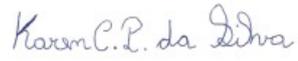
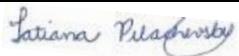


PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE TELES PIRES

P.11–Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

Relatório Semestral nº 09 (Fase de Operação)

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA			
INTEGRANTES	CONSELHO DE CLASSE	CTF IBAMA	ASSINATURA
Karen Caroline Paiva da Silva Eng. Agrícola, M.Sc.	CREA- 5069188924	5808170	
Keila Cristina Fernandes de Oliveira Eng. Hídrica, M.Sc.	CREA- MG 04.0.0000149150	6190874	
Tatiana Pilachevsky Geógrafa, M.Sc.	CREA- 5064021791	5531743	
Luciana Cabral Nunes Geóloga, M.Sc.	CREA- 50629926484	5287039	
Afonso E. de Vasconcelos Lopes Geofísico, D.Sc.	-	5286995	

Julho – 2016

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	01
2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	01
3. DEMONSTRAÇÃO DE CONFORMIDADE	01
4. OPERAÇÃO DA REDE HIDROLÓGICA	02
5. METODOLOGIA	04
6. RESULTADOS	04
6.1. Medições de Vazão e Descargas Sólidas	04
6.2. Atualização das Curvas-chave de Vazão	13
6.3. Atualização das Curvas-chave de Sedimento	15
6.4. Medidas de Precipitação, Nível e Vazão	17
6.4.1. Estação UHE Teles Pires Jusante	17
6.4.2. Estação UHE Teles Pires Montante 2	19
6.4.3. Estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta	21
6.4.4. Estação UHE Teles Pires Montante 1	24
6.4.5. Estação UHE Teles Pires Barramento	26
7. PROGRAMAÇÃO PARA O PERÍODO SEGUINTE	27
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	29

ANEXOS

ANEXO 1. DADOS BRUTOS DE PRECIPITAÇÃO E NÍVEL DAS ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS	01
ANEXO 2. MEDIDAS DE DESCARGA LÍQUIDA DAS ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS	1008
ANEXO 3. ANÁLISES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E DE LEITO	1074
ANEXO 4. DADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO, NÍVEL E VAZÃO	1100

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ADCP - Perfilador Acústico de correntes por Efeito *Doppler*

Q - Vazão ou descarga líquida

Qs - Descarga sólida

Qss - Descarga sólida em suspensão

Qst - Descarga sólida total

1. INTRODUÇÃO

O serviço “Monitoramento Hidrossedimentológico na Área do Reservatório da UHE Teles Pires”, solicitado pela *Companhia Hidrelétrica Teles Pires (CHTP)* está sendo executado pela empresa **VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda.** Este serviço tem como objetivo fornecer informações referentes às taxas de aporte e deposição sedimentar e identificar os principais pontos de deposição, viabilizando a elaboração de projetos que venham a prolongar a vida útil do reservatório da Hidrelétrica Teles Pires, cuja barragem se encontra nas coordenadas 9°21’04” S e 56°46’39” O, no rio Teles Pires, na divisa entre os estados do Mato Grosso e Pará.

Neste relatório são apresentadas as principais atividades realizadas entre janeiro e junho de 2016, as quais consistiram no monitoramento hidrológico e hidrossedimentológico das estações hidrométricas, com destaque às precipitações, descargas líquidas e descargas sólidas.

2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

No período entre janeiro e junho de 2016 foram realizadas duas (02) medições de vazão nos rios Teles Pires e Paranaíta com o ADCP, e amostragem de sedimentos em suspensão e de sedimentos de leito. Foram realizadas as análises laboratoriais das amostras de sedimentos coletas em campo, e a partir dessas análises foi possível determinar as concentrações dos sedimentos em suspensão, as granulometrias dos materiais em suspensão e de leito, e as descargas sólidas em suspensão e totais.

Os dados de precipitação e nível registrados pelas estações hidrométricas da UHE Teles Pires durante o período de janeiro a junho de 2016 são apresentados no **ANEXO 1**.

No presente relatório também são apresentadas as curvas-chaves de vazão atualizadas das estações hidrométricas da UHE Teles Pires, visando a transformação de uma série histórica de nível em uma série histórica de vazão. Além disso, são apresentadas as curvas de sedimento em suspensão das estações em análise.

