1,35	18.412
29/06/2010	595	719,3	10.928,2	15,2	0,77	8.380
19/07/2010	483	693,1	9.669,6	14,0	0,63	6.112
02/08/2010	453	712,2	9.654,4	13,6	0,55	5.307
13/09/2010	326	773,0	7.654,4	9,9	0,48	3.680
25/10/2010	319	767,8	7.645,9	10,0	0,49	3.714
12/11/2010	500	774,9	9.177,9	11,8	0,71	6.517
06/12/2010	601	778,1	9.863,3	12,7	0,87	8.566
17/12/2010	612	786,8	10.001,3	12,7	0,89	8.883
10/01/2011	1.075	797,1	12.823,1	16,1	1,53	19.571
25/01/2011	1.073	803,8	13.344,3	16,6	1,77	23.622
08/02/2011	1.240	806,6	14.316,8	17,8	2,12	30.385
21/02/2011	1.385	817,2	15.521,2	19,0	2,35	36.402
14/03/2011	1.505	812,8	15.902,5	19,6	2,44	38.791
28/03/2011	1.568	827,9	17.006,8	20,5	2,43	41.316
11/04/2011	1.645	833,9	17.958,5	21,5	2,54	45.697
25/04/2011	1.576	818,7	17.607,4	21,5	2,30	40.435
09/05/2011	1.434	810,5	16.726,8	20,6	2,14	35.859

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

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)
25/05/2011	1.194	801,0	14.749,3	18,4	1,71	25.168
06/06/2011	1.047	794,7	13.716,3	17,3	1,51	20.664
20/07/2011	512	779,9	9.440,3	12,1	0,70	6.649
08/08/2011	520	780,9	9.400,7	12,0	0,69	6.510
12/09/2011	320	776,0	7.900,0	10,2	0,44	3.451
22/09/2011	348	774,7	8.096,0	10,5	0,49	3.970
27/09/2011	305	769,7	7.788,4	10,1	0,42	3.303
25/10/2011	564	781,3	9.800,0	12,5	0,80	7.797
21/11/2011	435	776,0	8.671,2	11,2	0,62	5.351
06/12/2011	612	783,9	10.321,1	13,2	0,93	9.596
19/12/2011	895	794,5	12.453,3	15,7	1,39	17.295
09/01/2012	1.046	805,6	13.479,9	16,7	1,52	20.524
06/02/2012	1.201	808,6	14.823,1	18,3	1,80	26.730
17/02/2012	1.377	814,1	16.383,3	20,1	2,12	34.742
05/03/2012	1.526	819,7	17.300,1	21,1	2,34	40.448
19/03/2012	1.528	819,1	17.230,0	21,0	2,25	38.829
09/04/2012	1.463	810,9	16.652,1	20,5	2,03	33.778
24/04/2012	1.427	815,1	16.801,1	14,3	2,01	33.755
07/05/2012	1.413	815,4	16.699,2	20,5	1,88	31.319
21/05/2012	1.344	811,8	16.221,1	20,0	1,90	30.897
11/06/2012	1.178	803,5	15.045,3	18,7	1,63	24.452
25/06/2012	980	794,4	13.564,6	17,1	1,35	18.324
09/07/2012	933	799,7	13.262,1	16,6	1,31	17.310
27/08/2012	411	777,8	8.764,9	11,3	0,61	5.345
24/09/2012	271	771,0	7.610,6	9,9	0,44	3.371
15/10/2012	453	779,9	9.022,1	11,6	0,66	5.987
05/11/2012	389	771,9	8.416,3	10,9	0,60	5.068
04/12/2012	739	788,1	11.151,2	14,1	1,02	11.348
17/01/2013	1.192	808,9	15.223,1	18,8	1,73	26.392
04/02/2013	1.202	808,5	15.571,4	19,3	1,69	26.315
08/03/2013	1.522	822,3	18.330,7	22,3	2,08	38.087
01/04/2013	1.631	829,3	18.932,6	22,8	2,30	43.615

**Tabela 5.6.  
Resumo das Medições com ADCP em UHE Santo Antônio Porto Velho**

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
15/05/2009*	1398	3	30.280	312	1,0	26.770	17.591,8	1,72	751,9
16/05/2009*	1399	3	30.125	804	2,7	26.747	17.725,7	1,70	747,5
22/06/2009	1060	4	19.808	863	4,4	16.874	15.275,5	1,30	739,3
06/07/2009	941	6	16.460	111	0,7	14.124	14.309,9	1,15	732,6
24/07/2009	844	6	13.205	215	1,6	11.210	16.759,0	0,81	994,9
05/08/2009	711	6	9.987	124	1,2	8.477	12.418,3	0,80	726,5
10/11/2009	584	2	7.704	170	2,2	6.489	10.843,4	0,71	694,2
17/11/2009	778	6	11.907	149	1,3	10.191	12.745,5	0,93	720,3
23/11/2009	793	6	12.546	157	1,3	10.725	12.799,5	0,98	717,5
19/12/2009	1105	4	22.335	671	3,0	19.351	15.054,7	1,48	748,7
04/01/2010	1223	5	26.411	615	2,3	22.977	15.914,8	1,66	753,0
18/01/2010	1284	2	27.406	455	1,7	23.684	15.767,0	1,74	736,5
01/02/2010	1408	4	32.540	127	0,4	28.878	16.415,7	1,98	752,6
15/02/2010	1401	2	31.376	102	0,3	27.776	16.843,8	1,86	749,8
03/04/2010	1559	4	36.116	422	1,2	31.894	18.377,5	1,97	758,6
19/04/2010	1345	4	26.334	164	0,6	23.508	16.947,7	1,55	747,7
10/05/2010	1304	4	26.217	441	1,7	23.279	15.996,5	1,64	747,8
25/05/2010	1046	4	18.453	517	2,8	16.200	14.037,7	1,31	735,4
08/06/2010	965	4	16.432	307	1,9	14.352	13.341,0	1,23	732,0
29/06/2010	594	4	7.747	320	4,1	6.545	10.882,8	0,71	708,9
19/07/2010	483	5	5.735	103	1,8	4.881	9.654,1	0,59	706,1
02/08/2010	454	4	5.297	133	2,5	4.351	9.827,8	0,54	709,8
13/09/2010	326	4	3.688	41	1,1	2.902	7.917,8	0,47	768,6
25/10/2010	318	4	3.612	12	0,3	2.797	7.907,1	0,46	772,7
12/11/2010	500	4	6.457	17	0,3	5.214	9.328,4	0,69	774,8
06/12/2010	601	4	8.361	101	1,2	6.949	9.967,7	0,84	770,3
17/12/2010	612	4	8.586	76	0,9	7.119	10.167,6	0,84	778,3
10/01/2011	1075	4	17.605	327	1,9	14.952	12.524,0	1,41	776,9
25/01/2011**	1073	4	21.604	65	0,3	18.716	13.711,9	1,58	792,9
09/05/2011	1434	4	31.047	520	1,7	27.279	16.709,6	1,86	792,5
25/05/2011	1194	4	22.861	528	2,3	19.743	14.786,6	1,55	782,2
22/06/2011	800	6	12.447	307	2,5	10.371	12.104,7	1,03	786,4
20/07/2011	512	4	6.223	205	3,3	5.041	9.586,4	0,65	769,2
08/08/2011	520	4	6.216	229	3,7	5.043	9.564,9	0,65	772,4
12/09/2011	320	4	3.534	170	4,8	2.823	8.070,6	0,44	763,7
19/09/2011	354	6	4.118	205	5,0	3.292	8.255,5	0,50	763,6
20/09/2011	364	6	4.185	109	2,6	3.341	8.346,7	0,50	769,5
21/09/2011	363	6	4.071	102	2,5	3.270	8.277,0	0,49	770,9
22/09/2011	348	5	3.984	130	3,3	3.176	8.265,2	0,48	770,9

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

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
23/09/2011	340	7	3.752	122	3,3	3.024	7.999,3	0,47	736,6
26/09/2011	318	4	3.658	59	1,6	2.949	7.635,3	0,48	704,0
27/09/2011***	305	6	3.564	38	1,1	2.821	7.960,4	0,45	761,3
28/09/2011***	304	6	3.589	28	0,8	2.791	8.002,2	0,45	770,0
29/09/2011	304	6	3.423	100	2,9	2.733	7.874,4	0,44	763,6
30/09/2011	310	5	3.287	119	3,6	2.642	7.271,6	0,46	643,2
25/10/2011***	564	4	7.766	44	0,6	6.284	9.885,7	0,79	773,3
21/11/2011	435	3	5.568	215	3,9	4.512	9.003,1	0,62	778,1
06/12/2011	612	4	8.841	282	3,2	7.467	10.353,7	0,85	773,8
19/12/2011	895	4	15.647	225	1,4	13.528	12.488,3	1,25	789,4
23/01/2012	1158	4	21.861	488	2,2	18.949	14.504,0	1,51	794,3
05/03/2012	1526	3	35.647	382	1,1	31.394	17.892,00	2,00	842
09/04/2012	1463	4	30.608	646	2,1	26.368	17.091,20	1,79	804
24/04/2012	1427	4	29.493	431	1,5	25.059	16.792,40	1,76	798,6
21/05/2012	1344	1	27.970			24.427	16.462,30	1,70	816,8
27/08/2012	411	6	5.479	82,5	1,5	4.370	8.967,40	0,61	770,7
24/09/2012***	271	4	3.570	37	1,0	2.814	7.841,60	0,46	768,7
15/10/2012***	453	5	6.112	51,9	0,8	4.896	9.308,20	0,66	767,9
05/11/2012***	389	4	5.107	111	2,2	4.101	8.779,70	0,58	768,7
04/12/2012***	739	4	10.828	203	1,9	9.001	11.410,30	0,95	778,4
17/01/2013	1192	4	23.909	649	2,7	20.385	15.635,70	1,53	805,4
04/02/2013	1.202	5	22.153	547	2,5	18.979	15.721,50	1,41	808,6

**Observações:**

\* Medições revisadas em Out/11 - Correção na Declividade Magnética.

\*\* Medições revisadas em Out/11 - Correção na Profundidade do Ecobatímetro.

\*\*\*As medições realizadas em 27/09/2011, 28/09/2011, 25/10/2011, 24/09/2012, 15/10/2012, 5/11/2012 e 4/12/2012 estão sujeitas ao efeito de fundo móvel, pois foram realizadas sem o auxílio de GPS no posicionamento da embarcação.

#### 5.4. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA SÃO CARLOS

**Tabela 5.7.**  
**Resumo das Medições com Molinete em São Carlos**

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m²)	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m³/s)
25/03/2009	1.554	1.001,3	17.367,3	17,3	2,18	37.805
05/04/2009	1.615	1.005,0	18.474,7	18,4	2,15	39.712
12/04/2009	1.574	1.000,9	18.740,2	18,7	1,90	35.606
06/05/2009	1.516	997,5	17.059,2	17,1	1,96	33.480
24/05/2009	1.383	986,7	17.580,7	17,8	1,67	29.419
04/06/2009	1.284	985,5	16.830,2	17,1	1,66	27.949
24/06/2009	1.068	980,2	14.486,6	14,8	1,46	21.192
08/07/2009	935	978,9	13.330,1	13,6	1,25	16.648
26/08/2009	601	961,7	9.646,9	10,0	0,89	8.539
09/09/2009	508	956,9	8.503,5	8,9	0,78	6.631
06/10/2009	557	959,3	8.097,7	8,4	0,98	7.955
27/11/2009	827	968,0	10.457,6	10,8	1,42	14.861
30/11/2009	827	969,1	10.304,6	10,6	1,46	15.022
09/12/2009	1.001	973,2	9.645,2	9,9	2,17	20.955
06/01/2010	1.252	980,3	14.281,7	14,6	2,04	29.065
22/01/2010	1.360	989,9	15.196,6	15,4	2,20	33.382
03/02/2010	1.470	998,8	17.615,8	17,6	2,12	37.380
17/02/2010	1.465	998,1	17.693,3	17,7	2,08	36.847
03/03/2010	1.518	1.002,4	17.083,1	17,0	2,16	36.906
17/03/2010	1.554	997,9	17.732,1	17,8	2,13	37.820
07/04/2010	1.598	1.002,7	18.547,2	18,5	2,13	39.574
21/04/2010	1.394	990,3	16.694,8	16,9	1,82	30.327
12/05/2010	1.325	989,0	16.735,0	16,9	1,72	28.843
27/05/2010	1.057	983,2	14.190,6	19,0	1,49	21.101
10/06/2010	948	975,1	13.037,1	13,4	1,34	17.479
21/07/2010	539	963,0	8.915,7	9,3	0,86	7.653
04/08/2010	448	957,0	7.703,1	8,0	0,75	5.765
15/09/2010	380	958,3	6.670,5	7,0	0,73	4.893
27/10/2010	333	954,5	5.669,7	5,9	0,75	4.230
17/11/2010	474	959,5	6.717,0	7,0	0,94	6.287
08/12/2010	646	968,7	8.360,8	8,6	1,18	9.894
21/12/2010	699	964,3	8.299,8	8,6	1,40	11.621
12/01/2011	994	977,7	10.583,7	10,8	1,91	20.228
27/01/2011	1.100	984,4	11.255,5	11,4	2,14	24.097
10/02/2011	1.299	997,3	15.374,3	15,4	2,03	31.140
23/02/2011	1.449	996,8	16.445,5	16,5	2,36	38.872
16/03/2011	1.557	997,5	17.265,5	17,3	2,43	41.924
30/03/2011	1.608	997,5	17.371,7	17,4	2,47	42.838
13/04/2011	1.690	997,0	19.295,4	19,4	2,45	47.866
28/04/2011	1.597	998,3	18.163,6	18,2	2,12	38.512
11/05/2011	1.466	997,8	16.728,9	16,8	2,04	34.048

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

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)
27/05/2011	1.214	985,3	15.144,3	15,4	1,70	25.719
08/06/2011	1.048	980,9	13.757,2	14,0	1,46	20.133
29/06/2011	743	973,2	10.466,5	10,8	1,12	11.752
23/07/2011	595	963,1	9.024,6	9,4	0,99	8.957
10/08/2011	578	962,8	8.939,2	9,3	0,93	8.290
14/09/2011	341	953,4	6.644,6	7,0	0,61	4.021
27/10/2011	576	964,7	8.553,6	8,9	0,99	8.437
24/11/2011	440	958,5	7.020,8	7,3	0,79	5.560
08/12/2011	568	964,7	7.901,9	8,2	1,01	8.003
21/12/2011	925	979,0	11.166,1	11,4	1,65	18.454
11/01/2012	1.043	981,3	12.237,6	12,5	1,75	21.433
08/02/2012	1.245	989,3	12.778,6	12,9	2,19	27.970
23/02/2012	1.480	1.000,0	17.058,8	17,1	2,35	40.069
07/03/2012	1.575	1.008,7	18.209,1	18,1	2,26	41.143
21/03/2012	1.582	998,4	17.885,8	17,9	2,34	41.808
12/04/2012	1.504	997,0	17.281,6	17,3	2,04	35.338
26/04/2012	1.466	1.001,9	18.136,8	23,9	1,94	35.170
09/05/2012	1.413	1.000,6	17.176,2	17,2	1,84	31.527
23/05/2012	1.366	996,7	17.384,1	17,4	1,81	31.508
13/06/2012	1.210	978,1	16.036,9	16,4	1,58	25.401
27/06/2012	1.056	978,0	14.489,3	14,8	1,41	20.390
12/07/2012	963	975,9	13.740,8	14,1	1,29	17.754
29/08/2012	474	977,9	9.017,0	9,2	0,66	5.955
26/09/2012	347	955,8	7.602,0	8,0	0,49	3.752
17/10/2012	522	961,5	9.262,5	9,6	0,76	7.040
07/11/2012	446	961,5	8.533,9	8,9	0,65	5.576
06/12/2012	771	969,7	11.492,7	11,9	1,15	13.190
06/02/2013	1.228	992,2	15.261,8	15,4	1,72	26.292
03/04/2013	1.670	1.002,9	20.709,5	20,7	2,29	47.484

**Tabela 5.8.**  
**Resumo das Medições com ADCP em São Carlos**

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
24/06/2009	1068	6	19.373	285	1,5	16.107	15.050,4	1,29	973,4
08/07/2009	935	6	15.929	299	1,9	13.179	13.784,2	1,16	966,1
26/08/2009	601	6	8.411	242	2,9	6.606	9.763,3	0,86	963,1
27/11/2009	827	6	13.653	138	1,0	10.761	10.779,8	1,27	958,1
30/11/2009	827	6	14.132	367	2,6	11.105	10.775,1	1,31	937,6
09/12/2009	1001	4	19.090	415	2,2	14.809	10.046,7	1,90	974,1
06/01/2010	1252	6	26.472	628	2,4	21.749	14.105,8	1,88	972,2
22/01/2010	1360	4	30.791	518	1,7	26.509	15.967,1	1,93	986,6
03/02/2010	1470	6	33.413	352	1,1	29.090	17.371,9	1,92	989,9
07/04/2010	1598	4	34.981	817	2,3	30.615	18.666,3	1,87	996,2
21/04/2010	1394	2	27.385	452	1,7	23.489	17.081,0	1,60	984,7
12/05/2010	1325	4	26.931	817	3,0	23.303	16.873,4	1,60	983,0
27/05/2010	1057	4	19.378	609	3,1	16.480	14.307,1	1,35	975,4
10/06/2010	948	4	16.282	382	2,3	13.335	13.440,2	1,21	970,7
22/06/2010	687	5	10.077	351	3,5	7.986	10.746,0	0,94	958,4
21/07/2010	539	4	6.961	139	2,0	5.430	8.728,6	0,80	955,5
04/08/2010	448	4	5.599	193	3,4	4.071	7.930,9	0,71	951,7
15/09/2010	380	4	4.574	138	3,0	3.206	6.849,5	0,67	941,8
27/10/2010	333	4	3.969	93	2,4	2.573	5.591,5	0,71	948,6
17/11/2010	474	4	6.040	130	2,2	4.228	6.885,0	0,88	959,5
08/12/2010	646	3	9.332	217	2,3	6.984	8.606,5	1,08	958,1
21/12/2010	699	5	10.846	221	2,0	8.191	8.663,1	1,25	955,4
12/01/2011*	993	4	18.265	395	2,2	14.729	10.632,7	1,72	963,1
27/01/2011*	1100	4	21.024	521	2,5	16.702	11.034,9	1,91	981,4
10/02/2011*	1298	4	28.070	309	1,1	24.045	15.063,8	1,86	964,4
23/02/2011	1449	4	34.061	1.195	3,5	27.875	16.441,7	2,07	992,8
28/04/2011	1597	5	34.460	1123	3,3	30.156	18.716,2	1,84	982,0
11/05/2011	1466	4	30.604	994	3,2	25.906	17.156,0	1,78	982,7
29/06/2011	743	4	11.101	280	2,5	8.925	10.815,0	1,03	964,0
23/07/2011	595	4	8.652	249	2,9	6.755	9.367,8	0,92	951,7
10/08/2011	578	4	7.433	62	0,8	5.832	8.806,9	0,85	911,5
14/09/2011	341	4	3.911	106	2,7	2.878	6.666,7	0,59	932,3
27/10/2011**	576	4	7.397	93	1,3	5.548	8.737,2	0,85	950,0
24/11/2011	440	3	5.290	213	4,0	3.646	7.208,7	0,73	954,3
08/12/2011	568	4	7.222	337	4,7	5.499	7.996,4	0,90	949,3
21/12/2011	925	4	16.137	535	3,3	13.217	11.334,5	1,42	978,6
11/01/2012	1043	3	18.478	538	2,9	15.429	12.499,2	1,48	976,1
25/01/2012	1196	6	24.063	542	2,3	19.941	12.548,2	1,92	985,0
7/3/2012	1575	4	37.827	949	2,5	32.592	18.394,80	2,06	994,5

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

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
12/4/2012	1504	4	30.986	854	2,8	26.937	17.685,20	1,75	995,5
26/4/2012	1466	4	30.294	627	2,1	25.693	18.235,80	1,66	982,1
9/5/2012	1413	4	28.476	705	2,5	23.621	17.736,20	1,61	980,3
23/5/2012	1366	2	27.281	359	1,3	23.615	17.392,30	1,57	978,9
29/8/2012**	474	5	5.918	84,7	1,4	4.437	9.247,30	0,64	951,1
26/9/2012**	347	4	4.021	33,9	0,8	2.878	7.952,80	0,51	957,7
17/10/2012**	522	4	6.815	49,3	0,7	5.209	9.470,90	0,72	952,3
7/11/2012**	446	4	5.510	86,3	1,6	4.169	8.659,90	0,64	942
6/12/2012**	771	4	11.547	88	0,8	9.067	11.953,30	0,97	961
6/2/2013	1228	4	22.361	806	3,6	19.136	15.258,70	1,47	985,4

Observações:

\* Medições revisadas em Out/2011 - Correção na Profundidade do Ecobatímetro.

\*\* As medições realizadas em 27/10/2011, 29/08/2012, 26/09/2012, 17/10/2012, 07/11/2012 e 06/12/2012 estão sujeitas ao efeito de fundo móvel, pois foram realizadas sem o auxílio de GPS no posicionamento da embarcação.

## 5.5. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA UHE SANTO ANTÔNIO HUMAITÁ

**Tabela 5.9.  
Resumo das Medições com Molinete em UHE Santo Antônio Humaitá**

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m²)	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m³/s)
27/03/2009	2.239	1.110,1	20.173,7	18,2	2,17	43.694
06/04/2009	2.284	1.107,1	21.628,6	19,5	2,19	47.258
14/04/2009	2.263	1.108,4	20.866,5	18,8	2,10	43.709
08/05/2009	2.206	1.108,3	20.705,9	18,7	1,88	38.939
26/05/2009	2.066	1.089,8	20.456,6	18,8	1,75	35.783
06/06/2009	1.976	1.089,9	18.771,0	17,2	1,71	32.186
26/06/2009	1.731	1.075,9	15.473,9	14,4	1,49	23.060
10/07/2009	1.593	1.056,1	14.133,3	13,4	1,25	17.736
28/08/2009	1.239	1.037,1	10.321,7	10,0	0,87	9.000
11/09/2009	1.129	1.027,9	9.184,0	8,9	0,85	6.859
08/10/2009	1.196	1.032,2	9.982,7	9,7	0,85	8.480
25/11/2009	1.458	1.047,3	12.628,8	12,1	1,20	15.103
02/12/2009	1.481	1.072,9	12.883,6	12,0	1,24	16.026
11/12/2009	1.671	1.077,8	14.815,6	13,7	1,48	21.944
08/01/2010	1.891	1.100,1	17.018,4	15,5	1,80	30.584
20/01/2010	1.988	1.106,8	17.496,2	15,8	2,04	35.716
05/02/2010	2.140	1.115,1	19.816,8	17,8	2,17	42.907
19/02/2010	2.152	1.117,3	19.844,5	17,8	2,13	42.239
05/03/2010	2.205	1.113,2	20.156,1	18,1	2,11	42.563
19/03/2010	2.235	1.115,0	21.559,8	19,3	2,13	45.851
09/04/2010	2.271	1.114,7	21.452,6	19,2	2,13	45.683
23/04/2010	2.096	1.086,4	18.905,5	17,4	1,83	34.642
14/01/2011	1.670	1.091,8	14.413,6	13,2	1,55	22.362
12/02/2011	1.978	1.109,2	18.070,5	16,3	1,96	35.330
18/03/2011	2.223	1.120,2	20.819,5	18,6	2,18	45.429
01/04/2011	2.276	1.125,3	21.158,8	18,9	2,31	48.951
15/04/2011	2.335	1.125,3	22.277,7	19,8	2,45	54.659
10/06/2011	1.695	1.075,0	14.942,1	13,9	1,42	21.276
26/11/2011	1.080	1.026,7	8.439,3	14,3	0,73	6.162
13/01/2012	1.706	1.088,7	14.609,1	13,4	1,59	23.207
10/02/2012	1.987	1.110,9	18.104,3	16,3	1,97	35.718
25/02/2012	2.179	1.118,2	20.321,2	18,2	2,25	45.648
23/03/2012	2.256	1.120,3	21.141,1	18,9	2,20	46.534
15/06/2012	1.841	1.081,1	16.750,9	15,5	1,60	26.811
29/06/2012	1.728	1.079,9	15.725,7	14,6	1,52	23.870
14/07/2012	1.610	1.075,9	14.672,2	13,6	1,35	19.876
05/04/2013	2.316	1.131,4	21.935,7	19,4	2,26	49.541

**Tabela 5.10.  
Resumo das Medições com ADCP em UHE Santo Antônio Humaitá**

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
26/06/2009	1731	6	21.581	140	0,6	17.991	16.003,0	1,35	1.073,1
10/07/2009	1593	6	17.797	181	1,0	14.639	14.503,7	1,23	1.053,6
28/08/2009	1239	6	8.840	105	1,2	7.017	10.750,7	0,82	1.035,8
25/11/2009	1458	6	14.535	167	1,1	11.732	13.040,6	1,11	1.045,3
02/12/2009	1481	6	14.983	52	0,3	12.399	13.342,4	1,12	1.057,8
11/12/2009	1671	4	21.303	141	0,7	17.750	15.305,2	1,39	1.070,6
08/01/2010	1891	6	28.211	132	0,5	24.050	17.615,7	1,60	1.095,0
20/01/2010	1988	5	32.531	320	1,0	27.706	18.312,0	1,78	1.104,7
05/02/2010	2140	4	38.260	266	0,7	33.047	20.264,0	1,89	1.115,2
09/04/2010	2271	4	40.762	363	0,9	35.898	21.586,9	1,89	1.129,0
14/05/2010	1986	6	28.468	399	1,4	24.646	18.366,1	1,55	1.080,1
29/05/2010	1710	6	19.645	390	2,0	16.662	15.300,4	1,28	1.069,6
12/06/2010	1594	6	17.144	299	1,7	13.872	14.559,3	1,18	1.070,0
24/06/2010	1346	6	10.759	315	2,9	8.539	11.817,5	0,91	1.032,6
23/07/2010	1184	6	7.647	206	2,7	6.092	9.823,4	0,78	1.024,9
06/08/2010	1087	6	5.809	183	3,2	4.381	8.906,0	0,65	1.018,8
17/09/2010	1020	6	4.864	115	2,4	3.634	8.216,9	0,59	1.039,5
29/10/2010	982	4	4.340	112	2,6	3.242	7.746,4	0,56	1.027,4
19/11/2010	1116	5	6.618	100	1,5	5.007	9.044,0	0,73	1.022,5
10/12/2010	1291	7	10.878	86	0,8	8.354	10.895,2	1,00	1.031,4
23/12/2010	1370	5	11.990	118	1,0	9.593	11.570,4	1,04	1.038,2
14/01/2011*	1669	5	20.180	378	1,9	17.006	14.535,1	1,39	1.077,6
29/01/2011*	1803	3	25.033	438	1,7	21.137	16.010,3	1,56	1.077,3
12/02/2011*	1977	2	30.899	715	2,3	22.312	18.560,2	1,66	1.096,6
25/02/2011	2124	5	38.502	578	1,5	32.183	20.342,9	1,89	1.094,2
29/04/2011	2277	5	39.243	508	1,3	33.788	21.722,5	1,81	1.107,0
13/05/2011	2137	4	33.005	278	0,8	28.764	19.816,1	1,67	1.077,2
24/05/2011	1971	6	27.587	475	1,7	23.686	17.221,7	1,60	1.074,2
01/07/2011	1397	5	12.223	476	3,9	9.734	11.436,3	1,07	1.031,8
30/07/2011	1262	6	9.368	116	1,2	7.194	10.303,3	0,91	1.031,4
12/08/2011	1210	6	8.075	255	3,2	6.243	9.660,3	0,84	1.018,7
16/09/2011	1008	6	4.171	174	4,2	3.072	7.442,3	0,56	1.012,9
30/10/2011	1193	6	8.030	288	3,6	6.232	9.721,8	0,83	1.027,5
26/11/2011**	1080	3	5.900	238	4,0	4.402	8.215,7	0,72	929,1
10/12/2011	1219	6	8.486	393	4,6	6.752	9.903,6	0,86	1.020,9
23/12/2011	1574	5	17.472	330	1,9	14.689	13.468,7	1,30	1.051,7
27/01/2012	1905	6	27.415	659	2,4	23.505	16.910,4	1,62	1.107,9
9/3/2012	2250	5	42.630	1137	2,7	37.396	21.875,70	1,95	1.086,80
14/4/2012	2187	4	34.862	1081	3,1	30.472	20.201,20	1,73	1.102,40

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

Data	Leitura da Régua (cm)	Nº de Travessias	Vazão Total (m³/s)	Desvio Q total (m³/s)	Erro (%)	Vazão medida (m³/s)	Área da seção (m²)	Veloc. Média (m/s)	Largura (m)
28/4/2012	2152	6	33.794	392	1,2	29.520	20.141,60	1,68	1.088,30
11/5/2012	2072	6	30.497	468	1,5	26.297	19.314,40	1,58	1.090,40
25/5/2012	2029	4	30.591	815	2,7	26.573	19.094,40	1,60	1.098,30
31/8/2012**	1103	6	6.194	51,2	0,8	4.721	9.292,50	0,67	1.028,60
28/9/2012**	993	6	4.464	26,8	0,6	3.294	8.203,20	0,54	1.017,10
19/10/2012**	1173	6	7.828	76,5	1,0	6.076	9.921,20	0,79	1.032,30
9/11/2012**	1082	6	6.000	58,1	1,0	4.605	8.831,30	0,68	1.023,30
8/12/2012	1419	6	13.187	296	2,2	10.377	12.204,40	1,08	1.042,70
8/2/2013	1933	6	28.440	457	1,6	23.529	18.252,30	1,56	1.087,10

Observação:

\* Medições revisadas em Out/2011 - Correção na Profundidade do Ecobatímetro.

\*\* As medições realizadas em 26/11/2011, 31/08/2012, 28/09/2012, 19/10/2012 e 09/11/2012 estão sujeitas ao efeito de fundo móvel, pois foram realizadas sem o auxílio de GPS no posicionamento da embarcação.

## 5.6. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA JACIPARANÁ - VILA

**Tabela 5.11.**  
**Resumo das Medições com Molinete em Jaciparaná -Vila**

Local da Medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)
S03	30/03/2009	831	103,4	648,8	6,3	0,89	578
S03	10/04/2009	793	113,0	612,9	5,4	0,80	490
VILA	17/04/2009	837	152,0	1.145,4	7,5	0,32	371
VILA	28/05/2009	607	150,3	847,2	5,6	0,53	450
S02	28/06/2009	432	109,1	412,7	3,8	0,66	271
S02	22/07/2009	362	108,7	298,1	2,7	0,96	287
S02	04/09/2009	197	102,2	170,4	1,7	0,56	96
S02	05/11/2009	177	101,1	162,9	1,6	0,51	82
S02	04/12/2009	340	105,2	242,7	2,3	0,42	103
S02	28/01/2010	762	132,3	846,3	6,4	0,88	741
S02	25/02/2010	742	131,0	866,8	6,6	0,84	726
S02	24/03/2010	788	131,8	862,8	6,6	0,79	683
S02	30/04/2010	613	126,5	626,0	5,0	0,66	415
S02	19/05/2010	521	123,8	519,0	4,2	0,63	329
S02	16/06/2010	303	107,3	305,8	2,9	0,63	193
S02	12/08/2010	152	102,1	143,0	1,4	0,46	66
S02	06/10/2010	144	101,5	123,1	1,2	0,55	68
S02	01/12/2010	215	105,4	196,2	1,9	0,62	122
S02	20/01/2011	358	110,2	403,2	3,7	0,57	230
S02	16/02/2011	731	117,0	747,9	6,4	0,83	621
S02	24/03/2011	889	117,7	861,1	7,3	1,00	843

Observação:

\* As leituras da régua correspondem à estação de Jaciparaná (Vila).

## 5.7. ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA MONTANTE JACIPARANÁ

**Tabela 5.12.**  
**Resumo das Medições com Molinete em Montante Jaciparaná**

Data	Leitura da Régua (cm)	Largura (m)	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Vel. Média (m/s)	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)
25/03/2011	75,38	91,0	491,0	5,4	0,96	470
08/04/2011	75,70	91,2	525,1	5,8	0,95	501
05/05/2011	73,60	89,2	338,9	3,8	0,70	237
17/06/2011	71,48	82,0	174,4	2,1	0,55	96
04/08/2011	70,44	77,0	92,7	1,2	0,39	36
20/10/2011	70,40	77,0	88,0	1,1	0,42	37
15/12/2011	70,92	79,3	111,2	1,4	0,60	66
17/01/2012	73,29	88,6	307,7	3,5	0,74	226
01/03/2012	75,60	101,8	545,2	5,4	0,89	487
16/03/2012	75,55	99,0	528,0	5,3	0,90	441
19/04/2012	74,14	91,5	395,7	4,3	0,71	281
17/05/2012	72,89	90,0	302,5	3,4	0,54	164
21/06/2012	72,01	85,0	218,0	2,6	0,45	99
04/10/2012	70,53	78,3	110,3	1,4	0,32	35
21/12/2012	71,93	84,7	221,6	2,6	0,47	103
21/02/2013	75,64	101,2	554,9	5,5	0,94	521
17/04/2013	75,29	100,4	529,3	5,3	0,80	425

Observação:

\* Cota do nível d'água na seção obtida através de nivelamento geométrico a partir do marco de referência.

## **6.RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA SÓLIDA**

As amostras de sedimento em suspensão e do leito coletadas durante as medições foram analisadas no laboratório de sedimentos da PCE, seguindo as metodologias descritas sucintamente nos itens anteriores. Rotineiramente, os resultados das análises são enviados ao escritório da PCE no Rio de Janeiro, onde passam por um processo de avaliação e consistência e, posteriormente, utilizados para o cálculo da descarga sólida em suspensão e da descarga sólida total, conforme descrito no item *Procedimentos e Consistência dos Dados*.

Sazonalmente foi realizado um procedimento de re-amostragem do sedimento em suspensão (da amostragem integrada na vertical), com o intuito de avaliar a consistência das amostragens e análises laboratoriais. Para o cálculo da descarga sólida total pelo Método de Einstein Modificado, com a re-amostragem dos sedimentos em suspensão, foram assumidos os dados da descarga líquida e os dados da análise granulométrica dos sedimentos do leito amostrados no mesmo dia.

## **6.1. RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS**

### **6.1.1. Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito**

Neste item apresenta-se o resumo dos resultados das análises granulométricas do sedimento em suspensão (obtidos a partir do procedimento de amostragem integrada na vertical) e do sedimento do leito para cada estação fluviométrica que compõe a rede básica do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira (Tabela 6.1. a Tabela 6.7.).

Nas tabelas apresenta-se para cada estação a percentagem de material sedimentar que compõe cada faixa granulométrica do material em suspensão e material do leito (argila, silte, areia fina, areia média, areia grossa e pedregulho) e os diâmetros característicos do material que compõem o leito do rio.

Entre os meses de setembro e dezembro de 2011, com o laboratório funcionando de forma provisória em outras dependências da PCE, não foi viável a instalação do tanque com temperatura controlada para a análise de pipetagem. Por este motivo, nas análises granulométricas do leito de UHE Santo Antônio Humaitá (dia 16/09/2011), UHE Santo Antônio Porto Velho (dias 08/08/2011, 12/09/2011 e 25/10/2011) e São Carlos (dias 10/08/2011 e 14/09/2011), cujos percentuais de sedimentos finos foram maiores que 5% do material, não foi possível determinar as porcentagens de silte e argila. Por este motivo nas análises destes dias, consta apenas a separação da granulometria das areias e do material fino (silte+argila).

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

**Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Abunã**

**Tabela 6.1.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em UHE Santo Antônio Abunã**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito										Observação		
		(%)							(%)						Coeficiente de Uniformidade (mm)						
		Argila 0,0005 – 0,004	Silte 0,004 – 0,0625	Argila + Silte 0,000 – 0,0625	Ar.fina 0,0625 – 0,250	Ar.med. 0,250 – 0,500	Ar.gros. 0,500 – 2,00	Conc. Total (ppm)	Argila 0,0005- 0,004	Silte 0,004 – 0,0625	Argila + Silte 0,000 – 0,0625	Ar.fina 0,0625 – 0,250	Ar.med. 0,250 – 0,500	Ar.gros. 0,500 – 2,00	Pedreg 2,00 – 64,00	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%	D 90%
1	29/3/09	17,5	67,1		12,3	0,2	2,9	1014			1,5	18,8	62,8	16,8	0,1	0,174	0,302	0,357	0,406	0,629	
2	8/4/09	19,9	68,4		11,5	0,2	0	772,5			0,6	67,4	31,1	0,6	0,3	0,112	0,168	0,202	0,241	0,378	
3	20/4/09	19,2	62,4		18,2	0,1	0,1	840,1			2,2	74,3	21,4	1,8	0,3	0,082	0,145	0,175	0,214	0,357	
4	19/5/09	16,8	54,1		28,6	0,3	0,2	578,6			1,8	87,1	11	0,1	0	0,085	0,142	0,165	0,193	0,263	
5	30/5/09	23,6	44,2		31,9	0,3	0	411,3			0,7	80,2	18,4	0,7	0	0,097	0,152	0,177	0,204	0,320	
6	13/6/09	23,4	51,6		24,9	0,1	0	515,7			0,5	80,5	17,9	1,1	0	0,085	0,146	0,172	0,205	0,324	
Ream.	13/6/09	28,5	44,7		26,7	0,1	0	517,7													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
7	30/6/09	12,3	61,4		25,9	0,4	0	538,5	0,7	6,4		47,7	34,3	10,6	0,3	0,091	0,183	0,231	0,307	0,507	
8	23/7/09	20,1	57,9		21,7	0,1	0,2	342,2			0,3	82,1	11,8	4,7	1,1	0,132	0,165	0,187	0,210	0,346	
9	20/8/09	30,4	59,8		9,7	0,1	0	213,3			0,6	77,6	14,5	6,5	0,8	0,121	0,163	0,188	0,218	0,434	
10	3/9/09	35,6	60,9		3,5	0	0	186,1			0,8	80,7	14,6	3,8	0,1	0,101	0,154	0,179	0,201	0,329	
11	14/10/09	42,8	55,3		1,9	0	0	172,2			1,1	77	17	4,4	0,5	0,123	0,164	0,188	0,219	0,376	
12	4/11/09	52,0	42,6		5,4	0	0	325,5													Sem amostra do leito
13	6/12/09	36,7	52,5		10,8	0	0	1240			0,8	83,7	12,9	2,3	0,3	0,115	0,159	0,181	0,207	0,301	
14	15/12/09	34,0	53,1		12,7	0,2	0	1274			1,0	77,9	13	8	0,1	0,113	0,163	0,185	0,216	0,451	
15	12/1/10	35,8	53,0		11,1	0,1	0	1346			1,5	57,1	37	4,3	0,1	0,087	0,164	0,214	0,282	0,435	
16	27/1/10	30,6	57,4		11,8	0,2	0	1372			2,2	69	28,6	0,2	0	0,080	0,141	0,179	0,226	0,364	
17	10/2/10	32,4	60,3		7,1	0,2	0	1639			2,0	70,2	26,7	1,1	0	0,081	0,144	0,179	0,224	0,367	
18	23/2/10	23,6	65,9		10,2	0,3	0	1363			1,6	66,2	30,5	1	0,7	0,081	0,145	0,185	0,246	0,394	
19	9/3/10	25,0	65,4		9,3	0,3	0	1617			2,4	84,5	12,1	0,9	0,1	0,076	0,126	0,153	0,186	0,279	
20	23/3/10	20,1	68,0		11,8	0,1	0	1181			2,0	82,2	15,1	0,6	0,1	0,075	0,127	0,155	0,190	0,296	
21	13/4/10	17,8	51,1		30,9	0,2	0	735			0,8	75,7	22,9	0,6	0	0,098	0,155	0,183	0,218	0,341	
22	27/4/10	17,1	54,2		28,4	0,3	0	455,7			1,9	64,7	30,9	2,3	0,2	0,094	0,163	0,198	0,244	0,395	
23	4/5/10	15,0	62,4		22,3	0,3	0	805,4			0,4	62,7	35,5	1,2	0,2	0,116	0,172	0,209	0,259	0,398	
24	18/5/10	14,3	56,8		28,4	0,5	0	595,7			0,4	75,5	22,3	1,4	0,4	0,130	0,167	0,193	0,223	0,353	
25	1/6/10	26,8	58,3		14,8	0,1	0	569			0,2	62,1	37	0,6	0,1	0,142	0,185	0,217	0,263	0,415	
26	15/6/10	26,4	58,8		14,4	0,3	0,1	280,6			0,3	67,6	31,9	0,2	0	0,137	0,178	0,207	0,242	0,364	
27	6/7/10	32,2	62,3		5,5	0	0	124			0,6	63,2	35,5	0,7	0	0,134	0,180	0,213	0,256	0,397	
28	10/8/10	44,3	54,1		1,6	0	0	111,6			1,3	60,7	37,9	0,1	0	0,130	0,179	0,215	0,264	0,397	
29	21/9/10	49,0	50,5		0,5	0	0	77,39	0,6	4,4		57,2	37,2	0,6	0	0,109	0,172	0,211	0,263	0,405	
30	5/10/10	55,9	43,8		0,3	0	0	46,5			4,2	51,8	42,8	1,1	0,1	0,130	0,186	0,230	0,289	0,414	
Ream.	5/10/10	47,3	51,9		0,8	0	0	46,8													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
31	9/11/10	51,8	45,6		2,6	0	0	483,6	0,9	4,4		55,2	38,7	0,8	0	0,098	0,172	0,214	0,271	0,415	
Ream.	9/11/10	49,1	48,4		2,5	0	0	481,7													Reamostragem dos sedimentos em suspensão

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

**Tabela 6.1.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em UHE Santo Antônio Abunã (continuação)**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito										Observação		
		(%)							(%)						Coeficiente de Uniformidade (mm)						
		Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Conc. Total (ppm)	Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%	D 90%
		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005-0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00						
32	30/11/10	50,7	44,2		5,1	0	0	495,9			1,8	53	43	2,2	0	0,134	0,193	0,235	0,295	0,431	
33	14/12/10	51,4	44,5		4,1	0	0	471			1,0	67,5	30,6	0,5	0,4	0,130	0,173	0,203	0,240	0,377	
34	4/1/11	26,7	58,8		14,0	0,5	0	1200			0,5	68,5	29,8	0,9	0,3	0,133	0,175	0,204	0,239	0,377	
35	18/1/11	29,9	55,8		14,1	0,2	0	946			0,3	60	39,4	0,3	0	0,137	0,185	0,221	0,272	0,407	
36	2/2/11	29,5	61,2		9,0	0,3	0	1791			0,3	35	54,2	9,2	1,3	0,142	0,251	0,303	0,366	0,519	
37	15/2/11	27,6	59,7		12,3	0,4	0	1640			3,8	60,4	35,5	0,3	0	0,075	0,135	0,185	0,259	0,406	
38	1/3/11	21,4	60,7		17,7	0,2	0	1180			0,7	69,9	18,8	1,7	8,9	0,094	0,158	0,191	0,232	0,560	
39	22/3/11	19,0	57,9		22,8	0,3	0	1023	1,4	6,3		59,3	22,7	8,2	2,1	0,075	0,157	0,194	0,242	0,513	
40	5/4/11	18,9	59,4		21,5	0,2	0	934,6	3,3	14,9		59,8	17,5	4,4	0,1	0,021	0,130	0,162	0,204	0,382	
41	19/4/11	17,6	58,9		23,3	0,2	0	948,6	2,4	9,8		54,7	23,7	8	1,4	0,049	0,146	0,187	0,242	0,486	
42	4/5/11	18,4	58,7		22,7	0,2	0	695,3	1,6	7,4		58,2	27,5	5,2	0,1	0,077	0,167	0,199	0,243	0,424	
43	17/5/11	10,6	56,1		32,9	0,4	0	505			1,8	62,5	25,9	1	8,8	0,128	0,175	0,209	0,255	0,492	
44	2/6/11	18,3	47,1		33,8	0,8	0	385,8			0,6	77,1	22,2	0,1	0	0,130	0,167	0,191	0,220	0,337	
45	14/6/11	28,7	40,5		29,8	1	0	276,7			2,1	65,1	31,7	1,1	0	0,105	0,166	0,200	0,243	0,384	
46	7/7/11	24,5	64,9		10,6	0	0	136,1			0,8	59,4	39,3	0,5	0	0,135	0,183	0,220	0,272	0,393	
47	5/8/11	38,5	56,0		5,0	0,5	0	183,8			1,1	59,3	38,6	0,6	0,4	0,131	0,181	0,219	0,272	0,410	
48	6/9/11	31,5	68,0		0,5	0	0	88,98													Sem amostra do leito
49	18/10/11	58,4	40,2		1,3	0,1	0	207,8			2,8	65,3	31,1	0,7	0,1	0,123	0,171	0,202	0,241	0,384	
Ream.	18/10/11	52,5	46,0		1,4	0,1	0	226,9													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
50	15/11/11	46,0	51,5		2,5	0	0	191,9			3,9	63,4	31	1,4	0,3	0,101	0,165	0,199	0,242	0,385	
51	13/12/11	49,8	47,5		2,7	0	0	255,6			3,6	56	37,5	2,2	0,7	0,113	0,176	0,217	0,276	0,409	
52	19/1/12	29,3	56,2		13,9	0,6	0	1586	2,4	23,3		50,2	19,6	4,2	0,3	0,030	0,078	0,101	0,141	0,407	
53	14/2/12	30,5	56,3		12,9	0,3	0	1760			4,8	54,2	35,7	2,9	2,4	0,091	0,172	0,216	0,281	0,436	
54	14/3/12	25,5	64,7		9,6	0,2	0	1493			2,9	66,5	17,1	10,8	2,7	0,079	0,142	0,180	0,232	0,899	
55	17/4/12	18,4	66,2		15,0	0,4	0	928,9	1,1	5,3		59,6	27,2	5,3	1,5	0,083	0,156	0,195	0,246	0,441	
56	15/5/12	20,0	62,6		17,2	0,2	0	647,7	1,1	7,3		54,5	24,5	10,6	2	0,080	0,165	0,206	0,265	0,602	
57	19/6/12	23,5	55,8		20,4	0,3	0	465,9			0,3	63,3	25,6	10,3	0,5	0,134	0,180	0,213	0,260	0,529	
58	3/7/12	28,0	55,0		16,8	0,2	0	540,6			1,4	83,7	14,8	0,1	0	0,111	0,155	0,177	0,205	0,284	
59	15/8/12	39,4	54,0		6,6	0	0	183,3			1,9	68,6	29	0,5	0	0,097	0,158	0,191	0,232	0,368	
60	2/10/12	58,9	40,5		0,6	0	0	75,25	0,6	6		55,7	27,6	8,3	1,8	0,082	0,162	0,205	0,268	0,505	
61	19/12/12	36,0	53,2		10,7	0,1	0	890,1			2,7	65,9	28,3	2,1	1	0,094	0,162	0,196	0,238	0,407	
62	19/2/13			88,4	11,4	0,2	0	2980,02			2,7	58,8	38,3	0,2	0	0,085	0,157	0,204	0,266	0,399	
63	18/4/13	28,1	63,0		8,7	0,2	0	1095			3,3	59,5	17,5	10,1	9,6	0,076	0,133	0,186	0,273	1,847	



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

**Tabela 6.2.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em Jusante Caldeirão do Inferno (continuação)**

No. Med.	Data	Material em suspensão						Material do leito										Observação		
		Argila, Silte, Ar.fina, Ar.med., Ar.gros.					Conc. Total (ppm)	Argila, Silte, Argila + Silte, Ar.fina, Ar.med., Ar.gros., Pedreg.						Coeficiente de Uniformidade (mm)						
		Argila	Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.		Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg.	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%	D 90%
		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00						
28	11/8/10	40,7	56,7	2,6	0	0	103,8			0,3	35,9	53,9	8,9	1	0,154	0,247	0,300	0,362	0,494	
29	22/9/10	43,8	54,3	1,9	0	0	66,09			0,9	32,6	61,8	4,4	0,3	0,156	0,257	0,302	0,346	0,462	
30	7/10/10									0,8	47,6	47,5	3,3	0,8	0,145	0,206	0,257	0,319	0,454	Análise de Suspensão inconsistente
Ream.	7/10/10	47,8	48,3	3,9	0	0	47,74													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
31	10/11/10	53,8	44,7	1,5	0	0	521,1			0,2	38,4	53,5	5,1	2,8	0,154	0,236	0,291	0,352	0,482	
Ream.	10/11/10	58,2	40,1	1,7	0	0	513,5													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
32	2/12/10	53,1	42,8	4,1	0	0	416,8			0,1	39,3	57,8	2,7	0,1	0,153	0,233	0,285	0,340	0,454	
33	15/12/10	55,1	42,4	2,5	0	0	349			0,2	16,9	75,7	6,6	0,6	0,191	0,298	0,339	0,388	0,482	
34	6/1/11	30,2	59,3	10,4	0,1	0	977			0,2	50,8	45,9	2,9	0,2	0,140	0,200	0,247	0,309	0,446	
35	19/1/11	33,5	54,5	11,9	0,1	0	471,5			0,3	52,4	45,3	1,6	0,4	0,143	0,197	0,242	0,297	0,422	
36	3/2/11	27,4	60,5	11,9	0,2	0	1776			0,5	48,2	38	8,1	5,2	0,130	0,199	0,257	0,337	0,612	
37	17/2/11	31,2	56,6	11,9	0,3	0	1729			0,3	42,8	55,5	1,3	0,1	0,150	0,220	0,273	0,329	0,444	
38	2/3/11	24,6	55,9	18,9	0,6	0	1236			0,2	39,2	48,5	6,7	5,4	0,145	0,233	0,292	0,360	0,591	
39	23/3/11	18,0	55,1	25,9	1	0	1086													Sem amostra do leito
40	6/4/11	15,7	56,0	27,6	0,7	0	1062													Análise do Leito inconsistente
41	20/4/11	15,6	51,8	31,1	1,5	0	1069			0,8	46,9	49,2	2,5	0,6	0,128	0,201	0,259	0,319	0,445	
42	6/5/11	7,8	64,4	27,3	0,5	0	775,8	1,4	8,6		41	42	6,3	0,7	0,064	0,155	0,243	0,315	0,471	
43	19/5/11	14,7	53,0	31,9	0,4	0	559,9	0,8	9,2		41,5	41,4	6,9	0,2	0,063	0,174	0,242	0,313	0,471	
44	3/6/11	17,7	48,7	33,1	0,5	0	361,1			0,2	40,3	53,6	5,2	0,7	0,132	0,230	0,284	0,343	0,469	
45	15/6/11	33,3	45,9	20,7	0,1	0	221,5			1,1	46,9	43,8	7	1,2	0,110	0,201	0,259	0,327	0,481	
46	9/7/11	33,3	55,5	11,2	0	0	145,2			0,3	57,2	36,8	2,7	3	0,137	0,188	0,227	0,288	0,446	
47	2/8/11	36,2	58,6	5,1	0,1	0	167,5			0,2	43,4	47,2	8,8	0,4	0,144	0,219	0,276	0,342	0,489	
48	8/9/11	35,4	63,8	0,8	0	0	110,9			0,4	47,4	45,7	6,1	0,4	0,140	0,207	0,259	0,325	0,469	
49	21/10/11	28,3	68,1	3,5	0,1	0	574,8			3,5	37,9	48,9	8	1,7	0,122	0,219	0,283	0,349	0,493	
Ream.	21/10/11	30,3	64,9	4,7	0,1	0	607,8													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
50	17/11/11	41,2	51,4	7,4	0	0	236,9			1,2	45,5	47,3	5,7	0,3	0,118	0,203	0,267	0,327	0,462	
51	1/12/11	36,1	62,8	1,1	0	0	417,2	11	0,9		51,9	31,4	4,6	0,2	0,056	0,147	0,193	0,257	0,426	
52	16/12/11	44,0	54,3	1,7	0	0	368,2	18,4	2,1		50,4	25,1	2,6	1,4	0,031	0,100	0,148	0,215	0,414	
53	6/1/12	43,7	50,1	6,2	0	0	1181	9,1	1		81,2	6,3	1,8	0,6	0,065	0,103	0,132	0,165	0,247	
54	18/1/12	32,0	58,9	9,1	0	0	1111	10,8	0		83,5	1,7	4	0	0,062	0,128	0,150	0,177	0,233	
55	15/2/12	32,3	60,2	7,4	0,1	0	1619	0,8	5,3		79,9	12,9	0,9	0,2	0,073	0,137	0,162	0,193	0,280	
56	29/2/12	29,4	54,4	16,0	0,2	0	1251			1,0	78,2	20,6	0,2	0	0,103	0,156	0,182	0,213	0,330	
57	15/3/12	25,6	61,2	12,9	0,3	0	1470			0,5	61,2	32,3	5,7	0,3	0,135	0,181	0,217	0,268	0,454	
58	27/3/12	20,9	65,1	13,7	0,3	0	1191			0,5	65,7	33	0,8	0	0,132	0,176	0,208	0,247	0,392	

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

**Tabela 6.2.**  
**Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em Jusante Caldeirão do Inferno (continuação)**

No. Med.	Data	Material em suspensão						Material do leito										Observação		
		Argila, Silte, Ar.fina, Ar.med., Ar.gros.					Conc. Total (ppm)	Argila, Silte, Argila + Silte, Ar.fina, Ar.med., Ar.gros., Pedreg							Coeficiente de Uniformidade (mm)					
		%						%							D 10%, D 35%, D 50%, D 65%, D 90%					
		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005-0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%	D 90%
59	18/4/12	21,0	68,2	10,7	0,1	0	880			4,8	72	22,6	0,6	0	0,080	0,146	0,176	0,214	0,350	
60	30/4/12	25,5	64,3	10,0	0,2	0	1255	0,9	9,3		59,7	29,4	0,6	0,1	0,064	0,150	0,186	0,232	0,382	
61	16/5/12	17,8	76,0	6,0	0,2	0	548,6			3,1	62,2	29,5	4,7	0,5	0,087	0,158	0,197	0,249	0,442	
62	29/5/12	24,6	63,6	11,7	0,1	0	706,2	0,6	5,5		50,5	39,2	3,9	0,3	0,086	0,169	0,222	0,290	0,446	
63	5/6/12	23,9	52,9	23,0	0,2	0	187,3			3,2	54,4	39,6	2,6	0,2	0,095	0,172	0,220	0,285	0,431	
64	20/6/12	28,2	65,1	6,7	0	0	373,2	0,2	5,5		65,9	26,5	1,7	0,2	0,071	0,118	0,158	0,217	0,400	
65	4/7/12	34,0	58,4	7,5	0,1	0	456,3			4,2	64,8	28,5	2,2	0,3	0,071	0,113	0,156	0,226	0,412	
66	16/8/12	41,9	57,7	0,4	0	0	172,4	1,9	12,4		62,4	20,9	1,6	0,8	0,048	0,090	0,115	0,161	0,384	
67	20/9/12	39,9	58,4	1,3	0,4	0	53,86	1,7	14		43,1	30,3	6,8	4,1	0,041	0,100	0,162	0,288	0,532	
68	3/10/12	64,4	33,7	1,8	0,1	0	34,22	2	18,7		54	13,4	9	2,9	0,030	0,086	0,112	0,163	0,740	
69	13/11/12	49,4	50,3	0,3	0	0	139,3	1,6	14,3		58,7	23,6	1,8	0	0,038	0,103	0,144	0,201	0,385	
70	20/12/12	39,8	47,5	12,7	0	0	673,5	0,5	5,5		58	29,2	5	1,8	0,074	0,148	0,193	0,256	0,458	
71	22/1/13	35,6	59,5	4,8	0,1	0	1121			1,9	59,2	31,9	3,8	3,2	0,095	0,166	0,210	0,272	0,463	
72	20/2/13	34,1	60,5	5,3	0,1	0	2881			2,9	59,4	32,9	3,9	0,9	0,081	0,152	0,199	0,265	0,438	
73	26/3/13	25,9	64,0	9,8	0,3	0	1458			0,9	45,5	47,2	6	0,4	0,103	0,198	0,265	0,329	0,469	
74	16/4/13	19,8	71,7	8,4	0,1	0	1032			0,6	51,1	42,3	5,7	0,3	0,122	0,193	0,244	0,311	0,463	

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

**Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Porto Velho**

**Tabela 6.3.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em UHE Santo Antônio Porto Velho**

No. Med.	Data	Material em suspensão						Material do leito										Observação			
		Conc. Total (ppm)						Coeficiente de Uniformidade (mm)													
		Conc. Total (ppm)						Coeficiente de Uniformidade (mm)													
		Argila	Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Conc. Total (ppm)	Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%	D 90%	
0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00									
1	19/3/09	20,0	66,4	13,3	0,3	0	100,0	1082	4,2	10,5		58,8	26,3	0,2	0,0	0,023	0,148	0,181	0,220	0,375	
2	3/4/09	21,5	65,1	13,0	0,4	0	100,0	1103			0,2	41,5	34,4	19,7	4,2	0,139	0,221	0,296	0,397	1,228	
3	16/4/09	18,0	64,9	16,8	0,3	0	100,0	748,8			0,4	50,8	43,4	5,4	0	0,143	0,202	0,247	0,312	0,460	
4	4/5/09	22,5	61,3	15,8	0,3	0,1	100,0	664,7			0,5	57,6	34,9	6,8	0,2	0,130	0,184	0,224	0,282	0,466	
5	22/5/09	17,3	59,2	23,1	0,3	0,1	100,0	558,3			1	59,1	27,7	11,8	0,4	0,104	0,172	0,215	0,283	0,572	
6	1/6/09	19,6	56,4	23,8	0,2	0	100,0	496,5			2	57,5	33,2	7,1	0,2	0,084	0,160	0,210	0,280	0,468	
7	22/6/09	17,0	58,4	24,5	0,1	0	100,0	345,8			3,7	54,8	37,5	3	1	0,079	0,154	0,209	0,282	0,443	
Ream.	22/6/09	20,7	58,0	21,2	0,1	0	100,0	333,1													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
8	6/7/09	23,2	57,1	19,6	0,1	0	100,0	332			3,5	55,6	34,8	5,6	0,5	0,074	0,146	0,208	0,281	0,462	
9	5/8/09	18,4	72,3	9,2	0,1	0	100,0	246	1,1	9,7		58	26,2	4,6	0,4	0,057	0,143	0,182	0,235	0,423	
10	14/9/09	42,8	52,9	4,2	0,1	0	100,0	210,5	2	13,3		64,2	19,6	0,8	0,1	0,042	0,115	0,153	0,196	0,342	
11	26/10/09	63,3	33,0	3,7	0	0	100,0	246	2,2	8,8		74,7	13,5	0,8	0	0,061	0,105	0,138	0,176	0,297	
12	19/11/09	55,2	37,7	7,0	0,1	0	100,0	450,4	1,8	10		72,4	10	5,3	0,5	0,057	0,108	0,142	0,180	0,334	
13	23/11/09	39,3	42,6	18,0	0,1	0	100,0	357,8													Sem amostra do leito
14	19/12/09	31,2	57,8	10,6	0,4	0	100,0	1219			0,7	70,3	28,6	0,4	0	0,096	0,157	0,190	0,231	0,366	
15	4/1/10	34,2	53,4	12,0	0,4	0	100,0	1339			0,3	64	33,7	1,6	0,4	0,120	0,173	0,208	0,259	0,394	
16	18/1/10	33,2	57,4	8,8	0,6	0	100,0	1301			1,1	51,3	37,9	6,8	2,9	0,131	0,193	0,242	0,315	0,492	
17	1/2/10	30,0	58,7	11,0	0,3	0	100,0	1359			0,3	52,8	45,3	1,6	0	0,138	0,199	0,240	0,300	0,415	
18	15/2/10	29,0	56,5	14,3	0,2	0	100,0	1621			0,2	44,2	48,9	6,4	0,3	0,142	0,216	0,272	0,335	0,472	
19	1/3/10	24,9	66,4	8,3	0,4	0	100,0	1423			0,2	49,2	41,8	8,6	0,2	0,139	0,203	0,253	0,324	0,485	
20	15/3/10										0,2	47,5	43	8,1	1,2	0,144	0,207	0,260	0,330	0,489	Análise de Suspensão inconsistente
21	3/4/10	25,7	63,0	11,2	0,1	0	100,0	971,2			0,4	44,2	49,1	6	0,3	0,129	0,210	0,271	0,333	0,470	
22	19/4/10	20,7	62,3	16,8	0,2	0	100,0	599,7			0,2	48,4	39,7	10,6	1,1	0,141	0,206	0,257	0,333	0,536	
23	10/5/10	22,1	58,7	18,8	0,4	0	100,0	831,1			0,3	32,7	59,4	7,2	0,4	0,149	0,259	0,306	0,363	0,481	
24	25/5/10	21,6	52,1	26,1	0,2	0	100,0	515			1,6	58,4	36,4	3,1	0,5	0,084	0,157	0,207	0,280	0,425	
25	8/6/10	26,5	51,6	21,8	0,1	0	100,0	521,5			2,3	59,2	29	9,2	0,3	0,078	0,145	0,198	0,272	0,493	
26	29/6/10	20,2	74,6	5,2	0	0	100,0	193,6	1,7	12,3		53,8	25,7	6,4	0,1	0,048	0,136	0,178	0,237	0,445	
27	19/7/10	29,8	65,4	4,8	0	0	100,0	173,7	3,8	25,8		47,8	17,8	4,5	0,3	0,019	0,077	0,118	0,178	0,398	
28	2/8/10	37,3	59,8	2,9	0	0	100,0	164,4	3,1	17		53,5	17	9	0,4	0,030	0,092	0,129	0,196	0,484	
29	13/9/10	11,6	86,5	1,9	0	0	100,0	32,36	1	7,8		45,3	41,3	4,2	0,4	0,069	0,165	0,228	0,300	0,452	
30	25/10/10	49,6	48,2	2,2	0	0	100,0	65,29	2,5	14,6		33	44,8	4,3	0,8	0,028	0,152	0,250	0,315	0,453	



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

**Tabela 6.3.**  
**Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em UHE Santo Antônio Porto Velho (continuação)**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito											Observação	
		Material em suspensão (%)						Conc. Total (ppm)	Material do leito (%)							Coeficiente de Uniformidade (mm)					
		Argila	Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.			Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg	D 10%	D 35%	D 50%	D 65%		D 90%
0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005-0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00									
70	24/4/12	32,7	54,6	10,2	2,5	0	100,0	474,4			0	17,6	75,5	6,5	0,4	0,214	0,303	0,337	0,383	0,475	
71	7/5/12	37,0	53,3	8,3	1,4	0	100,0	499,1			0,1	16,8	65	15,8	2,3	0,217	0,303	0,356	0,415	0,886	
72	21/5/12	32,0	55,1	10,7	2,2	0	100,0	335	1,2	5,3		18,4	65,3	8,6	1,2	0,117	0,288	0,326	0,380	0,488	
73	11/6/12	42,5	47,6	8,6	1,3	0	100,0	240,7	0,9	6,8		22,5	61,3	7,3	1,2	0,088	0,274	0,313	0,368	0,481	
74	25/6/12	20,7	32,8	45,6	0,9	0	100,0	182,2			0	12,2	70,4	14,2	3,2	0,240	0,313	0,363	0,410	0,755	
75	9/7/12	48,4	46,5	4,6	0,5	0	100,0	205			0	11,7	74,1	13,2	1	0,236	0,311	0,358	0,409	0,587	
76	27/8/12	48,8	48,9	2,3	0	0	100,0	67,89			0,2	10,6	73,8	14,4	1	0,242	0,314	0,361	0,413	0,612	
77	24/9/12	56,2	43,7	0,0	0,1	0	100,0	43,93			1,9	10	62,5	24	1,6	0,236	0,323	0,381	0,448	0,892	
78	15/10/12	14,2	81,2	4,4	0,2	0	100,0	44,69			0,4	8,7	67,8	21,1	2	0,255	0,326	0,380	0,438	0,928	
79	5/11/12	46,2	46,9	3,4	2,7	0,8	100,0	62,53			0,2	8,3	65,7	23,1	2,7	0,255	0,341	0,387	0,449	0,960	
80	4/12/12	55,6	42,0	2,2	0,2	0	100,0	240,1			3,6	9,3	62,9	20,8	3,4	0,230	0,319	0,376	0,441	0,961	
81	17/1/13	46,0	47,1	5,7	1,2	0	100,0	646,6			3,4	15,3	66,3	9,8	5,2	0,167	0,296	0,347	0,403	0,700	
82	4/2/13	44,4	51,9	3,2	0,5	0	100,0	809			3,5	19,1	64,2	10,1	3,1	0,164	0,286	0,336	0,392	0,576	
83	8/3/13	37,5	55,3	6,3	0,9	0	100,0	994,3			3,7	19,6	54,9	15,9	5,9	0,156	0,300	0,350	0,420	1,214	
84	1/4/13	28,3	60,8	9,6	1,3	0	100,0	968,6	0,3	5,1		45,8	44,7	3,5	0,6	0,080	0,178	0,243	0,307	0,445	

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

**Estação Fluviométrica São Carlos**

**Tabela 6.4.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em São Carlos**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito										Observação		
		(%)							(%)						Coeficiente de Uniformidade (mm)						
		Argila 0,0005 – 0,004	Silte 0,004 – 0,0625	Argila + Silte 0,000 – 0,0625	Ar.fina 0,0625 – 0,250	Ar.med. 0,250 – 0,500	Ar.gros. 0,500 – 2,00	Conc. Total (ppm)	Argila 0,0005- 0,004	Silte 0,004 – 0,0625	Argila + Silte 0,000 – 0,0625	Ar.fina 0,0625 – 0,250	Ar.med. 0,250 – 0,500	Ar.gros. 0,500 – 2,00	Pedreg 2,00 – 64,00	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%	D 90%
1	25/3/09	26,0	59,3		14,0	0,2	0,5	832,9			0,6	63,6	11,7	22,5	1,6	0,102	0,163	0,198	0,259	1,240	
2	5/4/09	17,7	70,4		11,2	0,3	0,4	928			0,1	39,9	42,1	16,5	1,4	0,151	0,229	0,295	0,369	0,908	
3	12/4/09	18,3	66,7		14,2	0,5	0,3	756			0,2	55,1	31,2	11,7	1,8	0,142	0,195	0,234	0,300	0,604	
4	6/5/09	22,5	63,1		13,7	0,6	0,1	646,2			0,1	39,7	40,5	16,2	3,5	0,155	0,233	0,299	0,385	1,109	
5	24/5/09	14,5	64,4		20,1	1,0	0,0	500,7			0,1	32,9	47,1	16,7	3,2	0,165	0,260	0,322	0,400	1,173	
6	4/6/09	18,1	62,2		19,0	0,7	0,0	388			0,1	25,5	57,9	15,2	1,3	0,179	0,288	0,336	0,401	0,740	
Ream.	4/6/09	12,1	67,0		19,5	1,3	0,1	459,4													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
7	24/6/09	23,8	61,8		14,2	0,2	0,0	372,2	0,6	7,1		36,5	40,2	12,3	3,3	0,079	0,205	0,284	0,350	0,895	
Ream.	24/6/09	14,9	71,6		13,2	0,3	0,0	403,5													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
8	8/7/09	19,8	63,0		17,0	0,2	0,0	361,6	1,4	13,5		32,3	23,9	19,5	9,4	0,048	0,113	0,279	0,409	1,922	
9	26/8/09	22,9	55,0		22,1	0,0	0,0	308,9	2,3	11,6		76,1	8,7	1,3	0	0,049	0,081	0,097	0,114	0,250	
10	9/9/09	28,4	52,2		18,8	0,4	0,2	256,5	2,8	12,8		81,5	1,5	1,4	0	0,037	0,080	0,090	0,105	0,162	
11	6/10/09	40,7	36,9		22,3	0,1	0,0	348,6	1,7	8,1		89,4	0,8	0	0	0,062	0,086	0,098	0,113	0,182	
12	27/11/09	34,5	43,4		21,9	0,2	0,0	579,6			0,8	84,6	12,2	1,5	0,9	0,082	0,138	0,164	0,195	0,295	
13	30/11/09	38,4	44,7		16,8	0,1	0,0	705,4			1,0	73,4	17,2	6,7	1,7	0,073	0,123	0,160	0,210	0,460	
14	9/12/09	34,4	43,9		21,6	0,1	0,0	1143			0,7	81,6	10,2	6,6	0,9	0,088	0,145	0,171	0,203	0,392	
15	6/1/10	32,2	54,1		13,7	0,0	0,0	1111			0,9	97,6	1,4	0,1	0	0,084	0,138	0,159	0,180	0,222	
16	22/1/10	30,3	57,5		12,2	0,0	0,0	1004			0,5	91,9	7,3	0,2	0,1	0,106	0,152	0,172	0,195	0,240	
17	3/2/10	28,5	58,3		12,9	0,3	0,0	1056			0,3	76,4	20,8	2,5	0	0,132	0,169	0,193	0,223	0,354	
18	17/2/10	33,2	60,3		6,3	0,2	0,0	1535			0,2	70,7	22,1	6,3	0,7	0,131	0,173	0,201	0,235	0,437	
19	3/3/10	26,4	65,4		7,9	0,3	0,0	1022			0,2	73,1	18,8	7,1	0,8	0,138	0,174	0,200	0,230	0,458	
20	17/3/10	28,0	66,1		5,6	0,3	0,0	1250			0,3	47,7	37,7	12,5	1,8	0,146	0,206	0,260	0,337	0,642	
21	7/4/10	25,7	63,3		10,6	0,4	0,0	897,5			0,2	52,1	28,7	11,2	7,8	0,140	0,199	0,243	0,320	1,603	
22	21/4/10	17,4	68,5		13,8	0,3	0,0	630,5			0,2	48,9	38,1	11,1	1,7	0,144	0,205	0,255	0,324	0,583	
23	12/5/10	26,8	61,7		11,1	0,4	0,0	686,3			0,5	49,1	36,8	12,4	1,2	0,106	0,189	0,253	0,329	0,608	
24	27/5/10	20,3	65,7		13,8	0,2	0,0	488,2	0,8	8,3		40,9	33,2	14,9	1,9	0,065	0,112	0,251	0,342	0,747	
25	10/6/10	19,9	63,1		16,8	0,2	0,0	579,2	0,8	10,5		38,4	31,7	16,3	2,3	0,059	0,115	0,253	0,349	0,797	
26	22/6/10	24,4	58,9		16,6	0,1	0,0	349,9	1,8	16,8		62,4	14,5	4,2	0,3	0,042	0,081	0,098	0,119	0,379	
27	21/7/10	20,3	61,0		18,7	0,0	0,0	255,8	1,3	10,0		67,7	11,1	8,3	1,6	0,061	0,084	0,096	0,113	0,492	
28	4/8/10	30,1	47,8		22,0	0,1	0,0	248,9	1,8	11,3		70,9	8,7	7	0,3	0,057	0,082	0,095	0,110	0,398	
29	15/9/10	4,2	54,2		41,6	0,0	0,0	154,4	2,8	16,4		60,7	13	6,6	0,5	0,032	0,081	0,098	0,121	0,420	

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

**Tabela 6.4.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em São Carlos (continuação)**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito										Observação			
		(%)							(%)						Coeficiente de Uniformidade (mm)							
		Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Conc. Total (ppm)	Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%	D 90%	
		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005-0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00							
30	27/10/10	15,0	39,1		45,8	0,1	0,0	190,6			3,7	81,7	9,6	4,7	0,3	0,072	0,117	0,147	0,183	0,308		
Ream.	27/10/10	15,2	35,4		49,4	0,0	0,0	201,9													Reamostragem dos sedimentos em suspensão	
31	17/11/10	37,1	26,3		36,4	0,2	0,0	494,1			1,2	96,9	1,2	0,6	0,1	0,090	0,141	0,160	0,183	0,227		
Ream.	17/11/10	44,5	34,0		21,5	0,0	0,0	484,5													Reamostragem dos sedimentos em suspensão	
32	8/12/10	34,9	28,1		37,0	0,0	0,0	501,9			3,9	80,9	8,8	6,2	0,2	0,075	0,132	0,159	0,192	0,327		
33	21/12/10	33,0	38,4		28,6	0,0	0,0	533,4			0,6	95,8	2,4	1,1	0,1	0,090	0,141	0,161	0,185	0,230		
34	12/1/11	31,9	49,6		18,4	0,1	0,0	944,5			0,4	63,1	23,7	10,9	1,9	0,112	0,171	0,208	0,261	0,602		
35	27/1/11	33,4	48,2		18,3	0,1	0,0	1253			0,5	73,4	12,9	11,4	1,8	0,108	0,160	0,189	0,225	0,648		
36	10/2/11	30,4	58,9		10,7	0,0	0,0	1127			0,6	96,2	2,9	0,3	0	0,108	0,150	0,169	0,191	0,231		
37	23/2/11	36,4	49,7		13,8	0,1	0,0	1325			0,4	91,5	7,4	0,6	0,1	0,113	0,156	0,175	0,198	0,241		
38	16/3/11	24,0	59,4		16,0	0,6	0,0	988,8			0,3	75,0	19	5,4	0,3	0,135	0,172	0,196	0,226	0,397		
39	30/3/11	19,8	63,6		15,9	0,7	0,0	784,1			0,2	57,3	33,8	8,2	0,5	0,143	0,191	0,228	0,294	0,482		
40	13/4/11	21,6	58,5		19,1	0,8	0,0	890			0,5	51,4	18,3	25,5	4,3	0,125	0,192	0,243	0,396	1,382		
41	28/4/11	18,6	66,0		14,6	0,8	0,0	776,4			0,2	53,9	38,2	7,4	0,3	0,137	0,194	0,237	0,305	0,475		
42	11/5/11	15,7	61,8		21,0	1,5	0,0	665,1			0,2	52,9	31,7	12,7	2,5	0,141	0,195	0,240	0,309	0,832		
43	27/5/11	14,2	60,7		23,7	1,4	0,0	601,8	2,0	9,3		37,4	32,8	15,1	3,4	0,050	0,193	0,258	0,353	0,972		
44	8/6/11	16,0	71,0		12,6	0,4	0,0	455,4			0,3	44,7	40,3	12,2	2,5	0,150	0,216	0,273	0,353	0,722		
45	29/6/11	15,0	68,8		16,0	0,2	0,0	367,9	1,0	11,7		71,4	6	6,5	3,4	0,056	0,083	0,095	0,111	0,484		
46	23/7/11	20,6	57,1		22,2	0,1	0,0	353	0,5	6,0		70,3	8,9	9,8	4,5	0,069	0,098	0,119	0,163	0,817		
47	10/8/11	28,8	49,7		21,5	0,0	0,0	282,4				9,1	60,7	16,5	9,1	4,6	0,066	0,091	0,115	0,195	0,916	
48	14/9/11	31,5	49,5		18,8	0,2	0,0	145,1				13,4	60,0	13,6	11,6	1,4		0,083	0,101	0,124	0,645	
49	27/10/11	40,8	40,4		18,8	0,0	0,0	443,4	9,2	1,3		75,6	11,2	2,5	0,2	0,062	0,083	0,094	0,106	0,313		
Ream.	27/10/11	43,2	38,5		18,3	0,0	0,0	459,1													Reamostragem dos sedimentos em suspensão	
50	24/11/11	38,3	57,1		4,5	0,1	0,0	144,6			0,0	68,0	15,7	16	0,3	0,072	0,107	0,149	0,230	0,696		
51	8/12/11	39,2	39,2		21,6	0,0	0,0	438,6	12,6	2,0		73,4	2,7	6,9	2,4	0,046	0,082	0,094	0,110	0,413		
52	21/12/11	30,2	48,3		21,5	0,0	0,0	721,7			2,2	87,2	3,4	5,8	1,4	0,068	0,093	0,117	0,149	0,263		
53	11/1/12	33,8	47,7		18,4	0,1	0,0	848,2			2,9	96,1	0,9	0,1	0	0,069	0,093	0,112	0,138	0,203		
54	25/1/12	34,0	36,7		29,3	0,0	0,0	708,9			0,9	96,7	2,4	0	0	0,095	0,144	0,163	0,186	0,228		
55	8/2/12	46,5	35,2		18,3	0,0	0,0	1031			0,6	90,4	8,6	0,4	0	0,093	0,145	0,167	0,193	0,243		
56	23/2/12	34,6	43,9		21,2	0,3	0,0	1020			0,2	74,4	16,2	8	1,2	0,134	0,171	0,197	0,225	0,478		
57	7/3/12	33,6	52,1		13,8	0,5	0,0	1005			0,1	23,7	73,9	2,2	0,1	0,185	0,281	0,321	0,368	0,460		
58	21/3/12	32,0	52,2		15,1	0,7	0,0	884,4			0,1	59,0	33,6	7,1	0,2	0,142	0,189	0,225	0,282	0,463		
59	12/4/12	30,8	48,9		18,7	1,6	0,0	596,5			0,1	44,7	48,3	6	0,9	0,151	0,217	0,270	0,334	0,473		
60	26/4/12	32,5	50,9		15,9	0,7	0,0	503,8			0,1	49,1	38,4	9,7	2,7	0,149	0,206	0,255	0,323	0,577		
61	9/5/12	39,2	46,4		13,7	0,7	0,0	569,8			0,0	26,5	66,4	7	0,1	0,180	0,276	0,321	0,374	0,480		
62	23/5/12	27,8	45,7		25,3	1,2	0,0	424,9			0,0	39,9	51,5	7,9	0,7	0,156	0,232	0,287	0,340	0,486		
63	13/6/12	32,5	41,6		24,9	1,0	0,0	349,3			0,1	43,1	52,6	4	0,2	0,149	0,220	0,274	0,333	0,453		

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

**Tabela 6.4.**  
**Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em São Carlos (continuação)**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito											Observação	
		(%)							(%)						Coeficiente de Uniformidade (mm)						
		Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Conc. Total (ppm)	Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg	D 10%	D 35%	D 50%	D 65%		D 90%
		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005-0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00						
64	27/6/12	26,0	37,1		36,4	0,5	0,0	292,2			0,1	37,6	50,6	9,3	2,4	0,150	0,239	0,297	0,363	0,539	
65	12/7/12	17,3	17,3		65,3	0,1	0,0	396,3			0,1	39,2	53,4	6,3	1	0,145	0,232	0,288	0,349	0,478	
66	29/8/12	40,4	49,5		9,8	0,3	0,0	107,2			0,6	47,1	46,3	4,4	1,6	0,104	0,195	0,260	0,324	0,461	
67	26/9/12	36,6	58,0		5,3	0,1	0,0	61,56			1,7	51,9	36,4	7,6	2,4	0,084	0,165	0,231	0,311	0,495	
68	17/10/12	23,2	56,8		20,0	0,0	0,0	73,28			2,5	40,9	47,8	7,4	1,4	0,097	0,212	0,275	0,339	0,480	
69	7/11/12	32,6	55,4		11,4	0,6	0,0	92,64			0,9	40,2	50	5,8	3,1	0,106	0,223	0,293	0,345	0,481	
70	6/12/12	41,4	39,2		19,3	0,1	0,0	314			0,3	74,8	17	6,7	1,2	0,099	0,152	0,183	0,217	0,439	
71	6/2/13	39,7	44,7		15,4	0,2	0,0	670,6			0,1	71,0	28,4	0,5	0	0,135	0,173	0,201	0,232	0,367	
72	3/4/13	31,9	53,5		13,4	1,2	0,0	959,1			0,1	57,1	35	7,5	0,3	0,144	0,189	0,228	0,289	0,468	

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

**Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Humaitá**

**Tabela 6.5.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em UHE Santo Antônio Humaitá**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito										Observação			
		(%)							(%)							Coeficiente de Uniformidade (mm)						
		Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Conc. Total (ppm)	Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%	D 90%	
		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005-0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00							
1	27/3/09	26,4	57,4		15,9	0,3	0	720,8														Sem amostra do leito
2	6/4/09	22,1	65,4		12,2	0,3	0	832,1			0,2	38,3	58,8	2,6	0,1	0,154	0,242	0,286	0,339	0,448		
3	14/4/09	14,6	69,4		15,7	0,3	0	735,3			0,3	34,8	57,2	7,5	0,2	0,155	0,252	0,300	0,359	0,481		
4	8/5/09	14,4	64,5		20,5	0,6	0	650,6			0,1	39,1	42	17,2	1,6	0,145	0,238	0,300	0,383	0,741		
5	26/5/09	16,1	61,7		21,7	0,5	0	562,1			0,4	40,8	39,3	16,4	3,1	0,144	0,225	0,293	0,380	0,900		
6	6/6/09	17,2	58,6		23,5	0,6	0,1	493,5	1,5	8,3		39	38,3	12,3	0,6	0,066	0,181	0,256	0,335	0,584		
Ream.	6/6/09	12,2	63,1		24,2	0,4	0,1	500,8														Reamostragem dos sedimentos em suspensão
7	26/6/09	19,0	65,9		15,1	0	0	353,4			0,2	28,4	41,7	24,2	5,5	0,159	0,281	0,358	0,458	1,435		
Ream.	26/6/09	13,3	68,6		18,1	0	0	347,7														Reamostragem dos sedimentos em suspensão
8	10/7/09	20,7	62,1		17,2	0	0	326,4			0,1	14	62,5	20,1	3,3	0,229	0,318	0,377	0,430	0,945		
9	28/8/09	30,6	61,9		7,5	0	0	210,2			0,9	26,5	59,6	10,5	2,5	0,161	0,276	0,326	0,386	0,580		
10	11/9/09	33,5	63,0		3,3	0,2	0	199,1			0,4	23,5	63,1	11,4	1,6	0,179	0,291	0,334	0,393	0,553		
11	8/10/09	36,5	56,5		7,0	0	0	253,3			0,3	28,3	60,7	9,8	0,9	0,165	0,277	0,320	0,374	0,504		
12	25/11/09	43,2	45,6		11,1	0,1	0	471,3			0,2	26,8	57,4	13,8	1,8	0,167	0,278	0,331	0,396	0,644		
13	2/12/09	43,2	45,8		10,9	0,1	0	625,3			0,6	30	57,9	9,8	1,7	0,144	0,272	0,316	0,377	0,524		
14	11/12/09	38,5	48,6		12,9	0	0	981,2			0,2	25,7	59,5	13,4	1,2	0,168	0,281	0,332	0,394	0,583		
15	8/1/10	35,3	52,9		11,8	0	0	946,2			1,1	56,1	24,6	16,8	1,4	0,089	0,167	0,219	0,301	0,748		
16	20/1/10	32,0	54,0		13,9	0,1	0	1112			0,2	40,2	33,4	22,6	3,6	0,138	0,227	0,306	0,417	1,189		
17	5/2/10	29,6	54,4		15,8	0,2	0	957			0,2	44,3	39	15,6	0,9	0,146	0,216	0,277	0,360	0,651		
18	19/2/10	40,7	51,2		8,0	0,1	0	1584			0,2	46,5	40,1	9,8	3,4	0,139	0,208	0,266	0,333	0,596		
19	5/3/10	25,1	64,4		10,3	0,2	0	1009			0,3	49,4	47,2	2,8	0,3	0,137	0,202	0,252	0,313	0,447		
20	19/3/10	25,4	62,9		11,2	0,5	0	1050			0,2	39,7	51	8,6	0,5	0,146	0,231	0,288	0,352	0,489		
21	9/4/10	23,5	64,0		12,1	0,4	0	773,6			0,2	51,4	46,9	1,4	0,1	0,143	0,200	0,245	0,305	0,421		
22	23/4/10	15,9	69,4		14,5	0,2	0	535,6			0,1	26,7	66	5,9	1,3	0,172	0,275	0,320	0,372	0,481		
23	14/5/10	23,9	60,6		15,4	0,1	0	695,4			0,3	33,2	53,1	10,4	3	0,143	0,258	0,311	0,377	0,607		
24	29/5/10	22,4	58,2		19,1	0,3	0	490,7			0,2	23,5	63,6	11,6	1,1	0,175	0,289	0,334	0,392	0,549		
25	12/6/10	29,2	55,3		15,3	0,2	0	478,1			0,2	37,2	50,4	10,8	1,4	0,150	0,241	0,298	0,365	0,546		
26	24/6/10	24,2	66,6		9,2	0	0	244			0,3	32,7	53,4	11,9	1,7	0,160	0,260	0,313	0,379	0,575		
27	23/7/10	28,0	61,6		10,3	0,1	0	159,8			0,6	34,2	47,6	14,1	3,5	0,157	0,254	0,313	0,388	0,893		
28	6/8/10	37,1	57,3		5,5	0,1	0	150,7			2,7	27,7	56,9	12,4	0,3	0,153	0,267	0,318	0,381	0,545		
29	17/9/10	25,4	62,6		12,0	0	0	60,72	0,7	4,7		32,3	46,3	14,7	1,3	0,136	0,238	0,302	0,376	0,681		

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

**Tabela 6.5.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em UHE Santo Antônio Humaitá (continuação)**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito								Observação				
		(%)							(%)				Coeficiente de Uniformidade (mm)								
		Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Conc. Total (ppm)	Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg	D 10%		D 35%	D 50%	D 65%	D 90%
0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005-0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00								
30	29/10/10	39,8	54,0		6,2	0	0	75,77	0,8	5,1		33,9	49,5	7,8	2,9	0,119	0,227	0,291	0,356	0,514	
Ream.	29/10/10	39,2	52,7		8,0	0,1	0	80,62													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
31	19/11/10	59,1	37,4		3,5	0	0	312,8	1,6	6,5		23,1	56,1	11,9	0,8	0,111	0,265	0,316	0,375	0,541	
Ream.	19/11/10	60,2	36,5		3,3	0	0	314													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
32	10/12/10	44,3	45,8		9,9	0	0	347,4	1,6	7,7		35,5	44	10,4	0,8	0,087	0,203	0,272	0,344	0,538	
33	23/12/10	36,3	51,1		12,6	0	0	430			0,4	34	49,6	14,9	1,1	0,158	0,255	0,312	0,383	0,659	
34	14/1/11	31,0	52,8		16,0	0,2	0	837,7			0,6	39,1	52,5	7,3	0,5	0,138	0,234	0,294	0,349	0,481	
35	29/1/11	36,7	48,9		14,1	0,3	0	753,4			0,9	66,4	32,2	0,5	0	0,102	0,163	0,198	0,242	0,388	
36	12/2/11	31,3	52,8		15,7	0,2	0	1101			0,1	34,1	47,8	14,7	3,3	0,153	0,256	0,315	0,391	0,801	
37	25/2/11	35,0	50,3		14,4	0,3	0	1152			0,3	40,6	44,5	13,5	1,1	0,152	0,228	0,289	0,364	0,595	
38	18/3/11	23,2	59,1		17,1	0,6	0	863,8			0,2	43,9	48,2	7,5	0,2	0,138	0,215	0,273	0,338	0,479	
39	1/4/11	19,5	60,6		19,3	0,6	0	719			0,2	38,3	42,7	16,9	1,9	0,152	0,237	0,302	0,384	0,792	
40	15/4/11	19,0	55,8		24,7	0,5	0	746,1			0,1	32,5	52,7	13,8	0,9	0,164	0,261	0,315	0,383	0,598	
41	30/4/11	20,2	64,0		15,5	0,3	0	665,5			0,2	45,7	44,1	7,8	2,2	0,145	0,213	0,268	0,338	0,495	
42	13/5/11	14,0	70,2		15,5	0,3	0	665,2	1,9	7		57,7	22,8	8,9	1,7	0,076	0,163	0,199	0,244	0,533	
43	24/5/11	11,8	67,1		20,4	0,7	0	582,6	1,5	8		50,2	23,3	14,4	2,6	0,074	0,176	0,215	0,293	0,849	
44	10/6/11	17,4	62,3		20,2	0,1	0	434,8	2,2	4,8		49	29,8	13,2	1	0,097	0,178	0,227	0,300	0,619	
45	1/7/11	18,0	68,0		13,7	0,3	0	268,4			0,1	44	48,6	5,5	1,8	0,152	0,219	0,273	0,337	0,479	
46	30/7/11	32,6	60,5		6,8	0,1	0	253,5			0,6	39,2	50	7,3	2,9	0,150	0,232	0,289	0,355	0,507	
47	12/8/11	42,2	50,3		7,5	0	0	197,5													Sem amostra do leito
48	16/9/11	58,0	40,6		1,4	0	0	73,56			10,0	30,6	50,9	8	0,5	0,066	0,223	0,285	0,349	0,485	
49	30/10/11	51,4	44,3		4,2	0,1	0	387,1			0,7	32,9	48,3	15,8	2,3	0,158	0,258	0,317	0,382	0,765	
Ream.	30/10/11	50,5	44,9		4,5	0,1	0	374													Reamostragem dos sedimentos em suspensão
50	26/11/11										2,4	33,9	49,4	12,2	2,1	0,148	0,246	0,304	0,374	0,599	Análise/amostragem de suspensão inconsistentes
51	10/12/11	39,2	55,7		5,1	0	0	325,3			0,3	28	63	7,8	0,9	0,177	0,272	0,318	0,374	0,488	
52	23/12/11	30,2	51,9		17,5	0,4	0	683,5			0,5	36,6	55,1	7,5	0,3	0,144	0,242	0,297	0,355	0,481	
53	13/1/12	35,6	44,1		19,8	0,5	0	745,2			0,6	32,2	53,6	12,4	1,2	0,131	0,260	0,313	0,374	0,588	
54	27/1/12	31,4	39,9		27,9	0,8	0	716,2			3,7	39,6	38,6	16,8	1,3	0,131	0,215	0,283	0,369	0,735	
55	10/2/12	41,5	40,7		17,5	0,3	0	1083			1,7	40,2	45,7	11,2	1,2	0,136	0,220	0,284	0,355	0,557	
56	25/2/12	34,2	43,4		22,1	0,3	0	931,6	1,1	6		34,1	44,8	10,9	3,1	0,108	0,225	0,287	0,361	0,624	
57	9/3/12	34,4	46,5		18,9	0,2	0	800,2			2,2	65,7	29	2,9	0,2	0,105	0,165	0,199	0,241	0,394	
58	23/3/12	29,7	53,5		16,5	0,3	0	799,3	1,8	6,8		32,3	31,1	21,2	6,8	0,081	0,215	0,307	0,428	1,575	
59	14/4/12	28,1	51,4		20,3	0,2	0	568,6			3,6	40,7	38,7	14,5	2,5	0,135	0,215	0,278	0,362	0,812	
60	28/4/12	27,7	52,9		19,1	0,3	0	481,8	1	5,4		39,4	38,3	8,1	7,8	0,124	0,204	0,271	0,354	0,754	
61	11/5/12	32,6	47,6		19,4	0,4	0	540,1			2,2	43,2	37,1	13,2	4,3	0,130	0,208	0,273	0,361	0,953	
62	25/5/12	27,7	48,8		23,4	0,1	0	477,8	1	5,5		29,8	44,9	14,8	4	0,117	0,244	0,310	0,389	0,958	

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

**Tabela 6.5.**  
**Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em UHE Santo Antônio Humaitá (continuação)**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito										Observação	
		Conc. Total (ppm)							Coeficiente de Uniformidade (mm)											
		Argila + Silte							Argila + Silte											
		Argila	Silte	Argila + Silte	Ar. fina	Ar. med.	Ar. gros.	Conc. Total (ppm)	Argila	Silte	Argila + Silte	Ar. fina	Ar. med.	Ar. gros.	Pedreg	D 10%	D 35%	D 50%		D 65%
0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00							
63	15/6/12	38,2	57,1		4,3	0,4	0	344,3			3,3	40,3	38,1	15,5	2,8	0,131	0,214	0,282	0,369	1,014
64	29/6/12	20,8	46,0		32,8	0,4	0	346,9			0,2	32,7	56,6	9,3	1,2	0,151	0,260	0,309	0,370	0,519
65	14/7/12	34,3	39,7		25,8	0,2	0	347,9			0,2	26,1	61,8	10,3	1,6	0,177	0,281	0,327	0,386	0,536
66	31/8/12	37,9	57,0		4,9	0,2	0	112,6			0,5	27,8	53,9	16,6	1,2	0,164	0,275	0,331	0,401	0,656
67	28/9/12	32,6	62,8		4,3	0,3	0	57,36			1,2	27,2	55,3	13,9	2,4	0,166	0,275	0,329	0,396	0,644
68	19/10/12	12,6	68,1		19,1	0,2	0	105,7			0,5	27,7	51,8	18,2	1,8	0,166	0,277	0,336	0,399	0,770
69	9/11/12	43,3	46,1		10,4	0,2	0	87,17			0,2	20,5	56,9	19,5	2,9	0,190	0,301	0,358	0,429	0,827
70	8/12/12	36,2	45,8		17,8	0,2	0	340,5			3,0	35	45,6	10,3	6,1	0,127	0,235	0,301	0,377	0,964
71	8/2/13	34,5	47,1		18,2	0,2	0	555			0,1	33	53,2	13,2	0,5	0,156	0,259	0,313	0,379	0,577
72	5/4/13	27,2	56,7		15,9	0,2	0	778,1			2,6	51,7	32	9,5	4,2	0,105	0,181	0,233	0,305	0,667

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

Estação Fluviométrica Jaciparaná - Vila

**Tabela 6.6.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em Jaciparaná - Vila**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito							Observação			
		Argila + Silte (%)						Conc. Total (ppm)	Argila + Silte (%)					Coeficiente de Uniformidade (mm)					
		Argila	Silte	Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.		Argila + Silte	Ar.fina	Ar.med.	Ar.gros.	Pedreg	D 10%	D 35%		D 50%	D 65%	D 90%
		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00						
1	30/3/09			100,0	0,0	0,0	0,0	20,69											Sem granulometria de suspensão e sem amostra do leito
2	10/4/09			100,0	0,0	0,0	0,0	16,23	0,6	21,4	26,9	42,5	8,6	0,140	0,349	0,516	0,784	1,883	Sem granulometria de suspensão
3	17/4/09			100,0	0,0	0,0	0,0	13,03	2,0	40,6	20,9	25,3	11,2	0,101	0,209	0,321	0,543	2,189	Sem granulometria de suspensão
4	28/5/09	27,2	46,1		24,2	1,6	0,9	25,37	4,7	50,8	16,8	14,9	12,8	0,079	0,165	0,223	0,370	2,669	
5	28/6/09	23,2	75,6		1,2	0,0	0,0	21,67	0,0	19,7	14,3	36,1	29,9	0,179	0,519	0,841	1,573	5,542	
6	22/7/09	36,2	63,8		0,0	0,0	0,0	25,56	0,1	20,8	23,8	37,6	17,7	0,175	0,378	0,583	0,884	3,230	
7	4/9/09								0,1	12,5	29	41	17,4	0,229	0,430	0,628	0,940	2,970	Análise de Suspensão inconsistente
8	5/11/09	42,4	52,2		5,4	0,0	0,0	29,45	0,3	16,1	21,8	36,1	25,7	0,191	0,455	0,801	1,417	3,977	
9	4/12/09	39,9	54,1		6,0	0,0	0,0	20,97	0,1	13,5	21,6	39,4	25,4	0,214	0,500	0,912	1,484	3,568	
10	28/1/10	37,9	47,3		14,8	0,0	0,0	26,96	0,0	16,5	28,6	45,9	9	0,198	0,394	0,574	0,868	1,930	
11	25/2/10	28,9	56,7		14,4	0,0	0,0	24,27	0,1	32,9	20,4	27,5	19,1	0,151	0,268	0,446	0,826	3,880	
12	24/3/10	35,7	49,8		14,5	0,0	0,0	60,42	0,0	22,5	23,3	38,7	15,5	0,170	0,367	0,565	0,863	2,553	
13	30/4/10	28,9	63,9		7,2	0,0	0,0	24,92	0,0	20,8	25,9	31	22,3	0,174	0,369	0,563	0,971	4,095	
14	19/5/10								0,9	21,3	25,5	38,9	13,4	0,145	0,362	0,532	0,783	2,809	Análise de Suspensão inconsistente
15	16/6/10	25,4	66,0		8,6	0,0	0,0	24,69	0,0	20,0	27	35,1	17,9	0,181	0,370	0,545	0,797	3,721	
16	12/8/10	30,6	65,0		4,4	0,0	0,0	21,16	0,5	24,2	22,3	33,2	19,8	0,148	0,347	0,559	0,961	3,704	
17	6/10/10			96,8	3,2	0,0	0,0	17,8	0,1	17,0	20,6	42	20,3	0,193	0,460	0,762	1,251	3,120	
Ream.	6/10/10			95,5	4,5	0,0	0,0	17,62											Reamostragem dos sedimentos em suspensão
18	1/12/10	42,0	52,2		5,8	0,0	0,0	35,65	0,0	8,7	33,7	31	26,6	0,260	0,432	0,637	1,265	3,746	
19	20/1/11	48,5	51,5		0,0	0,0	0,0	50,39	0,2	19,5	35,1	24,3	20,9	0,187	0,341	0,456	0,751	3,638	
20	16/2/11	40,2	42,9		16,1	0,8	0,0	44,28	0,9	24,9	21,8	27,4	25	0,116	0,338	0,558	1,122	4,711	
21	24/3/11			65,0	35,0	0,0	0,0	16,51											Sem amostra do leito

**Observação:** as baixas concentrações de sedimentos em suspensão encontradas em 30/03/2009, 10/04/2009 e 17/04/2009 impossibilitaram a obtenção da granulometria dos sedimentos em suspensão.

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

**Estação Fluviométrica Montante Jaciparaná**

**Tabela 6.7.  
Resumo das Análises do Sedimento em Suspensão e do Leito em Montante Jaciparaná**

No. Med.	Data	Material em suspensão							Material do leito										Observação
		Argila + Silte						Conc. Total (ppm)	Argila + Silte					Coeficiente de Uniformidade (mm)					
		%							%					mm					
		0,0005 – 0,004	0,004 – 0,0625	0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00		0,000 – 0,0625	0,0625 – 0,250	0,250 – 0,500	0,500 – 2,00	2,00 – 64,00	D 10%	D 35%	D 50%	D 65%	D 90%	
1	25/3/11			58,2	41,8	0,0	0,0	17,17	2,3	27,6	19,4	30,8	19,9	0,103	0,303	0,512	0,829	3,967	
2	8/4/11			49,4	41,5	9,1	0,0	27,86	2,7	47,9	20,2	20,4	8,8	0,086	0,178	0,248	0,395	1,788	
3	5/5/11			85,4	14,1	0,5	0,0	21,9	0,8	24,6	23	32,5	19,1	0,130	0,342	0,527	0,844	4,119	
4	17/6/11	27,2	64,5		8,3	0,0	0,0	27,13	0,4	17,0	16,3	34,5	31,8	0,179	0,531	0,985	1,766	5,580	
5	4/8/11	30,9	65,8		3,3	0,0	0,0	20,3	0,9	17,5	14,8	31,7	35,1	0,166	0,544	1,050	2,007	5,461	
6	20/10/11	54,6	43,0		2,4	0,0	0,0	32,87	0,3	17,3	23	32,8	26,6	0,185	0,421	0,713	1,335	4,214	
7	15/12/11								0,8	15,3	28,5	35,6	19,8	0,196	0,399	0,598	0,977	3,354	Análise/amostragem de suspensão inconsistentes
8	17/1/12	32,3	46,6		21,1	0,0	0,0	36,68	2,6	20,9	33,2	33,8	9,5	0,114	0,321	0,436	0,627	1,914	
9	1/3/12								1,5	30,0	20	30,1	18,4	0,115	0,285	0,476	0,814	3,374	Análise suspensão inconsistente
10	16/3/12	26,0	40,9		31,9	1,2	0,0	23,97	0,0	14,7	23,1	46	16,2	0,207	0,463	0,742	1,175	3,054	
11	19/4/12	29,9	59,5		10,3	0,3	0,0	23,8	1,5	36,1	24,8	16,4	21,2	0,111	0,236	0,355	0,591	5,433	
12	17/5/12	27,9	63,3		8,8	0,0	0,0	23,51	0,3	15,5	21,1	33,4	29,7	0,198	0,473	0,834	1,580	5,635	
13	21/6/12	20,7	76,3		3,0	0,0	0,0	22,81	1,9	24,4	17,8	19,4	36,5	0,107	0,354	0,769	2,122	5,781	
14	4/10/12	33,3	58,4		7,6	0,2	0,5	25,99	1,1	14,7	16,1	46,8	21,3	0,178	0,573	1,043	1,465	3,632	
15	21/12/12	25,5	70,4		4,1	0,0	0,0	52,21	1,8	36,9	21,9	25,4	14	0,104	0,229	0,358	0,603	2,967	
16	21/2/13	17,3	28,5		50,2	4,0	0,0	26,72	3,6	35,9	22,2	29,4	8,9	0,086	0,218	0,348	0,566	1,860	
17	17/4/13	37,2	42,0		20,1	0,7	0,0	17,14	2,8	39,4	24,8	21,8	11,2	0,092	0,208	0,312	0,473	2,251	

### 6.1.2. Análises do Sedimento em Suspensão na Superfície do Escoamento

Apresentam-se a seguir os resultados das análises de concentração do sedimento em suspensão (CSS) na superfície do escoamento. Esta modalidade de amostragem, que teve início em novembro de 2010, acontece apenas nas estações fluviométricas do rio Madeira: UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, UHE Santo Antônio Porto Velho, São Carlos e UHE Santo Antônio Humaitá.

Os resultados obtidos para as medições realizadas em cada estação, do início da amostragem até o mês de abril de 2013, constam na Tabela 6.8. a Tabela 6.12.

**Tabela 6.8.  
Análises da Concentração do Sedimento em Suspensão na Superfície do Escoamento em UHE Santo Antônio Abunã**

<b>Data</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>CSS (mg/l)</b>	<b>Data</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>CSS (mg/l)</b>
30/11/2010	8.319	412,9	06/09/2011	3.456	65,3
14/12/2010	8.143	364,8	18/10/2011	5.529	159,8
04/01/2011	20.221	579,7	15/11/2011	5.733	176,8
18/01/2011	17.965	390,6	13/12/2011	6.888	203,8
02/02/2011	26.196	677,0	19/01/2012	23.550	715,5
15/02/2011	28.998	723,6	14/02/2012	30733	898,6
01/03/2011	32.351	473,6	14/03/2012	33474	769,3
22/03/2011	39.974	315,6	17/04/2012	26509	367,5
05/04/2011	42.668	274,2	15/05/2012	24456	217,2
19/04/2011	40.425	254,3	19/06/2012	18728	185,4
04/05/2011	28.494	142,4	03/07/2012	19178	301,6
17/05/2011	24.044	115,3	15/08/2012	6930	111,6
01/06/2011	20.999	91,5	02/10/2012	3199	52,0
14/06/2011	15.110	95,5	19/12/2012	15742	564,2
07/07/2011	7.829	111,8	19/02/2013	32466	1827,6
05/08/2011	6.427	154,1	18/04/2013	40259	418,8

**Tabela 6.9.**  
**Análises da Concentração do Sedimento em Suspensão na Superfície do**  
**Escoamento em Jusante Caldeirão do Inferno**

Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	CSS (mg/l)	Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	CSS (mg/l)
02/12/2010	9.063	353,2	18/01/2012	22.424	589,2
15/12/2010	8.667	313,4	15/02/2012	31.490	1236,0
06/01/2011	19.813	798,0	29/02/2012	37.443	971,9
19/01/2011	20.370	372,1	15/03/2012	38.707	1079,9
03/02/2011	30.954	1036,9	27/03/2012	33.453	791,7
17/02/2011	35.520	877,3	18/04/2012	32.497	325,0
02/03/2011	38.853	563,5	30/04/2012	31.919	809,5
23/03/2011	41.283	298,4	16/05/2012	23.849	254,2
06/04/2011	43.023	522,8	29/05/2012	28.626	510,6
20/04/2011	40.101	537,4	05/06/2012	23.618	364,2
06/05/2011	32.991	311,2	20/06/2012	18.238	243,0
19/05/2011	26.901	177,1	04/07/2012	17.489	358,3
03/06/2011	21.473	205,9	16/08/2012	5.504	113,7
15/06/2011	14.538	136,0	20/09/2012	2.825	37,6
09/07/2011	8.069	112,1	03/10/2012	2.812	21,5
02/08/2011	7.271	149,9	13/11/2012	5.581	131,8
08/09/2011	3.527	98,9	20/12/2012	17.052	512,0
21/10/2011	7.820	214,3	22/01/2013	26.782	865,1
17/11/2011	6.044	160,5	20/02/2013	33.685	2557,3
01/12/2011	10.240	290,7	26/03/2013	41.786	981,1
16/12/2011	13.043	224,3	16/04/2013	42.791	600,7
06/01/2012	19.739	231,9			

**Tabela 6.10.**  
**Análises da Concentração do Sedimento em Suspensão na Superfície do**  
**Escoamento em UHE Santo Antônio Porto Velho**

Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	CSS (mg/l)	Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	CSS (mg/l)
06/12/2010	8.566	173,3	23/01/2012	21.861	462,0
17/12/2010	8.883	254,7	06/02/2012	26.730	794,1
10/01/2011	19.571	754,3	17/02/2012	34.742	761,5
25/01/2011	23.622	511,8	05/03/2012	40.448	781,6
08/02/2011	30.385	697,5	19/03/2012	38.829	767,2
21/02/2011	36.402	632,2	09/04/2012	33.778	534,6
14/03/2011	38.791	471,3	24/04/2012	33.755	367,0
28/03/2011	41.316	332,6	07/05/2012	31.319	464,2
11/04/2011	45.697	304,0	21/05/2012	30.897	402,2
25/04/2011	40.435	230,6	11/06/2012	24.452	209,1
09/05/2011	35.859	202,5	25/06/2012	18.324	142,3
25/05/2011	25.168	119,0	09/07/2012	17.310	165,2
06/06/2011	20.664	118,2	27/08/2012	5.345	49,1
22/06/2011	12.447	67,4	24/09/2012	3.371	27,2
20/07/2011	6.651	89,5	15/10/2012	5.987	27,3
08/08/2011	6.511	99,9	5/11/2012	5.068	42,7
12/09/2011	3.451	64,0	04/12/2012	11.348	198,3
25/10/2011	7.797	182,6	17/01/2013	26.392	562,2
21/11/2011	5.351	123,9	04/02/2013	26.315	787,2
06/12/2011	9.596	198,5	08/03/2013	38.087	852,4
19/12/2011	17.295	271,0	01/04/2013	43.615	788,3
09/01/2012	20.524	804,5			

**Tabela 6.11.**  
**Análises da Concentração do Sedimento em Suspensão na Superfície do**  
**Escoamento em São Carlos**

Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	CSS (mg/l)	Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	CSS (mg/l)
08/12/2010	9.894	259,4	11/01/2012	21.433	560,1
21/12/2010	11.621	292,9	25/01/2012	24.063	341,5
12/01/2011	20.228	604,8	08/02/2012	27.970	724,4
27/01/2011	24.097	649,2	23/02/2012	40.069	655,2
10/02/2011	31.140	670,4	07/03/2012	41.143	704,8
23/02/2011	38.872	579,4	21/03/2012	41.808	641,2
16/03/2011	41.924	486,0	12/04/2012	35.338	442,8
30/03/2011	42.838	306,1	26/04/2012	35.170	394,6
13/04/2011	47.866	321,1	09/05/2012	31.527	415,9
28/04/2011	38.512	326,1	23/05/2012	31.508	293,5
11/05/2011	34.048	324,6	13/06/2012	25.401	202,3
27/05/2011	25.719	149,9	27/06/2012	20.390	171,1
08/06/2011	20.133	167,1	12/07/2012	17.754	218,5
29/06/2011	11.752	118,6	29/08/2012	5.955	71,9
23/07/2011	8.957	123,9	26/09/2012	3.752	44,9
10/08/2011	8.290	118,2	17/10/2012	7.040	42,4
14/09/2011	4.021	98,2	07/11/2012	5.576	63,9
27/10/2011	8.437	247,2	06/12/2012	13.190	190,1
24/11/2011	5.560	148,0	06/02/2013	26.292	596,5
08/12/2011	8.003	257,2	03/04/2013	47.484	561,5
21/12/2011	18.454	294,2			

**Tabela 6.12.**  
**Análises da Concentração do Sedimento em Suspensão na Superfície do**  
**Escoamento em UHE Santo Antônio Humaitá**

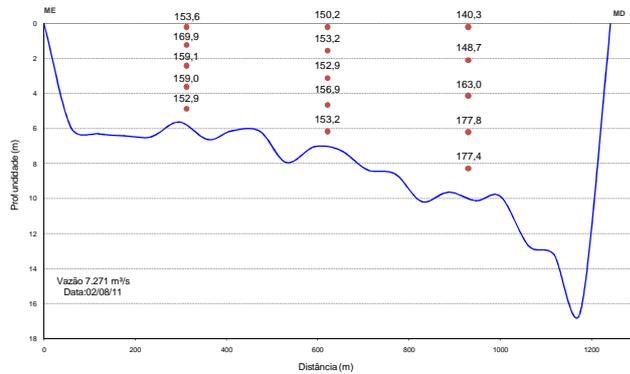
Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	CSS (mg/l)	Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	CSS (mg/l)
10/12/2010	10.878	207,6	13/01/2012	23.207	351,6
23/12/2010	11.990	259,3	27/01/2012	27.415	374,8
14/01/2011	22.362	486,4	10/02/2012	35718	656,7
29/01/2011	25.033	670,4	25/02/2012	45648	455,1
10/02/2011	35.330	447,1	09/03/2012	42630	456,4
25/02/2011	38.502	600,6	23/03/2012	46534	375,2
18/03/2011	45.429	302,3	14/04/2012	34862	231,1
01/04/2011	48.951	186,5	28/04/2012	33794	217,9
15/04/2011	54.659	220,8	11/05/2012	30497	284,3
30/04/2011	39.243	202,0	25/05/2012	30591	253,2
13/05/2011	33.005	144,4	15/06/2012	26811	200,1
24/05/2011	27.587	118,8	29/06/2012	23870	178,5
10/06/2011	21.276	85,0	14/07/2012	19876	213,3
01/07/2011	12.223	184,1	31/08/2012	6194	77,3
30/07/2011	9.368	179,7	28/09/2012	4464	48,4
12/08/2011	8.075	152,3	19/10/2012	7828	78,3
16/09/2011	4.171	67,9	09/11/2012	6000	66,3
30/10/2011	8.030	279,7	08/12/2012	13187	225,4
26/11/2011	5.900	125,2	08/02/2013	28440	417,8
10/12/2011	8.486	238,1	05/04/2013	49541	348,5
23/12/2011	17.472	257,0			

### 6.1.3. Análises do Sedimento em Suspensão das Amostras Pontuais

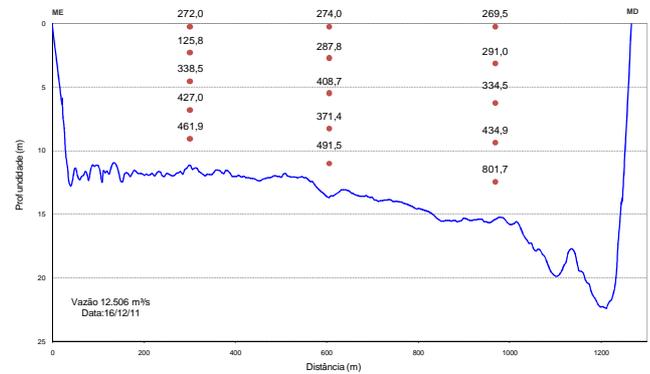
Apresentam-se a seguir os resultados das análises das campanhas de amostragem pontual da concentração de sedimentos em suspensão (CSS) realizadas no âmbito do Programa de Monitoramento. A primeira campanha foi realizada no período próximo da estiagem do rio, entre os meses de julho e agosto de 2011, nas estações Jusante Caldeirão do Inferno, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá. A segunda campanha foi realizada no período de enchente, no mês de dezembro de 2011, nas mesmas estações. As campanhas seguintes ocorreram nos meses de março, junho e dezembro de 2012, caracterizando respectivamente o pico da cheia, a estiagem e o início da cheia.