3. DEMONSTRAÇÃO DE CONFORMIDADE

As metas do presente Projeto Básico Ambiental estão sendo atendidas, conforme apresentado no **Quadro 1**.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

Quadro 1. Status das metas do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico da UHE Teles Pires.

METAS	STATUS DE ATENDIMENTO
Implantação e operação de 3 (três) estações hidrossedimentométricas completas (estações sedimentométricas + fluviométricas + 1 limnimétrica) em até dois anos antes do enchimento do reservatório, aceitando um atraso máximo de 3 meses.	Atendido, as estações foram instaladas. Foram implantadas 4 (quatro) estações fluviométricas + pluviométricas + sedimentométricas, além de uma estação limnimétrica junto ao barramento da usina, afim de atender também a Resolução Conjunta ANA/ANEEL N.º 3 de 10 de agosto de 2010.
Medições de descargas líquidas/sólidas: com a frequência trimestral das medições a partir da instalação das estações, aceitando-se no máximo uma falha por ano.	Atendido, não houve falhas.
Análise de laboratório: com análise das amostras coletadas a partir da implantação das estações completas, aceitando-se no máximo a ausência de uma amostra por ano.	Atendido, não houve falhas.
Amostra de sólidos em suspensão: como são coletadas por seção de medição no mínimo 3 garrafas por vertical, recomenda-se como meta no máximo a ausência de 6 garrafas por amostra no ano.	Atendido, não houve falhas.
Amostra de fundo: recomenda-se como meta no máximo ausência de uma medição por ano.	Atendido, não houve falhas.
Apresentação de resultados: elaboração de relatórios parciais trimestrais e de consolidação a cada 6 (seis) meses, cuja meta é de 15 dias de elaboração a partir da data de corte dos relatórios trimestrais e de 30 dias após a data de corte para os relatórios de consolidação.	Atendido, não houve falhas.

4. REDE HIDROLÓGICA

A operação da rede hidrológica durante o período em referência consistiu na realização de trabalhos de campo e no processamento dos dados hidrológicos das estações hidrométricas em operação, conforme o **Quadro 2** e a **Figura 1**.

Quadro 2. Estações hidrométricas da UHE Teles Pires.

CÓDIGO FLUVIOMÉTRICO/PLUVIOMÉTRICO	ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	RIO	TIPO
17384200/00956006	UHE Teles Pires Jusante	09°19'51.0"	-56°46'40.0"	TELES PIRES	PFDST
17383000/00956005	UHE Teles Pires Rio Paranaíta	09°46'22.5"	-56°38'41.7"	PARANAÍTA	PFDST
17382000/00956004	UHE Teles Pires Montante 1	09°27'11.9"	-56°29'35.1"	TELES PIRES	PFDST
17381100/00956003	UHE Teles Pires Montante 2	09°38'26.5"	-56°01'09.7"	TELES PIRES	PFDST
17384000/-	UHE Teles Pires Barramento	09°21'04.0"	-56°46'39.0"	TELES PIRES	L

Legenda do Tipo de Monitoramento: L – Limnimétrica; P – Pluviométrica; F – Fluviométrica (Nível); D – Medição de Descarga Líquida; S – Medição de Descarga Sólida; T – Estação com Transmissão Remota de Dados (Telemetria).