Os gráficos abaixo apresentam o perfil batimétrico transversal das seções de medição, e o desenho esquemático da localização das verticais e profundidades de amostragem e os valores pontuais da concentração total de sedimentos em suspensão.

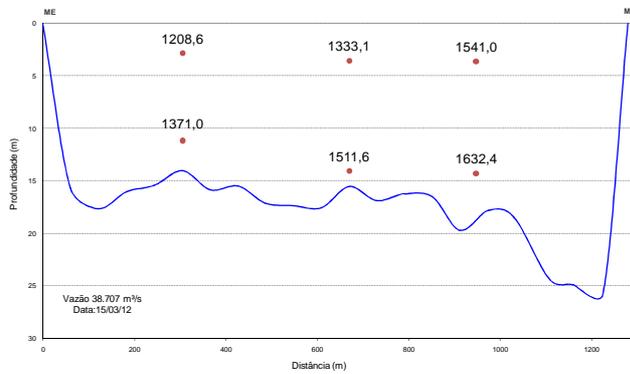
**Figura 6.1.**  
**Concentração Pontual do Sedimento em Suspensão em Jus. Caldeirão do Inferno**



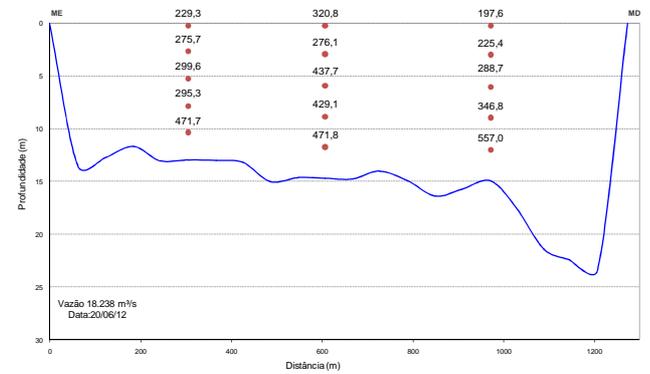
02/08/2011



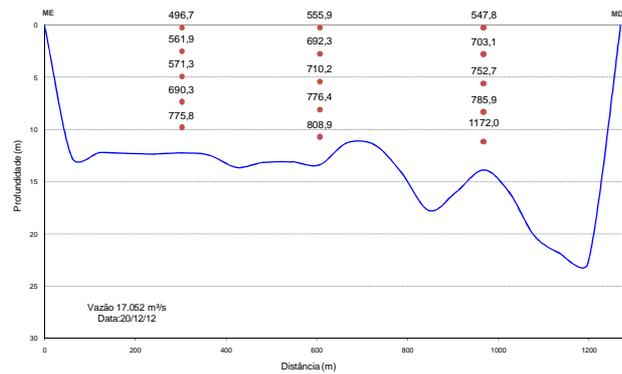
16/12/2011



15/03/2012

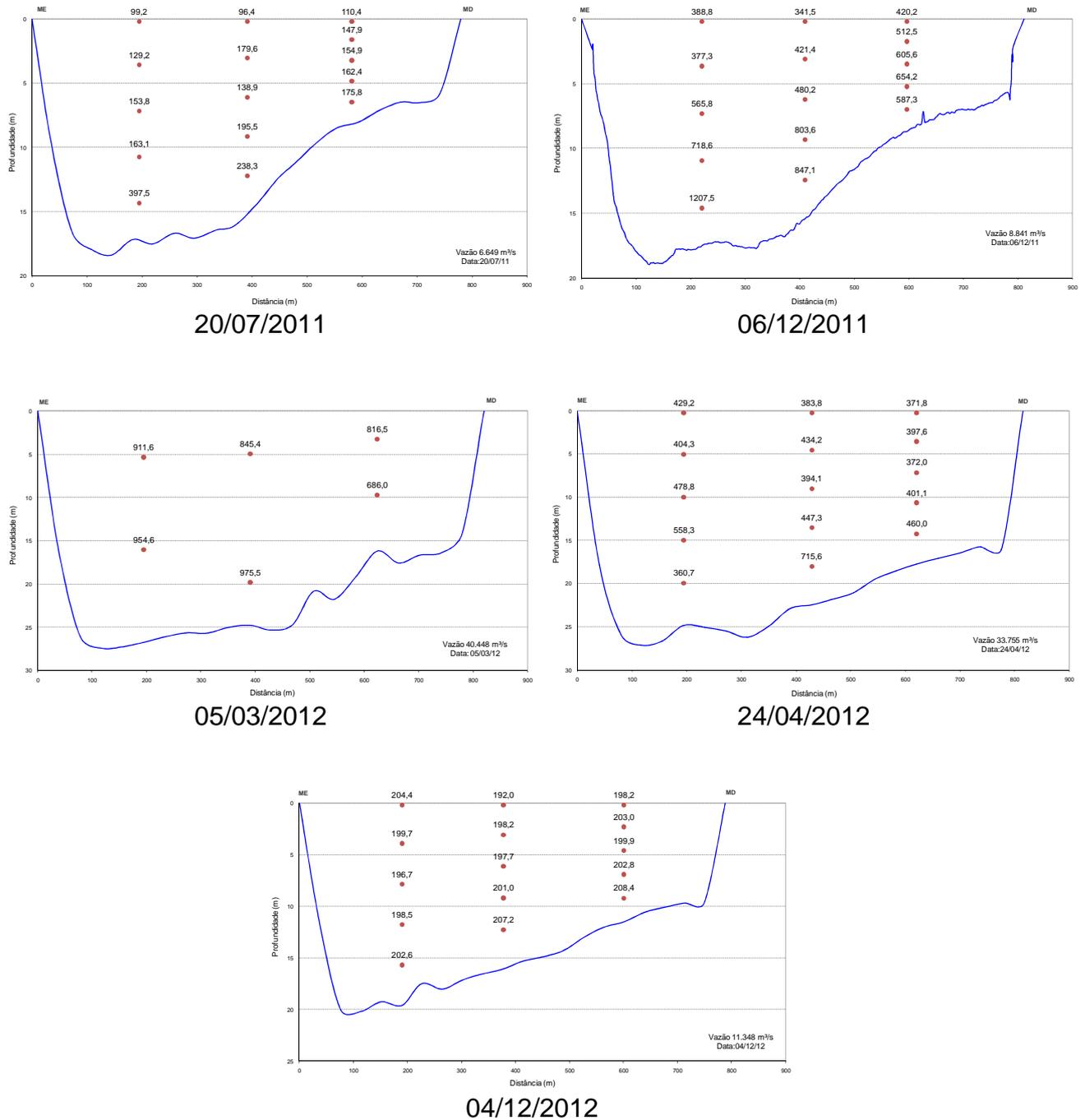


20/06/2012

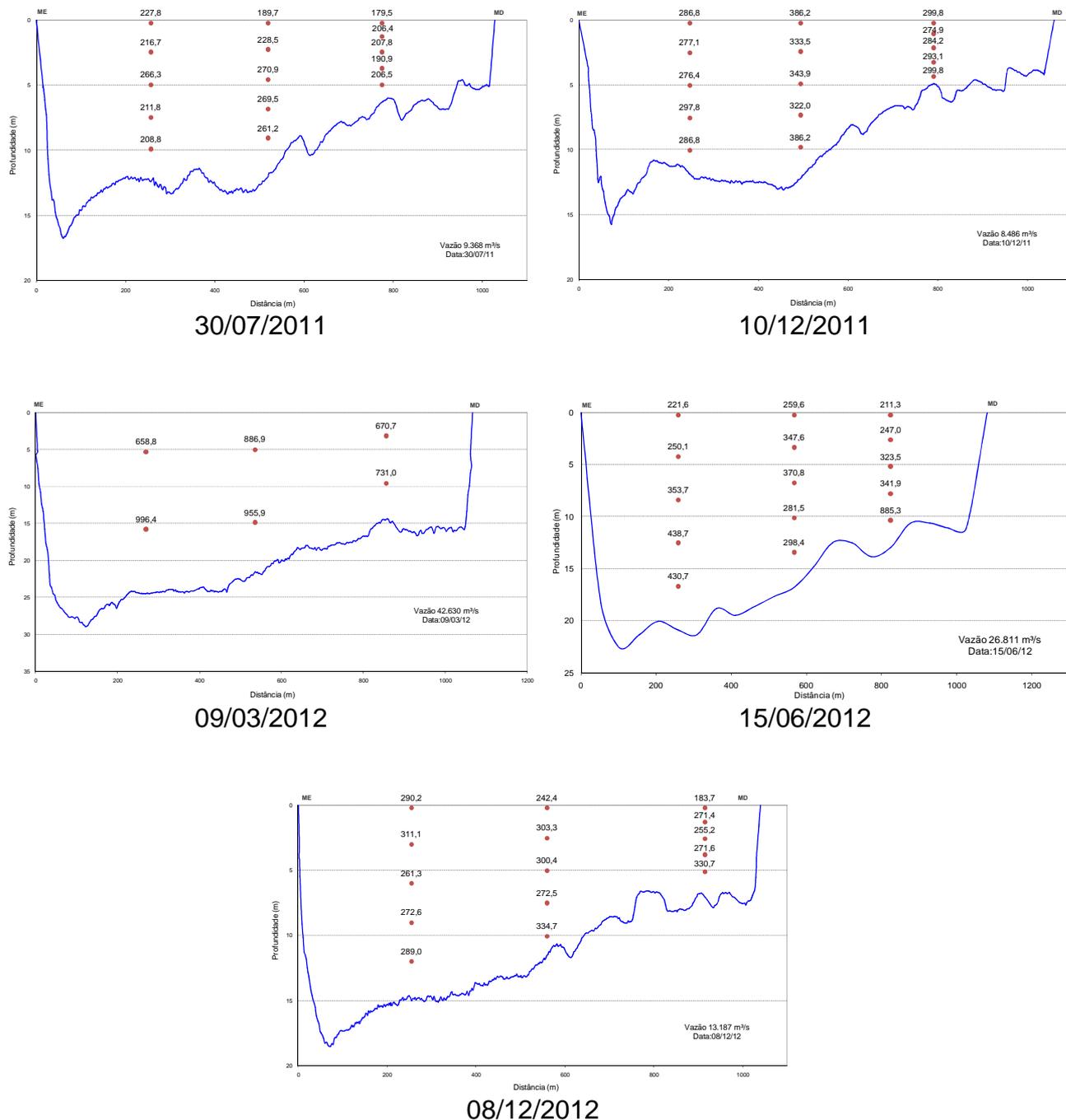


20/12/2012

**Figura 6.2.**  
**Concentração Pontual do Sedimento em Suspensão em UHE Santo Antônio Porto Velho**



**Figura 6.3.**  
**Concentração Pontual do Sedimento em Suspensão em UHE Santo Antônio Humaitá**



## **6.2. RESULTADOS DOS CÁLCULOS DE DESCARGA SÓLIDA**

De posse das informações da distribuição granulométrica do sedimento em suspensão das amostragens integradas na vertical e do sedimento que compõe o leito do rio Madeira foi possível estimar a descarga sólida em suspensão, de arrasto e total, para cada estação fluviométrica, pelo Método de Einstein Modificado (método de Einstein modificado por Colby & Hembree - 1955), conforme se observa na Tabela 6.13. a Tabela 6.19. Nestas tabelas também é possível visualizar os valores da descarga sólida total determinada em diferentes faixas granulométricas, como por exemplo: silte+argila, areia fina, areia média, areia grossa e pedregulho.

O aplicativo utilizado para estimar a descarga sólida de sedimentos para cada medição foi desenvolvido por Mendes (2001) e apresentados em Carvalho (2008).

Destaca-se que na estação fluviométrica Jaciparaná - Vila não foi possível determinar a descarga sólida total pelo Método de Einstein Modificado para as medições realizadas em 30/03/2009, 10/04/2009 e 17/04/2009 devido à baixa concentração de sedimentos em suspensão, que impediu a determinação da granulometria destas amostras. Nos dias 22/07/2009, 04/12/2009 e 20/01/2011 também não foi possível calcular a descarga sólida total pois a granulometria dos sedimentos do leito e em suspensão não apresentaram faixas granulométricas em comum com porcentagens significativas (o que impede a aplicação do programa de cálculo). A metodologia utilizada também se mostrou inadequada para as análises de Jusante Caldeirão do Inferno dos dias 20/09/2012 e 03/10/2012 e para a análise de Montante Jaciparaná do dia 04/10/2012. Para todas essas datas foi calculada apenas a descarga sólida em suspensão.

Adicionalmente, cabe informar que com o resultado da análise de consistência houve pequenas correções nos valores de descarga líquida nas medições de ADCP dos dias 04/05/2010, 18/01/2011 e 15/02/2011 na estação UHE Santo Antônio Abunã e do dia 29/01/2011 para UHE Santo Antônio Humaitá. Isto motivou que os valores de descarga sólida apresentados em relatórios anteriores, para os locais e datas especificados, sofreram pequenas alterações.

Além das descargas sólidas em suspensão calculadas com as amostras integradas, também foram calculadas descargas sólida em suspensão considerando as concentrações médias obtidas nas amostragens pontuais.

Nas tabelas que seguem se observa que algumas análises do leito não foram utilizadas por apresentarem inconsistências ou, diretamente, pela impossibilidade de realizar a coleta. Para estas situações a descarga sólida total foi calculada considerando a granulometria do leito da própria estação correspondente a uma data anterior ou posterior.

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

**Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Abunã**

**Tabela 6.13.  
Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em UHE Santo Antônio Abunã pelo Método de Einstein Modificado**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
1	29/3/2009	1.930	1.014,00	34.624	3.033.403	3.088.285	13.613	2.597.796	426.088	48.809	15.532	61	
2	8/4/2009	1.902	772,50	33.496	2.235.664	2.377.833	11.331	1.999.333	346.195	31.651	528	125	
3	20/4/2009	1.917	840,10	32.633	2.368.684	2.533.198	10.362	1.958.559	547.643	25.434	1.487	75	
4	19/5/2009	1.729	578,60	28.079	1.403.705	1.544.276	7.385	1.008.299	524.219	11.684	73	0	
5	30/5/2009	1.599	411,30	23.171	823.419	924.730	6.166	565.284	345.615	13.461	370	0	
6	13/6/2009	1.509	515,70	21.525	959.069	1.052.084	5.791	728.140	311.853	11.604	487	0	
Ream.	13/6/2009	1.509	517,70	21.525	962.788	1.060.101	5.791	713.200	334.320	12.087	494	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
7	30/6/2009	1.438	538,50	20.762	965.979	1.061.973	8.010	721.607	310.432	24.306	5.574	54	
8	23/7/2009	1.184	342,20	12.777	377.752	415.311	2.568	298.347	113.269	3.036	646	13	
9	20/8/2009	976	213,30	8.772	161.669	173.978	1.215	147.670	24.619	1.424	263	0	
10	3/9/2009	870	186,10	6.470	104.038	108.753	522	101.569	6.566	576	42	0	
11	14/10/2009	684	172,20	5.367	79.849	82.254	243	79.286	2.702	250	17	0	
12	4/11/2009	935	325,50	7.806	219.516	228.890	817	209.887	17.819	1.078	106	0	Sem amostra do leito. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 14/10/09.
13	6/12/2009	1.378	1.240,00	17.975	1.925.731	2.027.408	4.308	1.738.104	281.439	7.071	779	14	
14	15/12/2009	1.461	1.274,00	21.690	2.387.507	2.512.915	6.488	2.103.449	395.718	9.517	4.228	3	
15	12/1/2010	1.589	1.346,00	25.152	2.925.073	3.066.627	10.157	2.628.145	401.501	34.008	2.941	32	
16	27/1/2010	1.827	1.372,00	34.143	4.047.351	4.256.190	13.638	3.604.602	609.141	42.235	212	0	
17	10/2/2010		1.639,00	30.407	4.305.937	4.468.757	10.613	4.039.893	398.790	29.191	883	0	
18	23/2/2010	1.795	1.363,00	33.201	3.909.909	4.095.262	12.931	3.544.640	507.304	42.116	987	215	
19	9/3/2010	1.939	1.617,00	40.136	5.607.292	5.851.063	13.003	5.135.184	694.340	20.314	1.129	95	
20	23/3/2010	1.878	1.181,00	36.477	3.722.024	3.939.924	12.434	3.324.578	591.373	23.217	676	80	
21	13/4/2010	1.763	735,00	26.377	1.675.071	1.819.526	7.245	1.169.738	630.484	18.930	375	0	
22	27/4/2010	1.641	455,70	22.775	896.705	1.005.846	7.898	648.399	331.353	24.690	1.376	28	
23	4/5/2010	1.763	805,40	28.135	1.957.818	2.132.252	10.856	1.537.259	553.306	40.538	1.048	101	
24	18/5/2010	1.512	595,70	20.116	1.035.340	1.143.266	5.212	745.554	382.513	14.602	591	6	
25	1/6/2010	1.374	569,00	16.524	812.346	877.332	4.324	700.071	163.245	13.834	177	4	
26	15/6/2010	1.102	280,60	10.833	262.634	284.419	1.886	227.025	53.134	4.242	19	0	
27	6/7/2010	853	124,00	6.246	66.917	70.630	426	64.116	5.704	803	7	0	
28	10/8/2010	764	111,60	4.697	45.290	46.618	147	45.069	1.259	289	0	0	
29	21/9/2010	634	77,39	3.046	20.367	20.690	13	20.510	157	23	0	0	
30	5/10/2010	616	46,50	2.845	11.430	11.608	5	11.541	56	10	0	0	
Ream.	5/10/2010	616	46,80	2.845	11.504	11.707	5	11.545	147	15	0	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
31	9/11/2010	884	483,60	6.675	278.902	286.439	636	274.693	10.244	1.489	12	0	

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

**Tabela 6.13.**

**Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em UHE Santo Antônio Abunã pelo Método de Einstein Modificado (continuação)**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
Ream.	9/11/2010	884	481,70	6.675	277.806	285.238	636	273.849	9.889	1.488	12	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
32	30/11/2010	984	495,90	8.319	356.434	369.569	1.089	342.387	24.400	2.685	97	0	
33	14/12/2010	968	471,00	8.143	331.374	343.362	995	321.539	19.872	1.933	18	0	
34	4/1/2011	1.424	1.200,00	20.221	2.096.555	2.216.857	6.480	1.814.999	380.491	20.884	474	9	
35	18/1/2011	1.432	946,00	17.965	1.468.358	1.554.396	4.858	1.274.501	261.831	17.961	104	0	
36	2/2/2011	1.696	1.791,00	26.196	4.053.632	4.203.303	9.918	3.720.315	415.891	58.978	7.914	206	
37	15/2/2011	1.784	1.640,00	28.998	4.108.901	4.209.227	11.663	3.637.920	543.492	27.608	208	0	
38	1/3/2011	1.904	1.180,00	32.351	3.298.249	3.488.308	9.713	2.741.520	722.136	22.513	1.557	581	
39	22/3/2011	1.984	1.023,00	39.974	3.533.176	3.788.012	17.383	2.753.045	982.971	40.162	10.959	875	
40	5/4/2011	2.013	934,60	42.668	3.445.443	3.719.425	17.838	2.735.772	940.427	36.391	6.706	130	
41	19/4/2011	1.998	948,60	40.425	3.313.232	3.582.492	20.522	2.569.294	950.597	49.422	11.492	1.687	
42	4/5/2011	1.812	695,30	28.494	1.711.746	1.854.573	9.175	1.338.107	487.602	25.119	3.713	32	
43	17/5/2011	1.657	505,00	24.044	1.049.088	1.157.849	5.876	709.308	429.009	18.894	525	113	
44	2/6/2011	1.485	385,80	20.999	699.954	793.316	5.601	463.918	315.648	13.703	47	0	
45	14/6/2011	1.251	276,70	15.110	361.244	408.910	3.725	253.346	143.744	11.570	250	0	
46	7/7/2011	957	136,10	7.829	92.062	98.353	683	83.528	13.327	1.488	11	0	
47	5/8/2011	872	183,80	6.427	102.063	105.835	377	97.589	7.294	946	6	0	
48	6/9/2011	671	88,98	3.456	26.569	26.986	16	26.744	206	35	0	0	Sem amostra do leito. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 05/08/11.
49	18/10/2011	804	207,80	5.529	99.267	101.621	207	99.008	2.221	391	2	0	
Ream.	18/10/2011	804	226,90	5.529	108.391	110.385	207	107.876	1.654	853	2	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
50	15/11/2011	816	191,90	5.733	95.054	97.926	260	93.747	3.655	519	5	0	
51	13/12/2011	895	255,60	6.888	152.113	157.059	546	149.740	6.165	1.135	19	0	
52	19/1/2012	1.619	1.586,00	23.550	3.227.066	3.259.755	6.339	2.799.939	448.208	9.916	1.657	36	
53	14/2/2012	1.770	1.760,00	30.733	4.673.392	4.861.815	11.344	4.102.219	713.917	42.187	2.380	1.112	
54	14/3/2012	1.965	1.493,00	33.474	4.317.985	4.506.270	13.019	3.942.763	528.940	24.106	9.127	1.334	
55	17/4/2012	1.756	928,90	26.509	2.127.532	2.259.452	9.279	1.824.047	404.351	27.243	3.364	448	
56	15/5/2012	1.596	647,70	24.456	1.368.594	1.470.435	9.432	1.145.797	299.284	18.626	6.199	530	
57	19/6/2012	1.389	465,90	18.728	753.888	818.158	5.341	605.554	198.754	10.625	3.199	27	
58	3/7/2012	1.381	540,60	19.178	895.753	951.909	4.305	751.686	190.284	9.899	40	0	
59	15/8/2012	877	183,30	6.930	109.755	115.264	630	103.697	10.421	1.139	6	0	
60	2/10/2012	653	75,25	3.199	20.799	21.111	8	20.914	178	19	0	0	
61	19/12/2012	1.337	890,10	15.742	1.210.633	1.264.295	3.456	1.092.152	162.678	9.097	345	23	
62	19/2/2013	1.773	2.980,00	32.466	8.358.993	8.645.049	13.082	7.468.314	1.117.942	58.586	208	0	
63	18/4/2013	1.997	1.095,00	40.259	3.808.836	3.954.252	19.713	3.524.200	393.772	20.627	10.849	4.804	

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

**Estação Fluviométrica Jusante Caldeirão do Inferno**

**Tabela 6.14.  
Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em Jusante Caldeirão do Inferno pelo Método de Einstein Modificado**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
1	1/4/2009	1,828	1,181.00	40,775	4,160,645	4,365,792	17,474	3,172,887	1,036,602	138,000	17,048	1,254	Sem granulometria do leito
2	9/4/2009	1,772	982.40	36,592	3,105,904	3,304,014	15,629	2,552,540	667,533	72,269	11,006	667	
3	18/4/2009	1,817	992.30	38,081	3,264,865	3,479,633	18,938	2,553,009	850,695	56,584	17,458	1,886	
4	20/5/2009	1,626	444.10	27,423	1,052,218	1,179,231	9,170	731,469	414,231	32,492	1,020	19	
5	29/5/2009	1,541	413.90	24,511	876,533	997,381	8,884	571,943	389,780	35,148	511	1	
6	11/6/2009	1,497	498.20	24,362	1,048,658	1,144,932	9,005	815,837	282,049	42,564	4,450	32	
7	29/6/2009	1,409	356.40	20,892	643,318	688,899	6,762	456,731	211,283	18,391	2,381	114	
Ream.	29/6/2009	1,409	317.50	20,892	573,102	629,923	6,762	423,734	182,706	20,877	2,488	117	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
8	21/7/2009	1,243	295.10	14,234	362,922	398,403	3,278	277,329	107,767	12,279	1,026	2	
9	18/8/2009	1,058	156.40	9,377	126,714	140,071	1,831	120,314	14,718	4,714	325	0	
10	1/9/2009	985	176.10	8,520	129,626	134,633	511	125,768	7,014	1,500	351	0	Análise do leito inconsistente. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 18/08/09
11	16/10/2009	858	153.80	5,590	74,288	76,315	155	74,456	1,410	427	22	0	
12	6/11/2009	991	299.10	8,334	215,360	225,059	777	211,513	10,639	2,659	248	0	
13	5/12/2009	1,318	847.20	17,693	1,295,107	1,358,666	4,636	1,198,583	140,069	18,865	1,129	21	
14	17/12/2009	1,436	1,123.00	23,036	2,235,077	2,347,441	8,636	2,049,318	270,822	23,279	3,483	540	
15	14/1/2010	1,573	1,208.00	27,916	2,913,598	3,055,758	11,373	2,574,770	408,892	69,203	2,710	184	
16	29/1/2010	1,708	1,436.00	34,192	4,242,254	4,476,107	15,086	3,664,944	703,462	102,332	5,282	87	
17	12/2/2010	1,718	1,584.00	35,719	4,888,397	5,142,115	17,097	4,321,080	677,248	130,624	13,042	121	
18	24/2/2010	1,686	1,338.00	35,343	4,085,749	4,309,486	16,522	3,552,126	692,724	61,311	3,213	111	
19	11/3/2010	1,795		40,582									Análise de suspensão inconsistente
20	26/3/2010	1,721	1,215.00	36,505	3,832,148	4,079,613	16,905	3,201,894	750,363	116,809	10,077	470	
21	15/4/2010	1,630	995.10	30,844	2,651,875	2,839,212	12,980	2,175,917	596,165	64,311	2,685	134	
22	29/4/2010	1,527	512.50	26,018	1,152,090	1,278,878	9,448	795,064	434,794	47,142	1,833	45	
23	6/5/2010	1,653	920.90	32,030	2,548,511	2,752,440	13,978	1,965,834	709,684	75,361	1,560	0	
24	20/5/2010	1,409	493.40	21,813	929,885	999,462	7,116	760,882	209,730	27,196	1,639	15	
25	3/6/2010	1,304	491.70	16,845	715,643	764,319	4,565	633,265	114,681	15,713	660	0	
26	17/6/2010	1,107	213.50	10,894	200,959	216,508	1,666	181,437	29,679	5,040	352	0	
27	7/7/2010	915	100.40	6,526	56,606	59,622	269	53,713	4,913	932	65	0	
28	11/8/2010	823	103.80	5,026	45,075	46,684	127	44,646	1,664	337	37	0	
29	22/9/2010	703	66.09	3,366	19,220	19,542	9	19,142	390	0	10	0	
30	7/10/2010	691		2,965									Análise de suspensão inconsistente
Ream.	7/10/2010	691	47.74	2,965	12,228	12,423	9	11,925	498	0	0	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
31	10/11/2010	941	521.10	7,292	328,317	335,703	385	327,669	6,770	1,192	73	0	
Ream.	10/11/2010	941	513.50	7,292	323,529	330,853	385	322,163	7,431	1,187	73	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão

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

**Tabela 6.14.**

**Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em Jusante Caldeirão do Inferno pelo Método de Einstein Modificado (continuação)**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
Ream. 32	10/11/2010	941	513,50	7.292	323.529	330.853	385	322.163	7.431	1.187	73	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
32	2/12/2010	1.026	416,80	9.063	326.370	339.341	992	317.703	18.394	3.129	114	0	
33	15/12/2010	1.012	349,00	8.667	261.353	269.752	437	258.202	7.866	3.471	214	0	
34	6/1/2011	1.384	977,00	19.813	1.672.431	1.769.920	6.878	1.518.060	227.842	22.918	1.097	4	
35	19/1/2011	1.394	471,50	20.370	829.812	903.263	7.133	740.776	141.014	20.894	569	10	
36	3/2/2011	1.597	1.776,00	30.954	4.749.763	4.977.899	13.929	4.229.383	687.755	52.605	7.515	641	
37	17/2/2011	1.684	1.729,00	35.520	5.306.218	5.555.522	14.575	4.716.390	745.706	91.845	1.541	41	
38	2/3/2011	1.768	1.236,00	38.853	4.149.134	4.408.985	17.342	3.382.515	907.934	107.876	9.830	830	
39	23/3/2011	1.835	1.086,00	41.283	3.873.640	4.157.633	20.017	2.869.165	1.131.618	143.646	12.008	1.195	Sem granulometria do leito. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 02/03/11
40	6/4/2011	1.878	1.062,00	43.023	3.947.698	4.262.056	20.480	2.868.585	1.252.773	136.059	4.434	205	Análise do leito inconsistente. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 20/04/11
41	20/4/2011	1.852	1.069,00	40.101	3.703.822	4.022.433	18.686	2.529.994	1.303.700	183.969	4.607	162	
42	6/5/2011	1.683	775,80	32.991	2.211.365	2.413.448	17.435	1.620.640	702.401	83.573	6.668	166	
43	19/5/2011	1.545	559,90	26.901	1.301.363	1.379.019	12.651	897.686	450.608	26.533	4.160	31	
44	3/6/2011	1.416	361,10	21.473	669.930	755.194	7.747	452.017	267.423	33.070	2.654	31	
45	15/6/2011	1.235	221,50	14.538	278.231	311.928	3.976	224.207	76.324	10.238	1.155	3	
46	9/7/2011	980	145,20	8.069	101.227	110.180	1.129	91.308	16.692	2.107	73	0	
47	2/8/2011	934	167,50	7.271	105.223	112.835	671	101.196	9.469	1.971	198	0	
Pontual 48	2/8/2011	934	180,46	7.271	113.362	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
48	8/9/2011	729	110,90	3.527	33.792	34.661	48	34.119	442	96	4	0	
49	21/10/2011	970	574,80	7.820	388.370	410.024	1.002	381.752	23.895	4.055	321	0	
Ream 50	21/10/2011	970	607,80	7.820	410.667	425.596	1.002	398.711	22.430	4.132	323	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
50	17/11/2011	907	236,90	6.044	123.708	129.253	405	116.416	11.850	936	51	0	
51	1/12/2011	1.490	417,20	10.240	369.124	378.241	445	371.435	6.024	765	17	0	
52	16/12/2011	1.566	368,20	13.043	414.921	430.142	1.304	414.649	13.948	1.520	24	0	
Pontual 53	16/12/2011	1.566	388,21	13.043	421.399	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
53	6/1/2012	1.646	1.181,00	19.739	2.014.087	2.080.144	3.572	1.910.929	167.056	1.973	185	2	
54	18/1/2012	1.789	1.111,00	22.424	2.152.489	2.241.119	3.262	1.982.065	257.702	755	597	0	
55	15/2/2012	1.923	1.619,00	31.490	4.404.886	4.577.712	7.958	4.125.201	438.954	13.040	496	20	
56	29/2/2012	1.981	1.251,00	37.443	4.047.101	4.290.756	11.845	3.433.384	828.781	28.402	189	0	
57	15/3/2012	1.986	1.470,00	38.707	4.916.103	5.172.588	15.727	4.321.960	799.021	45.331	6.163	114	
Pontual 58	15/3/2012	1.986	1.644,44	38.707	5.499.480	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
58	27/3/2012	1.906	1.191,00	33.453	3.442.424	3.645.894	11.785	3.003.409	606.127	35.710	648	0	
59	18/4/2012	1.903	880,00	32.497	2.470.777	2.616.712	10.423	2.238.052	357.000	21.273	387	0	
60	30/4/2012	1.929	1.255,00	31.919	3.461.022	3.622.813	10.635	3.151.312	441.051	30.024	412	14	

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

**Tabela 6.14.  
Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em Jusante Caldeirão do Inferno pelo Método de Einstein Modificado (continuação)**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
61	16/5/2012	1.814	548,60	23.849	1.130.408	1.188.994	6.611	1.078.923	96.632	12.159	1.267	14	
62	29/5/2012	1.872	706,20	28.626	1.746.607	1.900.858	10.124	1.561.321	304.848	32.611	2.050	28	
63	5/6/2012	1.807	187,30	23.618	382.205	431.358	6.603	297.751	117.357	15.451	794	5	
64	20/6/2012	1.763	373,20	18.238	588.084	623.574	3.531	558.707	59.736	4.994	137	0	
Pontual	20/6/2012	1.763	376,63	18.238	593.485	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
65	4/7/2012	1.739	456,30	17.489	689.482	727.158	3.425	646.787	75.136	5.077	159	0	
66	16/8/2012	1.639	172,40	5.504	81.985	83.346	9	82.850	494	1	0	0	
67	20/9/2012	1.620	53,86	2.825	13.148	-	-	-	-	-	-	-	Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
68	3/10/2012	1.607	34,22	2.812	8.315	-	-	-	-	-	-	-	Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
69	13/11/2012	1.641	139,30	5.581	67.174	78.071	6	77.836	494	0	0	0	
70	20/12/2012	1.742	673,50	17.052	992.287	1.040.261	3.252	876.906	0	6.206	379	2	
Pontual	20/12/2012	1.742	376,63	17.052	593.485	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
71	22/1/2013	1.832	1.121,00	26.782	2.593.994	2.683.996	7.763	2.497.477	0	17.698	1.312	159	
72	20/2/2013	1.912	2.881,00	33.685	8.384.779	8.631.577	14.484	8.032.039	235	41.799	3.184	163	
73	26/3/2012	2.023	1.458,00	41.786	5.263.864	5.485.425	18.706	4.791.522	156.768	97.288	8.522	228	
74	16/4/2013	2.021	1.032,00	42.791	3.815.490	4.107.416	18.875	3.539.963	167.350	60.985	7.238	171	

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

**Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Porto Velho**

**Tabela 6.15.**

**Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em UHE Santo Antônio Porto Velho pelo Método de Einstein Modificado**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedregulho	
								(0,000 - 0,0625)	(0,0625 - 0,250)	(0,250 - 0,500)	(0,500 - 2,00)	(2,00 - 16,00)	
1	19/3/2009	1,484	1,082.00	37,739	3,527,995	3,745,125	12,986	3,098,692	607,361	38,855	217	0	
2	3/4/2009	1,551	1,103.00	40,196	3,830,662	4,027,329	22,487	3,357,616	599,071	43,998	25,174	1,470	
3	16/4/2009	1,538	748.80	39,656	2,565,578	2,755,192	16,209	2,155,437	541,352	51,953	6,450	0	
4	4/5/2009	1,455	664.70	32,672	1,876,346	2,004,353	11,281	1,593,837	376,546	28,685	5,216	69	
5	22/5/2009	1,337	558.30	28,223	1,361,398	1,470,864	9,860	1,056,216	387,088	20,444	7,032	82	
6	1/6/2009	1,227	496.50	23,866	1,023,782	1,115,008	7,428	788,907	299,904	23,073	3,103	21	
7	22/6/2009	1,060	345.80	21,281	635,807	675,948	6,760	487,226	173,122	14,658	929	14	
Ream.	22/6/2009	1,060	333.10	21,281	612,456	657,912	6,760	489,957	152,473	14,542	926	14	
8	6/7/2009	941	332.00	16,985	487,217	515,354	3,886	397,440	109,266	7,865	780	3	
9	5/8/2009	711	246.00	10,363	220,253	231,097	1,077	202,863	26,181	1,967	87	0	
10	14/9/2009	452	210.50	5,492	99,891	102,462	122	96,924	5,389	149	0	0	
11	26/10/2009	576	246.00	8,075	171,629	177,393	605	166,991	9,893	503	6	0	
12	19/11/2009	761	450.40	12,181	474,009	495,206	1,631	445,136	48,380	1,479	210	0	
13	23/11/2009	793	357.80	12,979	401,223	437,393	1,862	332,023	102,328	2,717	325	1	Sem granulometria do leito. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 19/11/09
14	19/12/2009	1,105	1,219.00	24,472	2,577,420	2,693,434	7,064	2,319,606	352,044	21,591	193	0	
15	4/1/2010	1,223	1,339.00	29,775	3,444,639	3,623,286	10,019	3,050,935	530,941	40,047	1,279	84	
16	18/1/2010	1,284	1,301.00	30,371	3,413,900	3,552,691	11,383	3,128,523	382,924	35,705	4,887	652	
17	1/2/2010	1,408	1,359.00	36,395	4,273,467	4,478,072	13,741	3,835,213	587,852	53,260	1,747	0	
18	15/2/2010	1,401	1,621.00	34,202	4,790,197	4,977,065	13,096	4,142,760	762,017	65,294	6,907	87	
19	1/3/2010	1,447	1,423.00	36,930	4,540,465	4,736,517	15,590	4,198,189	480,445	48,383	9,367	131	
20	15/3/2010	1,504		39,832									Análise de suspensão inconsistente
21	3/4/2010	1,559	971.20	42,111	3,533,621	3,737,021	16,598	3,173,464	496,222	59,800	7,296	239	
22	19/4/2010	1,345	599.70	30,117	1,560,501	1,670,388	10,088	1,312,827	324,769	26,054	6,509	229	
23	10/5/2010	1,304	831.10	29,477	2,116,624	2,240,381	9,567	1,731,615	450,586	52,154	5,903	123	
24	25/5/2010	1,046	515.00	20,638	918,318	959,488	6,106	687,831	257,673	13,131	842	12	
25	8/6/2010	965	521.50	18,412	829,593	864,577	5,040	657,393	196,544	8,806	1,827	8	
26	29/6/2010	595	193.60	8,380	140,180	147,621	746	135,297	10,813	1,435	75	0	
27	19/7/2010	483	173.70	6,112	91,727	97,195	448	89,205	7,706	274	9	0	
28	2/8/2010	453	164.40	5,307	75,382	78,326	187	74,442	3,759	120	6	0	
29	13/9/2010	326	32.36	3,680	10,288	10,751	48	10,322	318	110	1	0	
30	25/10/2010	319	65.29	3,714	20,953	21,621	67	20,823	667	131	1	0	
Ream.	25/10/2010	319	64.41	3,714	20,671	21,351	70	20,739	481	130	1	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
31	12/11/2010	500	361.10	6,517	203,331	209,815	677	200,823	7,906	1,069	17	0	
Ream.	12/11/2010	500	354.10	6,517	199,389	206,151	677	195,516	9,551	1,067	17	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão

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

**Tabela 6.15.**

**Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em UHE Santo Antônio Porto Velho pelo Método de Einstein Modificado (continuação)**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
32	6/12/2010	601	308,40	8.566	228.237	237.798	977	212.227	23.089	2.306	176	0	
33	17/12/2010	612	323,10	8.883	247.963	258.347	1.065	235.569	20.513	2.125	140	0	
34	10/1/2011	1.075	1.063,00	19.571	1.797.429	1.905.335	108	1.734.896	141.415	26.477	2.507	41	
35	25/1/2011	1.073	1.443,00	23.622	2.945.037	3.059.080	10.861	2.798.888	231.823	27.941	424	5	
36	8/2/2011	1.240	1.421,00	30.385	3.730.464	3.923.619	13.803	3.373.200	514.912	34.830	677	0	
37	21/2/2011	1.385	1.413,00	36.402	4.444.099	4.717.255	18.588	3.817.022	811.766	86.276	2.191	0	
38	14/3/2011	1.505	1.160,00	38.791	3.887.773	4.176.348	20.233	3.170.337	925.172	77.034	3.688	117	
39	28/3/2011	1.568	888,20	41.316	3.170.645	3.437.341	25.879	2.428.960	929.027	50.156	26.560	2.638	Sem granulometria do leito. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia
40	11/4/2011	1.645	876,50	45.697	3.460.582	3.762.261	28.812	2.682.155	996.429	51.286	29.242	3.148	
41	25/4/2011	1.576	845,50	40.435	2.953.804	3.195.561	21.653	2.265.889	818.371	86.255	24.215	831	
42	9/5/2011	1.434	746,00	35.859	2.311.249	2.508.796	17.855	1.719.095	692.322	78.601	18.329	449	
43	25/5/2011	1.194	537,40	25.168	1.168.600	1.275.020	10.171	835.191	376.387	49.746	13.137	559	
44	6/6/2011	1.047	404,00	20.664	721.289	778.077	6.851	550.848	200.610	22.579	3.985	55	
45	22/6/2011	800	329,40	12.447	354.244	377.442	2.760	310.483	62.056	4.202	698	3	
46	20/7/2011	512	191,40	6.649	109.962	114.326	666	110.765	2.094	1.377	90	0	
Pontual	20/7/2011	512	215,38	6.649	123.737	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
47	8/8/2011	520	187,00	6.510	105.183	110.824	657	103.150	6.678	956	40	0	
48	12/9/2011	320	92,97	3.451	27.718	28.462	66	27.986	429	47	0	0	
49	25/10/2011	564	323,60	7.797	217.997	228.859	1.247	211.233	15.411	2.101	115	0	
Ream.	25/10/2011	564	317,10	7.797	213.618	223.703	1.247	206.055	15.432	2.101	115	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
60	21/11/2011	435	160,10	5.351	74.017	78.114	382	72.043	4.647	1.390	34	0	
61	6/12/2011	612	905,40	9.596	750.699	770.842	2.252	759.057	7.882	3.610	293	0	
Pontual	6/12/2011	612	858,49	9.596	655.771	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
62	19/12/2011	895	489,60	17.295	731.603	801.329	4.891	638.313	155.879	6.238	891	9	
63	9/1/2012	1.046	1.217,00	20.524	2.158.063	2.228.610	6.986	2.059.419	143.377	20.443	4.945	426	
64	23/1/2012	1.158	642,00	21.861	1.212.603	1.303.534	6.716	1.015.845	263.869	22.044	1.776	0	
65	6/2/2012	1.201	956,70	26.730	2.209.462	2.353.098	10.107	2.004.052	307.975	39.775	1.296	0	
66	17/2/2012	1.377	1.015,00	34.742	3.046.761	3.265.304	14.961	2.590.039	604.826	64.693	5.683	65	
67	5/3/2012	1.526	1.032,00	40.448	3.606.582	3.847.903	17.178	3.142.264	648.458	52.650	4.254	277	
Pontual	5/3/2012	1.526	1.183,33	40.448	4.135.375	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
68	19/3/2012	1.528	940,60	38.829	3.155.522	3.365.685	18.179	2.850.951	360.979	136.930	16.618	208	
69	9/4/2012	1.463	646,00	33.778	1.885.299	2.017.042	11.877	1.681.860	216.210	114.435	4.345	192	
70	24/4/2012	1.427	474,40	33.755	1.383.564	1.514.659	13.778	1.220.007	172.990	113.364	8.021	278	
Pontual	24/4/2012	1.427	511,20	33.755	1.490.889	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
71	7/5/2012	1.413	499,10	31.319	1.350.546	1.459.972	13.539	1.231.817	137.834	74.415	14.919	987	
72	21/5/2012	1.344	335,00	30.897	894.286	995.353	11.573	786.970	119.638	79.377	8.803	565	

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

Tabela 6.15.

Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em UHE Santo Antônio Porto Velho pelo Método de Einstein Modificado (continuação)

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
73	11/6/2012	1.178	240,70	24.452	508.511	564.207	7.243	462.679	57.639	39.388	4.352	149	
74	25/6/2012	980	182,20	18.324	288.464	332.680	4.647	156.376	152.964	19.260	3.992	89	
75	9/7/2012	933	205,00	17.310	306.599	333.137	4.243	294.533	19.497	15.836	3.243	27	
76	27/8/2012	411	67,89	5.345	31.352	32.184	47	31.033	831	281	39	0	
77	24/9/2012	271	43,93	3.371	12.796	12.954	0	12.935	0	17	2	0	
78	15/10/2012	453	44,69	5.987	23.118	24.012	89	22.407	1.171	347	87	0	
79	5/11/2012	389	62,53	5.068	27.379	28.082	32	25.769	1.021	1.170	122	0	
80	4/12/2012	739	240,10	11.348	235.416	245.175	1.502	232.044	6.929	4.610	1.581	12	
Pontual	4/12/2012	739	215,64	11.348	211.433	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
81	17/1/2013	1.192	646,60	26.392	1.474.424	1.568.900	10.012	1.386.345	104.564	68.490	8.007	1.494	
82	4/2/2013	1.202	809,00	26.315	1.839.381	1.919.613	9.228	1.788.559	74.162	49.129	7.037	726	
83	8/3/2013	1.522	994,30	38.087	3.272.001	3.445.341	17.035	3.068.517	252.031	100.571	21.441	2.781	
84	1/4/2013	1.631	968,60	43.615	3.650.010	3.887.359	18.951	3.289.555	419.001	172.149	6.272	382	

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

**Estação Fluviométrica São Carlos**

**Tabela 6.16.  
Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em São Carlos pelo Método de Einstein Modificado**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
1	25/3/2009	1.554	832,90	37.805	2.720.530	2.912.637	24.940	2.351.936	513.362	17.729	28.315	1.295	
2	5/4/2009	1.615	928,00	39.712	3.184.089	3.366.164	25.101	2.840.526	427.097	72.272	24.938	1.331	
3	12/4/2009	1.574	756,00	35.606	2.325.732	2.492.102	16.152	2.003.107	441.291	35.515	11.387	802	
4	6/5/2009	1.516	646,20	33.480	1.869.233	2.013.753	20.367	1.622.048	332.289	40.078	17.359	1.978	
5	24/5/2009	1.383	500,70	29.419	1.272.686	1.386.393	12.781	1.016.465	299.151	56.227	13.662	888	
6	4/6/2009	1.284	388,00	27.949	936.949	1.023.098	11.708	762.918	204.459	44.056	11.369	296	
Ream.	4/6/2009	1.284	459,40	27.949	1.109.367	1.209.659	11.708	889.654	245.536	61.471	12.685	314	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
7	24/6/2009	1.068	372,20	21.192	681.484	745.705	8.396	592.336	126.568	21.524	5.031	245	
Ream.	24/6/2009	1.068	403,50	21.192	738.793	804.088	8.396	649.632	127.510	21.658	5.042	245	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
8	8/7/2009	935	361,60	16.648	520.118	549.049	6.388	440.331	97.677	7.457	3.395	190	
9	26/8/2009	601	308,90	8.539	227.904	262.249	1.707	181.755	79.623	822	49	0	
10	9/9/2009	508	256,50	6.631	146.955	168.341	1.034	121.167	47.066	82	25	0	
11	6/10/2009	557	348,60	7.955	239.596	280.040	2.132	189.414	90.525	101	0	0	
12	27/11/2009	827	579,60	14.861	744.192	825.740	5.994	588.783	229.865	6.548	517	27	
13	30/11/2009	827	705,40	15.022	915.557	998.810	7.693	773.537	216.000	7.066	2.129	77	
14	9/12/2009	1.001	1.143,00	20.955	2.069.412	2.299.046	17.647	1.645.682	630.573	14.433	7.596	762	
15	6/1/2010	1.252	1.111,00	29.065	2.789.986	2.997.820	10.151	2.439.550	556.282	1.885	102	0	
16	22/1/2010	1.360	1.004,00	33.382	2.895.703	3.132.743	13.509	2.575.432	545.870	11.122	240	80	
17	3/2/2010	1.470	1.056,00	37.380	3.410.526	3.663.134	15.418	2.996.300	630.828	32.825	3.180	0	
18	17/2/2010	1.465	1.535,00	36.847	4.886.779	5.117.996	16.551	4.625.098	455.109	30.069	7.256	465	
19	3/3/2010	1.518	1.022,00	36.906	3.258.847	3.470.573	17.893	3.033.862	403.180	24.466	8.560	505	
20	17/3/2010	1.554	1.250,00	37.820	4.084.552	4.283.506	22.780	3.895.335	324.999	45.956	16.054	1.161	
21	7/4/2010	1.598	897,50	39.574	3.068.747	3.275.589	23.251	2.767.444	447.875	39.956	14.438	5.877	
22	21/4/2010	1.394	630,50	30.327	1.652.084	1.784.334	14.917	1.441.887	301.270	31.339	9.283	555	
23	12/5/2010	1.325	686,30	28.843	1.710.268	1.814.757	13.447	1.533.428	221.436	49.014	10.525	354	
24	27/5/2010	1.057	488,20	21.101	890.031	973.747	10.543	782.517	168.679	16.868	5.548	135	
25	10/6/2010	948	579,20	17.479	874.703	940.422	8.545	741.688	182.801	11.658	4.192	84	
26	22/6/2010	687	349,90	10.077	304.641	342.807	2.029	260.424	80.512	1.678	194	0	
27	21/7/2010	539	255,80	7.653	169.130	198.764	1.390	141.716	55.933	906	209	0	
28	4/8/2010	448	248,90	5.765	123.986	146.033	938	98.882	46.659	406	86	0	
29	15/9/2010	380	154,40	4.893	65.280	85.502	998	39.754	45.102	579	66	0	
30	27/10/2010	333	190,60	4.230	69.657	86.583	1.069	38.858	47.110	544	71	0	
Ream.	27/10/2010	333	201,90	4.230	73.786	92.302	1.069	38.453	53.219	557	72	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
31	17/11/2010	474	494,10	6.287	268.376	312.526	1.546	173.423	138.880	189	34	0	
Ream.	17/11/2010	474	484,50	6.287	263.162	297.397	1.546	210.426	86.731	204	35	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
32	8/12/2010	646	501,90	9.894	429.032	479.509	3.751	275.838	200.360	2.369	940	2	
33	21/12/2010	699	533,40	11.621	535.540	603.788	2.551	389.316	213.603	735	133	1	

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

**Tabela 6.16.  
Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em São Carlos pelo Método de Einstein Modificado (continuação)**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
34	12/1/2011	994	944,50	20.228	1.650.685	1.810.102	16.589	1.366.510	411.352	21.970	9.362	907	
35	27/1/2011	1.100	1.253,00	24.097	2.608.673	2.848.757	19.739	2.159.952	655.599	18.347	13.487	1.373	
36	10/2/2011	1.299	1.127,00	31.140	3.032.234	3.241.767	10.577	2.743.160	494.622	3.689	296	0	
37	23/2/2011	1.449	1.325,00	38.872	4.450.031	4.784.723	15.818	3.877.618	891.525	14.560	911	110	
38	16/3/2011	1.557	988,80	41.924	3.581.687	3.888.288	22.127	3.027.691	814.492	36.811	8.976	317	
39	30/3/2011	1.608	784,10	42.838	2.902.115	3.180.577	27.969	2.455.685	646.505	62.816	14.800	771	
40	13/4/2011	1.690	890,00	47.866	3.680.712	3.970.684	40.137	2.986.371	887.614	39.991	49.531	7.178	
41	28/4/2011	1.597	776,40	38.512	2.583.438	2.785.859	19.702	2.216.565	505.655	53.748	9.703	188	
42	11/5/2011	1.466	665,10	34.048	1.956.584	2.141.724	20.137	1.538.595	542.073	44.504	14.973	1.580	
43	27/5/2011	1.214	601,80	25.719	1.337.249	1.443.500	13.279	1.018.715	386.164	27.261	10.645	717	
44	8/6/2011	1.048	455,40	20.133	792.153	855.474	8.645	702.261	133.493	14.901	4.611	208	
45	29/6/2011	743	367,90	11.752	373.568	429.800	2.628	323.141	104.964	1.169	510	16	
46	23/7/2011	595	353,00	8.957	273.175	306.579	2.350	218.241	86.574	1.232	529	3	
47	10/8/2011	578	282,40	8.290	202.281	234.719	2.061	162.546	70.029	1.847	295	1	
48	14/9/2011	341	145,10	4.021	50.405	59.186	414	41.968	16.969	227	22	0	
49	27/10/2011	576	443,40	8.437	323.206	372.939	2.162	268.070	103.285	1.451	132	0	
Ream.	27/10/2011	576	459,10	8.437	334.650	384.243	2.162	278.762	103.897	1.452	132	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
50	24/11/2011	440	144,60	5.560	69.465	77.930	1.432	68.092	8.649	891	298	0	
51	8/12/2011	568	438,60	8.003	303.265	353.915	2.051	243.386	109.783	381	363	2	
52	21/12/2011	925	721,70	18.454	1.150.717	1.297.417	8.499	921.814	371.233	1.797	2.382	189	
53	11/1/2012	1.043	848,20	21.433	1.570.676	1.720.345	8.092	1.301.828	417.917	545	55	0	
54	25/1/2012	1.196	708,90	24.063	1.473.834	1.674.032	9.358	1.056.788	614.399	2.844	0	0	
55	8/2/2012	1.245	1.031,00	27.970	2.491.532	2.741.555	14.155	2.058.937	668.003	14.123	492	0	
56	23/2/2012	1.480	1.020,00	40.069	3.531.237	3.862.638	22.004	2.803.393	1.012.867	32.380	12.629	1.370	
57	7/3/2012	1.575	1.005,00	41.143	3.572.516	3.825.005	19.995	3.096.459	603.126	121.419	3.880	122	
58	21/3/2012	1.582	884,40	41.808	3.194.621	3.470.125	23.906	2.722.836	672.712	62.782	11.556	239	
59	12/4/2012	1.504	596,50	35.338	1.821.256	2.002.799	18.198	1.468.570	456.675	69.348	7.691	516	
60	26/4/2012	1.466	503,80	35.170	1.530.872	1.563.290	240	1.289.388	258.192	15.112	563	34	
61	9/5/2012	1.413	569,80	31.527	1.552.108	1.675.761	13.576	1.342.368	256.423	69.326	7.597	47	
62	23/5/2012	1.366	424,90	31.508	1.156.689	1.284.703	13.950	859.495	343.911	72.678	8.319	300	
63	13/6/2012	1.210	349,30	25.401	766.593	850.258	9.488	574.146	223.544	49.752	2.780	36	
64	27/6/2012	1.056	292,20	20.390	514.768	602.306	7.049	328.627	244.298	25.427	3.759	195	
65	12/7/2012	963	396,30	17.754	607.907	691.382	5.372	212.606	424.626	51.321	2.799	30	
66	29/8/2012	474	107,20	5.955	55.156	58.291	360	50.355	6.297	1.598	41	0	
67	26/9/2012	347	61,56	3.752	19.956	21.377	77	19.212	1.877	285	3	0	
68	17/10/2012	522	73,28	7.040	44.570	49.283	677	36.429	11.433	1.297	125	0	
69	7/11/2012	446	92,64	5.576	44.630	47.299	238	39.889	5.851	1.505	54	0	
70	6/12/2012	771	314,00	13.190	357.845	395.075	3.764	291.895	97.615	4.660	893	12	
71	6/2/2013	1.228	670,60	26.292	1.523.346	1.677.394	10.316	1.299.377	350.120	27.533	364	0	
72	3/4/2013	1.670	959,10	47.484	3.934.808	4.207.046	23.140	3.400.616	722.752	70.895	12.448	336	