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

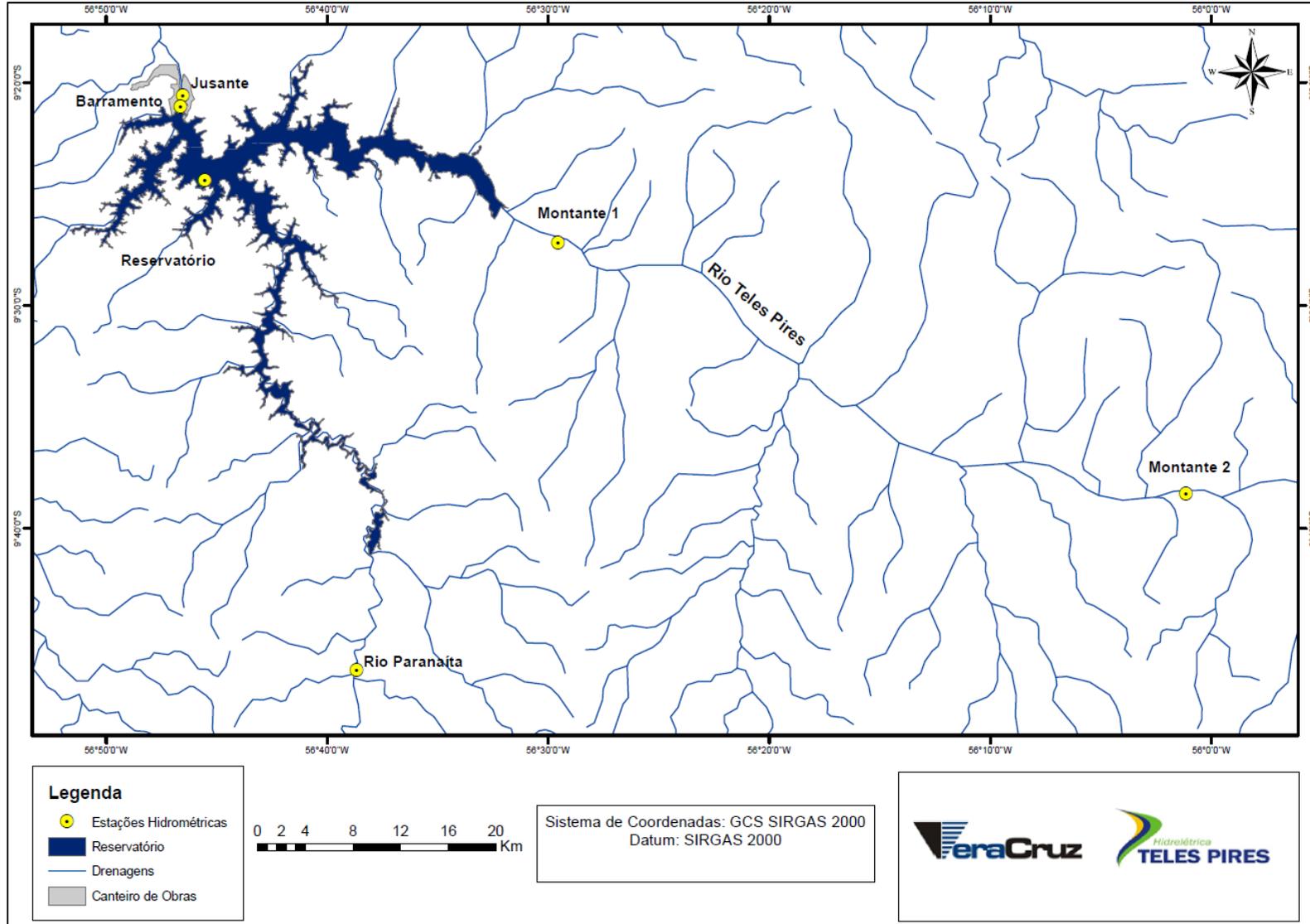


Figura 1. Localização das estações hidrométricas da UHE Teles Pires.

5. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para realização das atividades referentes a este Programa Ambiental já foi amplamente detalhada nos relatórios semestrais anteriores. Como não houve alteração em nenhum aspecto metodológico entende-se que não há necessidade de reapresentá-la no presente relatório, mantendo o foco deste nos resultados alcançados e discussões técnicas pertinentes.

6. RESULTADOS

6.1. Medições de Vazão e Descargas Sólidas

Os principais resultados das medições de vazão realizadas durante as campanhas de campo de janeiro e maio de 2016 são apresentados na **Tabela 1**. As **Figuras 2 a 9** apresentam as seções das medições de vazão que foram feitas utilizando o ADCP na campanha de campo de janeiro, e com o molinete hidrométrico na campanha de campo de maio. As figuras das medições realizadas com o ADCP são apresentadas em um esquema falsa cor, ilustrando a variação da velocidade da água em cada transecto. Os detalhes das medições de vazão são apresentados no **ANEXO 2**.

Após análise em escritório dos dados de campo, referentes a campanha de campo de maio de 2016, observou-se que o dado de vazão obtido para a estação UHE Teles Pires Jusante ficou muito abaixo da média esperada para o mês. Isto ocorreu devido a extensão das seções de medição e pela dificuldade de ancoragem do barco para medição de algumas verticais. Diante deste resultado, a medição de vazão nesta estação foi refeita no mês de junho de 2016, utilizando o ADCP.