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

Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Humaitá

**Tabela 6.17.**  
**Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em UHE Santo Antônio Humaitá pelo Método de Einstein Modificado**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
1	27/3/2009	2.239	720,80	43.694	2.721.148	2.969.336	20.462	2.308.190	566.899	89.878	4.262	107	Sem granulometria do leito. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 06/04/09
2	6/4/2009	2.284	832,10	47.258	3.397.534	3.713.954	20.586	3.009.463	602.859	97.088	4.433	110	
3	14/4/2009	2.263	735,30	43.709	2.776.808	3.032.053	20.695	2.364.387	573.820	82.029	11.632	186	
4	8/5/2009	2.206	650,60	38.939	2.188.816	2.365.457	19.186	1.750.187	521.827	70.160	22.596	686	
5	26/5/2009	2.066	562,10	35.783	1.737.806	1.885.607	15.981	1.371.144	458.330	39.926	15.297	910	
6	6/6/2009	1.976	493,50	32.186	1.372.358	1.496.556	14.807	1.056.172	390.890	39.223	10.116	155	
Ream	6/6/2009	1.976	500,80	32.186	1.392.659	1.522.805	14.807	1.064.981	407.365	40.110	10.194	155	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
7	26/6/2009	1.731	353,40	23.060	704.100	767.182	11.230	608.004	131.531	14.953	12.199	494	
Ream	26/6/2009	1.731	347,70	23.060	692.744	759.137	11.230	577.002	153.312	15.870	12.453	500	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
8	10/7/2009	1.593	326,40	17.736	500.181	566.185	5.374	420.007	94.376	43.401	8.276	124	
9	28/8/2009	1.239	210,20	9.000	163.460	168.579	322	153.392	14.066	955	166	0	
10	11/9/2009	1.129	199,10	6.859	117.990	121.847	401	115.401	4.493	1.667	285	0	
11	8/10/2009	1.196	253,30	8.480	185.582	193.221	895	174.458	15.856	2.463	445	0	
12	25/11/2009	1.458	471,30	15.103	614.984	653.469	4.715	554.398	83.427	12.138	3.474	32	
13	2/12/2009	1.481	625,30	16.026	865.802	910.277	5.084	781.132	110.907	15.189	3.000	49	
14	11/12/2009	1.671	981,20	21.944	1.860.296	1.959.347	9.507	1.641.204	279.909	30.069	8.045	120	
15	8/1/2010	1.891	946,20	30.584	2.500.291	2.652.815	17.156	2.232.988	379.696	25.064	14.684	384	
16	20/1/2010	1.988	1.112,00	35.716	3.431.500	3.663.127	27.951	2.988.586	592.792	47.078	31.817	2.855	
17	5/2/2010	2.140	957,00	42.907	3.547.772	3.822.662	27.319	3.017.238	711.079	67.614	25.737	995	
18	19/2/2010	2.152	1.584,00	42.239	5.780.698	6.057.993	23.556	5.375.078	600.151	66.465	15.030	1.269	
19	5/3/2010	2.205	1.009,00	42.563	3.710.582	4.063.756	20.706	3.364.933	610.174	84.106	4.327	216	
20	19/3/2010	2.235	1.050,00	45.851	4.159.642	4.414.142	22.694	3.718.629	562.938	116.559	15.487	530	
21	9/4/2010	2.271	773,60	45.683	3.053.405	3.279.796	20.286	2.707.822	502.380	67.530	2.034	30	
22	23/4/2009	2.096	535,60	34.642	1.603.083	1.704.937	14.286	1.388.006	259.227	51.375	6.091	238	
23	14/5/2010	1.986	695,40	28.468	1.710.430	1.794.208	9.742	1.466.039	292.949	28.599	6.221	400	
24	29/5/2010	1.710	490,70	19.645	832.879	898.150	5.502	681.726	190.316	21.822	4.262	24	
25	12/6/2010	1.594	478,10	17.144	708.182	751.523	4.504	607.075	126.061	15.776	2.583	28	
26	24/6/2010	1.346	244,00	10.759	226.817	242.928	1.392	209.462	27.494	5.121	851	1	
27	23/7/2010	1.184	159,80	7.647	105.580	110.372	618	96.216	12.091	1.713	352	0	
28	6/8/2010	1.087	150,70	5.809	75.636	78.555	188	72.486	5.239	710	120	0	
29	17/9/2010	1.020	60,72	4.864	25.518	27.196	122	22.879	3.839	420	58	0	
30	29/10/2010	982	75,77	4.340	28.412	29.732	91	27.094	2.280	338	21	0	
Ream	29/10/2010	982	80,62	4.340	30.231	31.788	90	28.247	3.164	355	21	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
31	19/11/2010	1.116	312,80	6.618	178.858	185.093	417	175.276	7.952	1.598	267	0	
Ream	19/11/2010	1.116	314,00	6.618	179.544	185.728	409	176.316	7.567	1.582	263	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão

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

**Tabela 6.17.**

**Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em UHE Santo Antônio Humaitá pelo Método de Einstein Modificado (continuação)**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
32	10/12/2010	1.291	347,40	10.878	326.507	352.648	2.816	298.806	44.737	8.000	1.103	2	
33	23/12/2010	1.370	430,00	11.990	445.452	475.782	2.754	395.019	70.166	8.514	2.076	7	
34	14/1/2011	1.670	837,70	22.362	1.618.523	1.745.058	10.576	1.375.017	326.876	38.099	4.988	79	
35	29/1/2011	1.803	753,40	25.033	1.629.492	1.629.492	1.752.686	1.413.415	312.952	26.013	307	0	
36	12/2/2011	1.978	1.101,00	35.330	3.360.832	3.569.336	20.889	2.861.922	626.191	60.508	19.363	1.352	
37	25/2/2011	2.124	1.152,00	38.502	3.832.212	4.052.889	18.525	3.308.025	654.006	72.954	17.263	641	
38	18/3/2011	2.223	863,80	45.429	3.390.465	3.643.355	24.074	2.825.087	683.254	120.655	14.125	234	
39	1/4/2011	2.276	719,00	48.951	3.040.937	3.306.219	32.923	2.468.300	690.062	109.135	36.193	2.528	
40	15/4/2011	2.335	746,10	54.659	3.523.512	3.888.811	34.234	2.670.369	1.058.500	124.975	33.207	1.760	
41	30/4/2011	2.277	665,50	39.243	2.256.441	2.433.611	15.073	1.927.037	449.748	48.515	8.072	238	
42	13/5/2011	2.137	665,20	33.005	1.896.906	2.046.574	11.126	1.621.657	394.563	24.027	6.044	282	
43	24/5/2011	1.971	582,60	27.587	1.388.637	1.516.428	11.194	1.113.163	370.980	22.728	9.153	405	
44	10/6/2011	1.695	434,80	21.276	799.272	892.484	8.844	647.755	218.257	20.568	5.850	55	
45	1/7/2011	1.397	268,40	12.223	283.448	318.744	3.309	248.152	58.056	11.661	870	5	
46	30/7/2011	1.262	253,50	9.368	205.182	219.565	1.572	194.099	20.423	4.519	524	0	
Pontual	30/7/2011	1.262	252,72	9.368	204.553	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
47	12/8/2011	1.210	197,50	8.075	137.792	148.055	1.063	129.535	15.033	3.160	326	0	Sem granulometria do leito. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 30/07/11
48	16/9/2011	1.008	73,56	4.171	26.509	27.315	82	26.573	572	155	15	0	
49	30/10/2011	1.193	387,10	8.030	268.567	279.708	901	260.645	15.560	2.851	652	0	
Ream	30/10/2011	1.193	374,00	8.030	259.478	270.783	901	251.012	16.302	2.819	649	0	Reamostragem dos sedimentos em suspensão
50	26/11/2011	1.080	298,60	6.162									Análise/amostragem de suspensão inconsistentes
51	10/12/2011	1.219	325,30	8.486	238.507	249.777	974	229.946	15.861	3.552	418	0	
Pontual	10/12/2011	1.219	320,64	8.486	235.087	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
52	23/12/2011	1.574	683,50	17.472	1.031.798	1.105.335	6.027	858.659	215.175	28.425	3.061	16	
53	13/1/2012	1.706	745,20	23.207	1.494.184	1.614.473	11.529	1.206.043	350.210	48.512	9.542	166	
54	27/1/2012	1.905	716,20	27.415	1.696.431	1.836.563	13.537	1.224.407	560.701	38.355	12.783	316	
55	10/2/2012	1.987	1.083,00	35.718	3.342.161	3.545.988	20.622	2.777.244	676.758	75.601	15.483	901	
56	25/2/2012	2.179	931,60	45.648	3.674.231	3.961.330	27.850	2.882.512	963.059	91.651	20.101	4.008	
57	9/3/2012	2.250	800,20	42.630	2.947.322	3.169.098	15.225	2.410.414	713.107	42.275	3.201	101	
Pontual	9/3/2012	2.250	1.432,45	42.630	5.276.036	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
58	23/3/2012	2.256	799,30	46.534	3.213.645	3.449.851	34.079	2.705.226	628.445	69.300	38.657	8.223	
59	14/4/2012	2.187	568,60	34.862	1.712.667	1.855.048	15.262	1.378.178	426.934	36.558	12.589	789	
60	28/4/2012	2.152	481,80	33.794	1.406.760	1.581.047	12.538	1.146.631	384.783	40.905	7.269	1.459	
61	11/5/2012	2.072	540,10	30.497	1.423.132	1.527.682	11.507	1.154.087	336.814	28.015	8.223	543	

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

**Tabela 6.17.**

**Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em UHE Santo Antônio Humaitá pelo Método de Einstein Modificado (continuação)**

Número da medição	Data	Leitura da Régua (cm)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
62	25/5/2012	2.029	477,80	30.591	1.262.855	1.319.847	11.907	977.434	305.330	26.876	9.502	706	
63	15/6/2012	1.841	344,30	26.811	797.549	956.718	12.562	769.156	143.686	33.067	10.199	610	
Pontual	15/6/2012	1.841	396,71	26.811	918.969	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
64	29/6/2012	1.728	346,90	23.870	715.442	793.495	9.407	484.134	271.369	32.132	5.754	106	
65	14/7/2012	1.610	347,90	19.876	597.453	626.706	6.749	447.482	155.002	19.884	4.274	64	
66	31/8/2012	1.103	112,60	6.194	60.259	62.666	221	58.076	3.517	856	217	0	
67	28/9/2012	993	57,36	4.464	22.123	22.949	42	21.462	1.158	287	41	0	
68	19/10/2012	1.173	105,70	7.828	71.489	77.043	663	58.868	15.765	1.793	617	0	
69	9/11/2012	1.082	87,17	6.000	45.189	47.658	208	41.026	5.696	713	223	0	
70	8/12/2012	1.419	340,50	13.187	387.951	418.243	3.139	322.365	84.090	10.142	1.587	59	
Pontual	8/12/2012	1.419	347,43	13.187	395.849	-	-	-	-	-	-	-	Amostragem pontual dos sedimentos em suspensão
71	8/2/2013	1.933	555,00	28.440	1.363.755	1.438.576	10.738	1.124.512	272.999	31.990	8.984	90	
72	5/4/2013	2.316	778,10	49.541	3.330.519	3.605.359	27.793	2.829.055	688.824	67.041	16.466	3.973	

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

**Estação Fluviométrica Jaciparaná - Vila**

**Tabela 6.18.  
Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em Jaciparaná - Vila pelo Método de Einstein Modificado**

Número da medição	Local da Medição	Data	Cota (m)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
									Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
1	S03	30/3/2009	72,69	20,69	578	1.033								Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
2	S03	10/4/2009	72,28	16,23	490	687								Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
3	VILA	17/4/2009*	71,26	13,03	371	418								Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
4	VILA	28/5/2009*	68,91	25,37	450	987	1.175	17	739	392	40	4	0	
5	S02	28/6/2009	67,65	21,67	271	508	552	17	515	12	3	22	0	
6	S02	22/7/2009	66,57	25,56	287	633								Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
7	S02	4/9/2009	65,62		96									Análise de suspensão inconsistente
8	S02	5/11/2009	65,39	29,45	82	210	227	3	202	12	6	7	0	
9	S02	4/12/2009*	66,30	20,97	103	187								Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
10	S02	28/1/2010*	70,52	27,00	741	1.730	2.291	173	1.501	400	129	258	2	
11	S02	25/2/2010*	70,32	24,30	726	1.524	2.111	185	1.335	470	118	187	1	
12	S02	24/3/2010*	70,78	60,40	683	3.562	4.008	88	3.106	579	147	176	1	
13	S02	30/4/2010	67,10	24,90	415	894	996	26	854	97	16	28	0	
14	S02	19/5/2010	66,33	56,43	329									Análise de suspensão inconsistente
15	S02	16/6/2010	64,64	24,70	193	411	478	20	381	38	26	33	0	
16	S02	12/8/2010	63,17	21,20	66	122	132	3	119	8	2	3	0	
17	S02	6/10/2010	63,10	17,80	68	104	137	11	103	13	5	16	0	
Ream.	S02	6/10/2010	63,10	17,60	68	103	131	11	100	5	7	18	0	
18	S02	1/12/2010	63,81	35,70	122	378	477	23	361	24	52	41	0	
19	S02	20/1/2011	65,76	50,39	230	1.003								Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
20	S02	16/2/2011	68,65	44,30	621	2.378	2.863	123	2.011	512	160	177	3	
21	S02	24/3/2011	70,10	16,50	843	1.202	2.140	292	793	708	248			Sem granulometria do leito. Para os cálculos foram utilizados dados da amostra do dia 16/02/11

\*As cotas dos dias 17/04/09, 28/05/09, 04/12/09, 28/01/10, 25/02/10 e 24/03/10 correspondem à cota da régua da estação de Jaciparaná (Vila).

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

Estação Fluviométrica Montante Jaciparaná

**Tabela 6.19.**  
**Resumo do Cálculo da Descarga Sólida em Montante Jaciparaná pelo Método de Einstein Modificado**

Número da medição	Data	NA na Seção (m)	Conc. (mg/l)	Descarga Líquida (m³/s)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida de Arrasto USGS Método Einstein Mod. (t/dia)	Descarga Sólida Total USGS (t/dia) por Faixa Granulométrica - Método Einstein Mod.					Observações
								Argila + Silte (0,000 - 0,0625)	Areia Fina (0,0625 - 0,250)	Areia Média (0,250 - 0,500)	Areia Grossa (0,500 - 2,00)	Pedregulho (2,00 - 16,00)	
1	25/3/2011	75,38	17,17	470	697	1.518	255	413	552	183	359	10	
2	8/4/2011	75,70	27,86	501	1.206	2.215	242	607	1.156	297	154	2	
3	5/5/2011	73,60	21,90	237	449	618	38	392	134	36	56	0	
4	17/6/2011	71,48	27,13	96	226	242	5	210	22	2	8	0	
5	4/8/2011	70,44	20,30	36	63	64	0	61	2	0	0	0	
6	20/10/2011	70,40	32,87	37	105	109	0	105	3	1	1	0	
7	15/12/2011	70,92	99,76	66									Análise/amostragem de suspensão inconsistentes
8	17/1/2012	73,29	36,68	226	717	848	59	583	169	34	61	0	
9	1/3/2012	75,60		487									Análise de suspensão inconsistente
10	16/3/2012	75,55	23,97	441	913	1.436	162	623	420	111	273	9	
11	19/4/2012	74,14	23,80	281	577	739	49	534	128	49	27	0	
12	17/5/2012	72,89	23,51	164	332	348	3	307	32	4	5	0	
13	21/6/2012	72,01	22,81	99	195	201	2	192	7	1	1	0	
14	4/10/2012	70,53	25,99	35	79								Não foi possível aplicar o Método de Einstein Modificado
15	21/12/2012	71,93	52,21	103	465	483	3	452	25	4	2	0	
16	21/2/2013	75,64	26,72	521	1.203	2.421	286	565	1.185	358	309	3	
17	17/4/2013	75,29	17,14	425	629	1.068	119	512	334	143	79	0	

## **7. ESTUDOS HIDROSSEDIMENTOLÓGICOS BÁSICOS**

Neste item são apresentados os estudos e análises realizadas a partir dos dados coletados no período a que faz referência este relatório no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira.

Primeiramente, descrevem-se as curvas-chave de descarga líquida e descarga sólida para as estações hidrométricas e suas respectivas séries de descarga sólida em suspensão e total. Também são apresentados gráficos de descargas líquidas e sólidas antes e depois do enchimento do reservatório, num estudo comparativo. Posteriormente apresenta-se a granulometria dos sedimentos em suspensão e do leito do rio Madeira, uma análise da quantidade de areia transportada em suspensão ao longo do estirão, um estudo das concentrações de sedimentos em suspensão na superfície do escoamento e um aprofundamento na interpretação das curvas de descarga sólida nas diferentes estações do rio Madeira. Na seqüência apresenta-se a curva de permanência de descarga sólida em suspensão nas estações UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá, e uma avaliação comparativa do desempenho das medições de vazão com molinete e ADCP.

## **7.1. CURVAS-CHAVE DE DESCARGA LÍQUIDA**

Neste relatório são apresentadas as curvas-chave de descarga líquida atualmente válidas para todas as estações localizadas no rio Madeira que compõem a Rede Básica de Monitoramento, as quais foram atualizadas em agosto/setembro de 2011 e apresentadas no Relatório de Consolidação e Análise de Dados Hidrossedimentológico do Rio Madeira sem Reservatório – Jan/2008 a Set/2011 – R8 (PJ0777-X-H41-GR-RL-0008-0A) emitido em Novembro/2011.

A atualização das curvas-chave foi realizada mediante o uso do programa Curva-chave, desenvolvido em parceria entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Laboratório de Hidrologia do Programa de Engenharia Civil (COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro), o qual permite a análise, traçado e extrapolação de curvas de descarga líquida (CPRM, 2011).

Para a estação Montante Jaciparaná, onde não existia uma curva-chave desenvolvida anteriormente, esta foi determinada com dados de março de 2011 (data de início das medições) a abril de 2013.

As medições realizadas no período de outubro/2011 até abril/2013 não foram incorporadas às chuvas-chave para evitar a mudança constante das equações das curvas de descarga líquida. Destaca-se que excetuando-se os casos de constatação de erros consideráveis, o Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico pretende efetuar a revisão destas equações, em princípio, a cada período de 2 ou 3 anos.

### **7.1.1. Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Abunã**

Na curva-chave desta estação foram consideradas fundamentalmente as medições realizadas pela PCE, desconsiderando os dados medidos por FURNAS/CNO na etapa da viabilidade, que permitiram desenvolver a curva apresentada no Projeto Básico Consolidado da UHE Santo Antônio.

Para esta curva-chave foram utilizadas 59 medições realizadas pela PCE no período de março de 2009 a agosto de 2011, sendo que 26 correspondem a medições com molinete e 33 a medições com ADCP (vale lembrar que existem mais duas medições com ADCP as quais foram descartadas após a análise de consistência de dados). Entre setembro de 2011 e abril de 2013 foram realizadas 9 medições com ADCP e 7 medições com molinete as quais foram plotadas nos gráficos conjuntamente com as medições anteriores, porém não foram incorporadas à equação da curva-chave, conforme já descrito. A distribuição temporal de todas as medições da PCE apresenta-se na Figura 7.1.

Adicionalmente, foram consideradas também 4 medições realizadas neste período pela Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados disponíveis permitiram a definição de uma relação cota-vazão (com validade de 01/01/2008 em diante) composta de duas curvas, conforme se observa na Figura 7.2. Apresentam-se a seguir as equações e o intervalo de validade de cada uma.

$$5,50 \leq h \leq 9,69 \quad Q = 147,0 (h - 1,59)^{1,92}$$

$$9,70 \leq h \leq 21,50 \quad Q = 80,7299 (h - 0,35)^{2,0659}$$

**Figura 7.1.**  
**Distribuição Temporal das Medições de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Abunã**

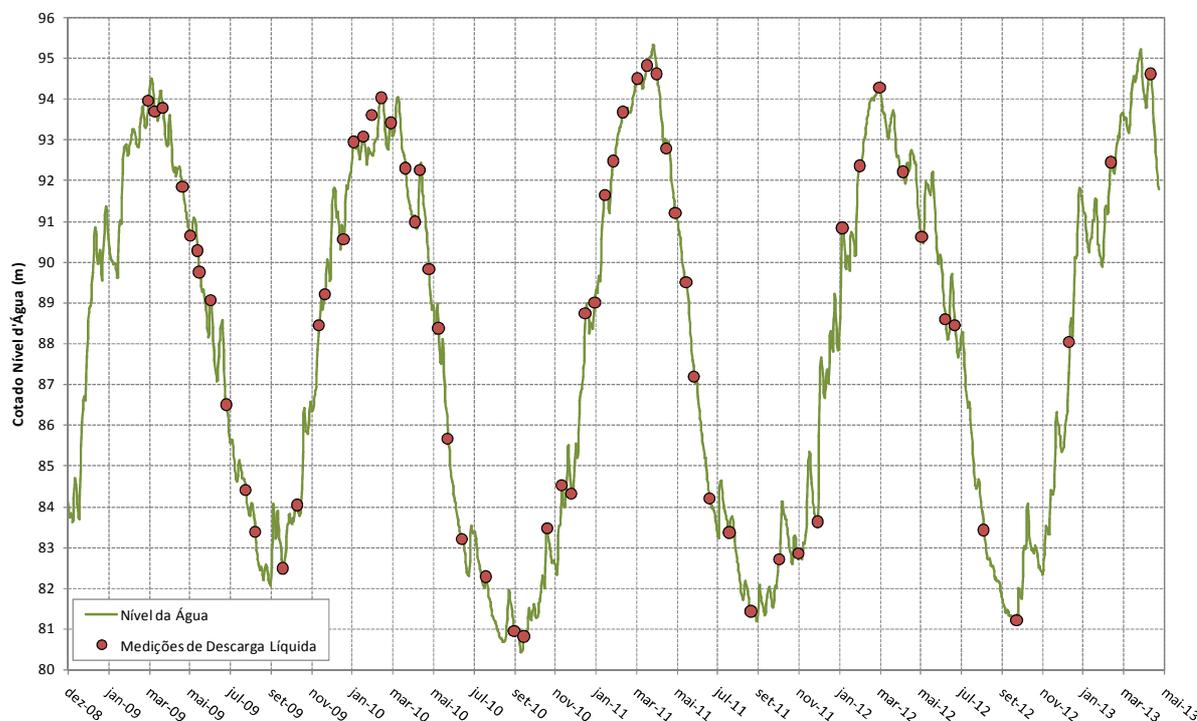
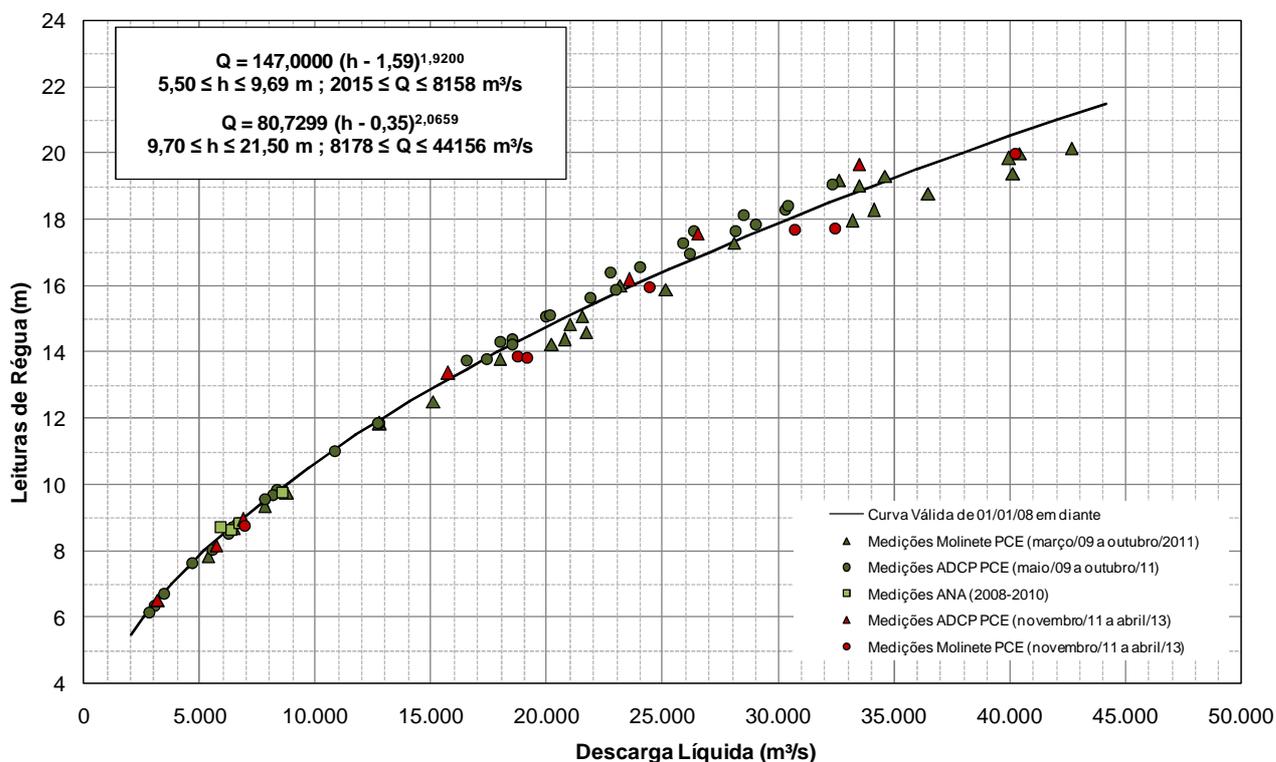


Figura 7.2.  
Curva-chave de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Abunã



### 7.1.2. Estação Fluviométrica Jusante Caldeirão do Inferno

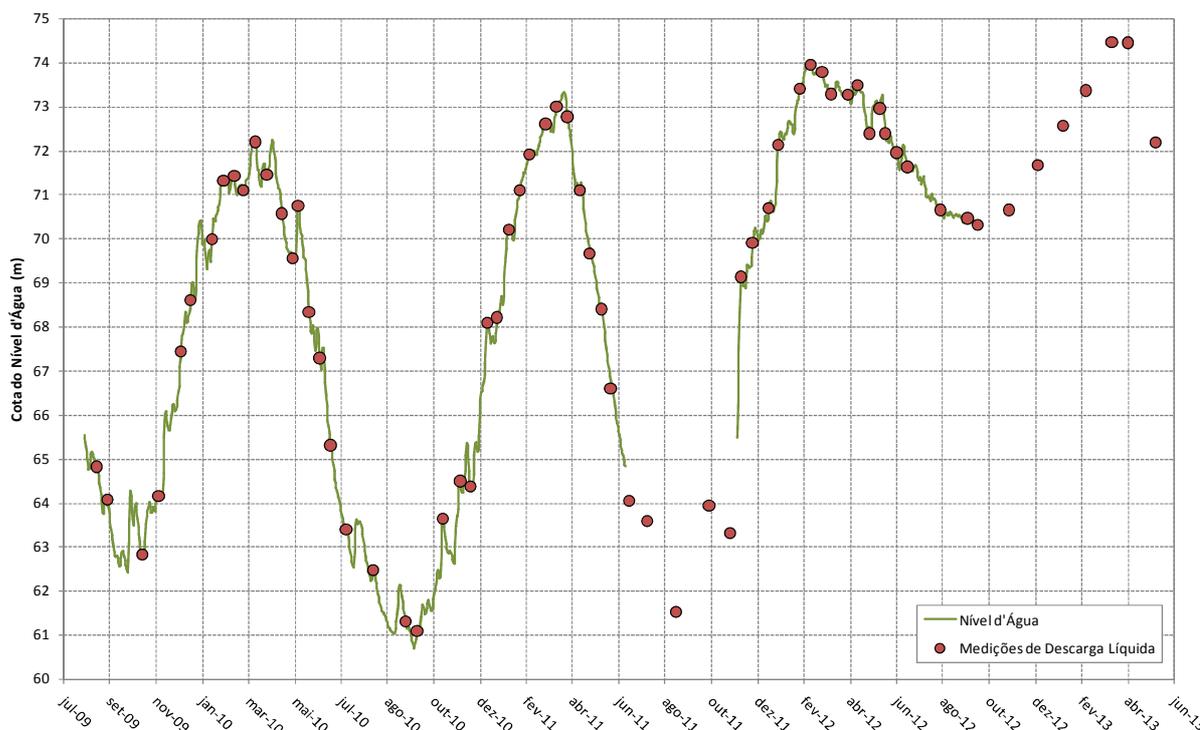
Esta estação fluviométrica foi instalada em abril/2009 imediatamente a jusante da UHE Jirau de forma a conhecer as vazões que ingressam ao reservatório da UHE Santo Antônio. A curva-chave da estação foi estabelecida a partir de 47 medições de vazão pelo método convencional (molinete) e 31 medições com ADCP, executadas pela PCE até agosto de 2011.

A curva-chave desenvolvida para Jusante Caldeirão do Inferno teve validade até 24/11/2011, quando o remanso provocado pelo enchimento do reservatório passou a ser sensível neste local, inviabilizando a utilização da mesma.

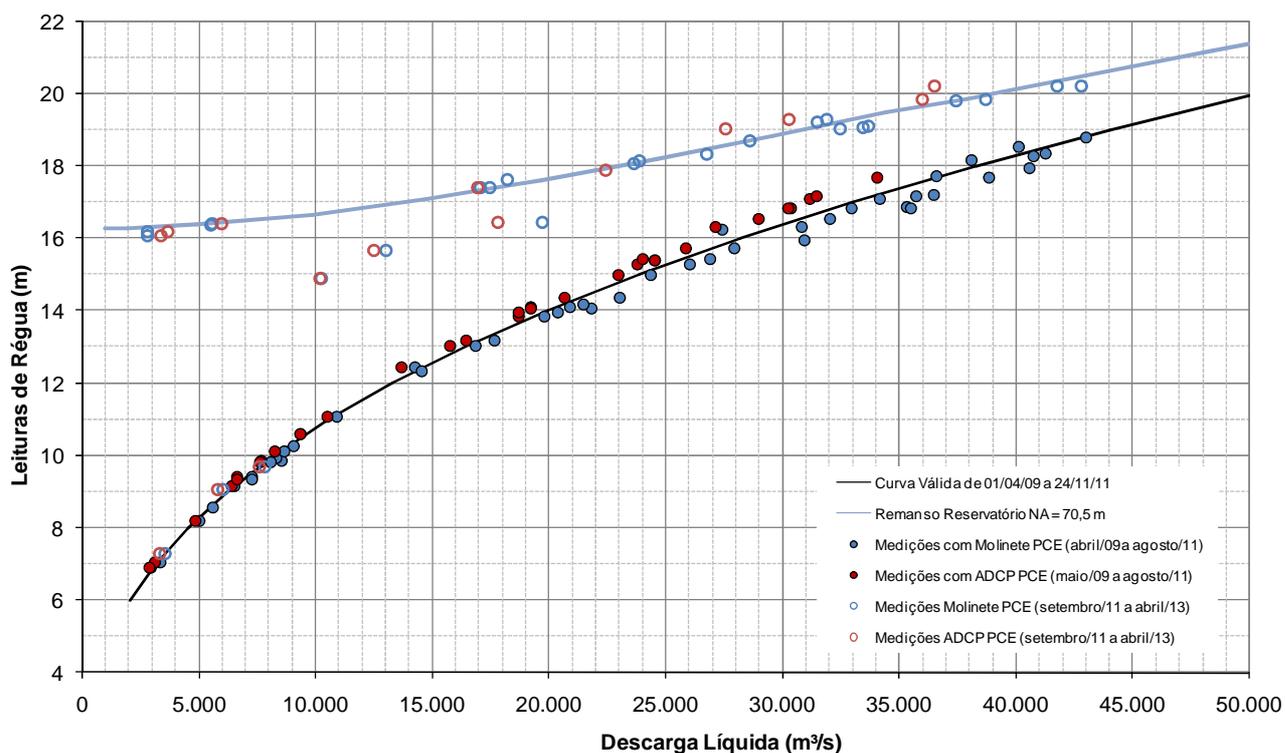
Entre setembro de 2011 e novembro de 2011 foram executadas mais 3 medições com molinete e 3 medições com ADCP, que não foram contempladas na equação da curva-chave de descarga líquida. Após 24/11/2011, foram feitas mais 23 medições com molinete e 12 medições com ADCP até abril de 2013.

O cotograma com a distribuição temporal das medições executadas entre março de 2009 e abril de 2013 se observa na Figura 7.3. As medições realizadas nesta estação foram plotadas no gráfico da Figura 7.4, onde também foram plotadas a curva-chave e a curva de remanso para a cota 70,5 m.

**Figura 7.3.**  
**Distribuição Temporal das Medições de Descarga Líquida em Jusante Caldeirão do Inferno**



**Figura 7.4.**  
**Medições em Jusante Caldeirão do Inferno**



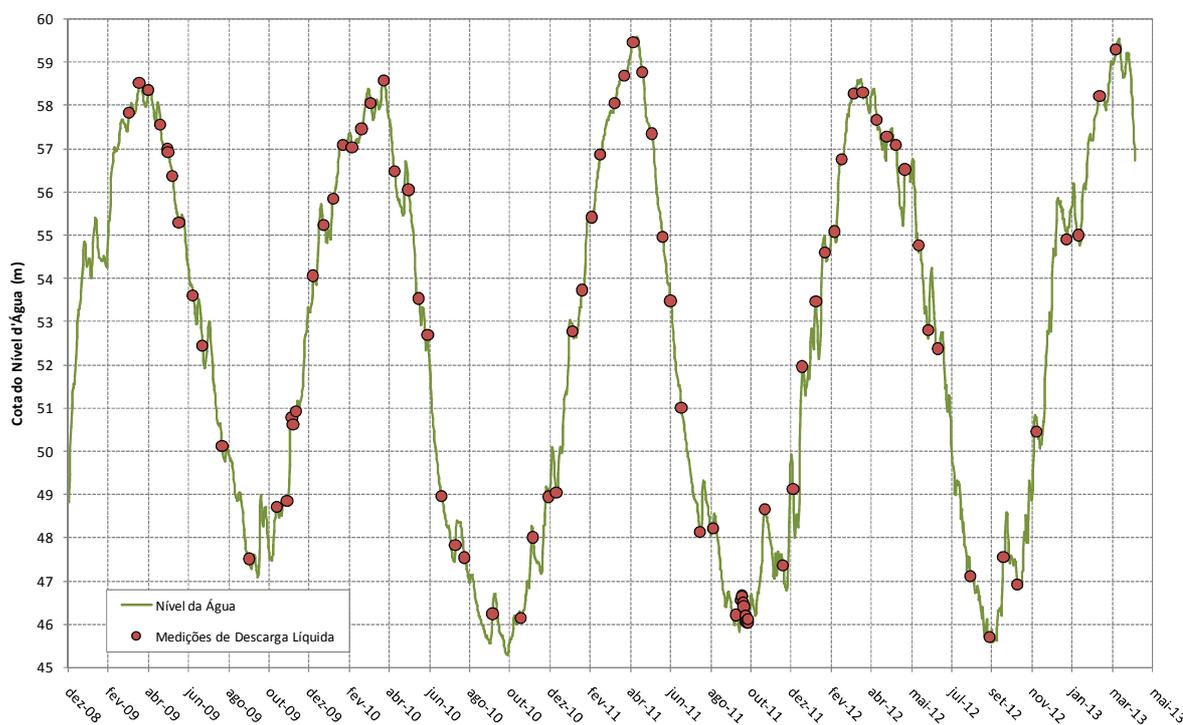
### 7.1.3. Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Porto Velho

Na curva-chave da estação UHE Santo Antônio Porto Velho foram consideradas fundamentalmente as medições realizadas pela PCE, desconsiderando os dados medidos por FURNAS/CNO na etapa da viabilidade, que permitiram desenvolver a curva apresentada no Projeto Básico Consolidado da UHE Santo Antônio.

Para o desenvolvimento da equação da curva-chave de descarga líquida foram utilizadas 88 medições realizadas no período de março de 2009 a setembro de 2011, sendo que 48 correspondem a medições com molinete e 40 a medições com ADCP. Adicionalmente, foram consideradas também 3 medições realizadas durante o ano 2008 pela Agência Nacional de Águas (ANA).

A distribuição temporal das medições apresenta-se na Figura 7.5. As medições realizadas no período de fim de setembro até abril de 2013 (26 medições com molinete e 23 medições com ADCP) também constam na figura, ainda que não tenham sido usadas na determinação da curva-chave.

**Figura 7.5.**  
**Distribuição Temporal das Medições de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Porto Velho**

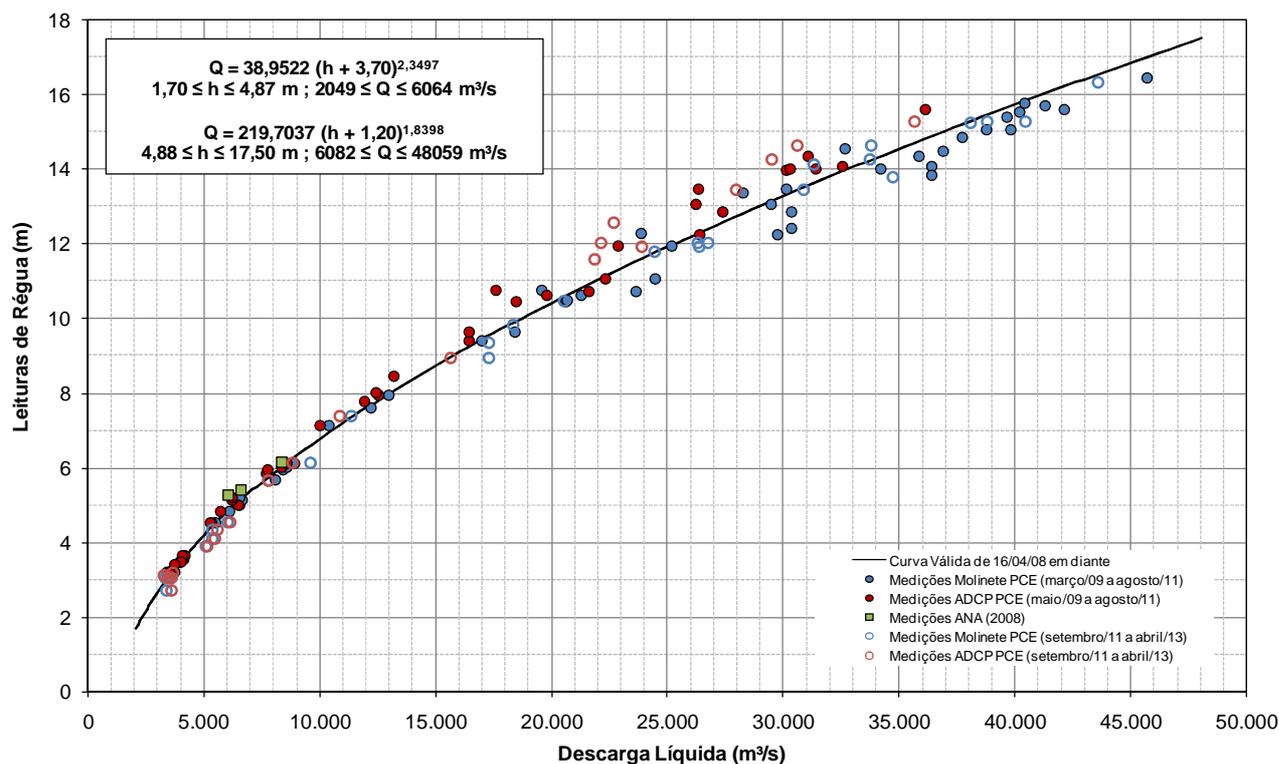


A análise dos dados disponíveis até setembro de 2011 permitiu definir uma relação cota-vazão (com validade de 16/04/2008 em diante) composta de duas curvas, conforme se observa na Figura 7.6. Apresentam-se a seguir as equações e o intervalo de validade de cada uma:

$$1,70 \leq h \leq 4,87 \quad Q = 38,9522 (h + 3,70)^{2,3497}$$

$$4,88 \leq h \leq 17,50 \quad Q = 219,7037 (h + 1,20)^{1,8398}$$

**Figura 7.6.**  
**Curva-chave de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Porto Velho**

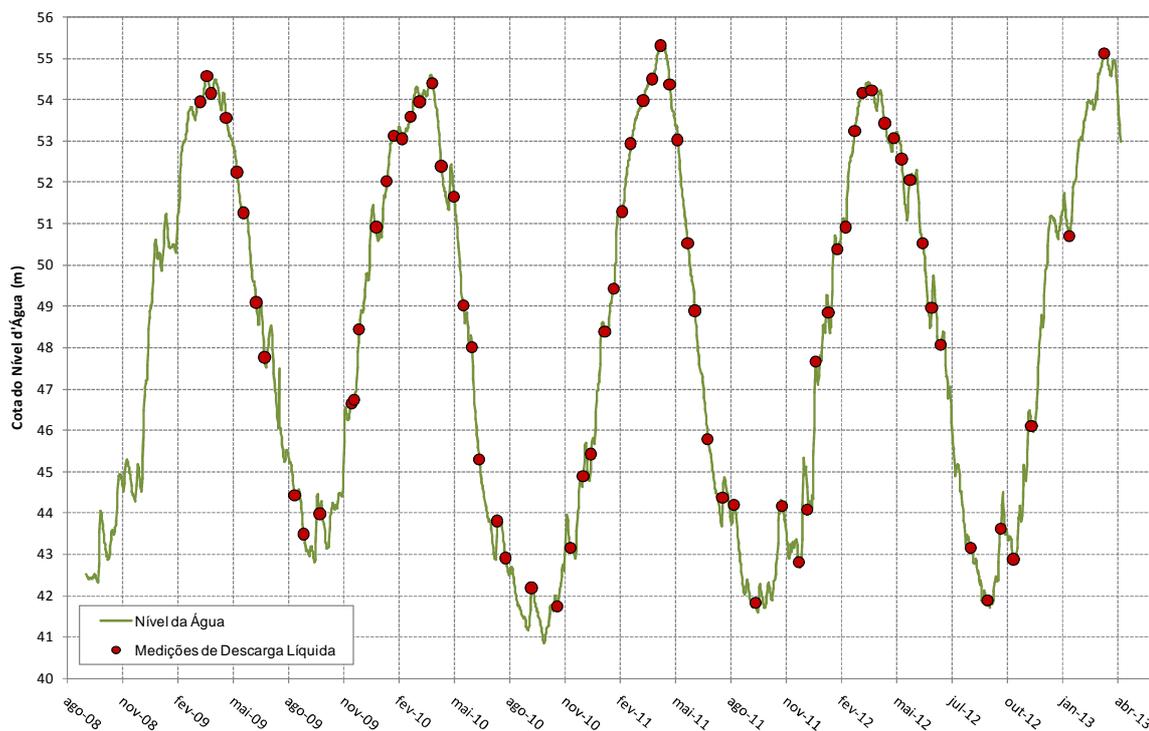


#### 7.1.4. Estação Fluviométrica São Carlos

Na atualização da curva-chave da estação fluviométrica de São Carlos foram consideradas fundamentalmente as medições realizadas pela PCE a partir de 2009. Neste sentido foram utilizadas 76 medições realizadas no período de março de 2009 a agosto de 2011, sendo que 45 correspondem a medições com molinete e 31 a medições com ADCP. Adicionalmente, foram consideradas também 3 medições realizadas por FURNAS/CNO durante os estudos de viabilidade (período 2006-2007).

A Figura 7.7. apresenta a distribuição temporal das medições realizadas pela PCE. A análise das medições permitiu definir uma relação cota-vazão (com validade a partir de 01/01/2008) composta de três curvas, conforme se observa na Figura 7.8. Nesta figura constam também as medições realizadas entre setembro de 2011 e abril de 2013 (18 medições com ADCP e 24 medições com molinete), mas que não foram consideradas no ajuste das equações cota-vazão.

**Figura 7.7.**  
**Distribuição Temporal das Medições de Descarga Líquida em São Carlos**



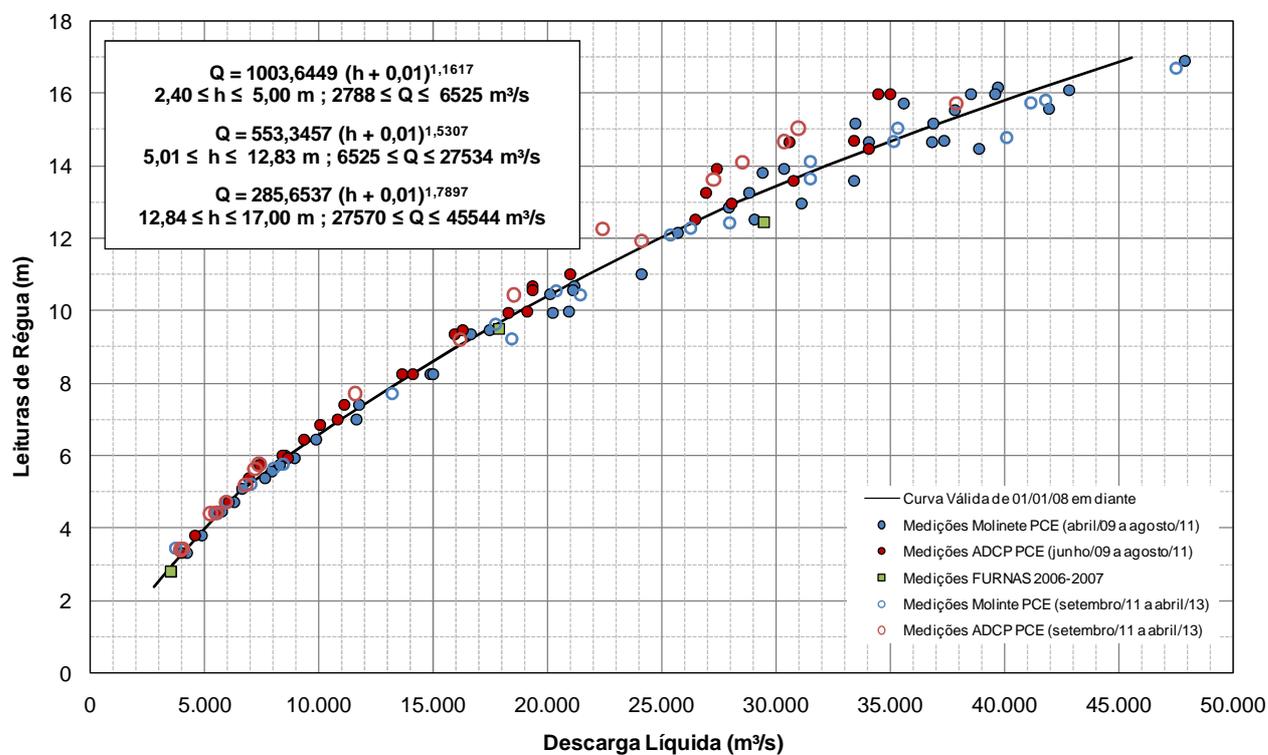
Apresentam-se a seguir as equações e o intervalo de validade de cada uma.

$$2,40 \leq h \leq 5,00 \quad Q = 1003,6449 (h + 0,01)^{1,1617}$$

$$5,01 \leq h \leq 12,83 \quad Q = 553,3457 (h + 0,01)^{1,5307}$$

$$12,84 \leq h \leq 17,00 \quad Q = 285,6537 (h + 0,01)^{1,7897}$$

**Figura 7.8.**  
**Curva-chave de Descarga Líquida em São Carlos**



#### 7.1.5. Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Humaitá

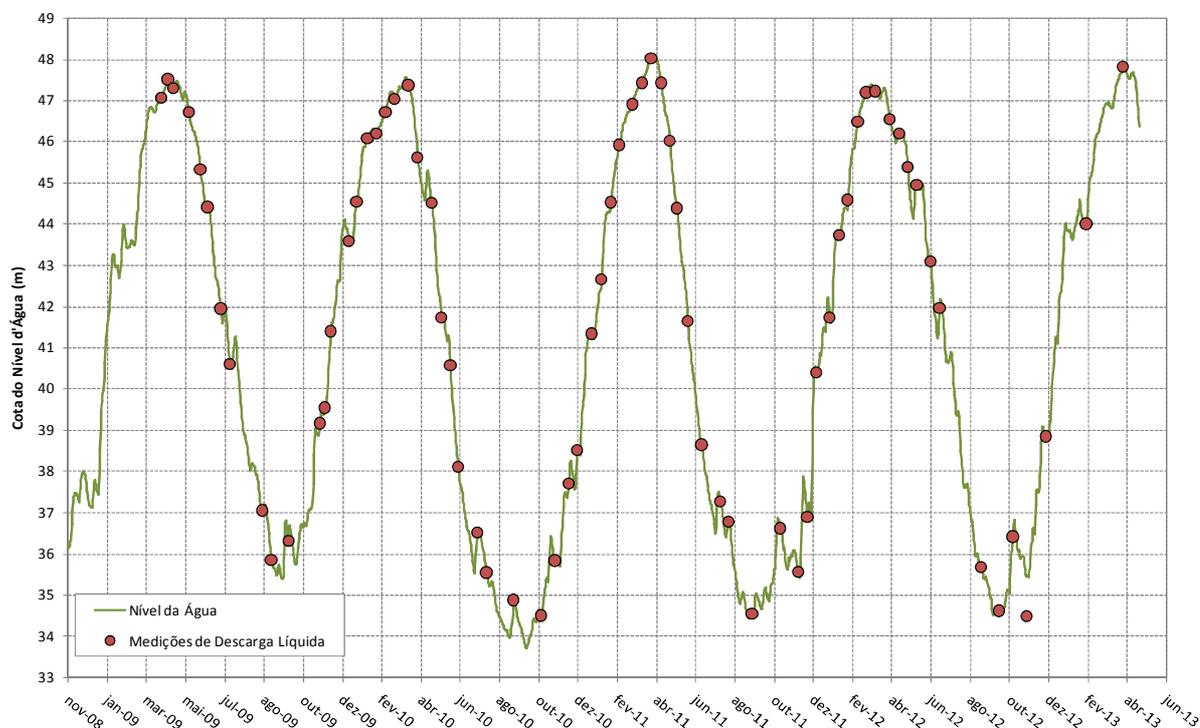
Na atualização da curva-chave da estação fluviométrica de UHE Santo Antônio Humaitá foram consideradas fundamentalmente as medições realizadas pela PCE de março de 2009 a agosto de 2011. Neste sentido foram utilizadas 59 medições, sendo que 28 correspondem a medições com molinete e 31 a medições com ADCP. Adicionalmente, foram consideradas também 6 medições realizadas no período 2008/2009 pela Agência Nacional de Águas (ANA).

A distribuição temporal das medições realizadas pela PCE se observa na Figura 7.9. A análise destas medições permitiu definir uma relação cota-vazão (com validade a partir de 01/01/2008) composta de uma única curva, conforme se observa na Figura 7.10. Nesta figura também estão presentes as medições realizadas pela PCE no período de setembro de 2011 a abril de 2013 (17 medições com ADCP e 9 com molinete), as quais não foram consideradas no ajuste da curva-chave.

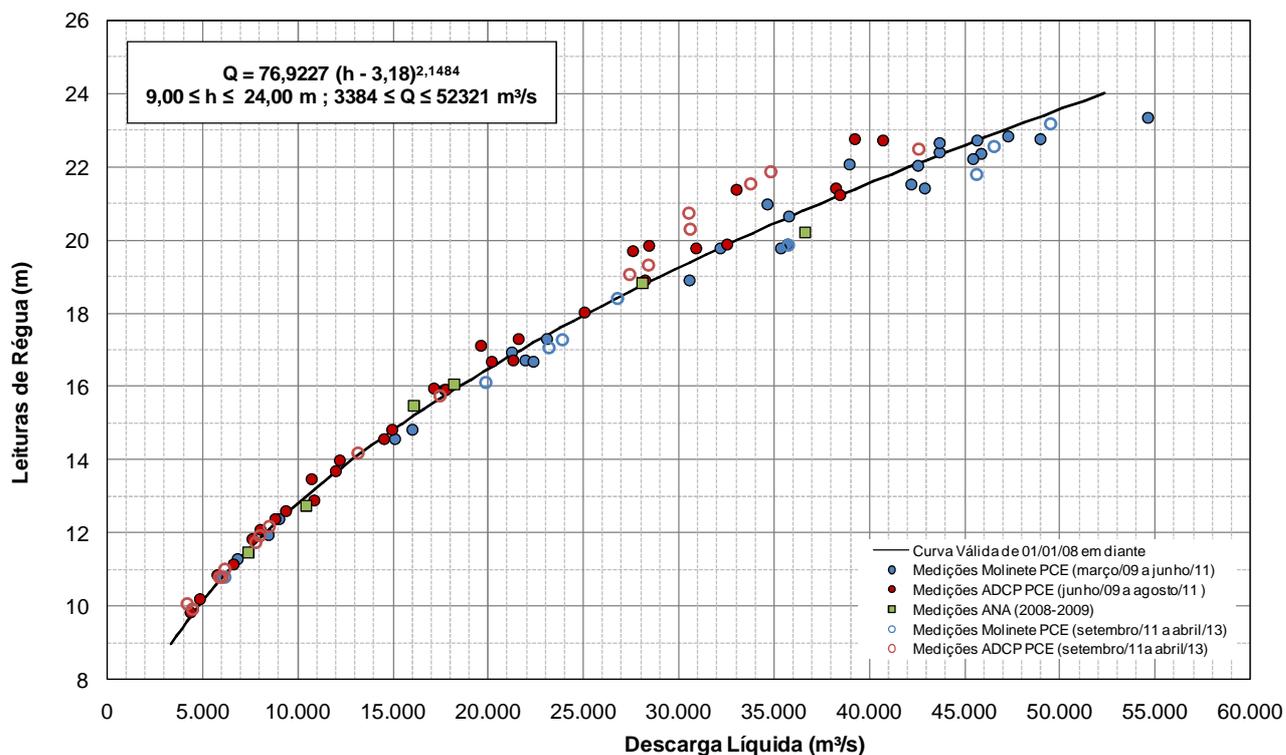
Apresenta-se a seguir a equação e o intervalo de validade da mesma.

$$9,00 \leq h \leq 24,00 \quad Q = 76,9227 (h - 3,18)^{2,1484}$$

**Figura 7.9.**  
**Distribuição Temporal das Medições de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Humaitá**



**Figura 7.10.**  
**Curva-chave de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Humaitá**



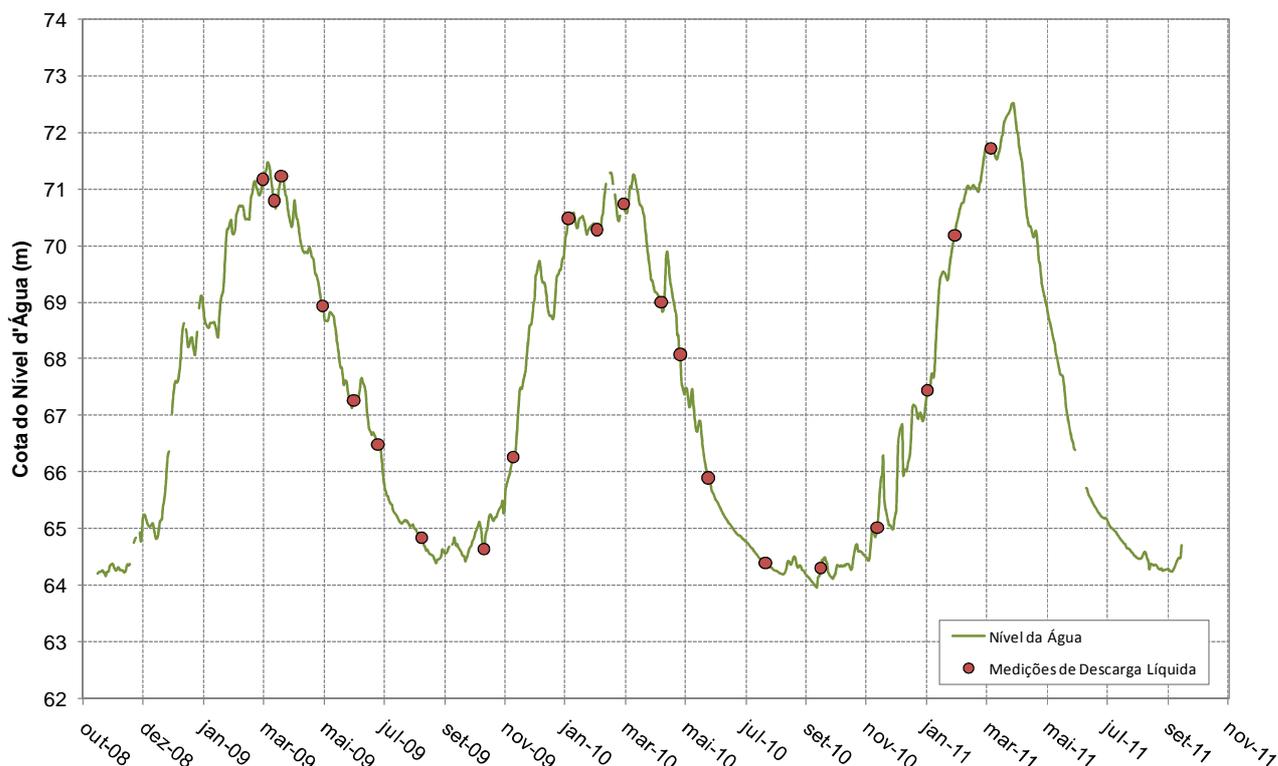
### 7.1.6. Estação Fluviométrica Jaciparaná - Vila

Na estação fluviométrica Jaciparaná – Vila, particularmente no local denominado Seção 02, não foi desenvolvida uma curva-chave de descarga líquida pois a mesma encontrava-se, naturalmente, sob intenso efeito de remanso do rio Madeira, afetando significativamente os resultados obtidos.

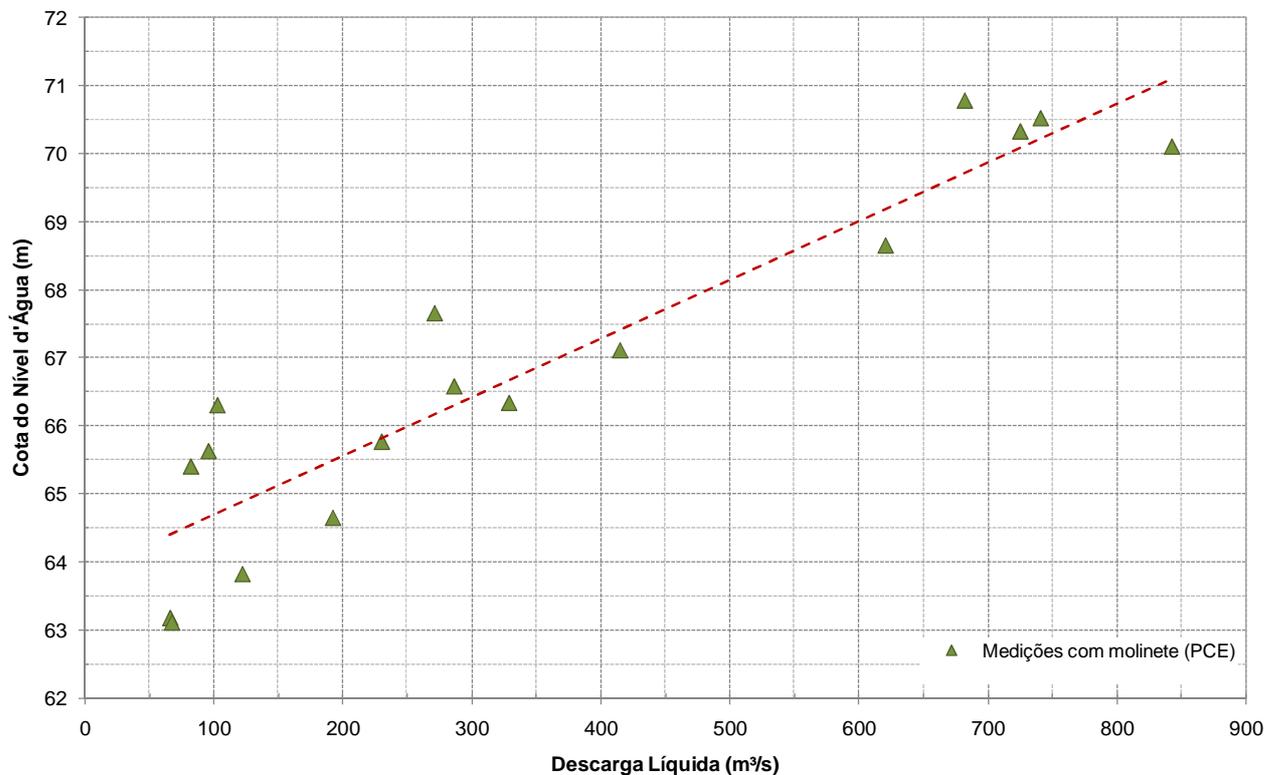
No entanto, em atendimento às exigências dos órgãos reguladores, desde o início da operação desta estação foram realizadas 21 medições com molinete, com a distribuição temporal apresentada na Figura 7.11. O gráfico que sintetiza estas medições, a partir dos pares de dados de cota e vazão, se observa na Figura 7.12., salientando-se que após a análise de consolidação e consistência apenas 17 medições foram utilizadas.

No mês de março/2011 foi realizada a última medição nesta estação já que o represamento do rio Madeira no sítio da UHE Santo Antônio afetou o estirão de rio nas imediações da Vila Jaciparana. Por este motivo, as medições de descarga líquida e sólida nesta estação foram suspensas, e foi instalada uma nova estação fluviométrica fora da influência direta do remanso, denominada Montante Jaciparaná.

**Figura 7.11.**  
**Distribuição Temporal das Medições de Descarga Líquida em Jaciparaná (Vila)**



**Figura 7.12.**  
**Medições de Descarga Líquida em Jaciparaná (Vila)**



### 7.1.7. Estação Fluviométrica Montante Jaciparaná

Esta estação fluviométrica começou a operar em março/2011 com o intuito de caracterizar melhor os aportes da bacia do rio Jaciparaná ao reservatório da UHE Santo Antônio. Desta forma, até abril de 2013 foram realizadas 8 medições de vazão com molinete, com a distribuição temporal apresentada na Figura 7.13. Na Figura 7.14. se observam as medições de descarga líquida realizadas na estação.

Para esta estação, a curva-chave de descarga líquida foi definida com dados de março de 2011 a abril de 2013, num total de 17 medições.

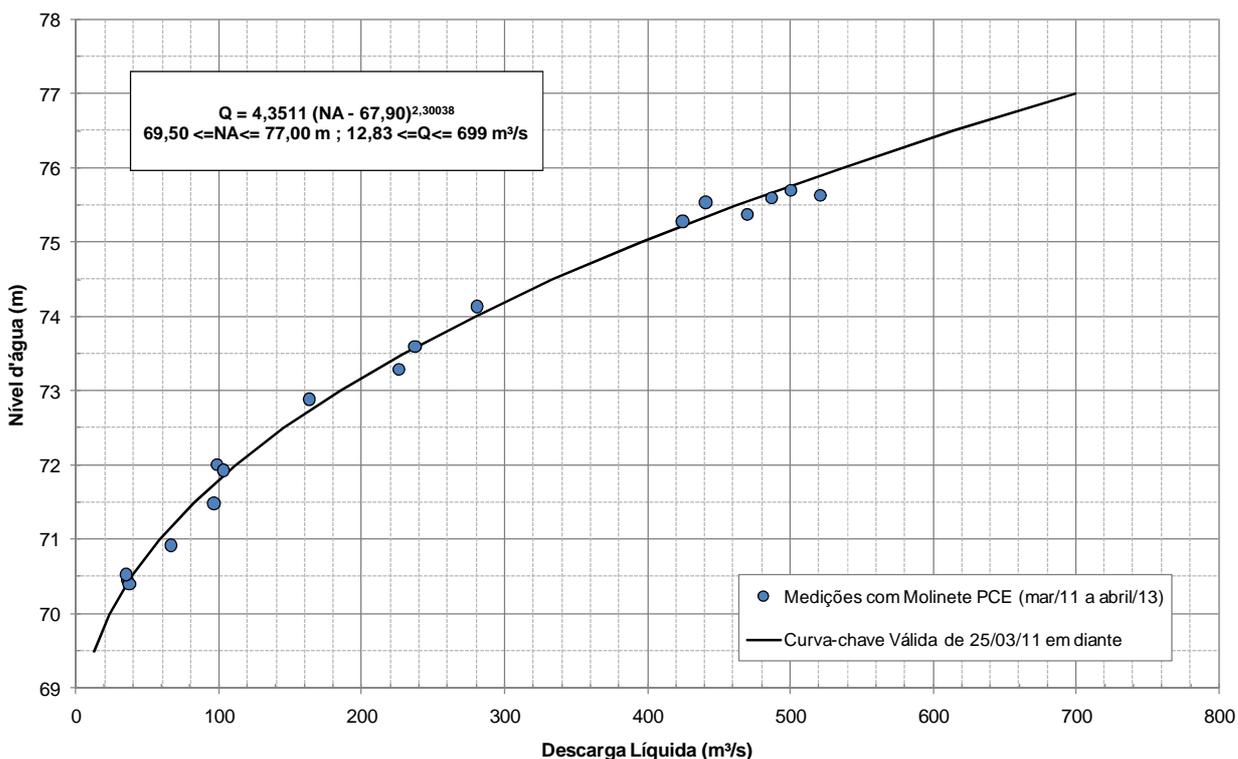
Apresenta-se a seguir a equação e o intervalo de validade da mesma.

$$69,5 \leq NA \leq 77,00 \quad Q = 4,3511 (NA - 67,90)^{2,30038}$$

**Figura 7.13.**  
**Distribuição Temporal das Medições de Descarga Líquida em Montante Jaciparaná**



**Figura 7.14.**  
**Medições de Descarga Líquida em Montante Jaciparaná**



## **7.2. CURVAS-CHAVE DE DESCARGA SÓLIDA**

A partir dos dados coletados entre maio de 2010 e agosto de 2011 foi feita a revisão das curvas-chave de descarga sólida em suspensão e descarga sólida total para cada estação fluviométrica. Esta revisão das curvas-chaves de descarga sólida foi apresentada no Relatório Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do Rio Madeira sem Reservatório – Jan/2008 a Set/2011 - (PJ0777-X-H41-GR-RL-008-0A), emitido em novembro de 2011.

Os dados coletados no período de setembro de 2011 a abril de 2013 não foram utilizados no desenvolvimento das curvas-chave, no entanto foram incluídos nos gráficos correspondentes. Reitera-se que, excetuando-se os casos de constatação de erros consideráveis, o Programa de Monitoramento pretende efetuar a revisão das equações das curvas-chave, em princípio, a cada 2 ou 3 anos.

Para a estação de Montante Jaciparaná, onde não havia uma curva-chave anteriormente, esta foi determinada com dados de março de 2011 (data de início das medições) a abril de 2013.

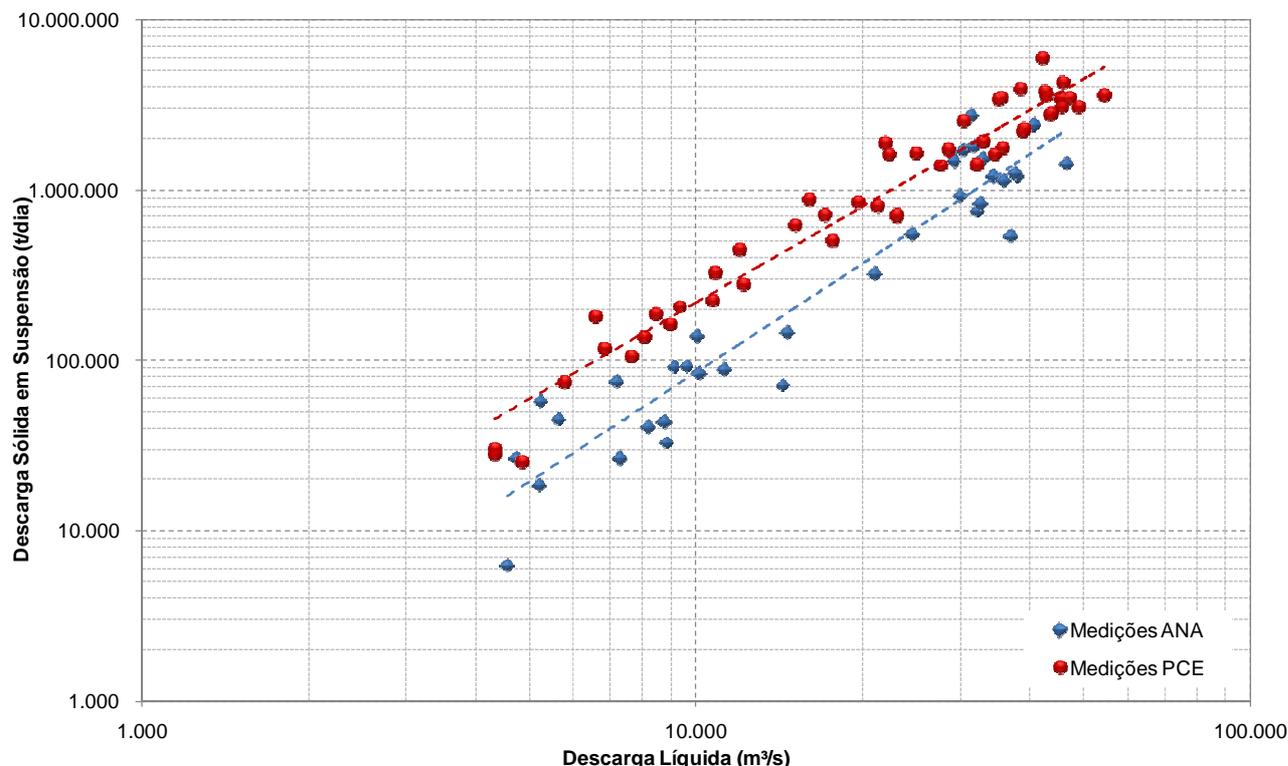
As estações fluviométricas UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá possuem uma quantidade significativa de dados pretéritos de outras duas entidades, ANA e FURNAS/CNO. A estação de São Carlos possui também três medições de descarga líquida realizadas por FURNAS/CNO, sendo apenas duas com dados de medições de descarga sólida.

No estudo de consolidação de dados apresentado em junho de 2008 (PJ0697-X-H41-GR-ED-102-0A), verificou-se a existência de diferenças significativas nas concentrações de sedimentos em suspensão das medições da ANA e de FURNAS/CNO (Figura 7.15) e, inclusive, notou-se uma dispersão maior nos dados da ANA, que apresentam um coeficiente de determinação de 0,60, enquanto os dados de FURNAS/CNO apresentaram um coeficiente de 0,86.

Em relatórios anteriores se apontou que as possíveis causas para essas diferenças eram os critérios de medição e métodos de análise das amostras e, principalmente, os equipamentos de medição utilizados. Uma das possíveis causas estaria associada ao amostrador de sedimentos em suspensão antigamente utilizado nas coletas realizadas pela ANA, quando usaram um amostrador de sedimentos em suspensão tipo D-49, indicado para rios de até 4,5 metros de profundidade, enquanto que FURNAS/CNO utilizou um amostrador de saca (tipo AMS-8), indicado para rios com grandes profundidades, como é o caso do rio Madeira. No entanto, atualmente são utilizados os mesmos equipamentos e as diferenças ainda persistem, o que leva a considerar outras hipóteses como as diferenças no procedimento de amostragem ou nos métodos de análise das amostras em laboratório, o qual pode ser uma fonte relevante de erro (Pinto & Magalhães, 2010).

Os equipamentos de medição, os critérios de medição e os métodos de análises utilizados pela PCE são os mesmo utilizados antigamente por FURNAS/CNO. Com isso, justifica-se a utilização dos dados de FURNAS/CNO como referência para as medições atuais e o descarte dos dados da ANA para os estudos de sedimentos do rio Madeira.

**Figura 7.15.**  
**Avaliação Comparativa dos Dados Coletados pela ANA e PCE em UHE Santo Antônio Humaitá**



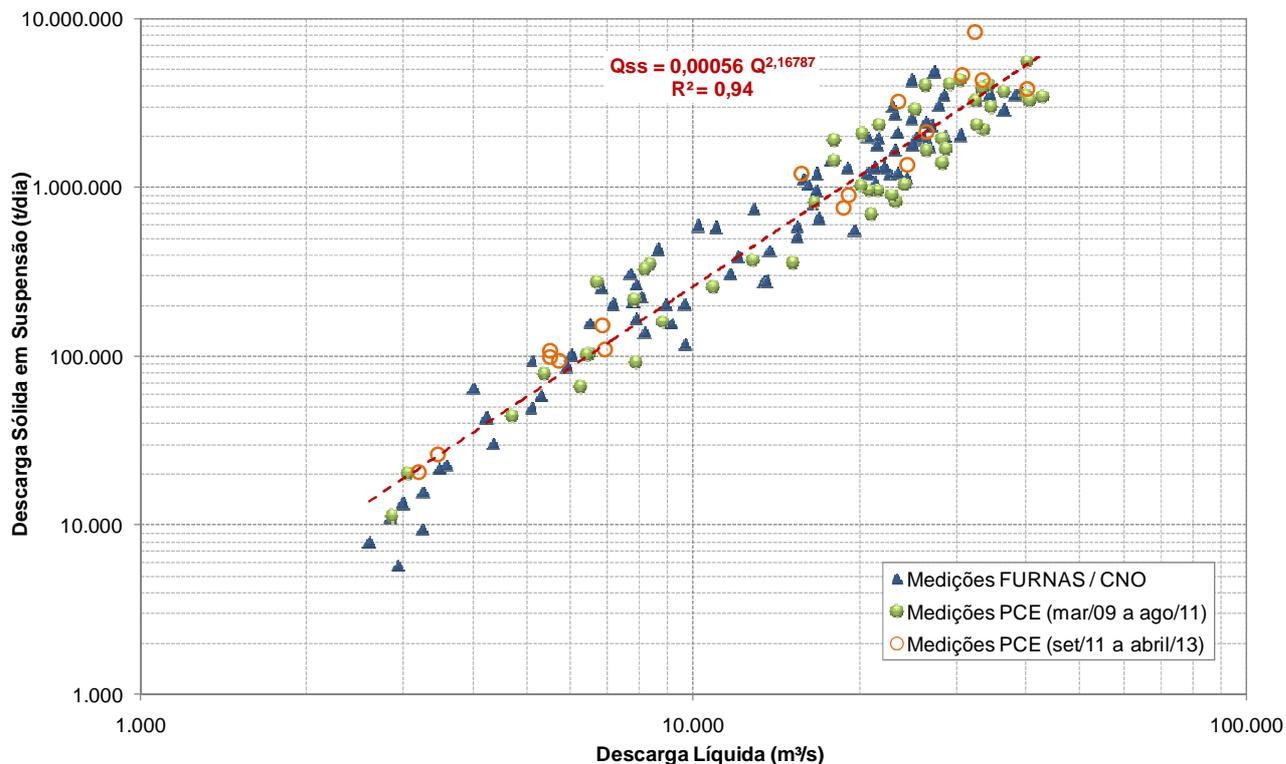
### 7.2.1. Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Abunã

No período de novembro de 2003 à maio de 2006 o consórcio FURNAS/CNO realizou 86 medições de descarga líquida e sólida em Abunã, que em conjunto com as 50 medições (considerando três re-amostragens) realizadas pela PCE até agosto de 2011 permitiram elaborar a curva-chave para esta estação.

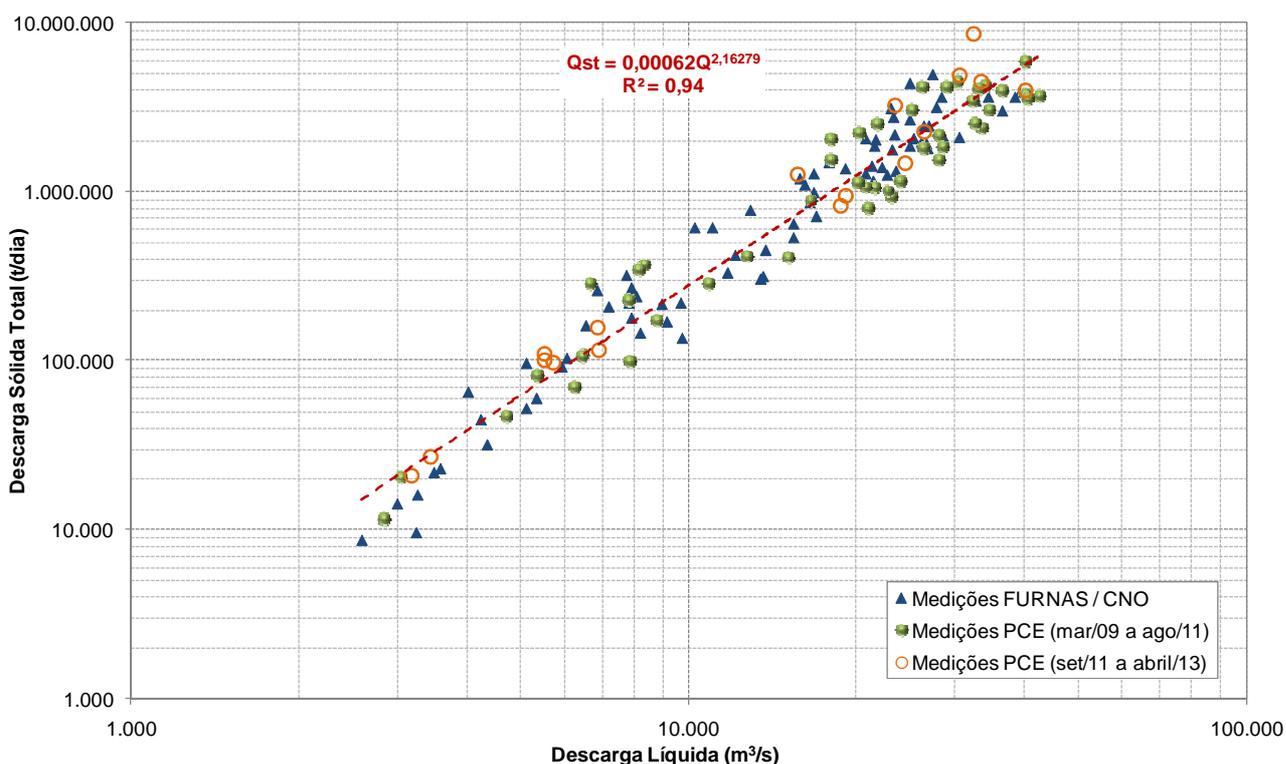
As curvas-chave de descarga sólida em suspensão e descarga sólida total são apresentadas, respectivamente, na Figura 7.16. e Figura 7.17., onde também são apresentadas as 16 medições realizadas entre setembro de 2011 e abril de 2013, além de uma re-amostragem de sedimento em suspensão.

Cabe destacar que na consolidação de dados realizada às séries de dados para a elaboração das curvas-chave foram eliminadas as medições de FURNAS/CNO dos dias 12/08/2004, 09/09/2004 e 22/09/2004 devido a inconsistências na determinação da concentração de sedimento em suspensão nas análises sedimentológicas destas medições.

**Figura 7.16.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida em Suspensão em UHE Santo Antônio Abunã**



**Figura 7.17.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida Total em UHE Santo Antônio Abunã**



### 7.2.2. Estação Fluviométrica Jusante Caldeirão do Inferno

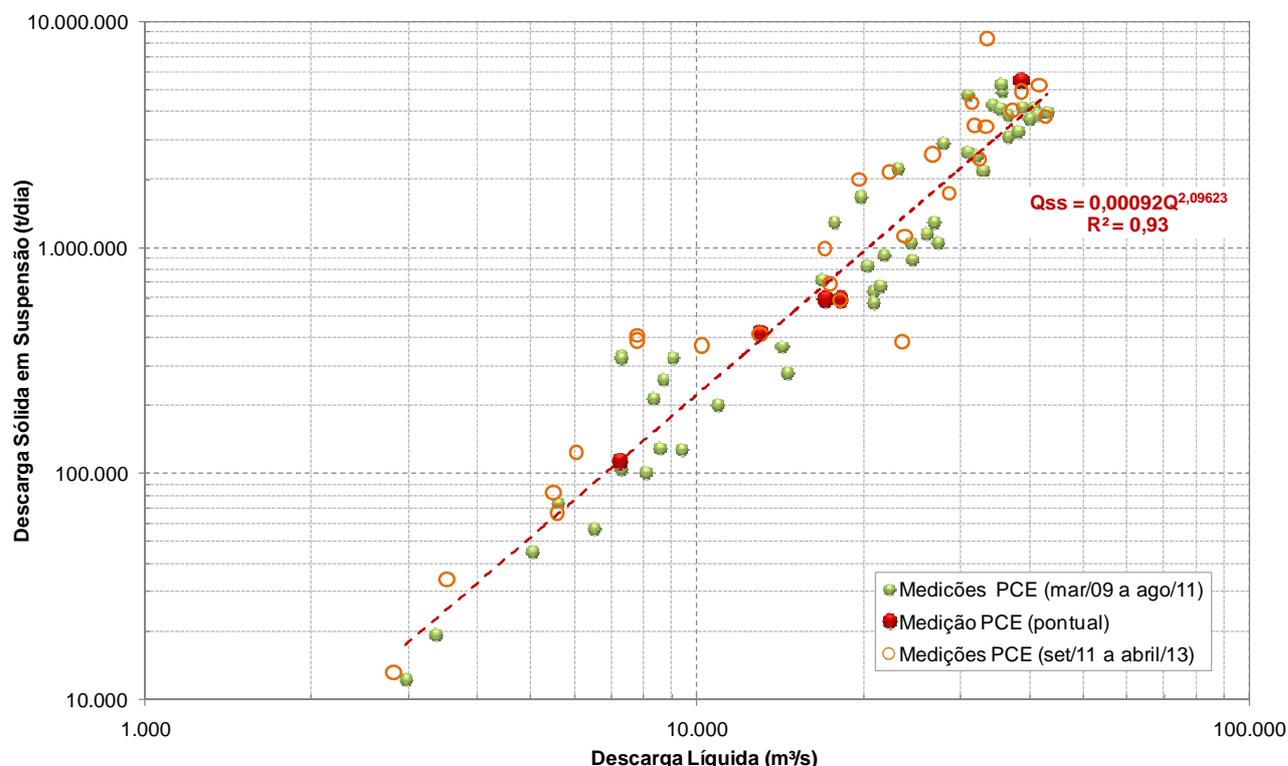
Para a elaboração da curvas-chave de sedimentos na estação Jusante Caldeirão do Inferno foram consideradas 47 medições de descarga sólida com amostragem integrada, além dos dados correspondentes a 3 re-amostragens de sedimentos em suspensão e uma amostragem pontual, realizadas entre março de 2009 e agosto de 2011.

Na análise de consistência, foram desprezadas duas amostras dos sedimentos em suspensão por apresentarem inconsistências, nos dias 11/03/2010 e 07/10/2011. Desta forma, o cálculo da curva-chave de descarga sólida em suspensão (Q<sub>ss</sub>) foi realizado com 49 conjuntos de dados (Figura 7.18.) e a curva-chave de descarga sólida total (Q<sub>st</sub>) com 48 conjuntos de medições (Figura 7.19.).

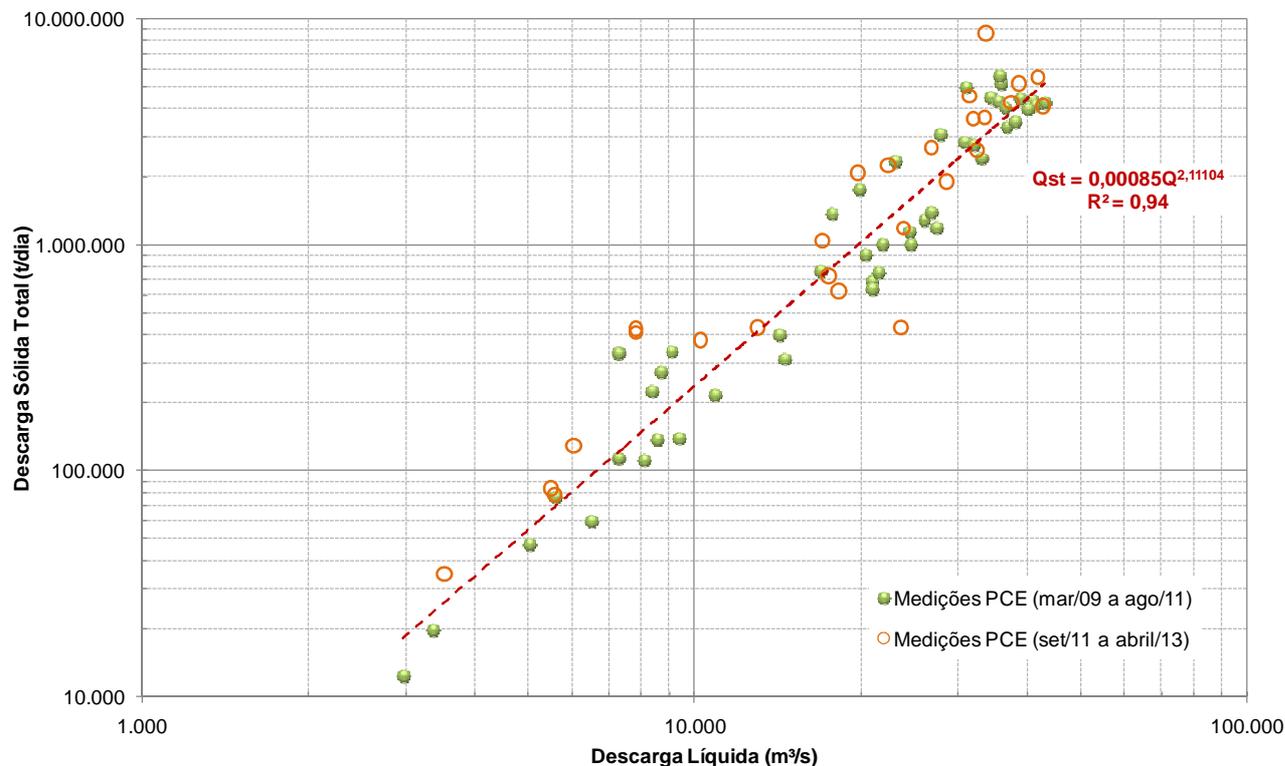
Entre setembro de 2011 e abril de 2013 foram realizadas mais 31 medições, incluindo uma re-amostragem de sedimentos em suspensão e quatro medições com amostragem pontual. Essas medições também podem ser visualizadas nos gráficos correspondentes.

Nos dias 20/09/12 e 03/10/12 não foi possível aplicar o Método Modificado de Einstein, por tanto nestas datas não há resultado de descarga sólida total.

**Figura 7.18.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida em Suspensão em Jusante Caldeirão do Inferno**



**Figura 7.19.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida Total em Jusante do Caldeirão do Inferno**



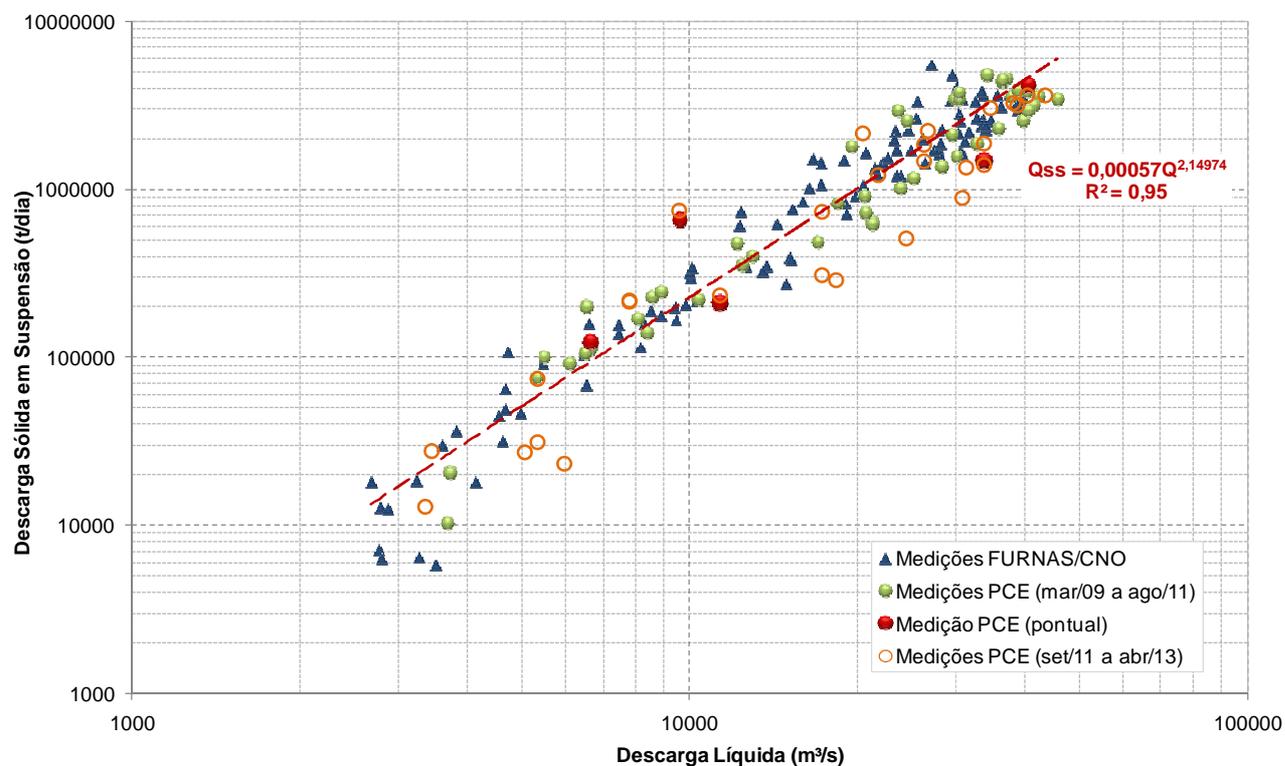
### 7.2.3. Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Porto Velho

Na estação fluviométrica de UHE Santo Antônio Porto Velho foram realizadas, no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, 51 medições até agosto de 2011, incluindo três re-amostragens dos sedimentos em suspensão e uma amostragem pontual. A amostra de sedimentos em suspensão do dia 15/03/2010 foi desconsiderada na análise final, já que os resultados da análise laboratorial não resultaram consistentes.

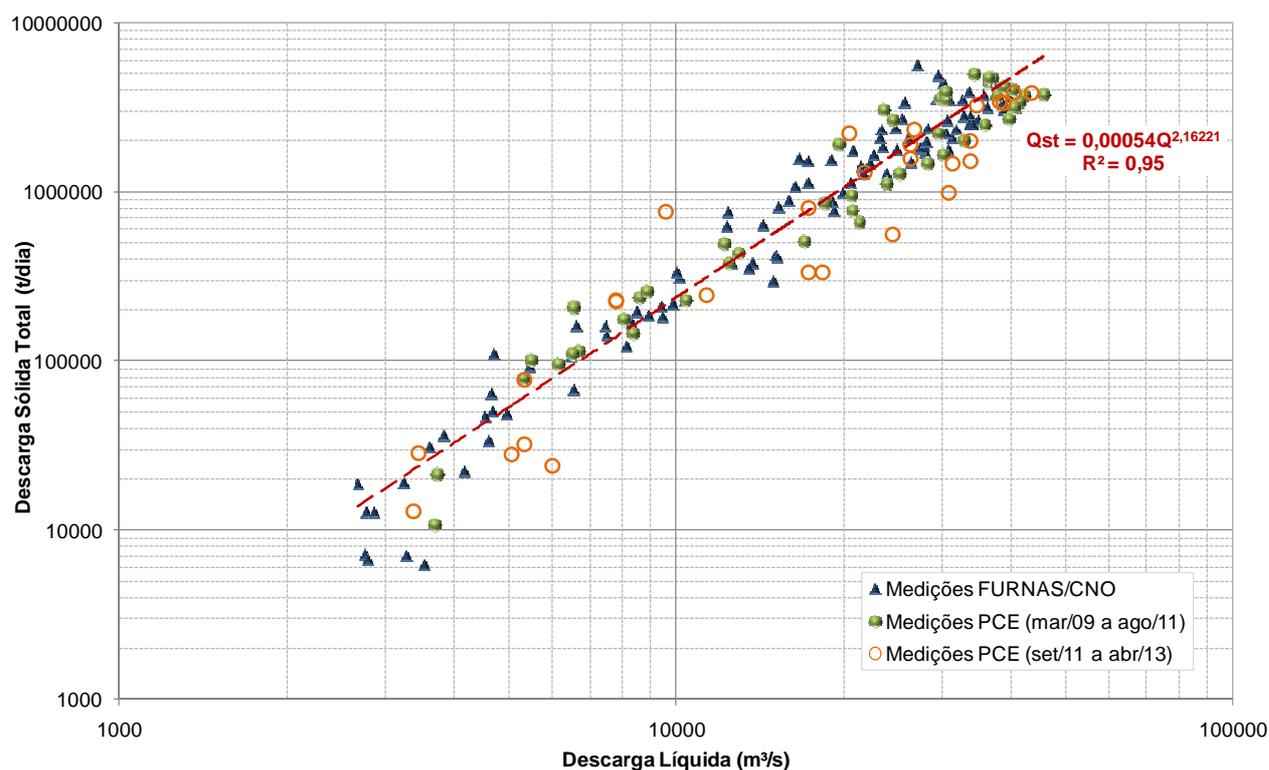
A curva-chave de descarga sólida em suspensão foi elaborada a partir de 107 medições realizadas por FURNAS/CNO (no período 2003-2006) e 50 medições realizadas até agosto de 2011 (Figura 7.21.). Da mesma forma, o novo ajuste da curva-chave de descarga sólida total levou em consideração as 107 medições de FURNAS/CNO e 49 medições realizadas pela PCE (Figura 7.22.), excluindo-se a amostragem pontual.

Os gráficos das Figuras 7.20. e 7.21. também apresentam as novas medições da PCE que não fizeram parte do ajuste das curvas-chave de descarga sólida, que totalizam 27 amostragens integradas na vertical (incluindo uma re-amostragem de sedimentos em suspensão) e 4 amostragens pontuais.

**Figura 7.20.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida em Suspensão em UHE Santo Antônio Porto Velho**



**Figura 7.21.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida Total em UHE Santo Antônio Porto Velho**

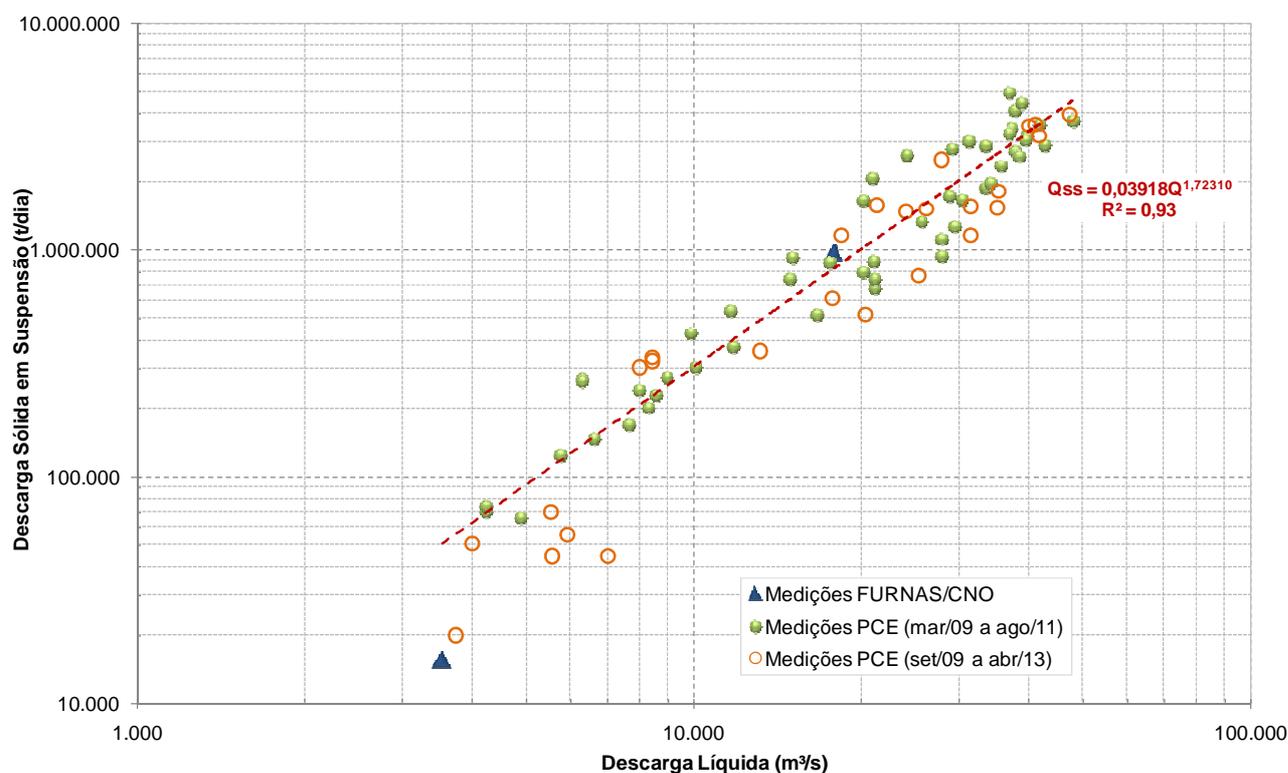


#### 7.2.4. Estação Fluviométrica São Carlos

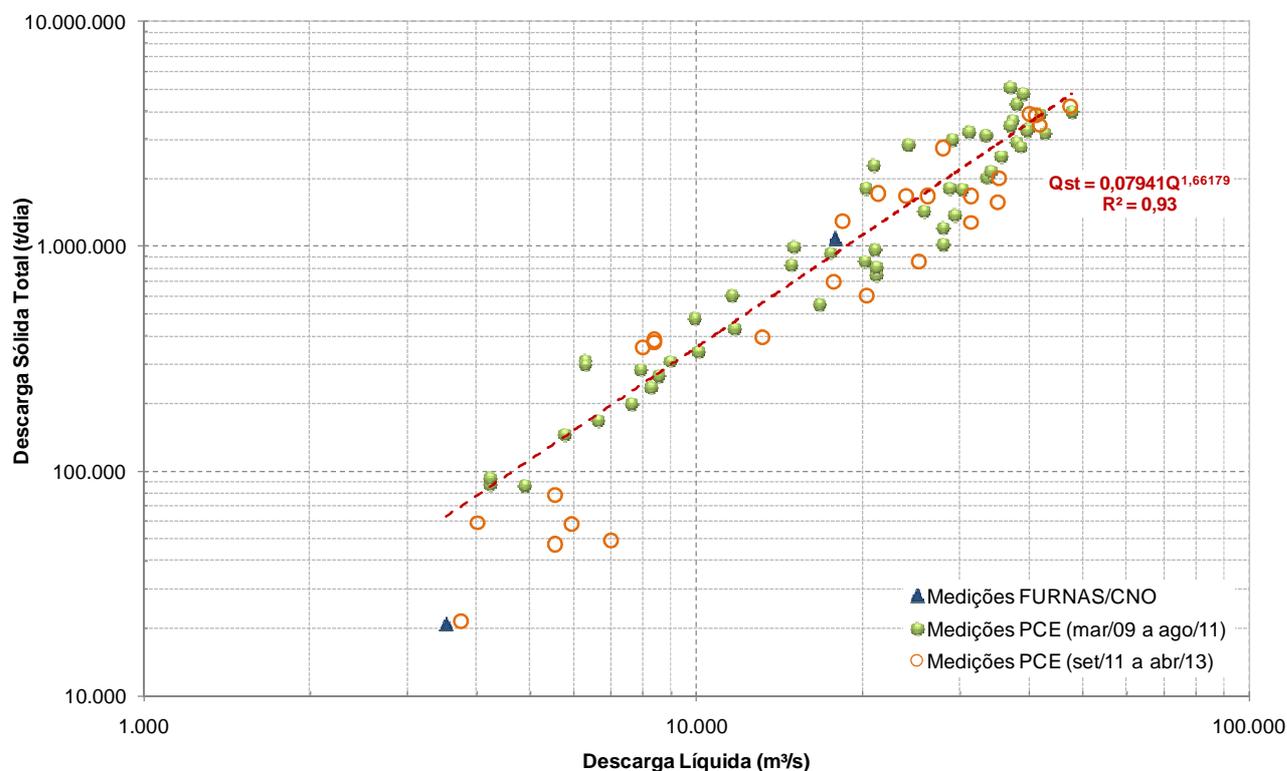
O ajuste das curvas-chave de descarga sólida em suspensão e descarga sólida total da estação São Carlos foi realizado a partir do conjunto de dados de 47 medições (de março de 2009 a agosto de 2011), além de quatro medições de re-amostragem de sedimentos em suspensão e 2 medições de FURNAS/CNO realizadas no período 2006/2007.

As relações obtidas para as curvas-chave de sedimentos em suspensão e total são apresentadas, respectivamente, na Figura 7.22. e Figura 7.23., onde constam também as 26 medições (incluindo uma re-amostragem) realizadas posteriormente aos ajustes das curvas-chave.

**Figura 7.22.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida em Suspensão em São Carlos**



**Figura 7.23.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida Total em São Carlos**



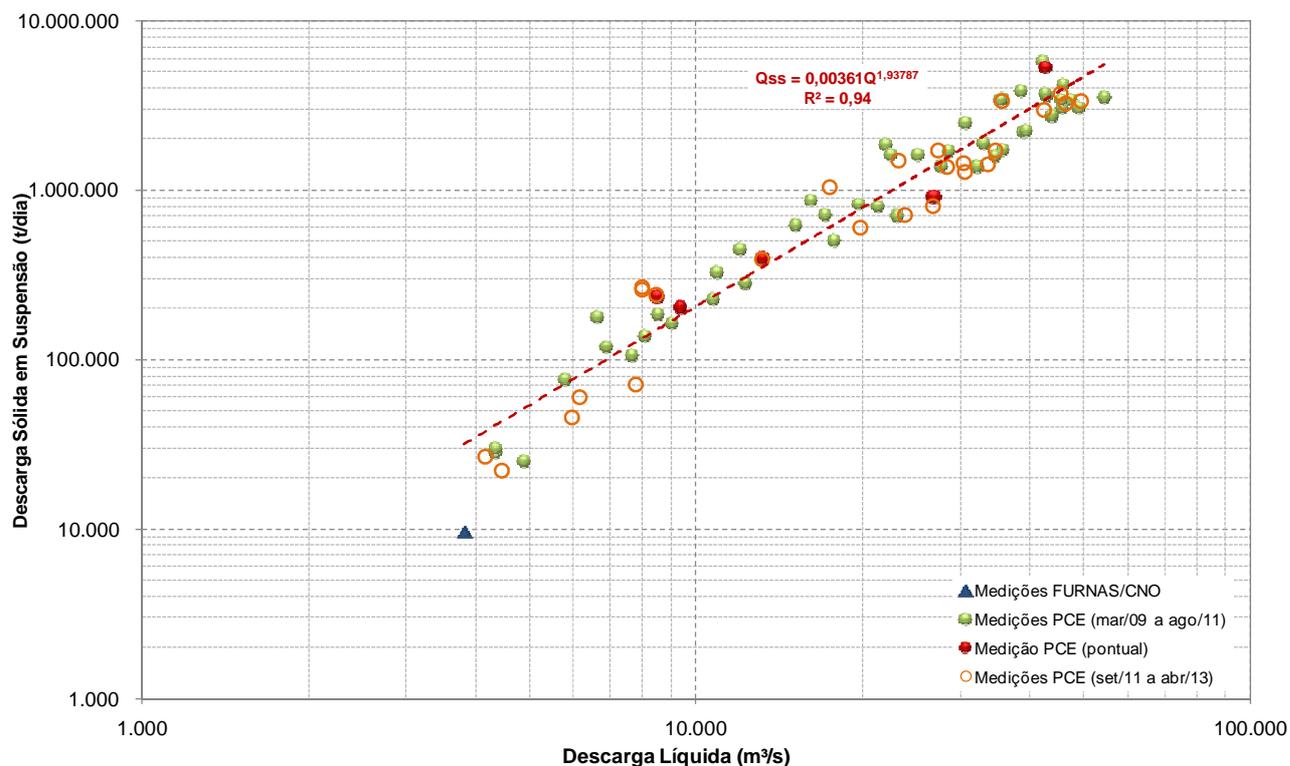
### 7.2.5. Estação Fluviométrica UHE Santo Antônio Humaitá

Conforme descrito anteriormente, esta estação possui registros históricos de medições da ANA, ocorridas entre 1998 e 2007. Nesse período foram feitas 34 medições de descarga líquida e coleta de sedimentos em suspensão com análise de concentração. No entanto, a elaboração das curvas-chave de descarga sólida não levou em consideração estes dados, mas somente os dados das medições executadas por FURNAS/CNO e principalmente pela PCE, devido à incompatibilidade dos dados.

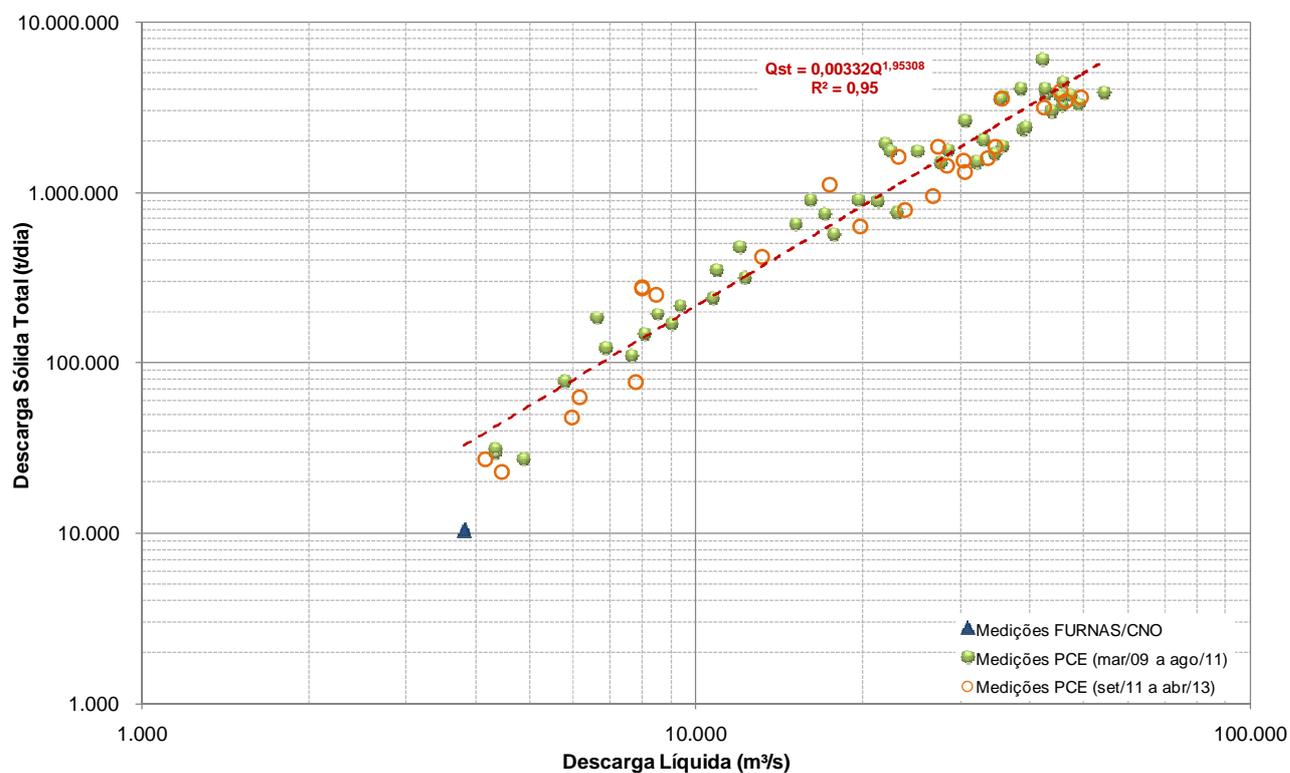
Para a elaboração das curvas-chave de descarga sólida em suspensão e total, foram consideradas 47 medições de sedimentos com amostragem integrada na vertical, além de 4 re-amostragens de sedimentos (amostragem integrada) e 1 amostragem pontual, todas realizadas entre março de 2009 e agosto de 2011. Adicionalmente foi considerada uma medição de sedimentos realizada por FURNAS/CNO em 2006.

Desta forma, as curvas-chave de descarga de sedimentos em suspensão e descarga sólida total se visualizam na Figura 7.24. e Figura 7.25., apresentadas em conjunto com as novas medições realizadas no período setembro/2011 até abril/2013, sendo 25 medições de descarga sólida com amostragem integrada, uma re-amostragem do sedimentos em suspensão e 4 amostragem pontual. Destaca-se que na análise de consistência de dados realizada foi descartada a análise de suspensão do dia 26/11/2011.

**Figura 7.24.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida em Suspensão em UHE Santo Antônio Humaitá**



**Figura 7.25.**  
**Curva-chave de Descarga Sólida Total em UHE Santo Antônio Humaitá**



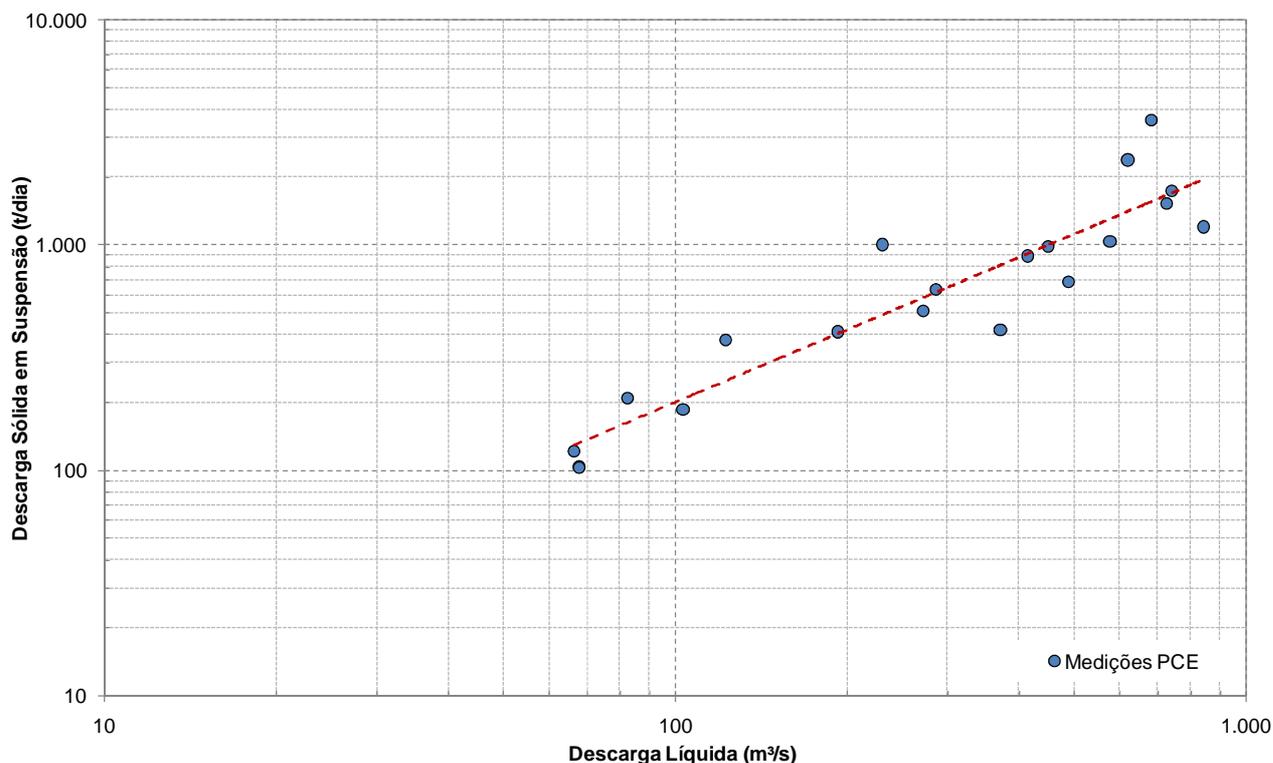
### 7.2.6. Estação Fluviométrica Jaciparaná - Vila

A estação de Jaciparaná – Vila (cujas medições são realizadas na seção transversal S02) encontrava-se, em condições naturais, sob influência do efeito de remanso do rio Madeira, afetando a dinâmica hidrossedimentológica no local de medição. Por este motivo não é possível obter uma equação confiável para as curvas-chave de descarga sólida em suspensão e total. Apesar disso, dados os requerimentos das agências reguladoras, na estação fluviométrica Jaciparaná (Vila) foram realizadas 21 medições de descarga líquida e sólida, além de 1 re-amostragem de sedimentos em suspensão, de forma a atender os requerimentos estabelecidos no Projeto Básico Ambiental do empreendimento.