Ressalta-se que houve a necessidade de adiar a campanha que a princípio estava prevista para abril, para maio em decorrência de problemas técnicos nos equipamentos de medição de vazão, que foram imediatamente concertados.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

Tabela 1. Resumo das medições de hidrometria, com destaque a vazão calculada. As datas e os horários das medições também são apresentados.

Estação	Data e Horário do Início da Medição	Área da Seção (m ²)	Largura (m)	Velocidade Média (m/s)	Vazão (m ³ /s)
UHE Teles Pires Montante 1	03/02/2016 – 08:13 h	4.124,464 ± 52,945	362,293 ± 3,203	0,801 ± 0,005	3.304,675 ± 21,908
UHE Teles Pires Jusante	11/02/2016 - 17:58 h	3.283,571 ± 109,925	224,034 ± 4,731	0,881 ± 0,026	2.890,366 ± 89,171
UHE Teles Pires Rio Paranaíta	29/01/2016 - 12:31 h	184,756 ± 4,543	45,139 ± 0,638	0,249 ± 0,005	45,964 ± 0,638
UHE Teles Pires Montante 2	03/02/2016 - 14:03 h	3.536,919 ± 32,595	398,148 ± 4,183	0,880 ± 0,009	3.110,909 ± 7,399
UHE Teles Pires Montante 1	13/05/2016 – 10:18 h	3.605,400	360,000	0,364 ± 0,008	1.311,230 ± 29,041
UHE Teles Pires Jusante	26/06/2016 – 12:09 h	2.273,523 ± 32,897	195,594 ± 0,085	0,295 ± 0,004	670,373 ± 1,669
UHE Teles Pires Rio Paranaíta	12/05/2016 – 13:10 h	183,780	48,000	0,211 ± 0,008	38,800 ± 1,410
UHE Teles Pires Montante 2	10/05/2016 – 11:27 h	2.769,920	400,000	0,502 ± 0,005	1.389,515 ± 6,487

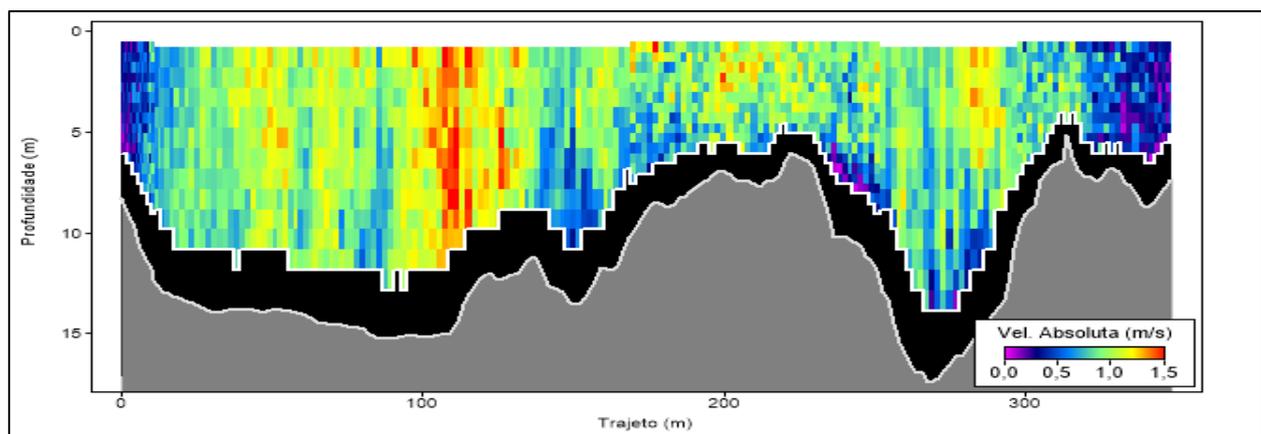


Figura 2. Resultado da medição de vazão realizada no dia 03 de fevereiro de 2016, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Montante 1. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam velocidades maiores, enquanto que cores frias (tons de azul) indicam velocidades de corrente menores para a velocidade da água (veja legenda junto a figura). A parte preta indica um descarte da medição de velocidade da água próximo ao leito devido às incertezas referentes a alta reflexão do sinal *doppler* pela matéria orgânica, vegetação e transporte de sedimentos de arrasto. Nessa área a velocidade da água é interpolada exponencialmente conferindo um melhor resultado. O limite branco junto a área cinza indica o leito do rio.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