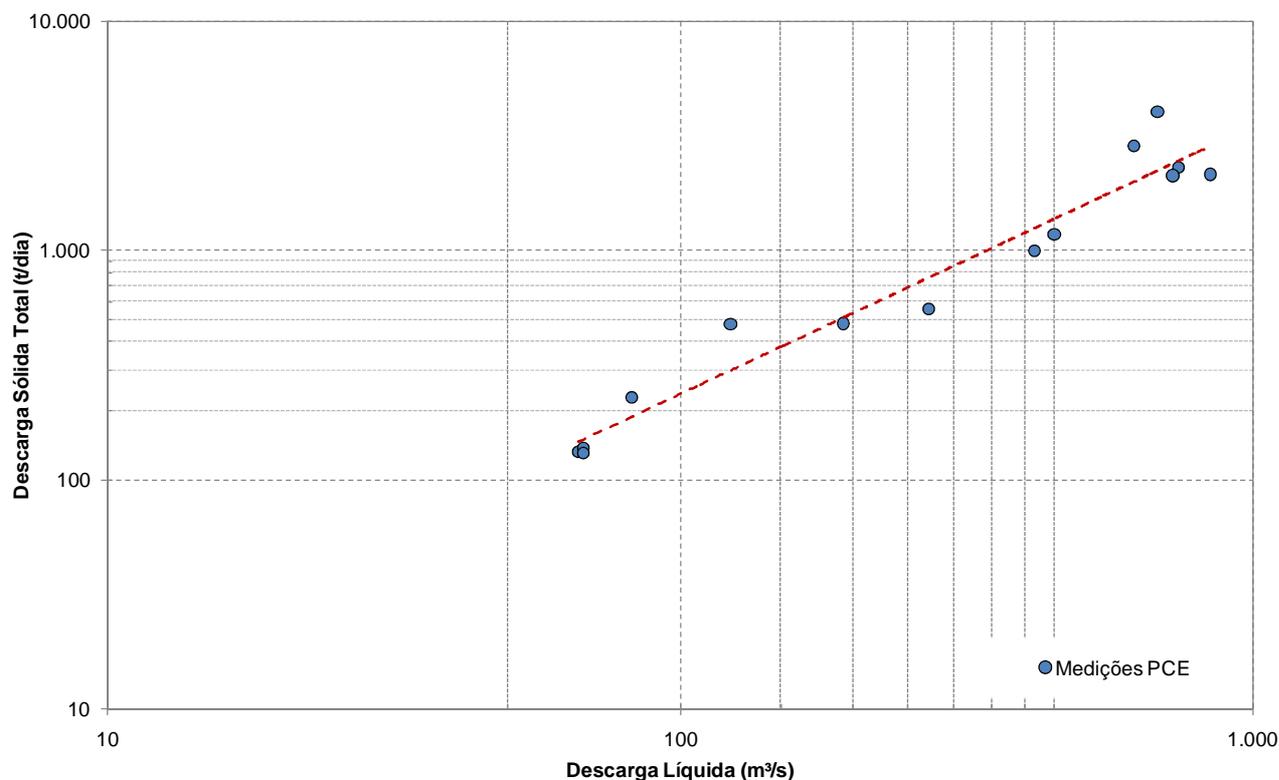
Destaca-se que nas medições realizadas em 30/03/2009, 10/04/2009, 17/04/2009, 22/07/2009 e 04/12/2009 não foi possível realizar o cálculo da descarga sólida total já que as baixas concentrações encontradas no curso de água impediram a análise da granulometria do sedimento em suspensão. Também, as análises de suspensão dos dias 04/09/2009 e 19/05/2010 foram desprezadas por apresentarem resultados pouco consistentes. Na Figura 7.26. e Figura 7.27. apresentam-se, respectivamente, as relações da descarga líquida com a descarga sólida em suspensão e com a descarga sólida total para as medições realizadas no local, mas sem estabelecer uma relação matemática.

Por último, vale recordar que no mês de março as medições de descarga líquida e sólida nesta estação foram suspensas, e que também neste mês as medições do rio Jaciparaná foram deslocadas para a estação Montante Jaciparaná, localizada a 68 km da foz do rio, aproximadamente no limite de influência do reservatório da UHE Santo Antônio.

**Figura 7.26.**  
**Descarga Sólida em Suspensão em Jaciparaná - Vila**



**Figura 7.27.**  
**Descarga Sólida Total em Jaciparaná - Vila**

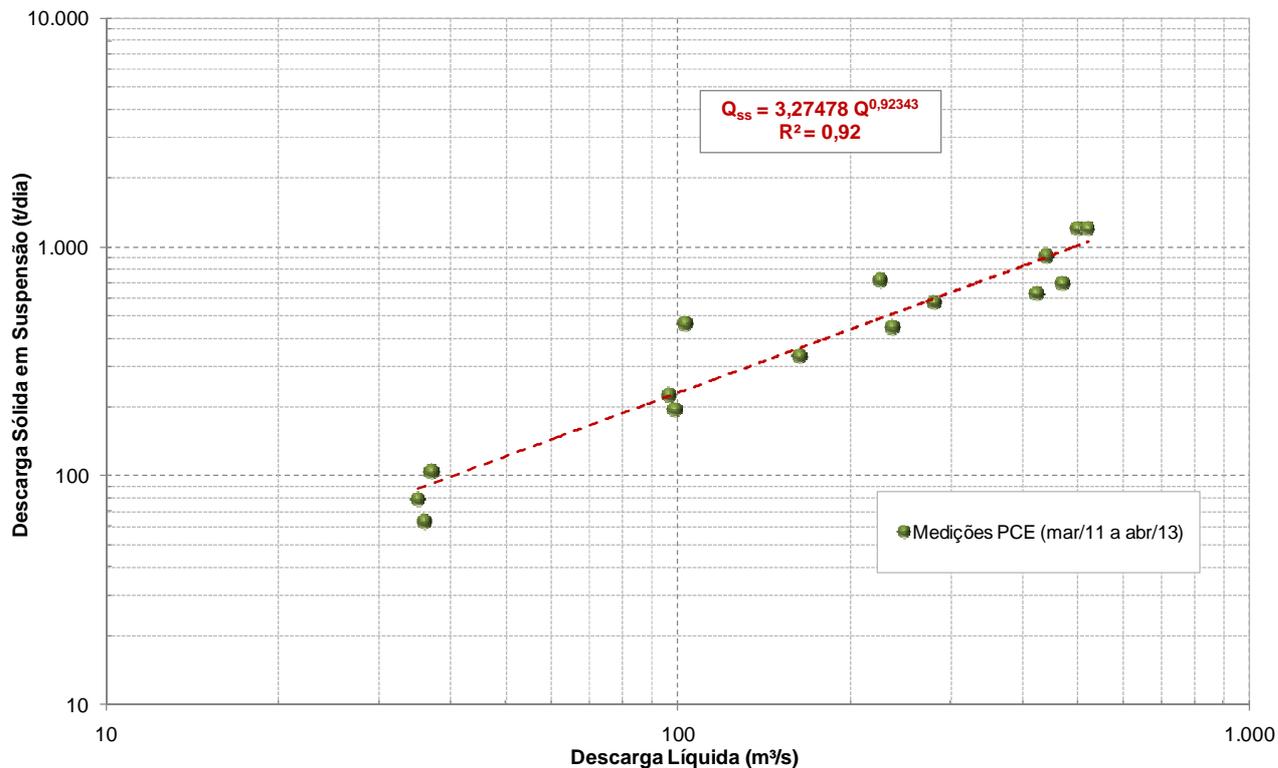


### 7.2.7. Estação Fluviométrica Montante Jaciparaná

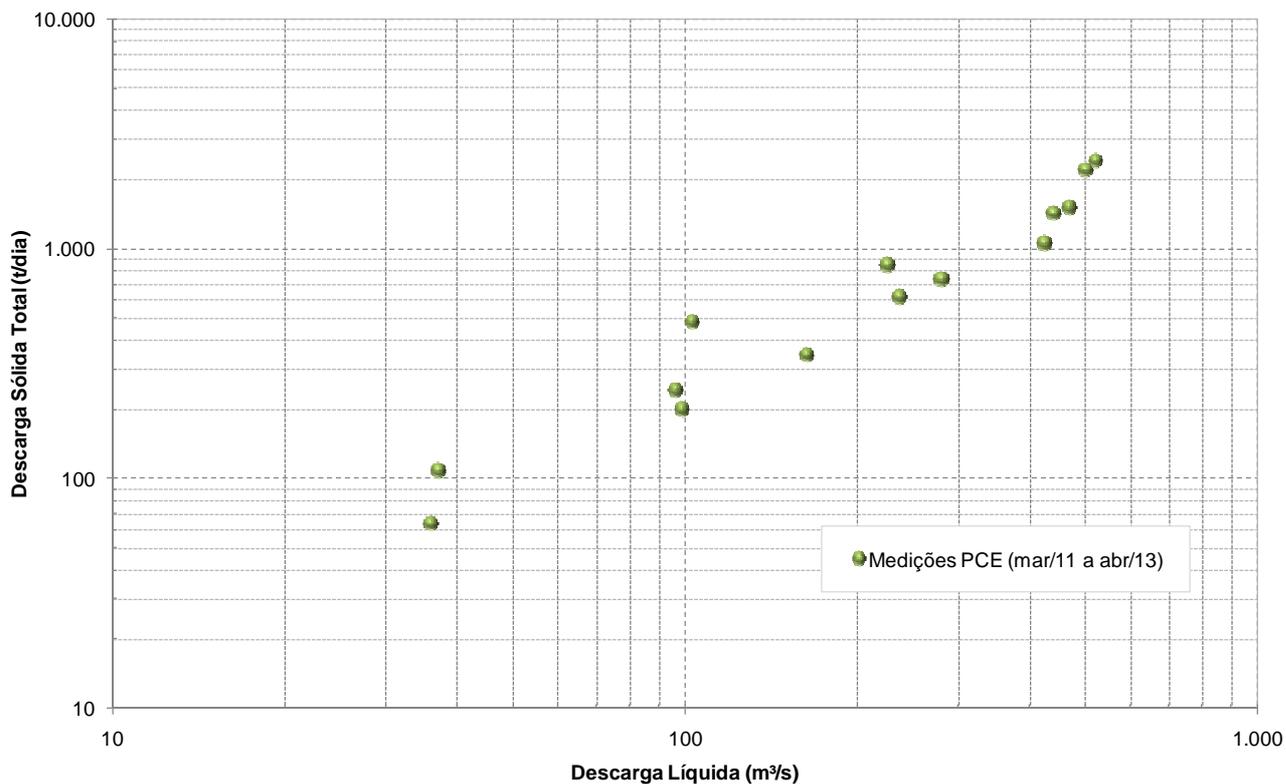
Esta estação, instalada em março de 2011 no rio Jaciparaná, localiza-se a 68 km da foz do rio, aproximadamente no limite de influência do remanso do reservatório da UHE Santo Antônio. Até abril de 2013, foram executadas 17 campanhas de medição de descarga sólida, sendo duas descartadas devido à inconsistência na análise do sedimento em suspensão.

Os resultados da descarga sólida em suspensão e descarga sólida total são apresentados, respectivamente, nos gráficos da Figura 7.28. e Figura 7.29. Na Figura 7.28. é apresentada a curva-chave de descarga sólida em suspensão, gerada com dados de março de 2011 a abril de 2013. Não foi possível gerar uma curva-chave de descarga sólida total para esta estação, pois o ajuste da curva calculada com o Método Modificado de Einstein não foi satisfatório. Por este motivo, nesta estação estão sendo testadas outras metodologias de cálculo da descarga sólida total.

**Figura 7.28.**  
**Descarga Sólida em Suspensão em Montante Jaciparaná**



**Figura 7.29.**  
**Descarga Sólida Total em Montante Jaciparaná**

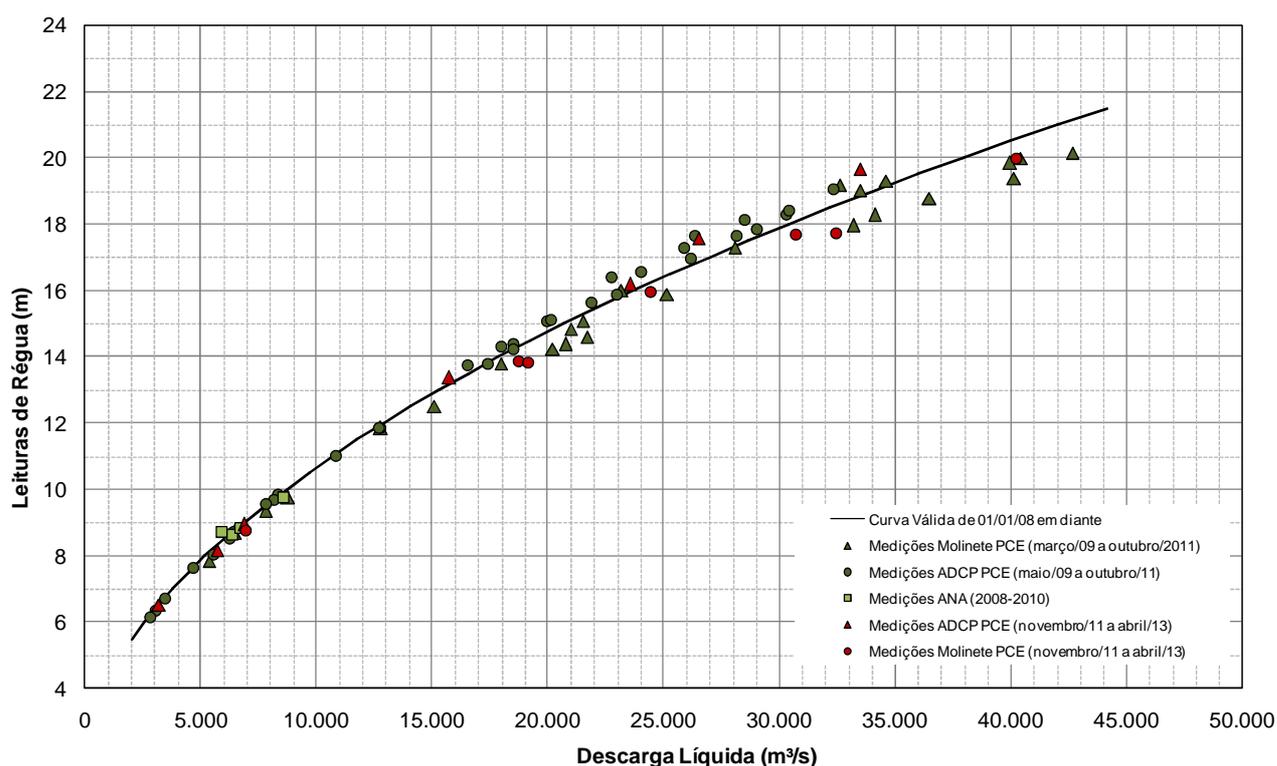


### 7.3. AVALIAÇÃO DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA E SÓLIDA ANTES E DEPOIS DO ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO

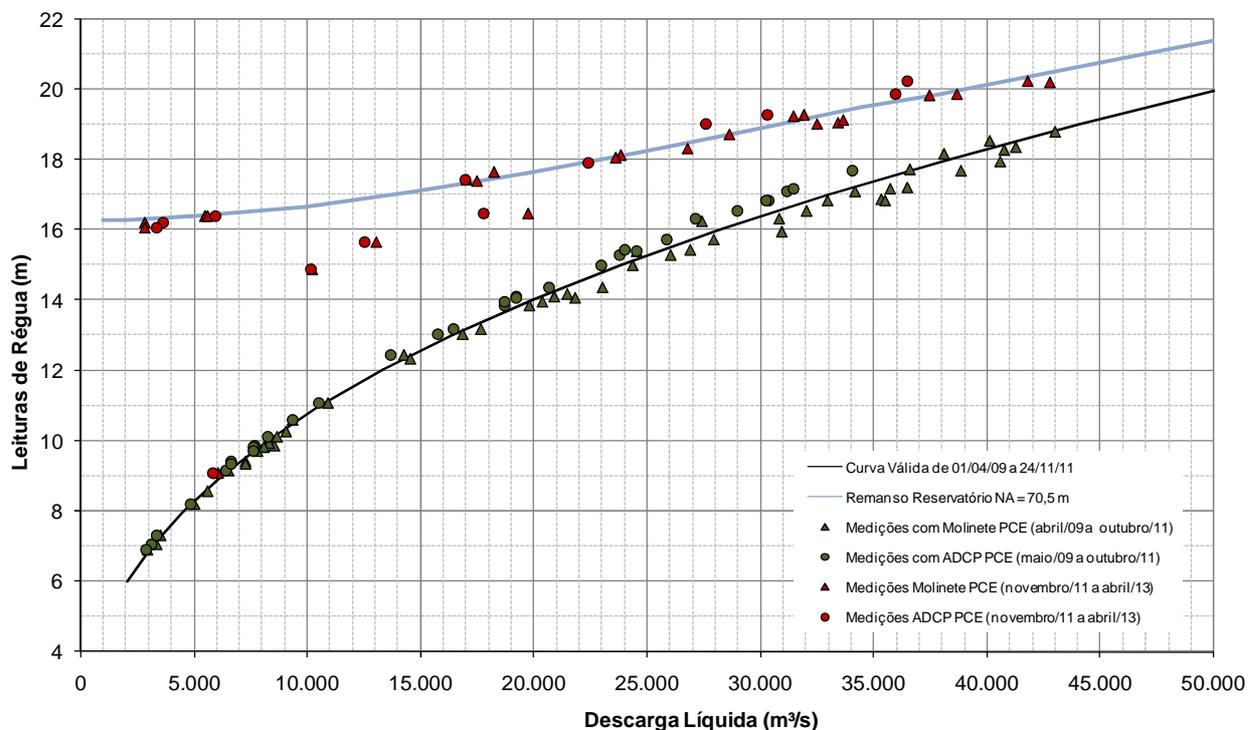
Neste item são apresentadas as comparações das medições de descarga líquida e sólida antes e depois do enchimento para as estações de UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, Montante Jaciparaná, UHE Santo Antônio Porto Velho, São Carlos e UHE Santo Antônio Humaitá. As Figuras 7.30. a 7.35. apresentam gráficos com a curva-chave e as medições de descarga líquida, com destaque para a diferenciação das medições após outubro de 2011 (depois do enchimento).

Procedimento similar foi aplicado com a descarga sólida, sendo que as Figuras 7.36. a 7.41. apresentam os gráficos com as curvas-chave e com os resultados de descarga sólida em suspensão, diferenciando as medições de antes e depois do enchimento do reservatório.

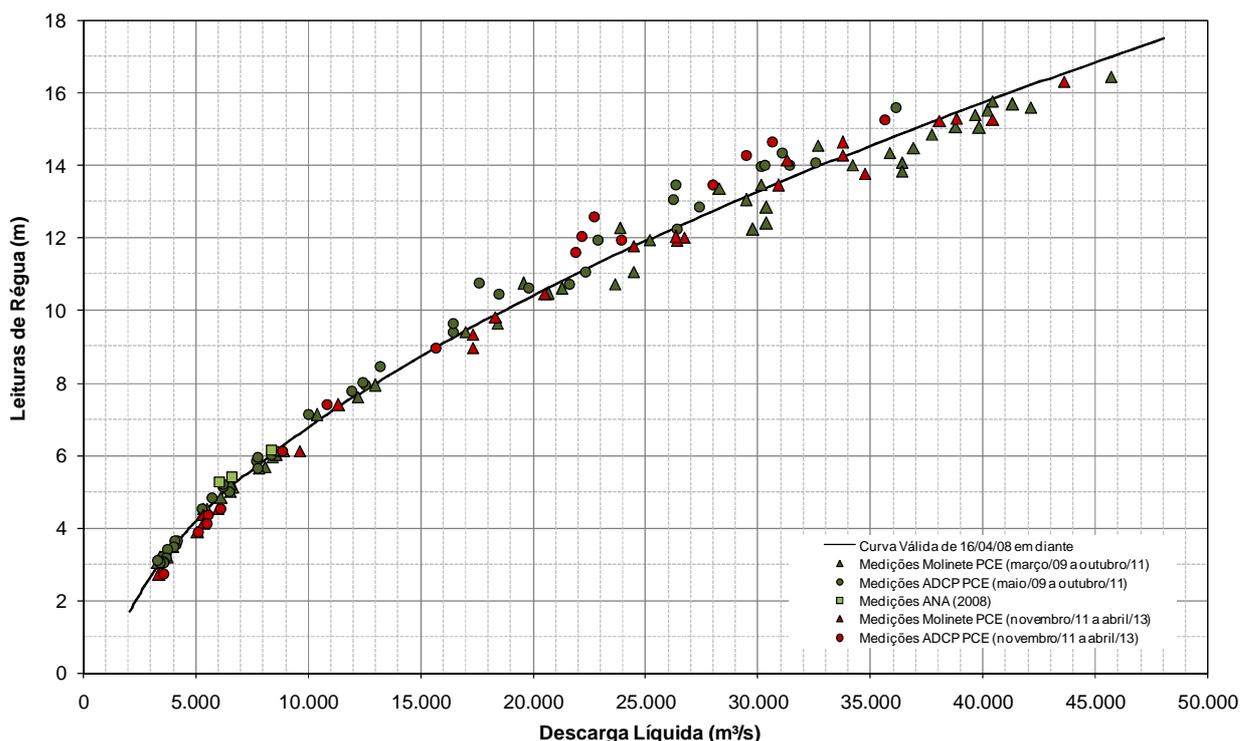
**Figura 7.30.**  
**Medições de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Abunã Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



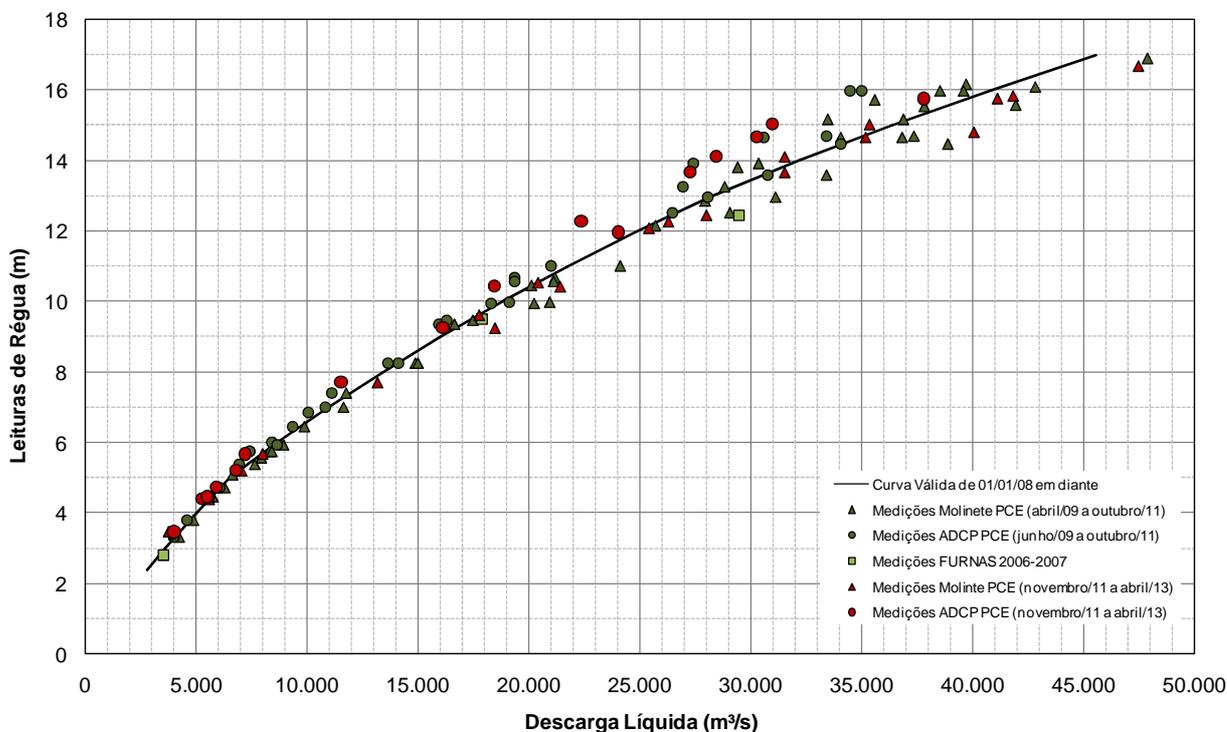
**Figura 7.31.**  
**Medições de Descarga Líquida em Jusante Caldeirão do Inferno Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



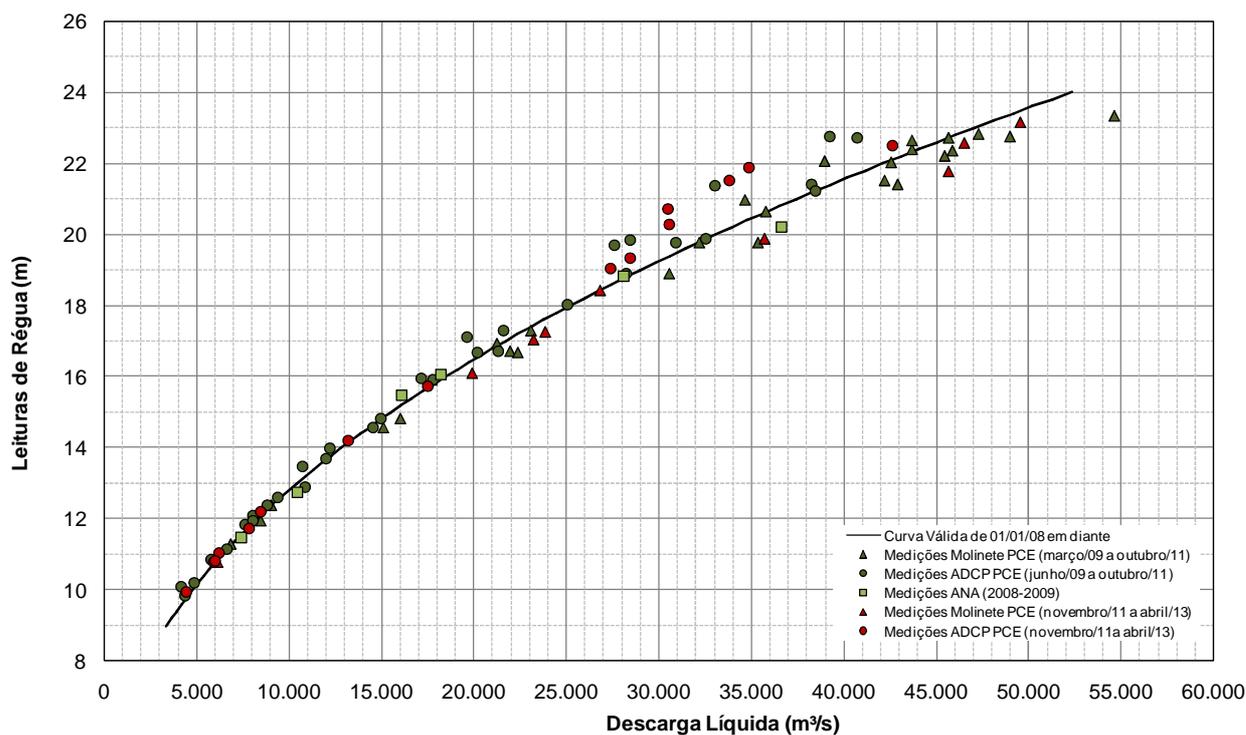
**Figura 7.32.**  
**Medições de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Porto Velho Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



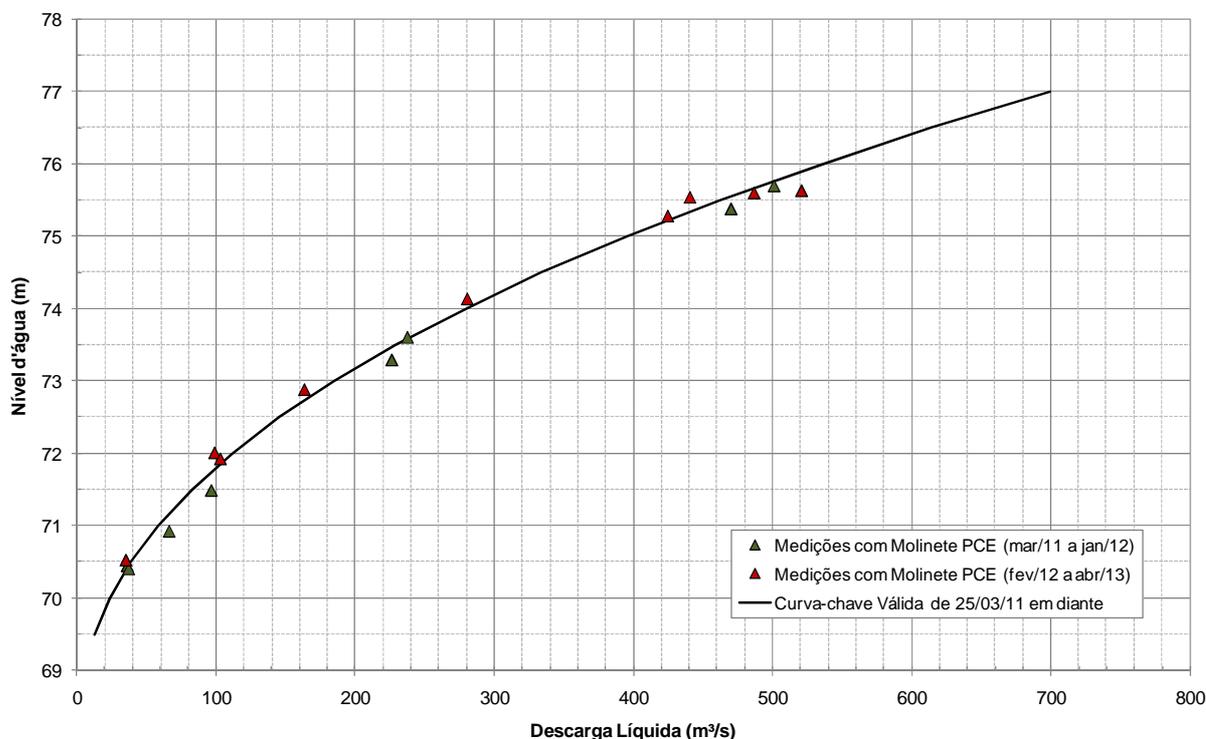
**Figura 7.33.**  
**Medições de Descarga Líquida em São Carlos Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



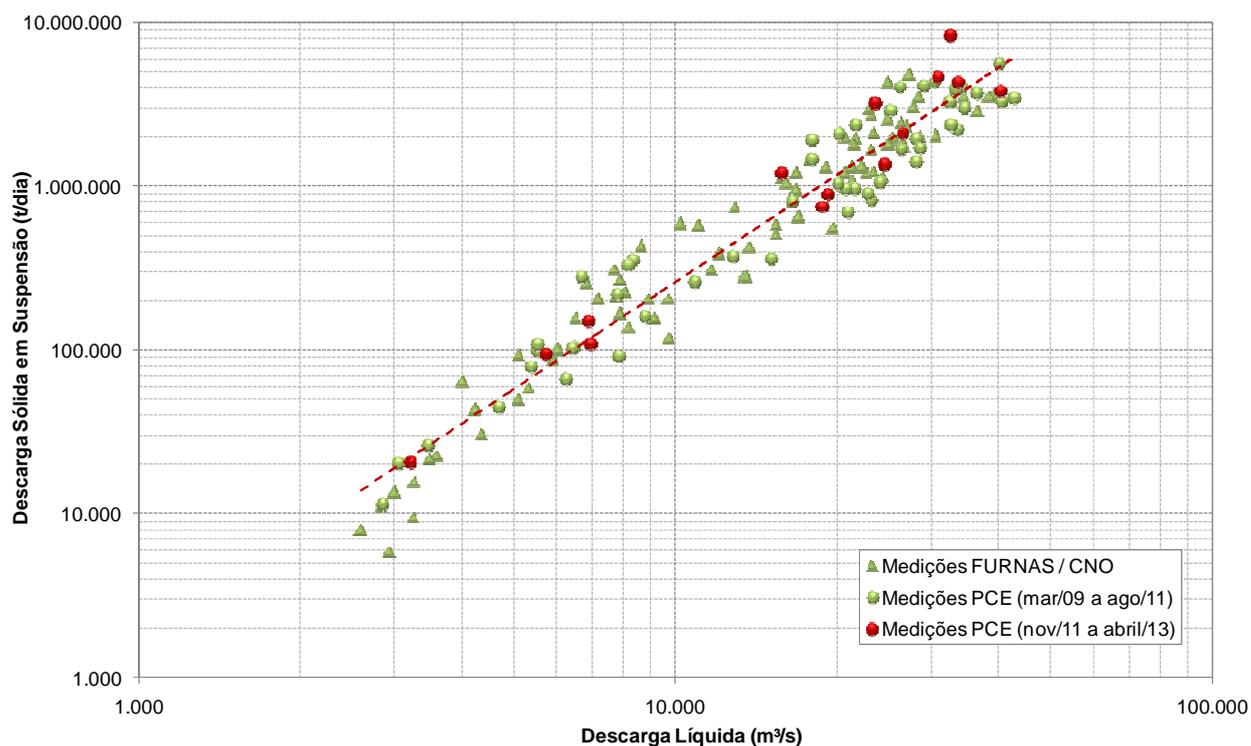
**Figura 7.34.**  
**Medições de Descarga Líquida em UHE Santo Antônio Humaitá Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



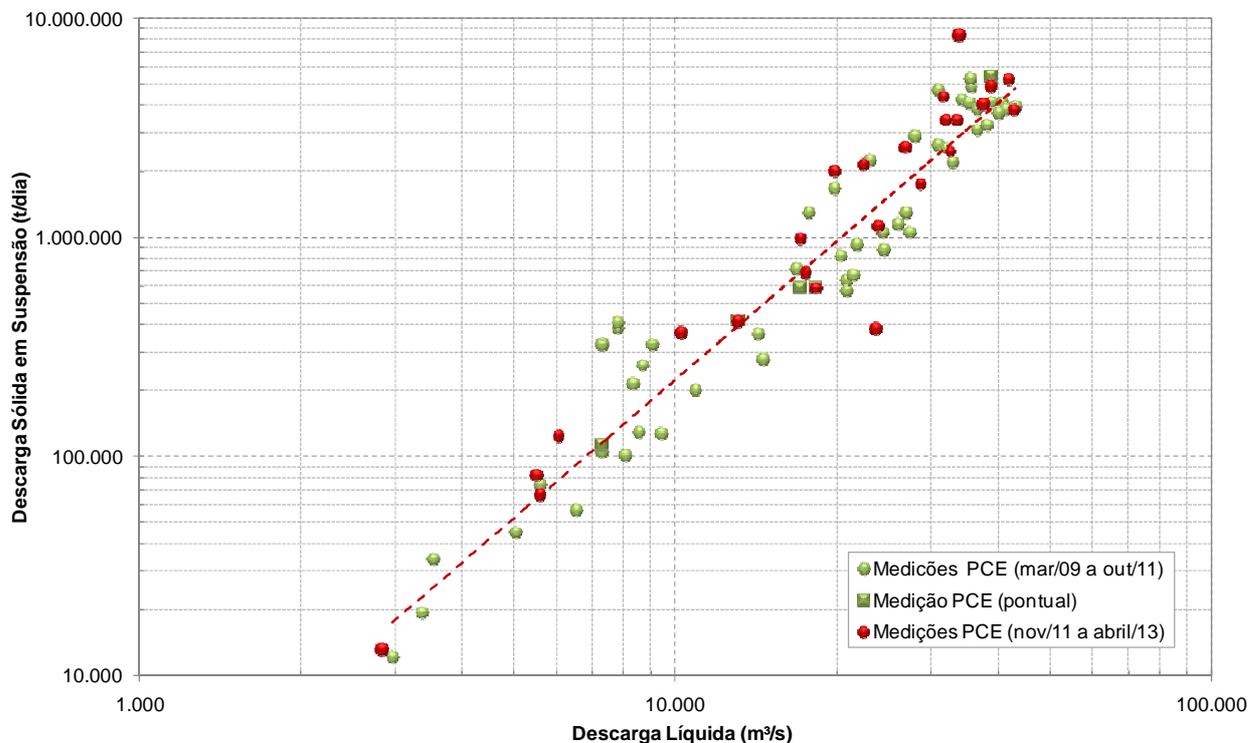
**Figura 7.35.**  
**Medições de Descarga Líquida em Montante Jaciparaná Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



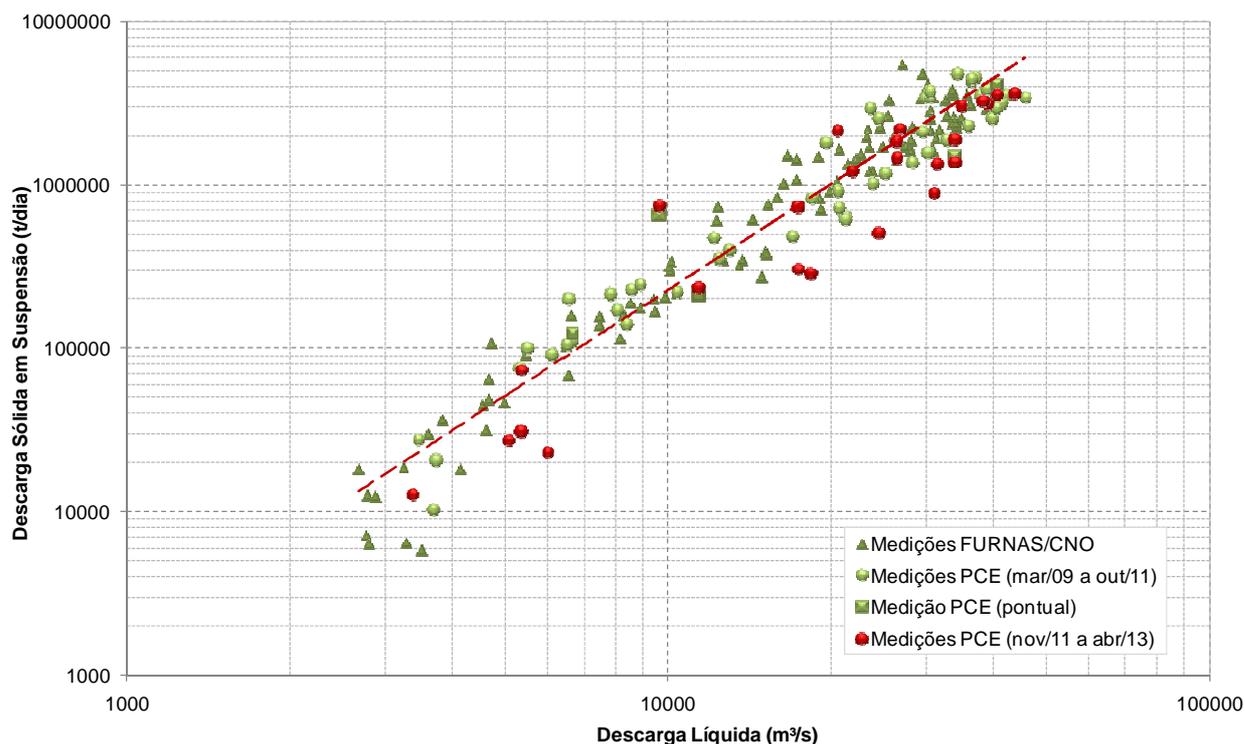
**Figura 7.36.**  
**Medições de Descarga Sólida em Suspensão em UHE Santo Antônio Abunã Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



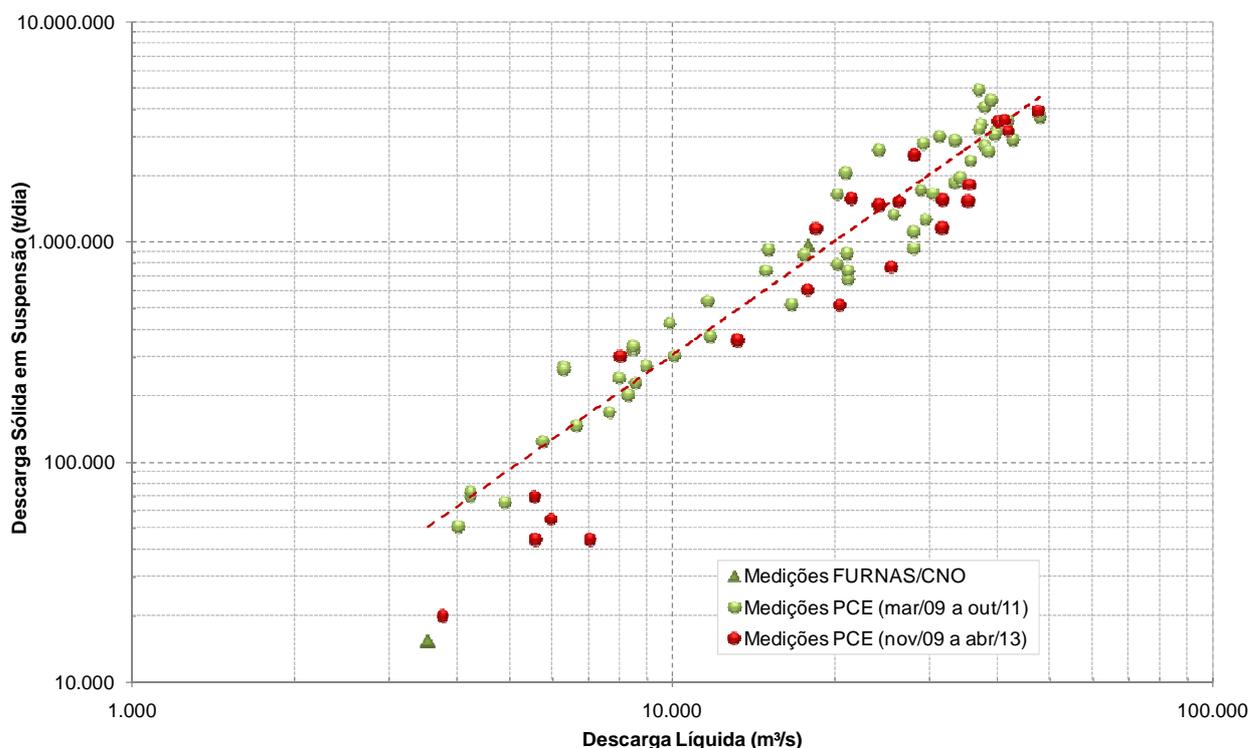
**Figura 7.37.**  
**Medições de Descarga Sólida em Suspensão em Jusante Caldeirão do Inferno Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



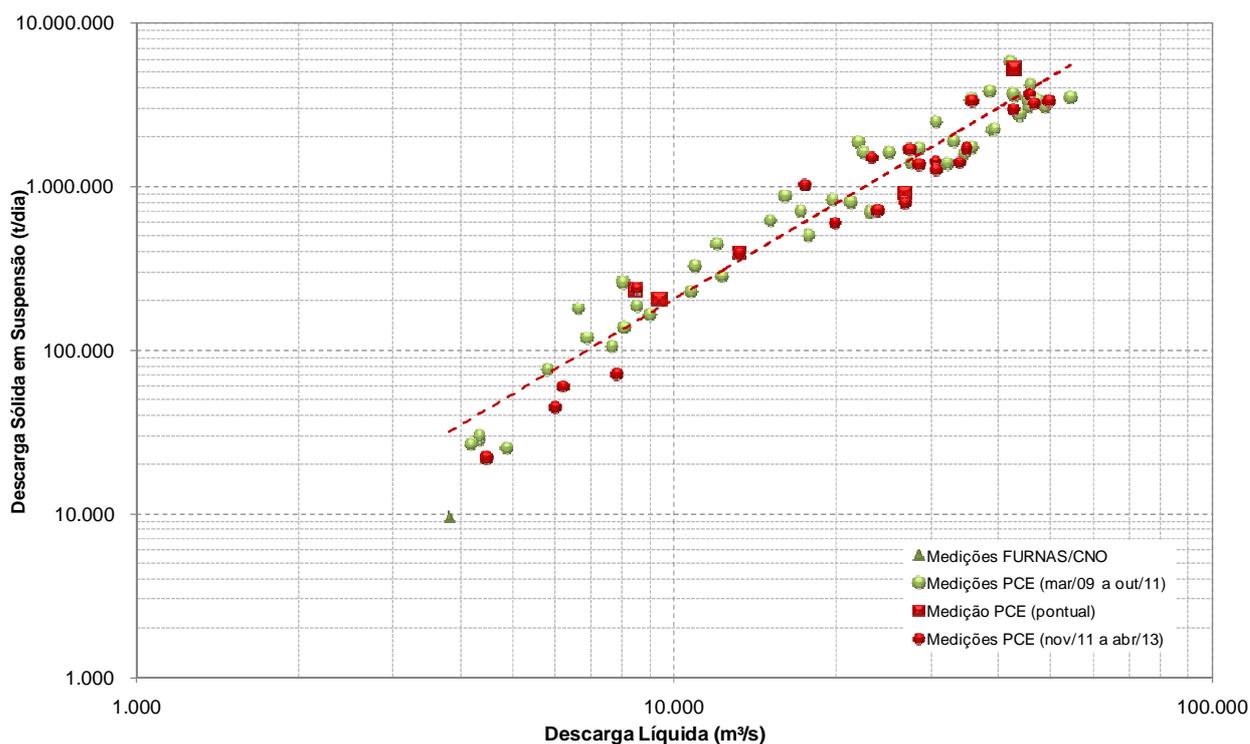
**Figura 7.38.**  
**Medições de Descarga Sólida em Suspensão em UHE Santo Antônio Porto Velho Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



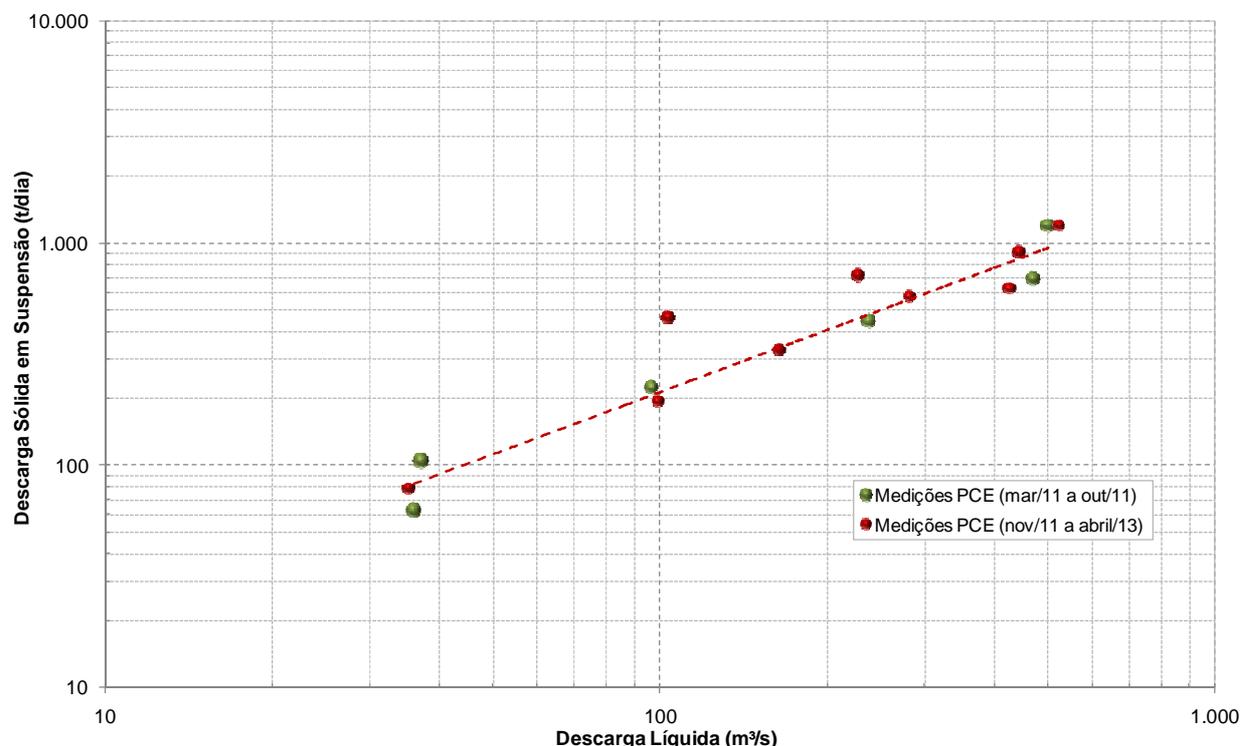
**Figura 7.39.**  
**Medições de Descarga Sólida em Suspensão em São Carlos Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



**Figura 7.40.**  
**Medições de Descarga Sólida em Suspensão em UHE Santo Antônio Humaitá Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



**Figura 7.41.**  
**Medições de Descarga Sólida em Suspensão em Montante Jaciparaná Antes e Depois do Enchimento do Reservatório**



A análise dos gráficos acima ainda não permite avaliar com segurança eventuais alterações nas relações entre nível d'água e a descarga líquida, e entre o nível d'água e a descarga sólida nas estações em estudo. A dispersão nos dados observados antes do enchimento é de ordem semelhante a da dispersão observada depois do enchimento. A continuidade do monitoramento durante outros períodos de cheia e de estiagem certamente vai possibilitar análises mais conclusivas.

#### 7.4. SÉRIES DE DESCARGAS SÓLIDAS

A partir das curvas de descarga sólida em suspensão e descarga sólida total descritas no item 7.2., e levando-se em consideração as descargas líquidas diárias, foram geradas as séries de descargas sólidas diárias e médias mensais para as estações de UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, UHE Santo Antônio Porto Velho, São Carlos e UHE Santo Antônio Humaitá (Tabela 7.1. a Tabela 7.10.).

As séries de descarga líquida das estações foram geradas aplicando-se as curvas-chaves pertinentes nas séries de leitura de régua das estações. Salienta-se que as séries de descarga líquida apresentadas para as estações de UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá foram geradas a partir dos dados de leitura das régua das estações de Abunã, Porto Velho e Humaitá, pertencentes à ANA, nas quais a PCE também obtém leituras diárias.

Em Montante Jaciparaná a série de descarga líquida foi gerada a partir dos dados de nível obtidos na telemétrica, pois neste local não há leitura diária das réguas. Esta série, que corresponde ao período de maio de 2011 a setembro de 2012, apresenta falhas nos meses de dezembro de 2011 e janeiro de 2012.

NA UHE Santo Antônio Abunã as séries de descargas sólidas em suspensão e total foram geradas a partir das equações geradas pela PCE, para o período de março de 1976 à abril de 2013, com falhas nos anos de 1998, 1999, 2000, 2001, 2003 e 2004 devido à interrupção da leitura da régua em alguns meses destes anos.

A régua de Jusante do Caldeirão do Inferno foi primeiramente instalada na Ilha do Padre, em outubro de 2008. Com a mudança do eixo da UHE Jirau, o acesso à Ilha do Padre ficou comprometido e por este motivo a estação foi re-instalada a jusante da ilha, e começou a operar em agosto de 2009. No dia 19 de maio de 2011, o observador desta estação foi removido do local pela Santo Antônio Energia devido ao enchimento do reservatório. Com isso, a série de descarga líquida foi calculada com as leituras da estação telemétrica instalada no local, até 03/07/2011, quando o nível do rio Madeira ficou abaixo do nível mínimo de leitura da telemétrica (vale lembrar esta estação telemétrica foi programada para operar apenas para níveis relativos ao enchimento do reservatório). A telemétrica voltou a sua operação normal em 26/11/2011, quando a estação já estava sob efeito do remanso do reservatório, invalidado a curva-chave anteriormente determinada.

Na UHE Santo Antônio Porto Velho as medições de descarga líquida começaram no ano 1967 e por este motivo as séries de descarga sólida foram determinadas para o período compreendido entre janeiro de 1968 e abril de 2013, levando-se em consideração as equações exibidas no item 7.2.

As séries de descarga sólida na estação São Carlos correspondem ao período Out/2008 a Abr/2013 já que a mesma foi instalada em setembro/2008. Na estação UHE Santo Antônio Humaitá as séries de descarga sólida foram geradas para o período de janeiro de 1972 a abril de 2012, com interrupções nos anos 1990, 1991, 1992, 1993 e 1994.