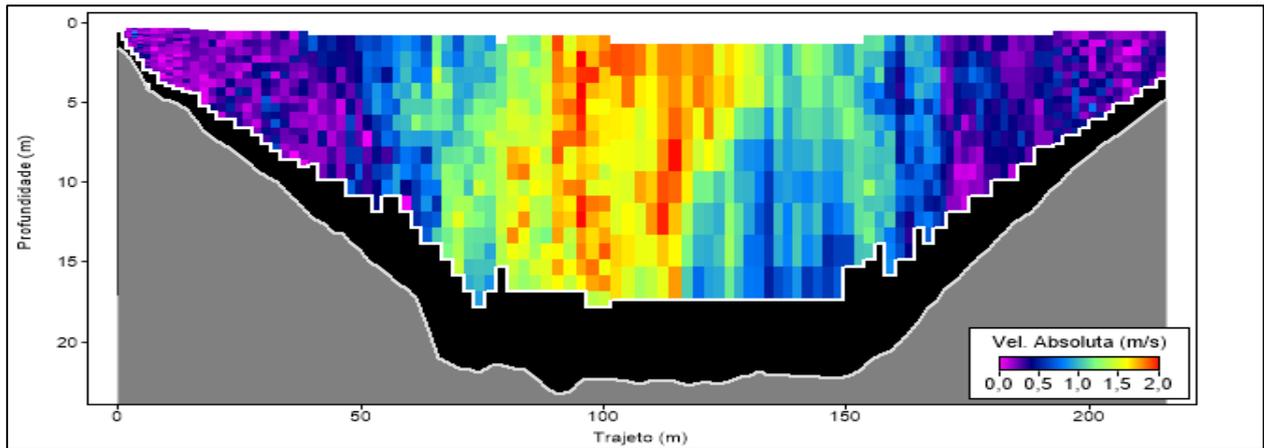


Figura 3. Resultado da medição de vazão realizada no dia 11 de fevereiro de 2016, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Jusante. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2.**

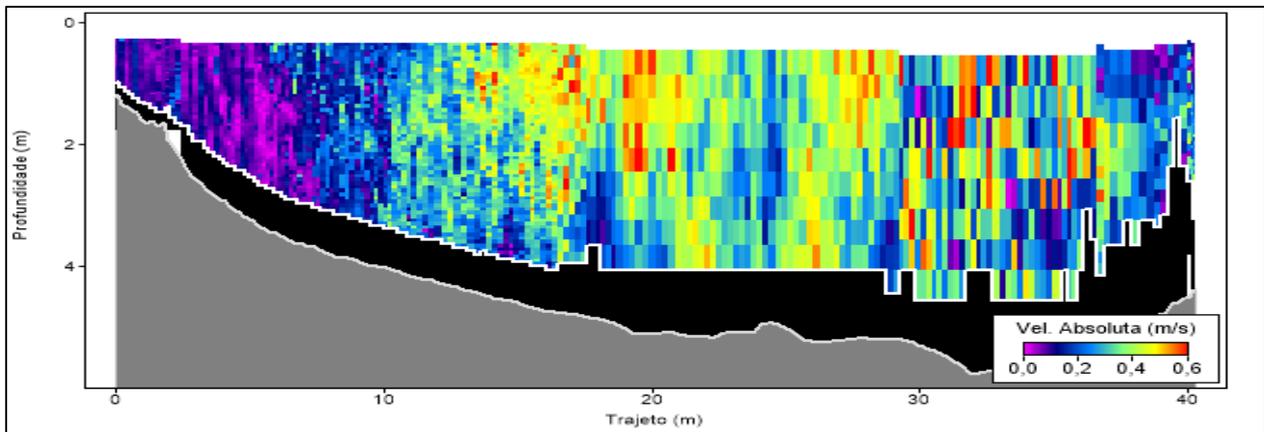


Figura 4. Resultado da medição de vazão realizada no dia 29 de janeiro de 2016, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2.**

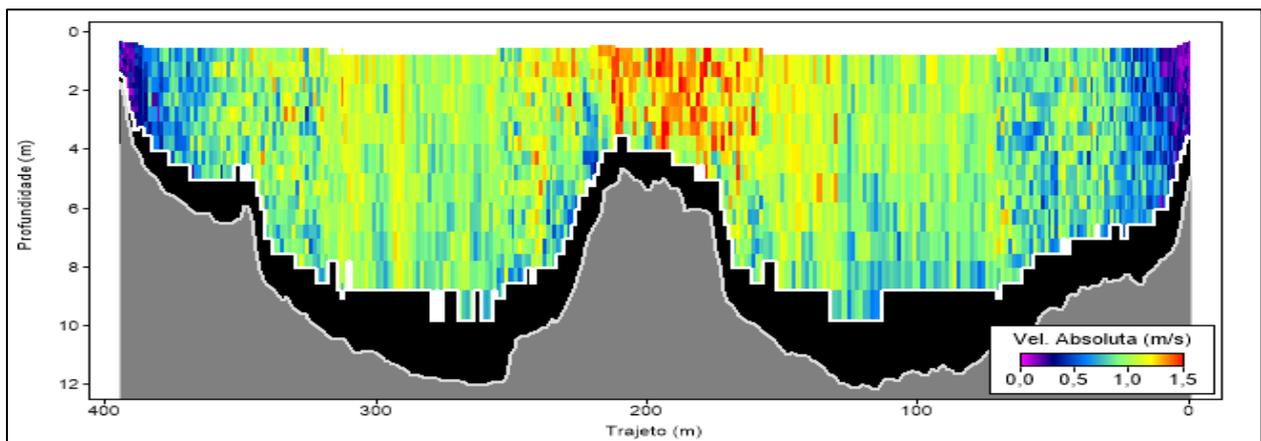


Figura 5. Resultado da medição de vazão realizada no dia 03 de fevereiro de 2016, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Montante 2. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2.**

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

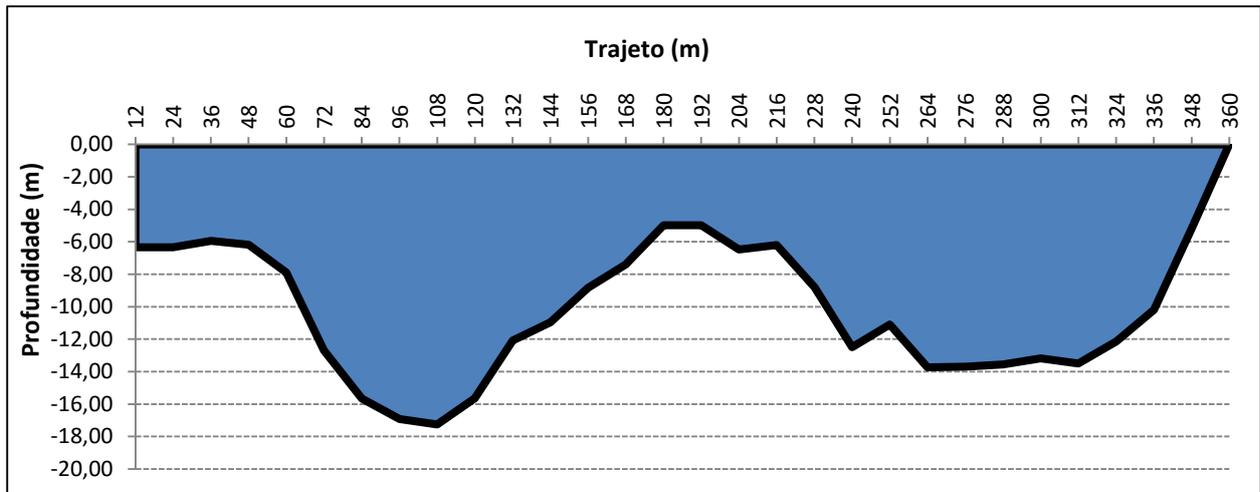


Figura 6. Perfil da seção de medição de vazão realizada no dia 13 de maio de 2016 na estação UHE Teles Pires Montante 1.