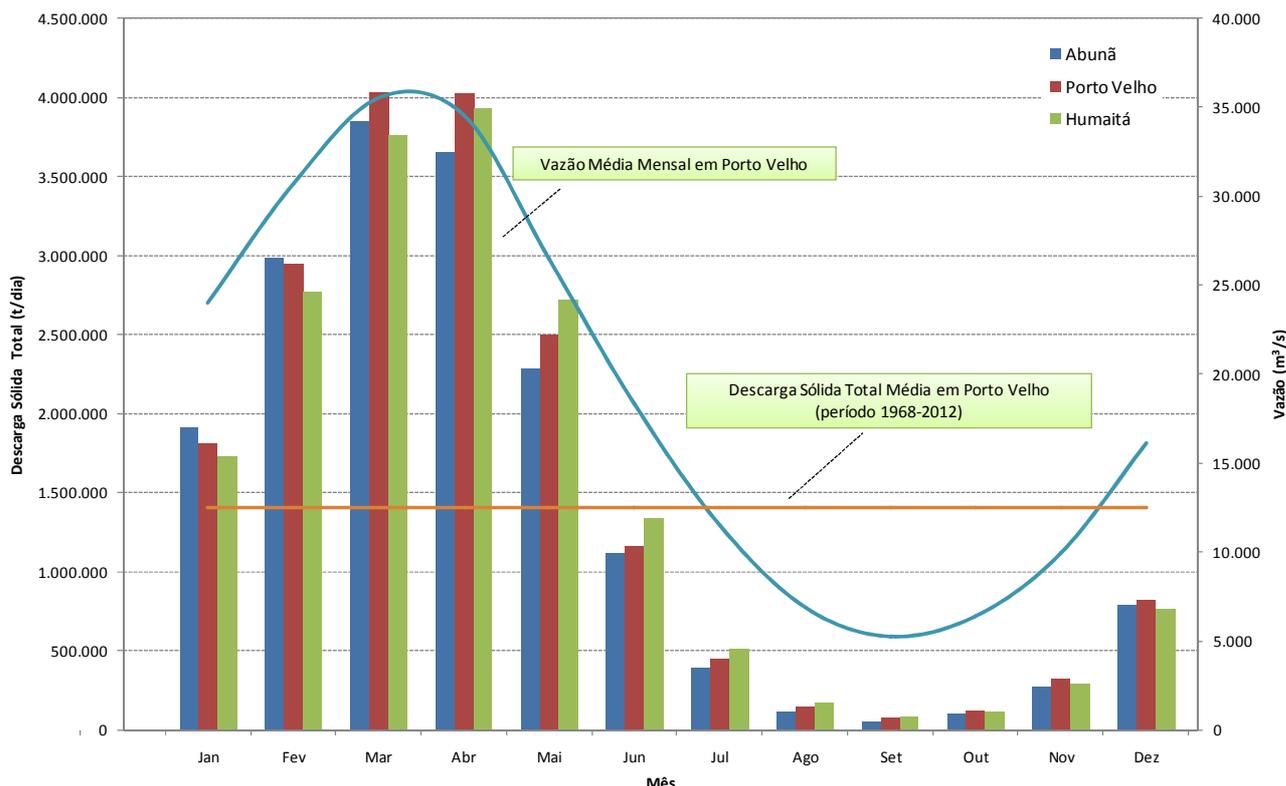
As séries de descargas sólidas destas estações foram revisadas no presente relatório, no qual foram corrigidos os erros de arredondamento das leituras de régua. Em Humaitá foi feita uma correção nos valores da série de descarga líquida a partir de 29 de maio de 1982, pois a curva chave anteriormente utilizada não era condizente a este período.

Em termos quantitativos, considerando apenas os anos completos, se observa que o valor médio da descarga sólida total em UHE Santo Antônio Porto Velho (1968 a 2012), totalizou 1.406.326 t/dia. Em relação às médias mensais, a mínima descarga sólida total foi de 15.231 t/dia (setembro de 2005) e a máxima descarga sólida total aconteceu em abril de 1984 com 6.857.030 t/dia. Na estação UHE Santo Antônio Abunã, o valor médio da descarga sólida total foi de 1.455.963 t/dia (1976 a 2012), enquanto que o valor médio em UHE Santo Antônio Humaitá foi de 1.427.676 t/dia para o período 1972-2012.

Quando avaliadas estas três estações conjuntamente, levando-se em consideração apenas os anos em comum (período 1977-1989, 1995-1997, 2002, 2005-2012), pode-se visualizar o andamento da carga de sedimentos na distância (no sentido de jusante) e no tempo (Figura 7.42.). Assim, verifica-se em janeiro e fevereiro a maior carga de sedimentos em UHE Santo Antônio Abunã, em março e abril o pico ocorre em UHE Santo

Antônio Porto Velho, e em maio e junho a maior carga de sedimentos se verifica em UHE Santo Antônio Humaitá. Posteriormente, no período de julho a dezembro a carga de sedimentos nas três estações é semelhante, sendo que nos meses de agosto, setembro e outubro não existe um transporte expressivo de sedimentos.

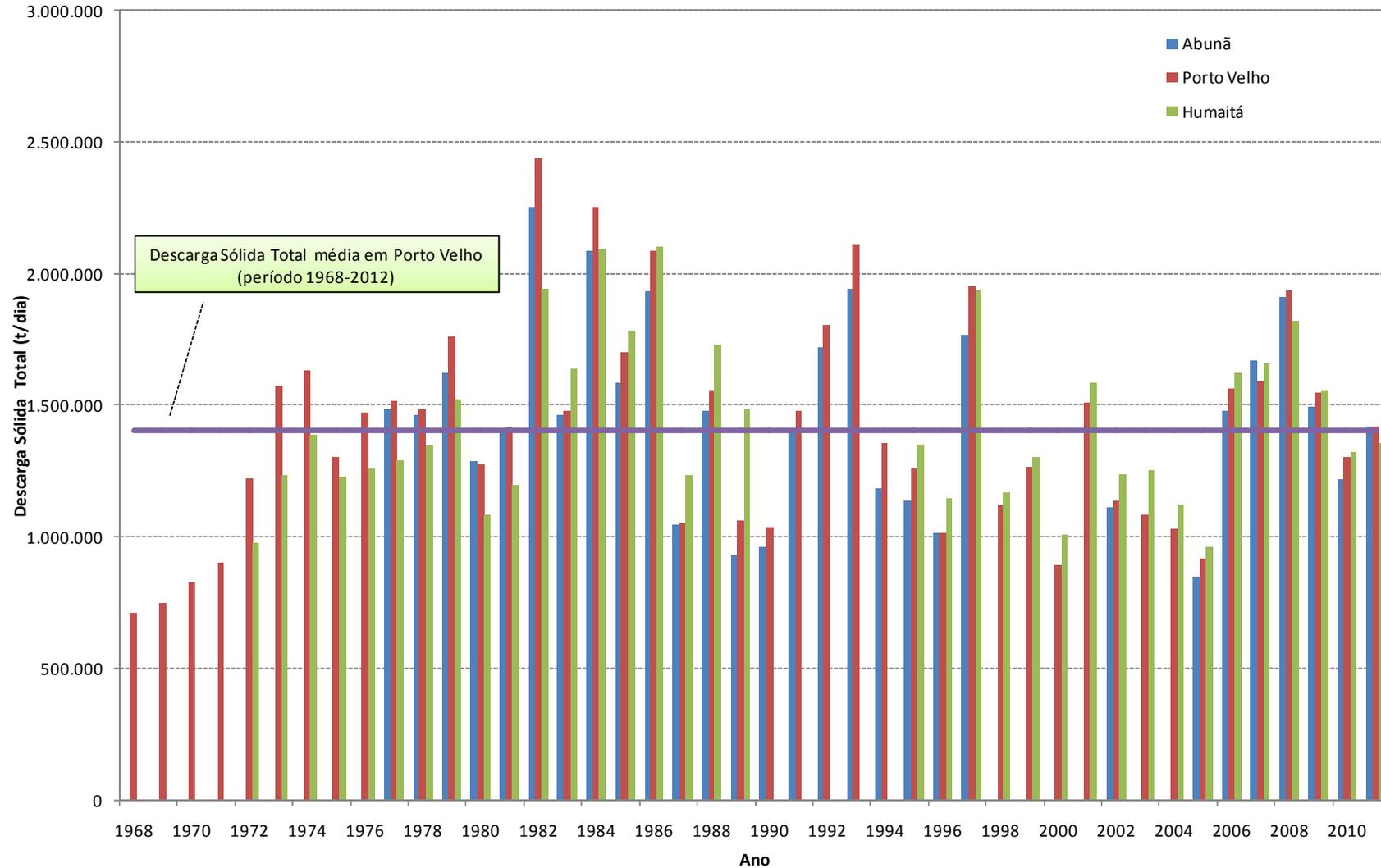
**Figura 7.42.**  
**Varição Mensal da Descarga Sólida Total em UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá**  
**Período 1977-1989, 1995-1997, 2002, 2005-2012**



A avaliação da descarga sólida total, considerando os valores anuais, se apresenta na Figura 7.43., onde é possível identificar a alternância de anos úmidos e secos e o seu impacto na carga de sedimentos.

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

**Figura 7.43.**  
**Variação Anual da Descarga Sólida Total em UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá**







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

**Tabela 7.3.  
Série de Descarga Sólida em Suspensão em Jusante Caldeirão do Inferno (t/dia)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2009	-	-	-	-	-	-	-	193.855	74.801	103.381	273.316	1.152.366	-
2010	2.085.828,7	2.729.693,5	3.161.511,1	2.336.407,0	1.368.092,3	368.197,4	84.384,9	36.982	22.712	24.273	75.348	242.708	<b>1.044.678</b>
2011	950.804,0	2.447.987,6	3.753.754,2	4.294.463	1.900.124	571.829	-	-	-	-	-	-	-
<b>Média</b>	<b>2.085.829</b>	<b>2.729.694</b>	<b>3.161.511</b>	<b>2.336.407</b>	<b>1.368.092</b>	<b>368.197</b>	<b>84.385</b>	<b>36.982</b>	<b>22.712</b>	<b>24.273</b>	<b>75.348</b>	<b>242.708</b>	<b>1.044.678</b>
<b>Máximo</b>	<b>2.085.829</b>	<b>2.729.694</b>	<b>3.753.754</b>	<b>4.294.463</b>	<b>1.900.124</b>	<b>571.829</b>	<b>84.385</b>	<b>193.855</b>	<b>74.801</b>	<b>103.381</b>	<b>273.316</b>	<b>1.152.366</b>	<b>4.294.463</b>
<b>Mínimo</b>	<b>950.804</b>	<b>2.447.988</b>	<b>3.161.511</b>	<b>2.336.407</b>	<b>1.368.092</b>	<b>368.197</b>	<b>84.385</b>	<b>36.982</b>	<b>22.712</b>	<b>24.273</b>	<b>75.348</b>	<b>242.708</b>	<b>22.712</b>

\* **Observação:** para o cálculo da média mensal não foram considerados meses de anos incompletos.

**Tabela 7.4.  
Série de Descarga Sólida Total em Jusante Caldeirão do Inferno (t/dia)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2009	-	-	-	-	-	-	-	205.122	78.630	108.901	287.778	1.235.209	-
2010	2.244.309	2.942.187	3.411.244	2.516.356	1.468.130	391.767	88.760	38.683	23.673	25.311	79.211	257.300	<b>1.123.911</b>
2011	1.017.521	2.636.900	4.055.158	4.644.044	2.043.393	610.021	-	-	-	-	-	-	-
<b>Média</b>	<b>2.244.309</b>	<b>2.942.187</b>	<b>3.411.244</b>	<b>2.516.356</b>	<b>1.468.130</b>	<b>391.767</b>	<b>88.760</b>	<b>38.683</b>	<b>23.673</b>	<b>25.311</b>	<b>79.211</b>	<b>257.300</b>	<b>1.123.911</b>
<b>Máximo</b>	<b>2.244.309</b>	<b>2.942.187</b>	<b>4.055.158</b>	<b>4.644.044</b>	<b>2.043.393</b>	<b>610.021</b>	<b>88.760</b>	<b>205.122</b>	<b>78.630</b>	<b>108.901</b>	<b>287.778</b>	<b>1.235.209</b>	<b>4.644.044</b>
<b>Mínimo</b>	<b>1.017.521</b>	<b>2.636.900</b>	<b>3.411.244</b>	<b>2.516.356</b>	<b>1.468.130</b>	<b>391.767</b>	<b>88.760</b>	<b>38.683</b>	<b>23.673</b>	<b>25.311</b>	<b>79.211</b>	<b>257.300</b>	<b>23.673</b>

\* **Observação:** para o cálculo da média mensal não foram considerados meses de anos incompletos.





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

**Tabela 7.7.  
Série de Descarga Sólida em Suspensão em São Carlos (t/dia)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131.068	257.743	395.647	
2009	1.399.686	1.851.964	3.044.680	3.365.215	2.542.628	1.393.986	760.454	328.341	153.731	188.895	394.966	1.133.087	<b>1.379.803</b>
2010	1.940.411	2.722.371	3.222.125	2.765.555	1.601.028	564.292	166.916	89.724	60.141	57.690	137.544	360.383	<b>1.140.682</b>
2011	1.000.671	2.147.305	3.222.822	3.854.977	2.183.677	786.645	261.103	147.088	71.980	127.989	135.502	473.728	<b>1.201.124</b>
2012	1.218.841	2.284.471	3.286.252	2.831.110	2.188.709	1.411.723	771.935	223.915	88.124	133.752	200.918	747.098	<b>1.282.237</b>
2013	1.690.262	2.131.927	3.249.632	3.604.847	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Média</b>	<b>1.389.902</b>	<b>2.251.528</b>	<b>3.193.970</b>	<b>3.204.214</b>	<b>2.129.010</b>	<b>1.039.162</b>	<b>490.102</b>	<b>197.267</b>	<b>93.494</b>	<b>127.082</b>	<b>217.233</b>	<b>678.574</b>	<b>1.250.961</b>
<b>Máximo</b>	<b>1.940.411</b>	<b>2.722.371</b>	<b>3.286.252</b>	<b>3.854.977</b>	<b>2.542.628</b>	<b>1.411.723</b>	<b>771.935</b>	<b>328.341</b>	<b>153.731</b>	<b>188.895</b>	<b>394.966</b>	<b>1.133.087</b>	<b>1.379.803</b>
<b>Mínimo</b>	<b>1.000.671</b>	<b>1.851.964</b>	<b>3.044.680</b>	<b>2.765.555</b>	<b>1.601.028</b>	<b>564.292</b>	<b>166.916</b>	<b>89.724</b>	<b>60.141</b>	<b>57.690</b>	<b>135.502</b>	<b>360.383</b>	<b>1.140.682</b>

\* **Observação:** para o cálculo da média mensal não foram considerados meses de anos incompletos.

**Tabela 7.8.  
Série de Descarga Sólida Total em São Carlos (t/dia)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155.487	298.484	450.041	-
2009	1.527.307	1.999.630	3.232.790	3.560.479	2.715.964	1.520.657	847.507	377.155	181.330	221.302	449.984	1.244.146	<b>1.489.854</b>
2010	2.092.482	2.902.210	3.414.368	2.944.191	1.737.118	633.925	196.433	107.878	73.377	70.468	162.911	412.375	<b>1.228.978</b>
2011	1.104.671	2.307.471	3.414.910	4.058.814	2.343.410	874.600	302.354	173.597	87.304	151.633	160.664	535.381	<b>1.292.901</b>
2012	1.335.971	2.448.702	3.479.914	3.013.445	2.350.761	1.538.790	859.682	260.300	106.061	158.368	234.292	831.747	-
2013	1.832.604	2.291.045	3.442.217	3.804.054									
<b>Média</b>	<b>1.574.820</b>	<b>2.403.104</b>	<b>3.354.023</b>	<b>3.521.162</b>	<b>2.265.497</b>	<b>1.009.727</b>	<b>448.765</b>	<b>219.543</b>	<b>114.004</b>	<b>147.801</b>	<b>257.853</b>	<b>730.634</b>	<b>1.337.244</b>
<b>Máximo</b>	<b>2.092.482</b>	<b>2.902.210</b>	<b>3.479.914</b>	<b>4.058.814</b>	<b>2.715.964</b>	<b>1.538.790</b>	<b>859.682</b>	<b>377.155</b>	<b>181.330</b>	<b>221.302</b>	<b>449.984</b>	<b>1.244.146</b>	<b>1.489.854</b>
<b>Mínimo</b>	<b>1.104.671</b>	<b>1.999.630</b>	<b>3.232.790</b>	<b>2.944.191</b>	<b>1.737.118</b>	<b>633.925</b>	<b>196.433</b>	<b>107.878</b>	<b>73.377</b>	<b>70.468</b>	<b>160.664</b>	<b>412.375</b>	<b>1.228.978</b>

\* **Observação:** para o cálculo da média mensal não foram considerados meses de anos incompletos.





## 7.5. GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E DO LEITO

Com base nas medições realizadas pela PCE no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, no período de março/2009 a abril/2013, foi determinada a composição média dos sedimentos transportados em suspensão e no leito do rio para cada uma das estações fluviométricas que compõem a rede básica. As frações granulométricas levadas em consideração nas análises foram: argila, silte, areia fina, areia média, areia grossa e pedregulho.

Como esperado, e dando seqüência aos resultados já apresentados nos relatórios anteriores, verificou-se a predominância de sedimentos finos (argila e silte) no material em suspensão do rio Madeira (Tabela 7.11.), com valores médios superiores a 80%, e porcentagens de silte entre 52% e 57%. No rio Jaciparaná as baixas concentrações de sedimento em suspensão não permitem que a análise laboratorial destaque isoladamente a porcentagem de silte e argila, ainda que o sedimento fino em suspensão representa uma fração significativa (81% em Montante Jaciparaná e 90% em Jaciparaná - Vila).

Em relação ao material que compõe o leito do rio Madeira foi verificado que acima de 92% do material é areia, sendo predominantes as areias finas e médias (Tabela 7.12.). No rio Jaciparaná, as areias representam 80% do sedimento do leito na estação fluviométrica Jaciparaná (Vila), e 78% na estação de Montante Jaciparaná, sendo predominante a fração areia grossa.

**Tabela 7.11.  
Granulometria Média do Sedimento em Suspensão no Rio Madeira**

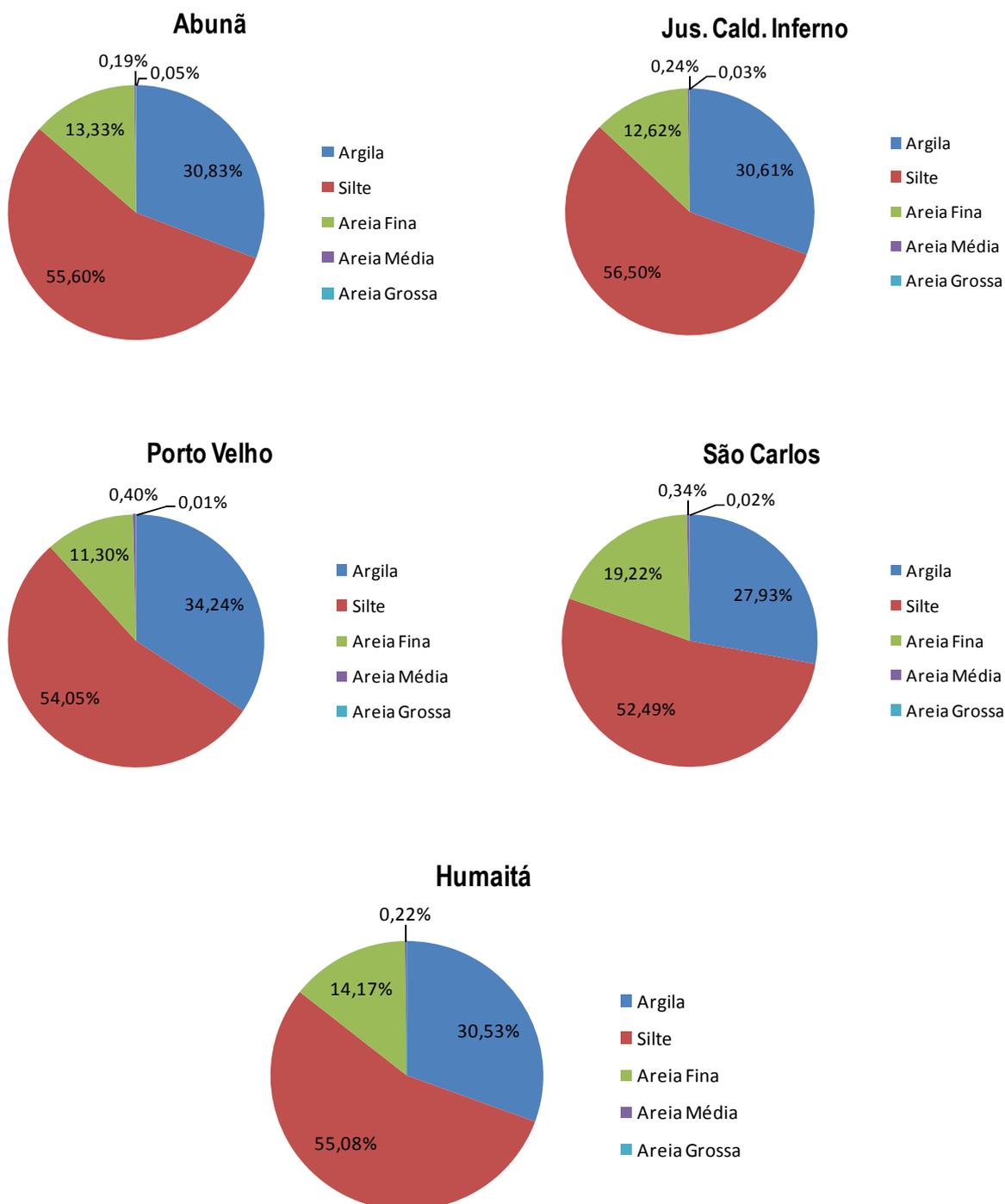
Estação	Material em Suspensão (%)				
	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa
UHE Santo Antônio Abunã	30,83	55,60	13,33	0,19	0,05
Jus. Caldeirão do Inferno	30,61	56,50	12,62	0,24	0,03
UHE Santo Antônio Porto Velho	34,24	54,05	11,30	0,40	0,01
São Carlos	27,93	52,49	19,22	0,34	0,02
UHE Santo Antônio Humaitá	30,53	55,08	14,17	0,22	0,00
Jaciparaná (Vila)		90,09	9,72	0,14	0,05
Montante Jaciparaná		81,00	17,90	1,07	0,03

**Tabela 7.12.  
Granulometria Média do Sedimento do Leito no Rio Madeira**

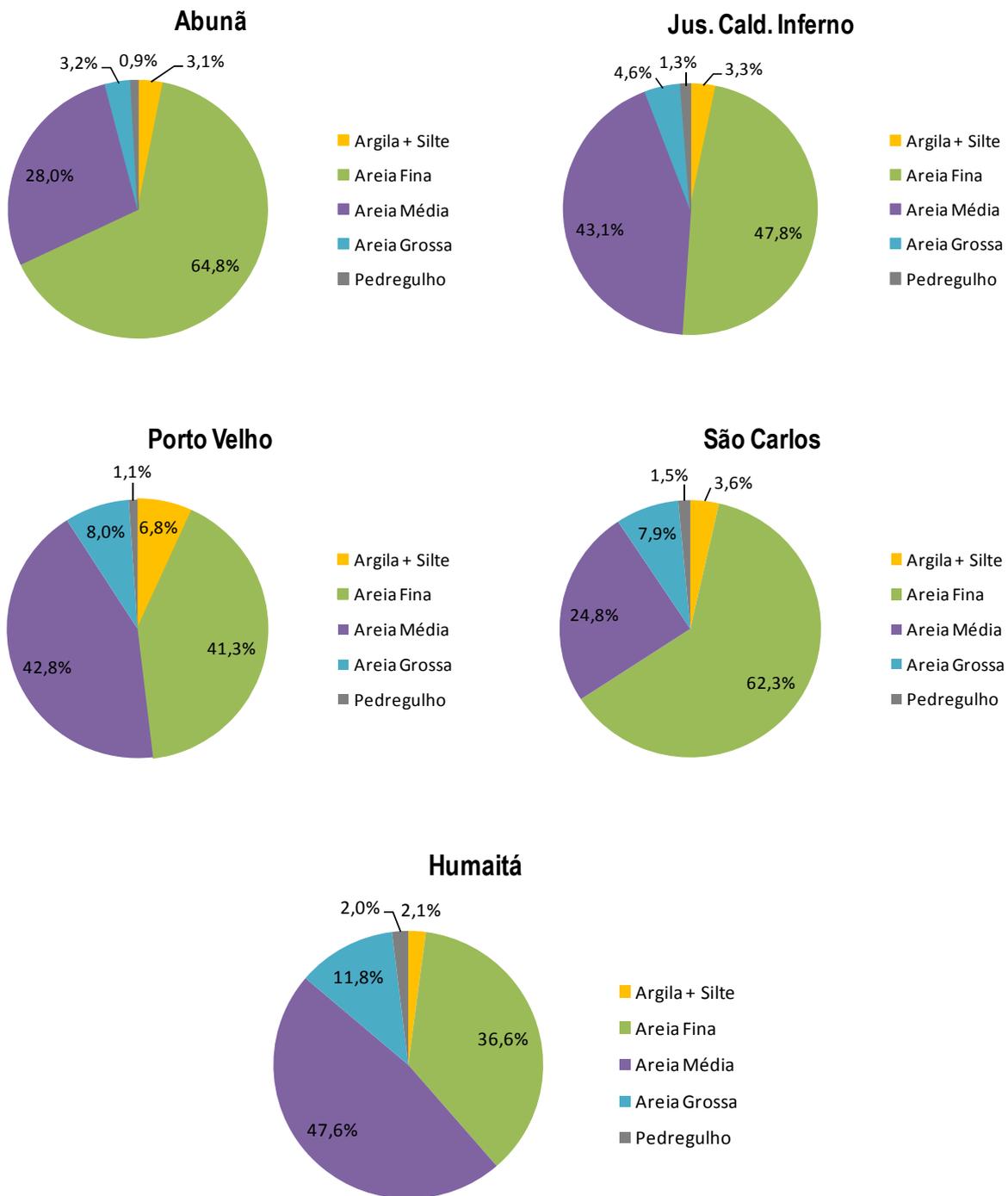
Estação	Material do Leito (%)				
	Argila + Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedregulho
Abunã	3,12	64,85	28,01	3,16	0,86
Jus. Caldeirão do Inferno	3,26	47,81	43,12	4,56	1,25
UHE Santo Antônio Porto Velho	6,80	41,28	42,80	8,04	1,08
São Carlos	3,56	62,26	24,83	7,88	1,47
UHE Santo Antônio Humaitá	2,10	36,55	47,57	11,83	1,95
Jaciparaná (Vila)	0,56	22,30	24,17	34,10	18,87
Montante Jaciparaná	1,49	25,63	21,78	30,63	20,47

Uma forma alternativa, e mais clara, de apresentar os resultados das porcentagens de cada fração granulométrica nas amostras de sedimentos em suspensão e do leito, se visualiza nos gráficos apresentados na Figura 7.44. a Figura 7.47.

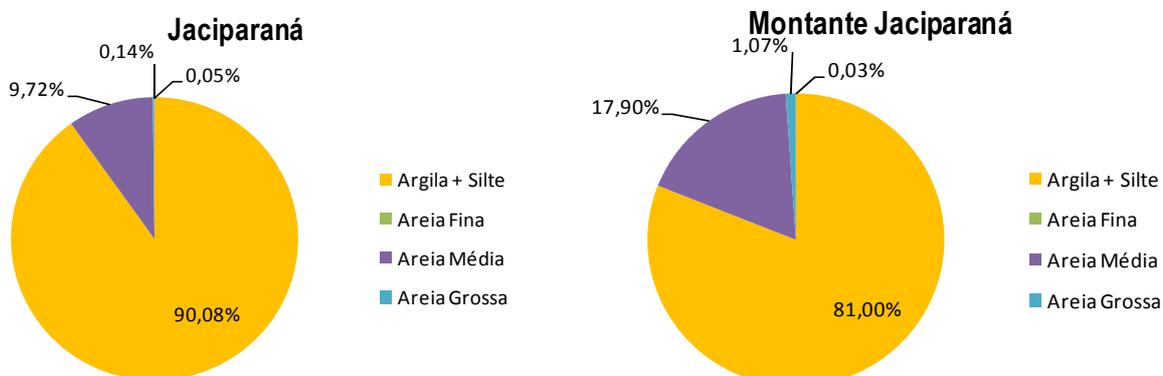
**Figura 7.44.**  
**Granulometria Média do Sedimento em Suspensão no Rio Madeira**



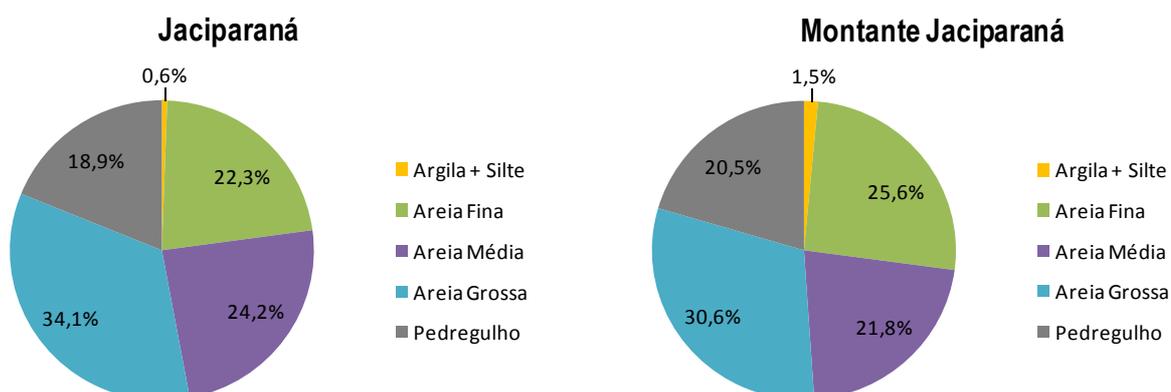
**Figura 7.45.**  
**Granulometria Média do Sedimento do Leito no Rio Madeira**



**Figura 7.46.**  
**Granulometria Média do Sedimento em Suspensão no Rio Jaciparaná**



**Figura 7.47.**  
**Granulometria Média do Sedimento do Leito no Rio Jaciparaná**



Por último, destaca-se que uma prática freqüente para caracterizar a granulometria dos sedimentos do leito de um curso de água consiste na descrição de diâmetros característicos médios, entre os quais destacam-se o  $d_{10}$ ,  $d_{35}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{65}$  e  $d_{90}$ , os que são apresentados a seguir, na Tabela 7.13.

**Tabela 7.13.**  
**Diâmetros Característicos Médios do Sedimento do Leito**

Estação	Diâmetros Característicos Médios (mm)				
	$d_{10}$	$d_{35}$	$d_{50}$	$d_{65}$	$d_{90}$
UHE Santo Antônio Abunã	0,103	0,165	0,199	0,245	0,437
Jus. Caldeirão do Inferno	0,119	0,196	0,245	0,304	0,491
UHE Santo Antônio Porto Velho	0,111	0,197	0,251	0,315	0,541
São Carlos	0,106	0,162	0,203	0,253	0,557
UHE Santo Antônio Humaitá	0,140	0,238	0,294	0,363	0,659
Jaciparaná (Vila)	0,170	0,371	0,580	0,971	3,365
Montante Jaciparaná	0,139	0,357	0,606	1,069	3,787

## 7.6. ANÁLISE DO CONTEÚDO DE AREIA NA DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO

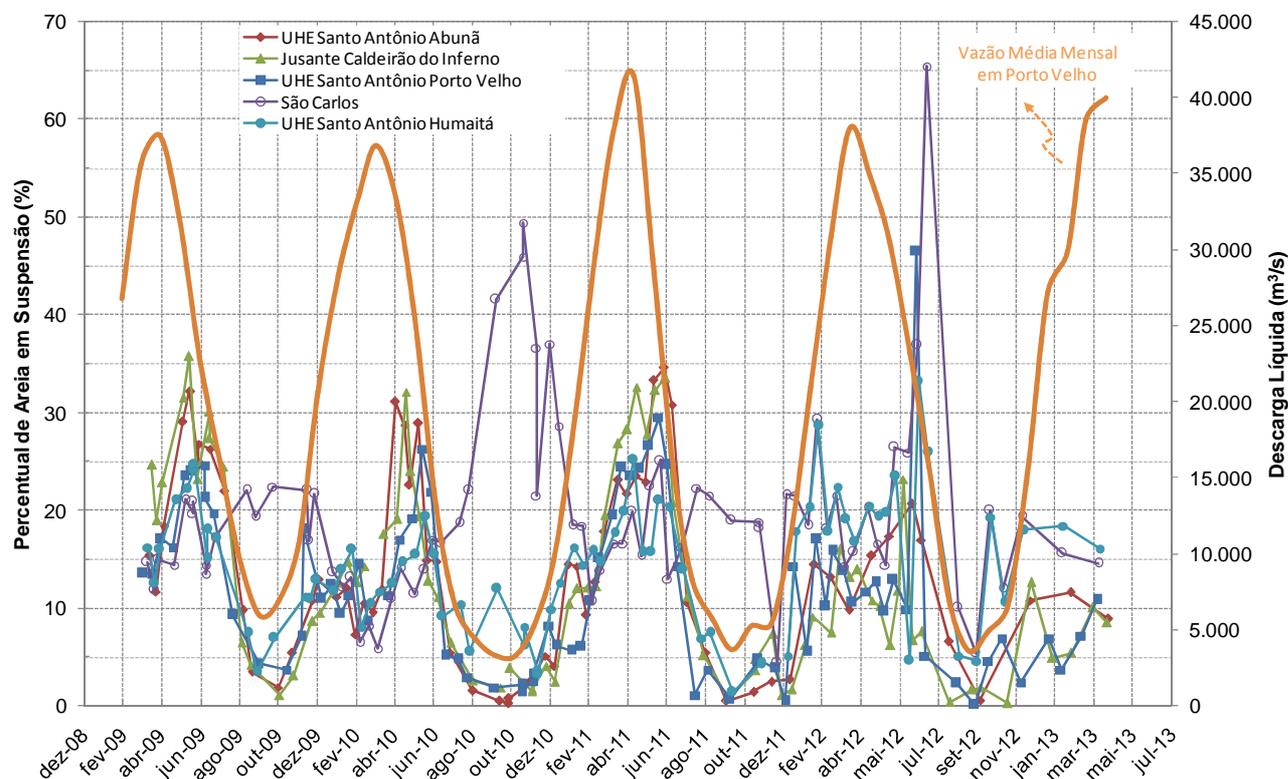
A partir dos resultados obtidos nas análises sedimentológicas das amostras em suspensão (Tabela 6.1. a Tabela 6.5.), foi avaliado o conteúdo total de areia na descarga sólida em suspensão do rio Madeira. Desta forma foi possível graficar a variação temporal da porcentagem de areia em suspensão no período março/2009 até abril/2013 para todas as estações de monitoramento, conforme se observa na Figura 7.48.

Ainda que as informações disponíveis compreendam apenas quatro anos hidrológicos completos, a análise desta figura permite identificar que o pico do transporte de sedimentos arenosos acontece entre 40 e 70 dias após o pico hidrológico, com valores praticamente nulos durante a estiagem e percentagens entre 25-35% durante o período mais intenso de transporte de areias. Resulta interessante destacar, por exemplo, que em UHE Santo Antônio Porto Velho o transporte de areias apresenta o máximo ao fim do mês de maio ou início de junho, o que evidencia marcadamente o tempo de defasagem entre a descarga líquida e a descarga sólida de areias, fato já apontado para o movimento de areias no leito do rio Amazonas por Strasser (2008).

Nas estações de São Carlos e UHE Santo Antônio Porto Velho foram observados picos no transporte de areia nos meses de julho e junho, respectivamente. Em São Carlos a porcentagem de areia atingiu, atipicamente, 65% e em Porto Velho chegou a 46%.

Figura 7.48.

Variação Temporal do Conteúdo de Areia na Descarga Sólida em Suspensão nas Estações UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, UHE Santo Antônio Porto Velho, São Carlos e UHE Santo Antônio Humaitá



Já a estação de São Carlos apresenta resultados não consistentes em relação ao padrão exibido pelas estações restantes, motivo pelo qual se recomenda o prosseguimento destas medições durante vários ciclos completos do rio Madeira. O comportamento sedimentológico díspar em este local pode vincular-se às condições geológicas locais ou, o que resulta menos provável, estar influenciado pela afluição do rio Jamari, logo a montante da seção de medição de sedimentos.

### **7.7. CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA SUPERFÍCIE DO ESCOAMENTO**

Paralelamente ao procedimento de medição da descarga sólida com amostragem integrada na vertical do sedimento em suspensão, a partir de dezembro de 2010 começou a ser executada nas estações do rio Madeira a amostragem pontual de sedimentos em suspensão na superfície do escoamento. A coleta das amostras visa determinar a concentração do sedimento em suspensão (CSS) no centro da seção transversal, a uma profundidade de aproximadamente 20 cm, utilizando para isto uma garrafa plástica de 500 ml (ou 2000 ml durante o período de águas baixas).

Os valores de CSS foram apresentados na Tabela 6.8. a Tabela 6.12., mas em termos médios se percebe que a concentração na superfície do rio varia ao longo do ano entre 20 mg/l e 2500 mg/l (Figura 7.49.).

No período estudado nota-se um pico de concentração dos sedimentos na superfície no mês de fevereiro de 2013 para as estações de UHE Santo Antônio Abunã e Jusante Caldeirão do Inferno, cujas medições ocorreram nos dias 19 e 20. Esta elevação na concentração também foi observada nas concentrações médias (amostras integradas) destas estações nestas mesmas datas. Isso evidencia a possível ocorrência de um evento extremo na bacia de contribuição (por exemplo, uma chuva intensa), mais especificamente nos Andes Bolivianos, os quais são drenados através do rio Beni. As medições nas demais estações, que ocorreram entre os dias 4 e 8 de fevereiro, não registraram este evento.

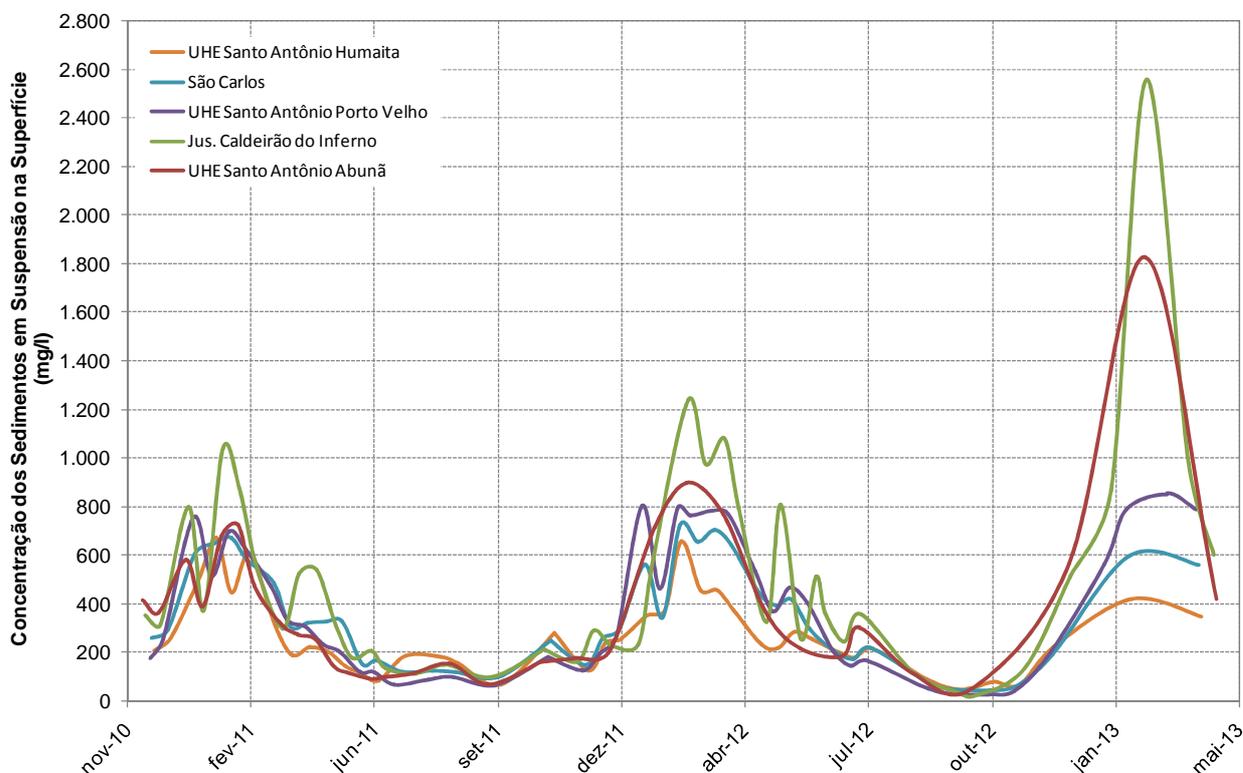
Estas informações vêm a complementar os dados medidos por FURNAS/CNO no período de fevereiro/2004 a outubro/2005, totalizando 261 conjuntos de dados, conforme a distribuição apresentada na Tabela 7.14.

**Tabela 7.14.  
Amostras Coletadas na Superfície do Escoamento nas Estações do Rio Madeira**

Estação	Nº de Amostras em Superfície	
	FURNAS/CNO	PCE
UHE Santo Antônio Abunã	71	33
Jusante Caldeirão do Inferno	--	44
UHE Santo Antônio Porto Velho	77	44
São Carlos	--	42
UHE Santo Antônio Humaitá	--	42
<b>TOTAL</b>	<b>148</b>	<b>205</b>

Figura 7.49.

Variação Temporal da Concentração de Sedimentos em Suspensão na Superfície do Escoamento nas Estações ao Longo do Rio Madeira

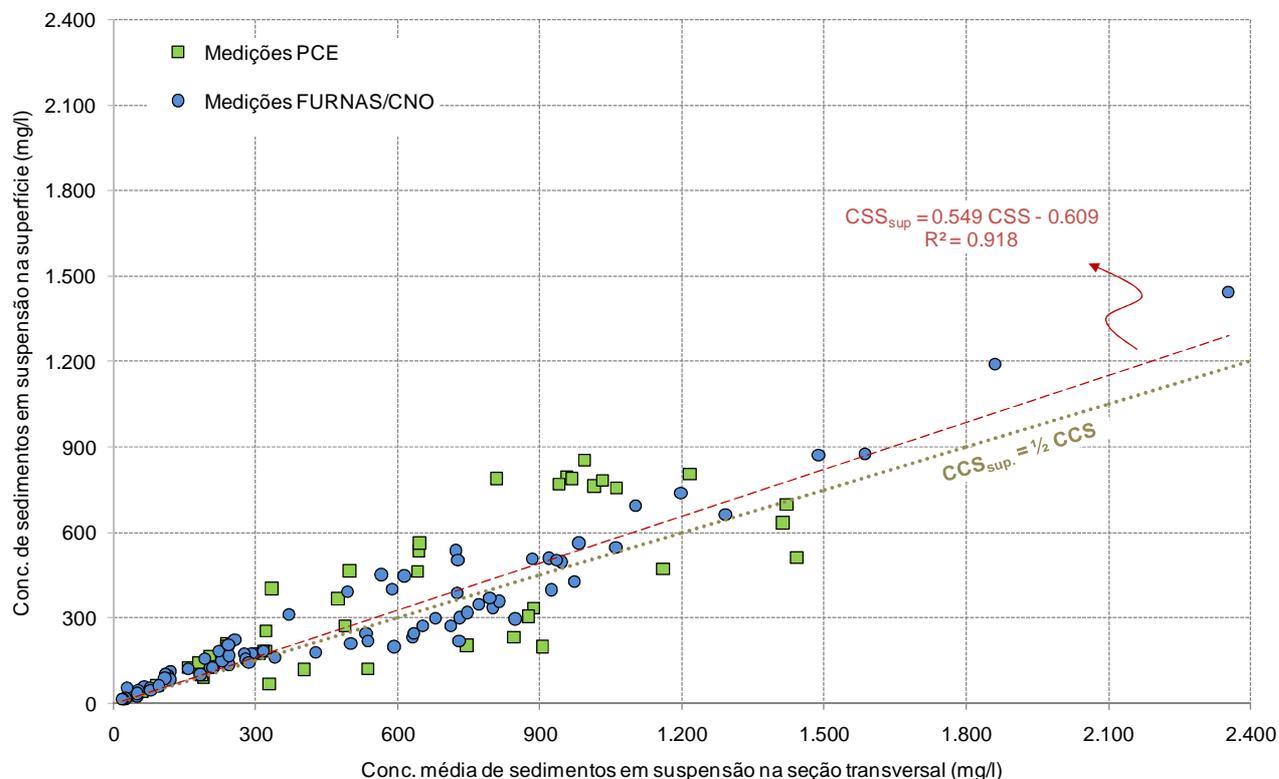


Este novo dado de concentração de sedimentos nos permite avaliar a correlação entre o fluxo de sedimentos médio na seção transversal e o fluxo de sedimentos na superfície do escoamento, sendo que os primeiros resultados neste sentido se observam na Figura 7.50. e Figura 7.51. Na primeira figura se graficam os dados para estação UHE Santo Antônio Porto Velho, enquanto que a figura seguinte apresenta, com menor detalhe, os dados das estações UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, São Carlos e UHE Santo Antônio Humaitá.

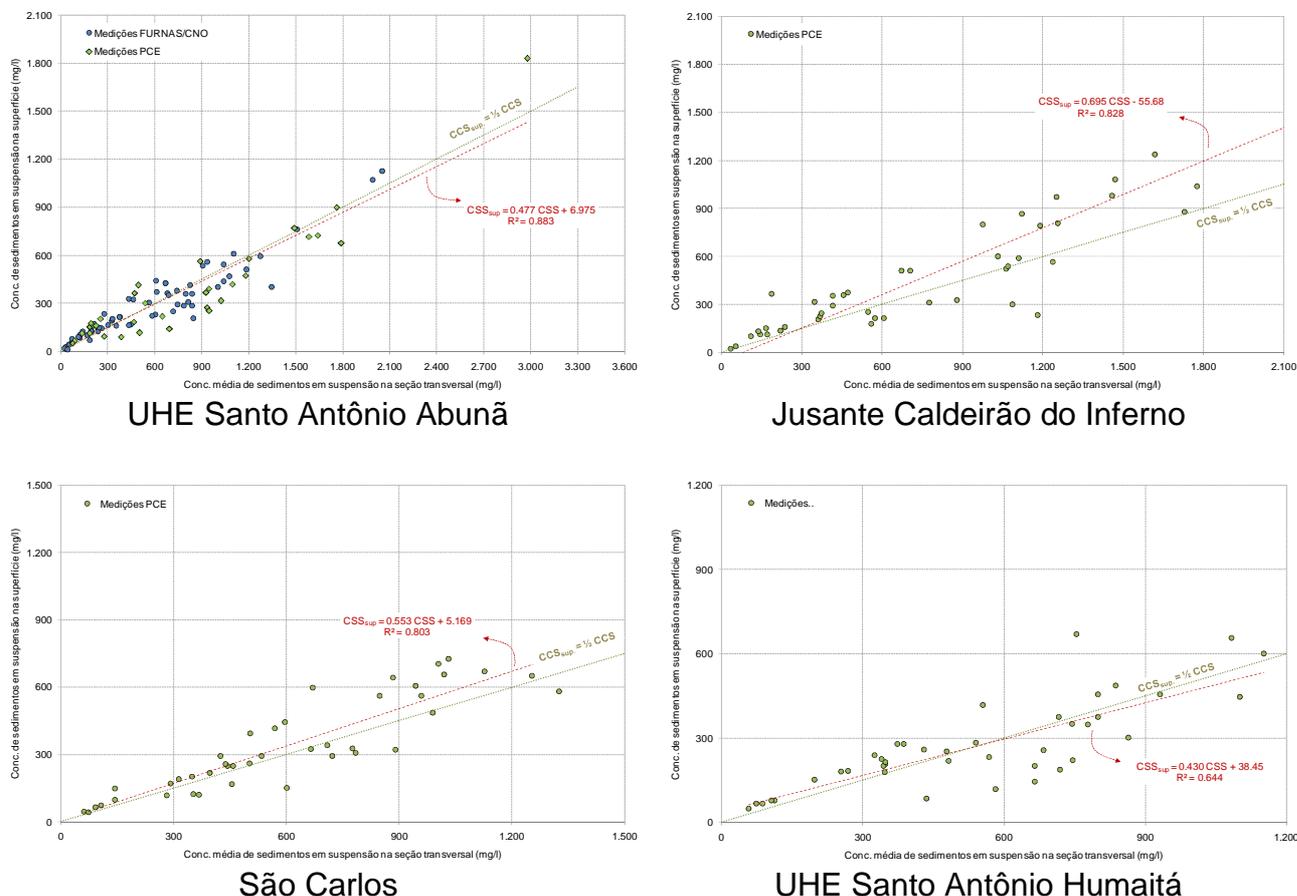
Em geral, em todas as estações se observa um comportamento uniforme, onde a concentração de sedimento em suspensão na superfície do escoamento apresenta boa correlação (com exceção de UHE Santo Antônio Humaitá) com a concentração de sedimento em suspensão média de toda a seção.

Adicionalmente, esta informação poderá ser usada como subsidio aos estudos do transporte de sedimentos em suspensão a partir de imagens de satélite, a partir de trabalhos semelhantes já realizados na região (Martinez *et al.*, 2010).

**Figura 7.50.**  
**Relação entre a Concentração de Sedimentos em Suspensão na Superfície do Escoamento e a Concentração Média de Sedimentos em Suspensão em UHE Santo Antônio Porto Velho**



**Figura 7.51.**  
**Relação entre a Concentração de Sedimentos em Suspensão na Superfície do Escoamento e a Concentração Média de Sedimentos no Rio Madeira**



## 7.8. DETALHAMENTO DAS CURVAS DE DESCARGA SÓLIDA

Com o intuito de majorar o conhecimento acerca da dinâmica dos sedimentos em suspensão entre as estações Abunã e Humaitá, ao longo do rio Madeira, e no rio Jaciparaná (Jaciparaná – Vila e Montante Jaciparaná), estão sendo desenvolvidos diversos estudos que visam o detalhamento das curvas de descarga sólida. Neste sentido, destacam-se os estudos que envolvem a caracterização das curvas-chave de sedimentos por faixa granulométrica e a caracterização específica dos períodos de enchente e vazante na curva de descarga sólida.

### 7.8.1. Caracterização das curvas-chave de sedimentos por faixa granulométrica

Nas cinco estações fluviométricas instaladas no rio Madeira e na estação do Jaciparaná (primeiro Jaciparaná – Vila e, depois, Montante Jaciparaná) que fazem parte do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico foi realizada a caracterização das curvas-chave de sedimentos em suspensão por faixa granulométrica. As informações necessárias para estas análises foram apresentadas anteriormente (Tabela 6.13. a Tabela 6.19.), quando se realizou o cálculo da descarga sólida total por faixa granulométrica (silte+argila, areia fina, areia média, areia grossa) através do Método de Einstein Modificado.

Desta forma é possível conhecer a importância relativa do material transportado para cada faixa granulométrica ao longo do trecho em estudo, desde Abunã até Humaitá. Na Figura 7.52. se observam as curvas-chave de descarga sólida em suspensão por faixa granulométrica em UHE Santo Antônio Porto Velho e, na Figura 7.53., apresentam-se, com menor detalhe, as curvas correspondentes às estações de UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, São Carlos e UHE Santo Antônio Humaitá.

A análise das curvas evidenciou que o material transportado em suspensão corresponde, maiormente, a faixa granulométrica de material fino (silte + argila), com granulometria de diâmetro inferior a 0,0625mm. Cabe destacar que a curva ajustada para as faixas granulométricas silte+argila, areia fina e areia média apresentam um coeficiente de correlação ( $R^2$ ) superior a 0,90 na maioria das estações fluviométricas, com exceção da estação de São Carlos.

Na estação de São Carlos se comprovou um comportamento atípico também na faixa granulométrica das areias (corroborando o descrito anteriormente na Figura 7.48.), pois se verificou um volume expressivo de areia fina (0,0625 – 0,250mm) e areia média (0,250 – 0,500mm), similar à carga de sedimentos finos, para as vazões inferiores a aproximadamente 15.000 m<sup>3</sup>/s. Se espera que novos dados contribuam para uma melhor compreensão desta particularidade.

**Figura 7.52.**  
**Curvas-Chave de Descarga Sólida em Suspensão por Faixa Granulométrica em UHE Santo Antônio Porto Velho**

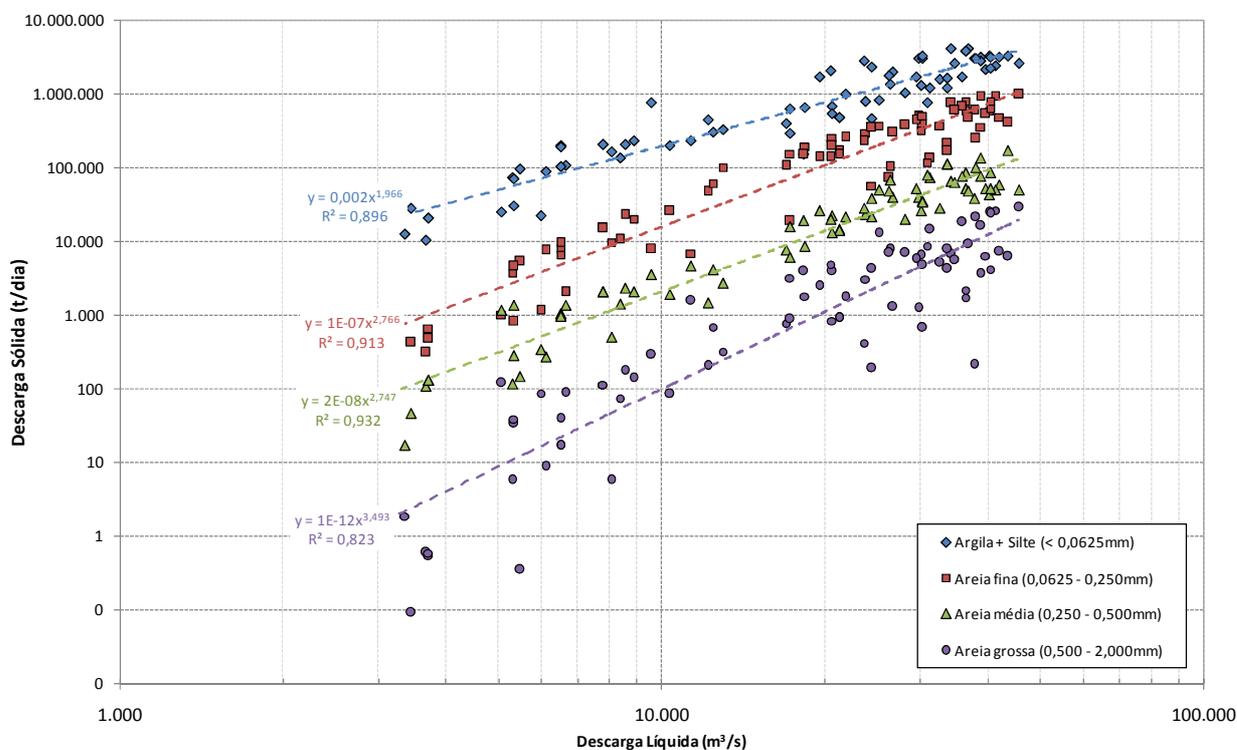
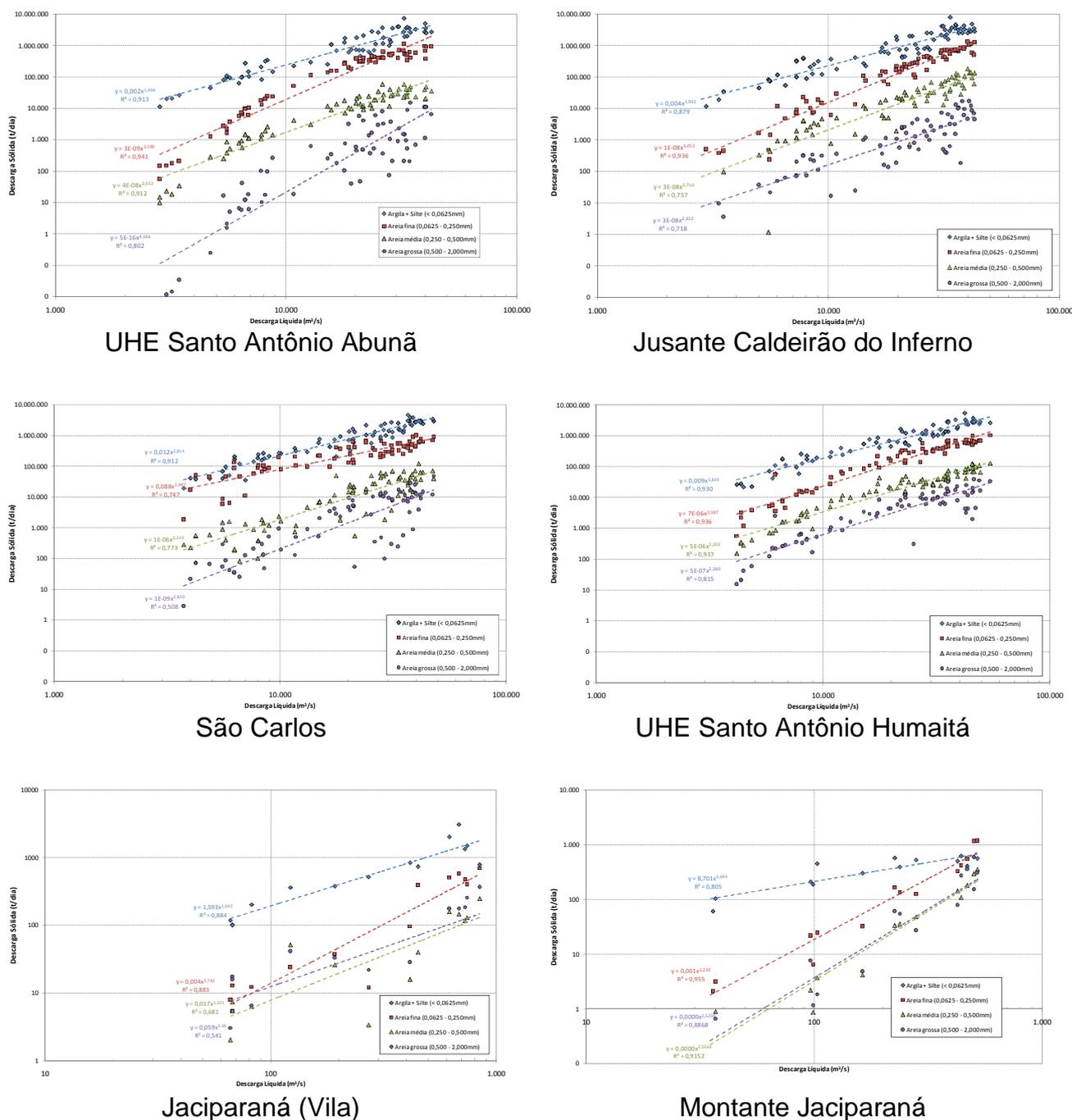


Figura 7.53.

Curvas-Chave de Descarga Sólida em Suspensão por Faixa Granulométrica em UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, São Carlos, UHE Santo Antônio Humaitá, Jaciparaná (Vila) e Montante Jaciparaná



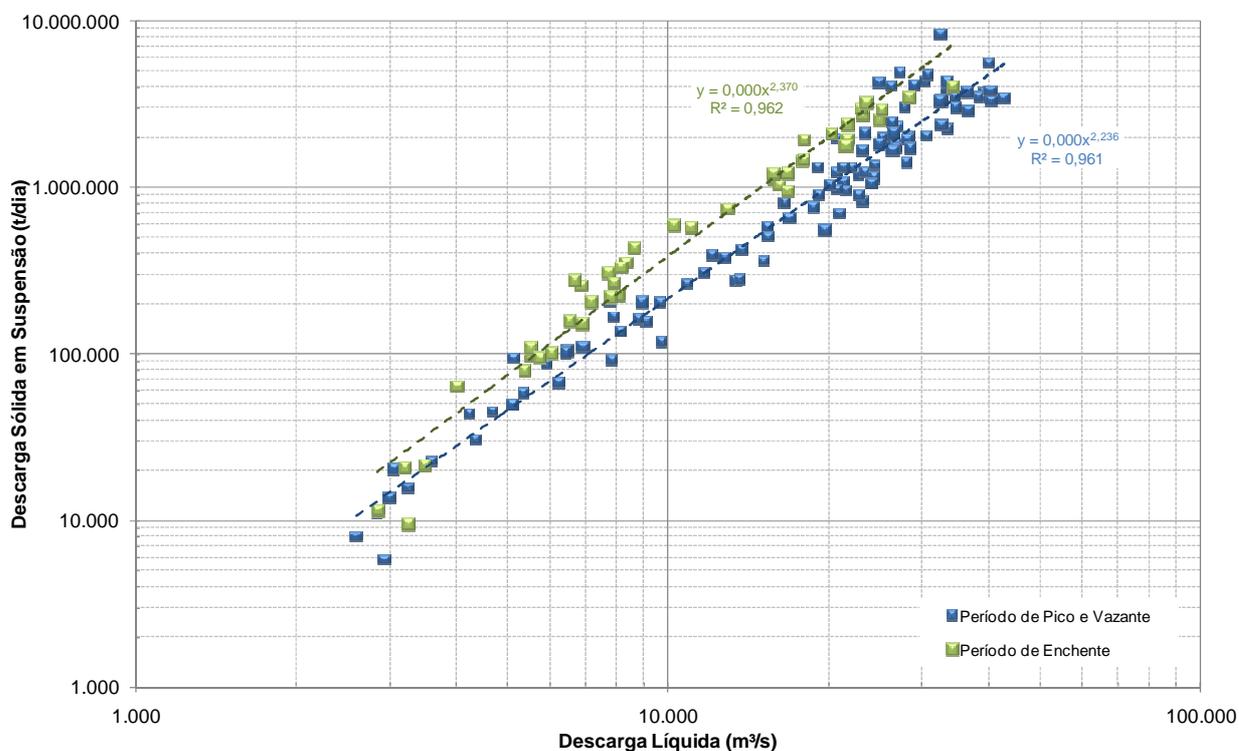
### 7.8.2. Caracterização dos períodos de enchente e vazante nas curvas de descarga sólida

Um fato já apontado em relatórios anteriores de consolidação de dados é a diferença na relação que existe entre a descarga líquida e a descarga sólida nas fases de enchente e vazante do rio Madeira. Estas diferenças se traduzem, fundamentalmente, em uma defasagem temporal nos picos de sedimentos e vazões líquidas, configurando assim uma curva de descarga de sedimentos com forma de laçada.

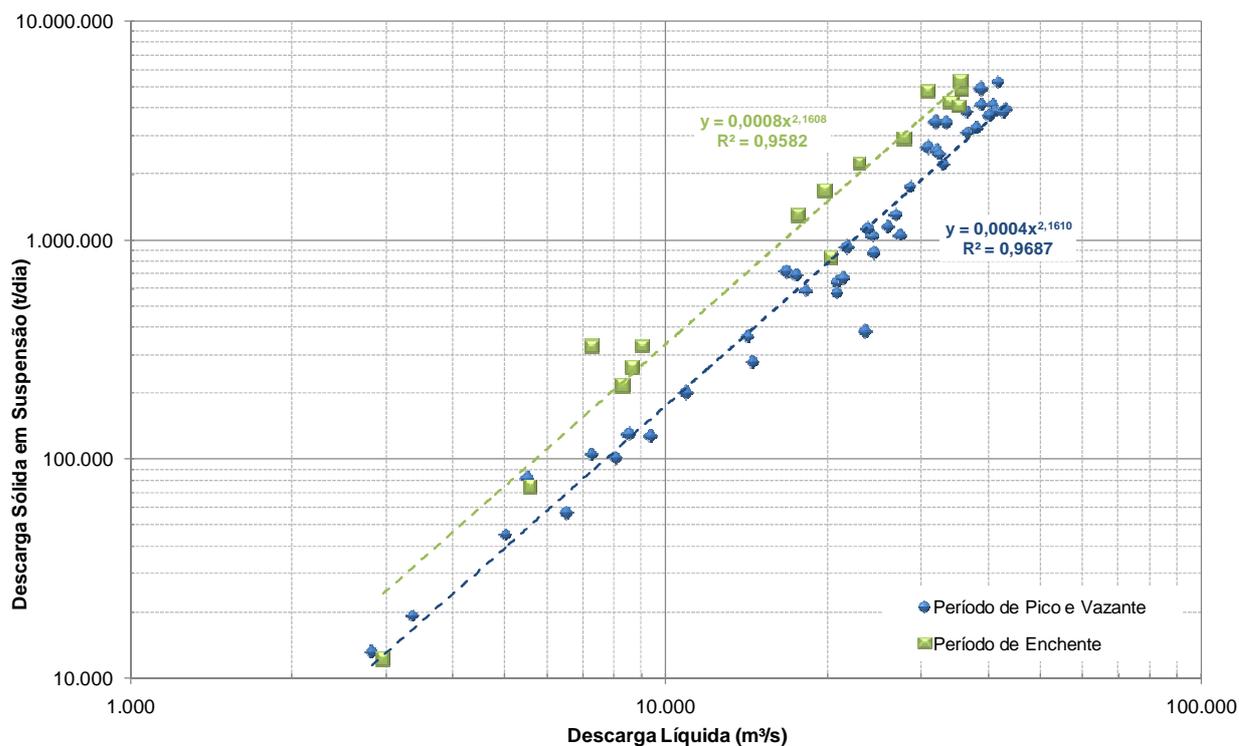
Esta situação foi verificada em todas as estações monitoradas no rio Madeira (Figura 7.54. a Figura 7.58.), inclusive nas estações UHE Santo Antônio Abunã e UHE Santo Antônio Porto Velho que contam com um conjunto maior de informações, reunindo os dados de FURNAS/CNO e da PCE. Conforme se observa nestas figuras, em todos os casos os ajustes alcançados ao considerar curvas de descarga sólida específica para o período de enchente e vazante apresentam um ótimo coeficiente de correlação ( $R^2 > 0,95$ ), confirmando o comportamento dispar entre a descarga líquida e sólida.

Nesta avaliação, as medições realizadas durante o período de pico do rio Madeira foram consideradas como representativas de um único período conjuntamente com as medições realizadas durante a vazante e estiagem do rio.

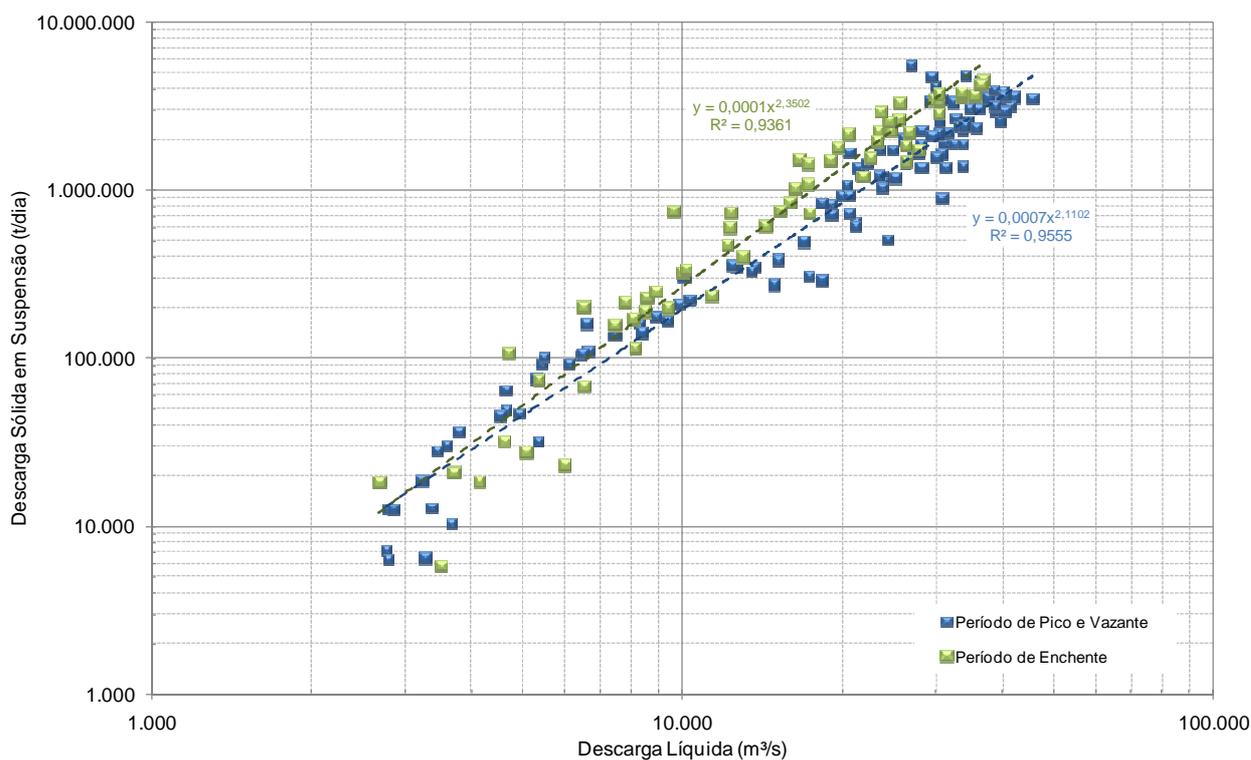
**Figura 7.54.**  
**Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão para os Períodos de Enchente e Vazante do Rio Madeira em UHE Santo Antônio Abunã**



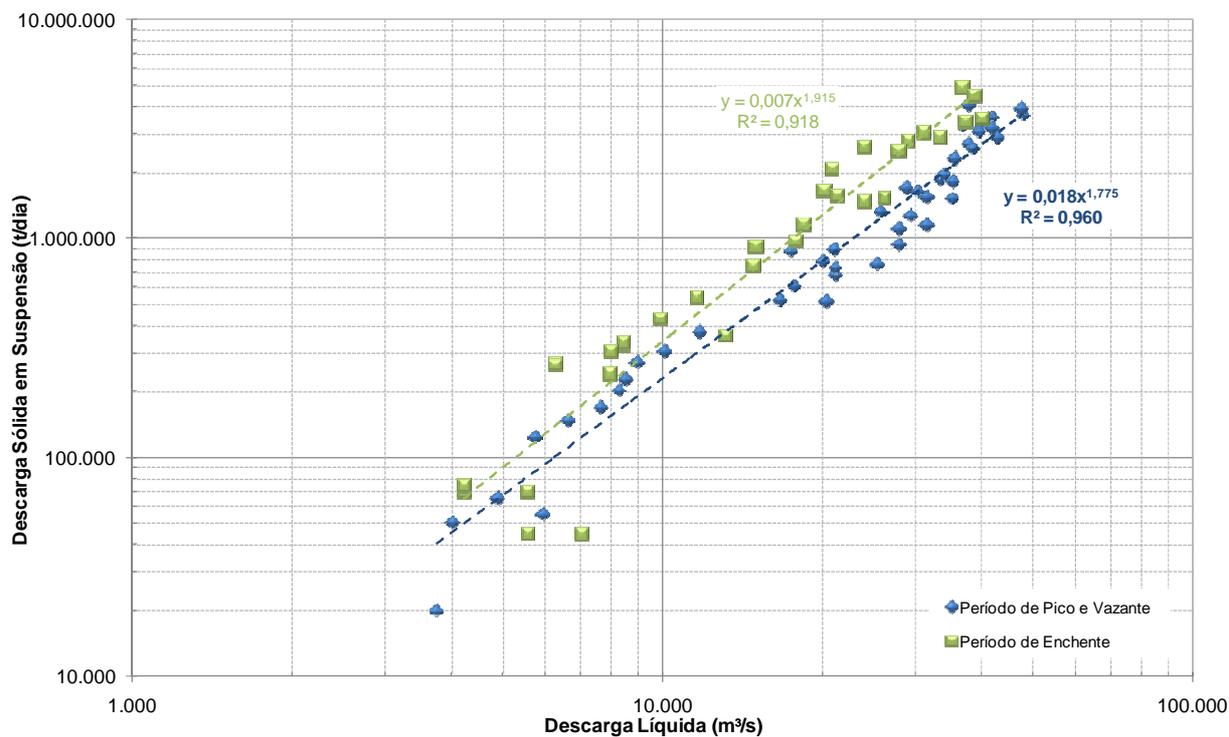
**Figura 7.55.**  
**Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão para os Períodos de Enchente e Vazante do Rio Madeira em Jusante Caldeirão do Inferno**



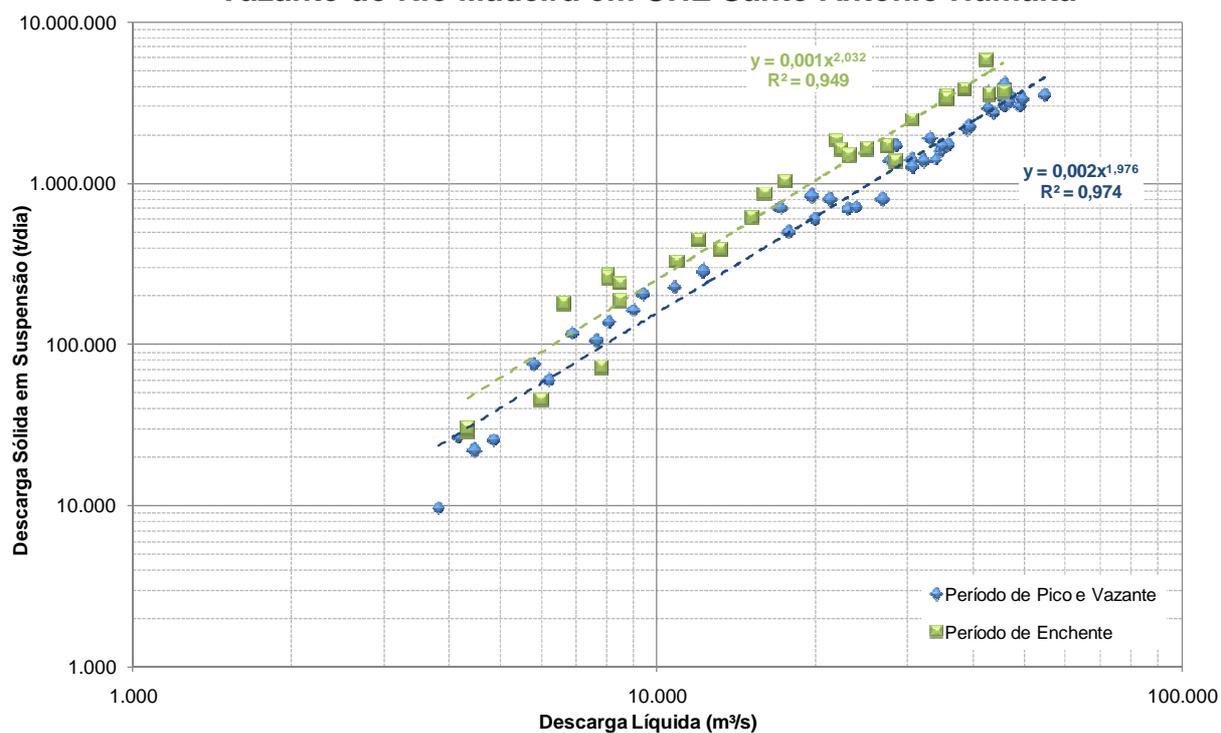
**Figura 7.56.**  
**Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão para os Períodos de Enchente e Vazante do Rio Madeira em UHE Santo Antônio Porto Velho**



**Figura 7.57.**  
**Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão para os Períodos de Enchente e Vazante do Rio Madeira em São Carlos**



**Figura 7.58.**  
**Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão para os Períodos de Enchente e Vazante do Rio Madeira em UHE Santo Antônio Humaitá**

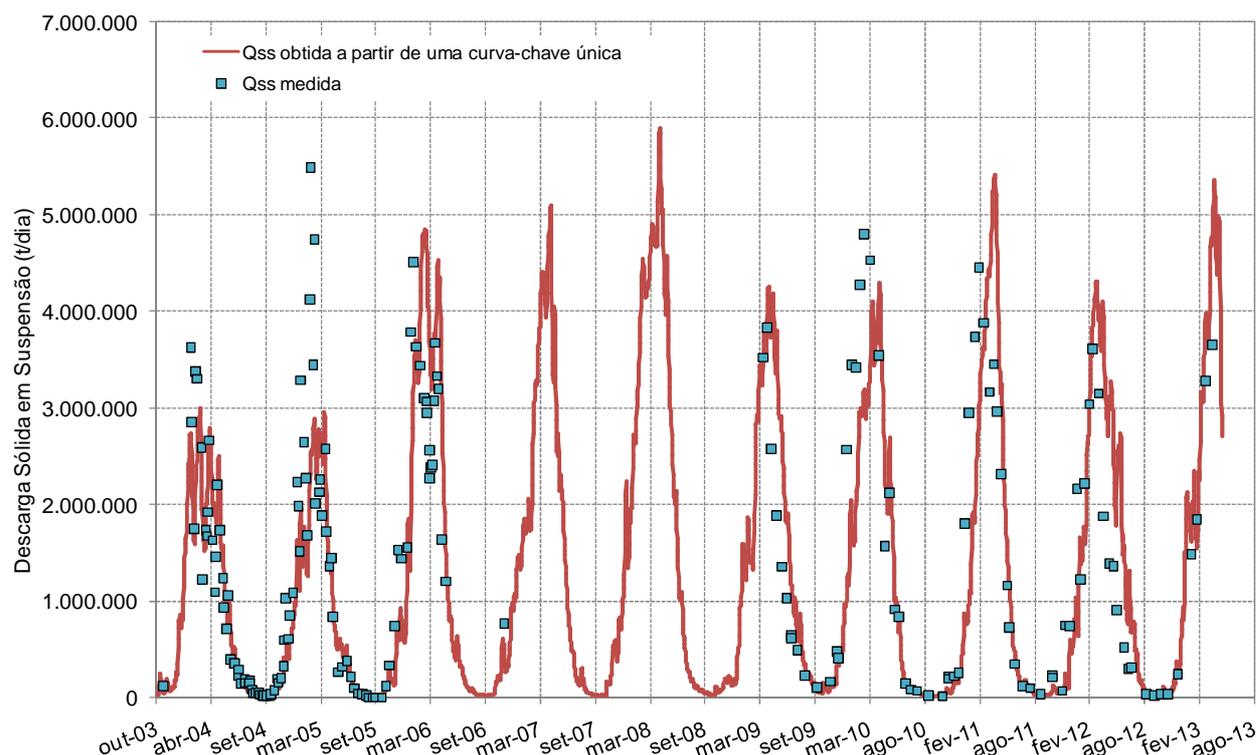


Para avaliar o desempenho de estas curvas de descarga sólida foi realizada a comparação entre os valores efetivamente medidos em campo de descarga sólida em suspensão e os valores calculados através das curvas-chave de descarga de sedimentos, seja considerando uma curva única (Figura 7.59.) ou mediante curvas diferentes para os períodos de enchente e pico e vazante (Figura 7.60.).

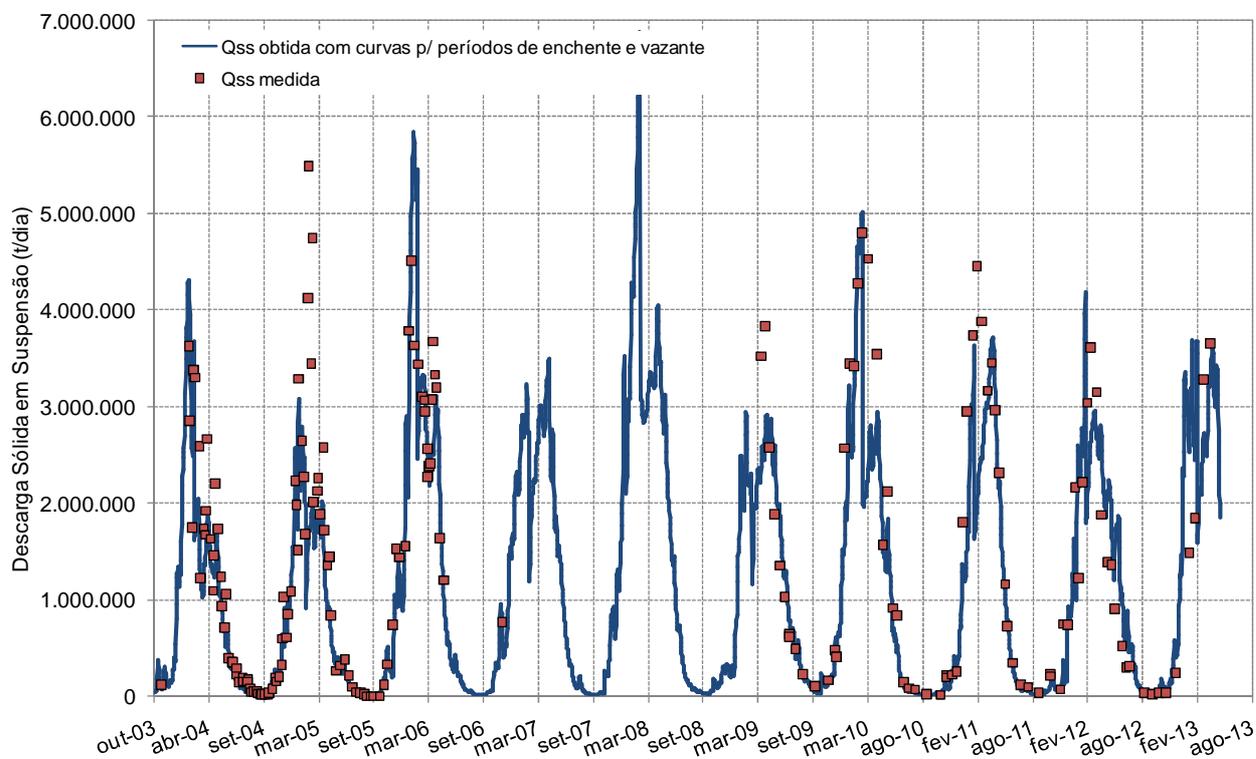
Como resultado desta análise se verifica que quando consideradas duas curvas-chave, as séries de valores diários calculados se ajustam melhor aos dados medidos de descarga sólida em suspensão ( $Q_{ss}$ ), considerando tanto o ponto de vista temporal quanto do ponto de vista quantitativo.

Para confirmar os resultados deste estudo recomenda-se o prosseguimento das medições durante vários ciclos completos do rio Madeira, abrangendo em todos os casos o ano hidrológico completo.

**Figura 7.59.**  
**Avaliação do Desempenho da Curva-chave de Descarga Sólida em Suspensão (curva única) em UHE Santo Antônio Porto Velho**



**Figura 7.60.**  
**Avaliação do Desempenho das Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão para os Períodos de Enchente e Vazante em UHE Santo Antônio Porto Velho**



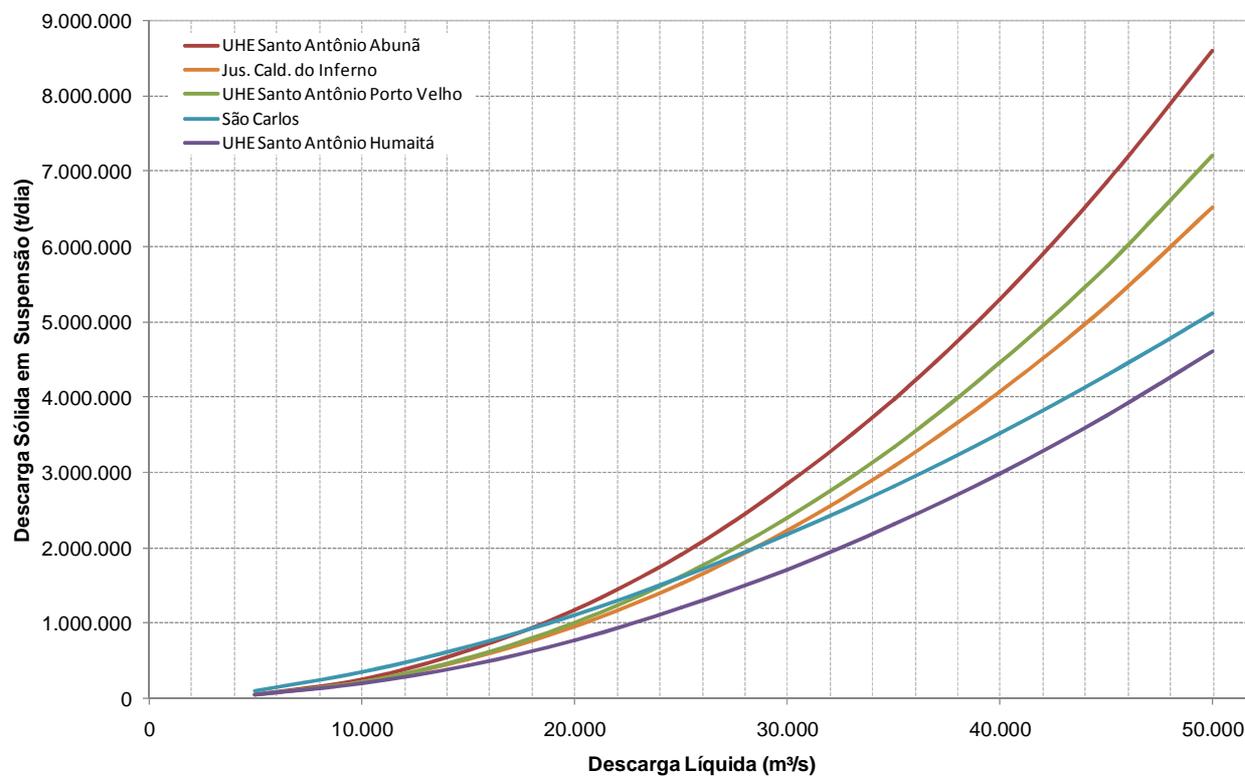
### 7.8.3. Avaliação comparativa das curvas-chave de descarga sólida em suspensão

Após o ajuste das curvas-chave de descarga sólida nas estações que compõem a Rede Básica de Monitoramento no Rio Madeira procedeu-se à avaliação comparativa do comportamento das mesmas, conforme se observa na Figura 7.61., apresentada a seguir.

Nesta figura chamam a atenção, particularmente, duas situações:

- i) a estação Jusante Caldeirão do Inferno apresenta, quando comparada com UHE Santo Antônio Porto Velho e para a mesma descarga líquida, menos transporte de sedimentos, evidenciando que o trecho de rio próximo a Jus. Caldeirão do Inferno possui tendências à deposição dos sedimentos;
- ii) a estação São Carlos apresenta, para vazões menores do que 28.000 m<sup>3</sup>/s, um comportamento totalmente atípico, com elevado transporte de sedimentos e, inclusive, para vazões até 16.000 m<sup>3</sup>/s é a estação com maior descarga sólida em suspensão. Este resultado coincide com o já exposto na Figura 7.48., na qual a estação São Carlos também evidencia um desempenho díspar em relação às estações restantes.

**Figura 7.61.**  
**Avaliação Comparativa das Curvas-chave de Descarga Sólida em Suspensão no Rio Madeira**



### 7.9. CURVA DE PERMANÊNCIA DA DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO

A partir das curvas de descargas líquidas e sólidas apresentadas neste relatório foram recalculadas as curvas de permanência de descarga sólida em suspensão nas estações de UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá no rio Madeira.

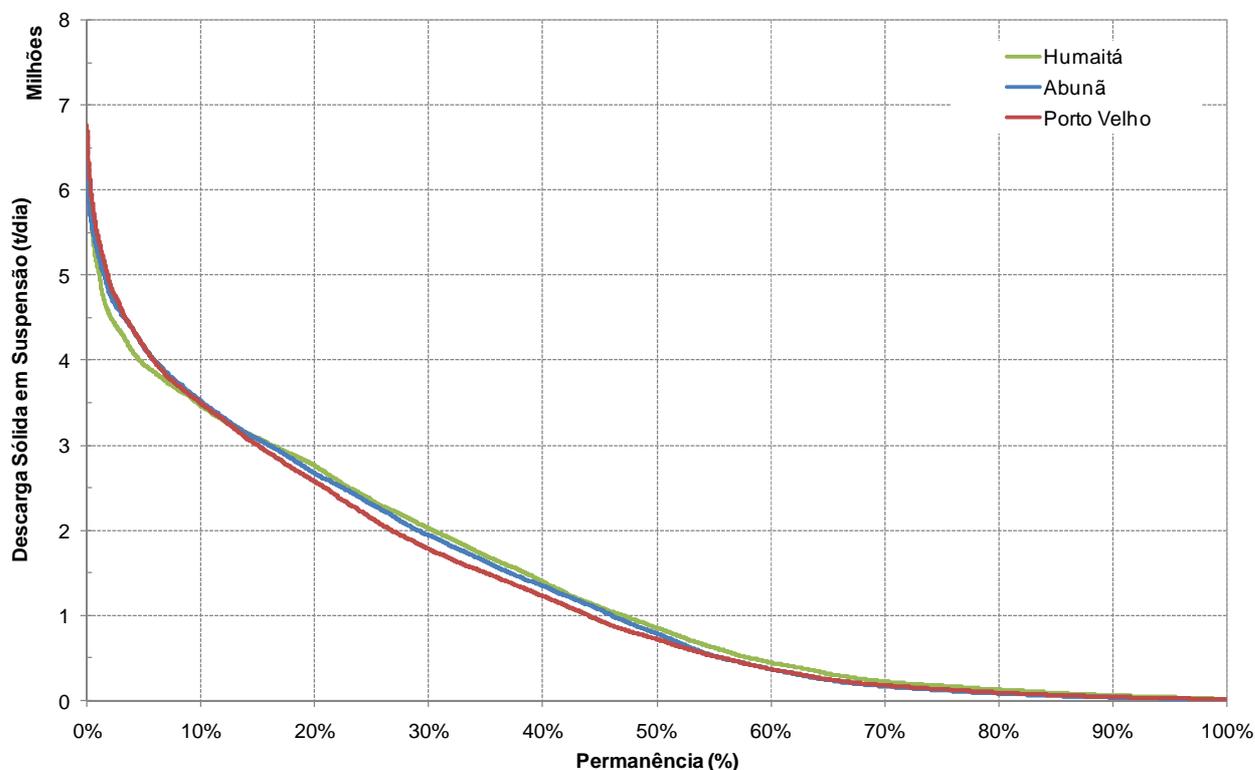
A Figura 7.62. apresenta a curva de permanência da descarga sólida em suspensão nas estações citadas, onde se percebe que as cargas de sedimentos nas estações de UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Abunã são semelhantes para valores elevados de vazão. A UHE Santo Antônio Abunã e UHE Santo Antônio Humaitá evidenciam maior transporte de sedimentos para as descargas sólidas com permanência entre 15% e 50%. Também se verifica que as três estações apresentam descargas de sedimentos em suspensão maiores a 700.000 toneladas diárias, ocorrendo em mais de 50% do tempo.

Uma característica interessante no rio Madeira diz respeito à assimetria na distribuição sazonal do transporte de sedimentos, já que a maior parte do sedimento ocorre durante o período de águas altas. Isto se evidencia na curva de frequência acumulada da descarga sólida em suspensão em função da vazão do rio (Figura 7.63.). Como na figura anterior, estas curvas foram construídas a partir das vazões líquidas e sólidas diárias de cada estação.

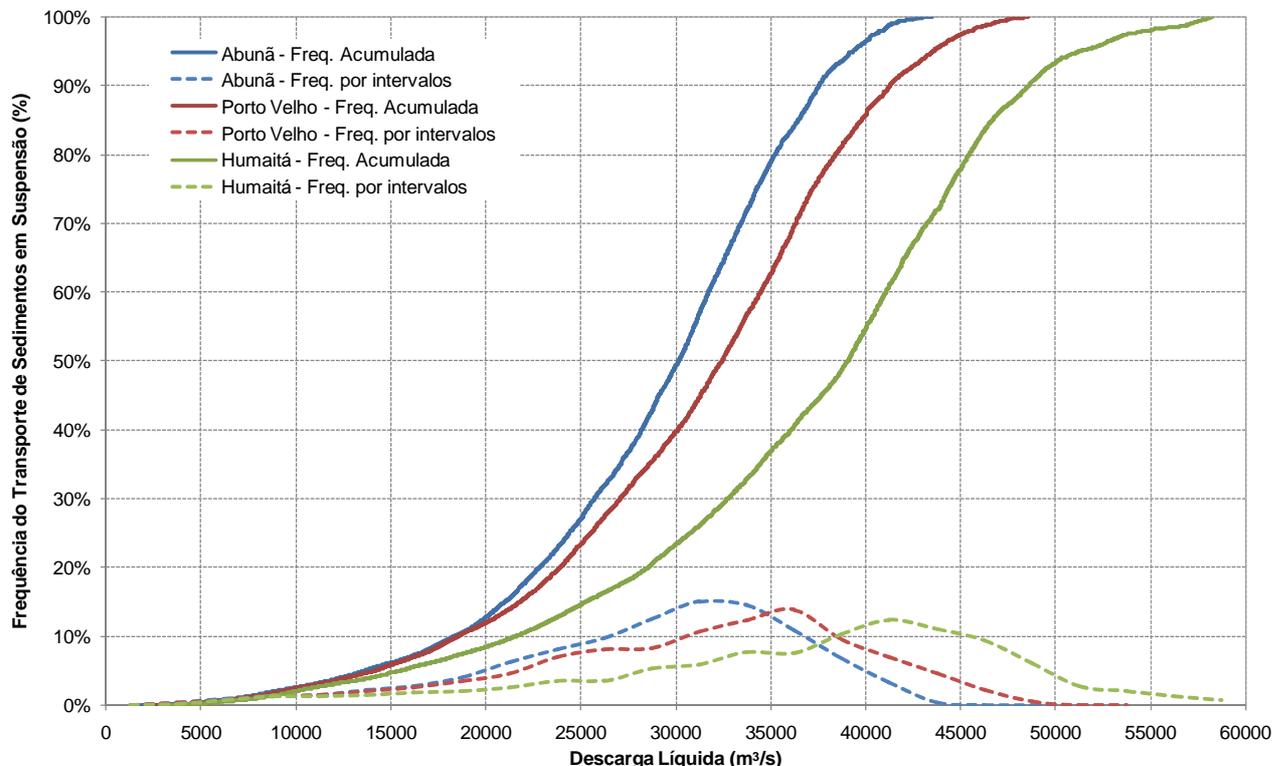
Um aspecto que merece destaque nesta análise é que vazões inferiores à vazão média de longo termo em UHE Santo Antônio Porto Velho (QMLT = 18.500 m<sup>3</sup>/s), que ocorrem em 47% do tempo, são responsáveis por menos de 10% da descarga sólida em suspensão. Outro exemplo semelhante se visualiza na estação UHE Santo Antônio Humaitá, onde as vazões de até 30.000 m<sup>3</sup>/s são responsáveis por apenas 25% da descarga sólida em suspensão transportada pelo rio Madeira.

Esta mesma análise da freqüência no tempo da descarga sólida em suspensão permite estimar a vazão dominante no processo de transporte de sedimentos. Este conceito merece destaque já que é o responsável pela manutenção do tamanho e forma do curso de água (calha principal e margens) e pelo equilíbrio das condições hidrossedimentológicas do escoamento. Assim, a vazão dominante se caracteriza como a descarga líquida associada à maior freqüência de descarga sólida, a qual calcula-se como sendo o pico do histograma de freqüência, que foi estimado considerando diferentes intervalos de vazão (Figura 7.63.). Dessa forma, foram estimadas as vazões dominantes do rio Madeira em UHE Santo Antônio Porto Velho, em torno de 36.000 m<sup>3</sup>/s, em UHE Santo Antônio Abunã, em torno de 31.000m<sup>3</sup>/s e em UHE Santo Antônio Humaitá, cerca de 41.000m<sup>3</sup>/s

**Figura 7.62.**  
**Curva de Permanência da Descarga Sólida em Suspensão do Rio Madeira nas Estações de UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá**



**Figura 7.63.**  
**Frequência Acumulada da Descarga Sólida em Suspensão do Rio Madeira nas Estações de UHE Santo Antônio Abunã, UHE Santo Antônio Porto Velho e UHE Santo Antônio Humaitá**



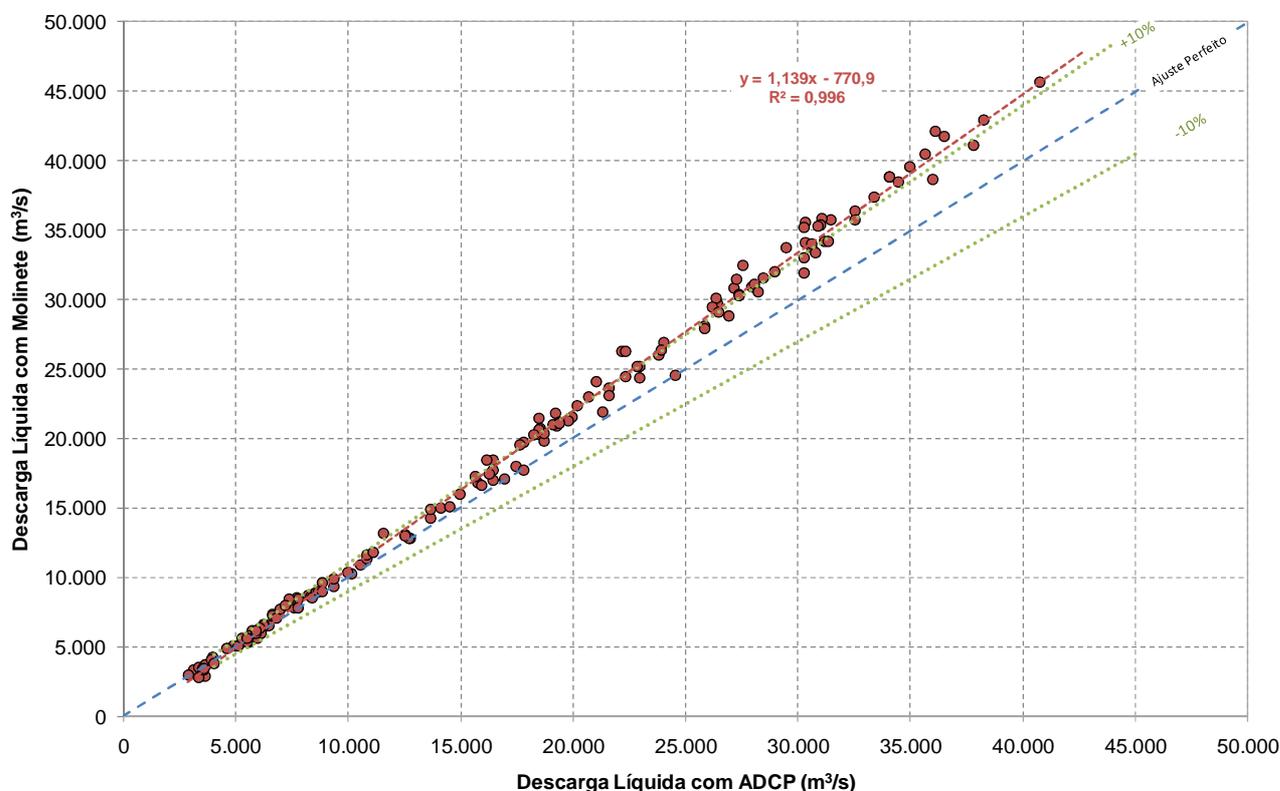
## 7.10. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MOLINETES E ADCP DURANTE AS MEDIÇÕES DE VAZÃO

O princípio norteador para as medições de descarga líquida com molinetes fluviométricos ou com medidores acústicos de efeito Doppler (ADCP) é semelhante, ou seja, baseiam-se na medição e integração de áreas e velocidades. Entretanto, conforme apresentado em relatórios anteriores, desde o início das medições com ADCP no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, em maio de 2009, foi evidente a diferença entre a vazão obtida a partir das medições com molinete fluviométrico e as medições com ADCP.

Para entender melhor estas diferenças foi plotada a descarga líquida obtida com um e outro método, conforme se observa na Figura 7.64., evidenciando claramente uma tendência nas medições realizadas com molinete a superestimar a vazão em aproximadamente 10%. Nesta figura foram consideradas as medições de todas as estações fluviométricas do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico no Rio Madeira (UHE Santo Antônio Abunã, Jusante Caldeirão do Inferno, UHE Santo Antônio Porto Velho, São Carlos e UHE Santo Antônio Humaitá), totalizando 130 conjuntos de dados.

Figura 7.64.

**Avaliação das Medições de Descarga Líquida com Molinete e ADCP nas Estações do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira**

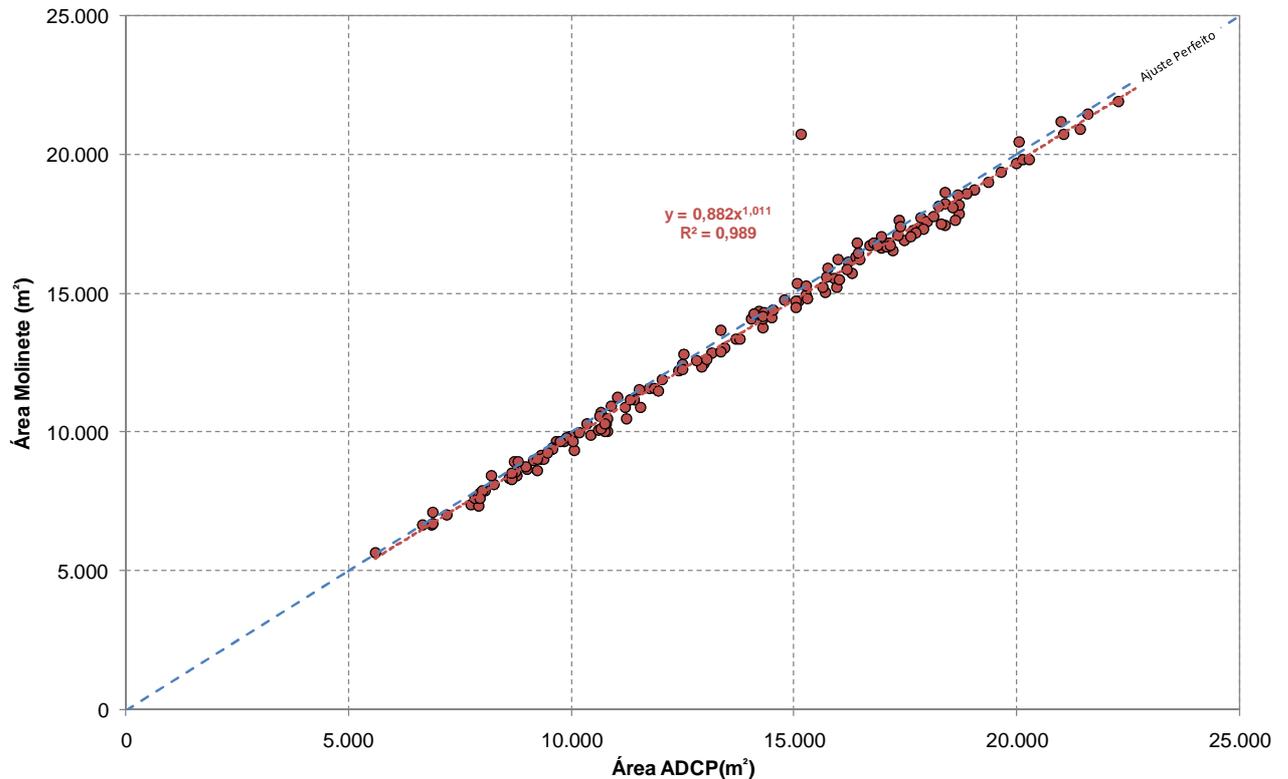


De forma a identificar a fonte destas diferenças procedeu-se a avaliar a área e a velocidade média obtida com cada método, molinete ou ADCP, chegando-se aos resultados mostrados na Figura 7.65. e Figura 7.66. O fato de que as áreas calculadas nas medições sejam semelhantes não surpreende, pois os procedimentos e equipamentos utilizados são basicamente os mesmos: ecobatímetro ou sensor do ADCP para a profundidade e GPS ou DGPS para medir a distância entre as verticais ou ensembles. Isto explica o ajuste praticamente perfeito na Figura 7.65., formando uma linha a 45°.

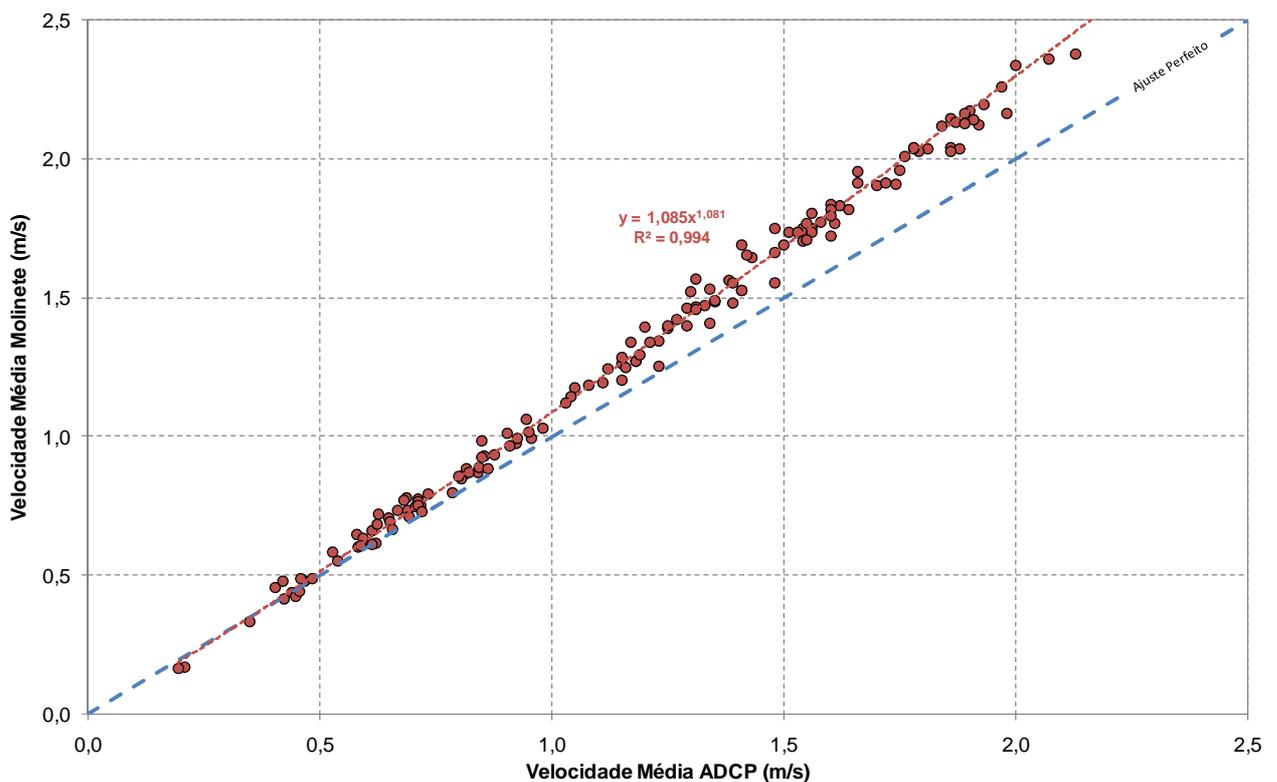
Por outro lado, a Figura 7.66. constata que a determinação da velocidade do escoamento com molinete ou ADCP é a variável responsável pelas divergências, recordando que a medição com molinete certamente está influenciada pelas grandes profundidades e elevadas velocidades da corrente (nos períodos de enchente e cheia supera os 3 m/s) que obrigam ao uso de pesados lastros (50 kg) e correção de catenária.

Na literatura não existem muitas referências neste sentido, ainda menos considerando medições conjuntas de vazão com molinetes e ADCPs em rios de grande porte. Neste sentido, Gordon & Bornhoft (1991) descrevem diferenças de 10% em medições no rio Rhine (onde a velocidade média do molinete é 9% superior à velocidade média do ADCP) e concluem que os molinetes não são precisos para medir a velocidade em escoamentos turbulentos, onde a direção da corrente varia e sua intensidade pode oscilar, bem diferente das condições de escoamento uniforme estabelecidas nos canais de calibração dos molinetes.

**Figura 7.65.**  
**Avaliação da Área Calculada durante as Medições de Vazão com Molinete e ADCP**



**Figura 7.66.**  
**Avaliação da Velocidade Média do Escoamento durante as Medições de Vazão com Molinete e ADCP**



## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, 1970. *Normas e Recomendações Hidrológicas*, Ministério de Minas e Energia, Brasília.

CARVALHO, N.O., FILIZOLA Jr., N.P., dos SANTOS, P.M.C. & LIMA, J.E.F.W., 2000. Guia de Práticas Sedimentométricas, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Brasília.

COLBY, B.R. & HEMBREE, C.H., 1955. Computations of total sediment discharge, Niobrara River near Cody, Nebraska, *Water Supply Paper* 1357, United States Geological Survey, Washington D.C.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2011. Programa Curva-chave, parceria CPRM / COPPE (Univ. Federal do Rio de Janeiro, UFRJ), [on-line], Disponível via URL: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1433&sid=36#PTSEC-INS>.

EDWARDS, T.E. & GLYSSON, G.D., 1998. Field methods for measurement of fluvial sediment: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, Book 3, Chapter C2, 80 p.

GORDON, R.L. & BORNHOFT, J., 1991. *BroadBand ADCP* - Discharge demonstration tests in the rivers Rhine, Moselle, Waterweg and Schelde during October 1991, RDInstruments report, 19p.

JULIEN, P.Y., 1995. *Erosion and sedimentation*, Cambridge University Press.

MENDES, A.B., 2001. Cálculo da Descarga Sólida Total pelo Método Modificado de Einstein, programa disponível no Anexo do livro *Hidrossedimentologia Prática*, de autoria N.O. Carvalho (2008).

MARTINEZ, J.M., VILLAR, R.E., GUYOT, J.L., FILIZOLA, N., COCHONNEAU, G. & OLIVEIRA, E., 2010. River sediment discharge assessed from satellite images and hidrologic data - Validation over the Amazon basin, IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Brasília, DF, 4p.

MUELLER, D.S. & WAGNER, C.R., 2009. Measuring discharge with acoustic Doppler current profilers from a moving boat: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 3A-22, 72p.

OBBERG, K.A., MORLOCK, S.E. & CALDWELL, W.S., 2005. Quality-Assurance Plan for Discharge Measurements using Acoustic Doppler Current Profilers, Scientific Investigations Report 2005-5183, United States Geological Survey, Reston, Virginia.

PINTO, M.C.F. & MAGALHÃES, W.F., 2010. Incerteza combinada da concentração de sedimento em suspensão determinada pelo método de filtração, IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Brasília, DF, 12p.

RDI, 2003. RDInstruments, Acoustic Doppler Solutions, “Winriver - User’s guide” e “Principles of operation moving bottom” [on-line]. URL: <http://www.rdinstruments.com>. Arquivo capturado em 2002.

STRASSER, M.A., 2008. Dunas fluviais no rio Solimões-Amazonas – Dinâmica e transporte de sedimentos –, Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Civil, COPPE / UFRJ, 160p.

YUQIAN, L., 1983. Operational methods for measurement of sediment transport, World Meteorological Organization, Geneva.

## **9. ANEXOS**

**ANEXO I – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES  
FLUVIOMÉTRICAS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO  
HIDROSSEDIMENTOLÓGICO**

## **DESENHO PJ0865-Z-H41-GR-DE-0004**

**“LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS (REDE BÁSICA E  
COMPLEMENTAR)”**

O ANEXO II é disponibilizado apenas em meio digital devido às características e extensão do mesmo.