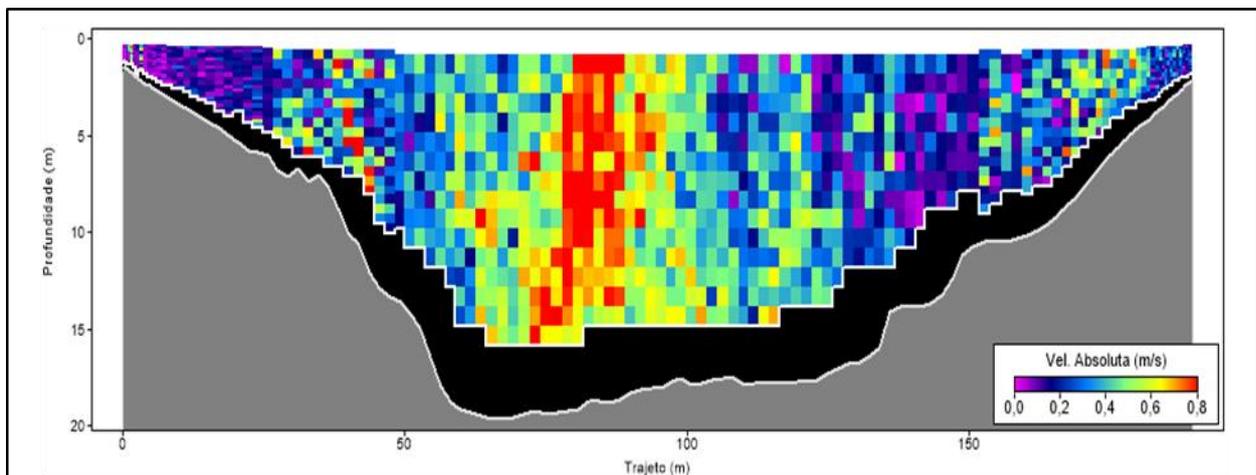


Figura 7. Resultado da medição de vazão realizada no dia 26 de junho de 2016, utilizando o ADCP, na estação UHE Teles Pires Jusante. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2**.

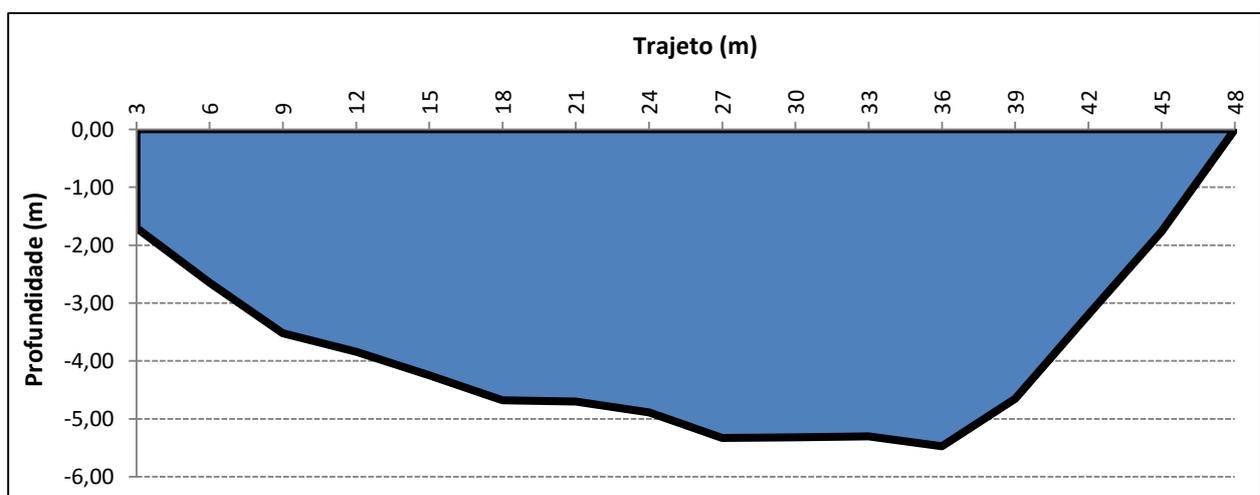


Figura 8. Perfil da seção de medição de vazão realizada no dia 12 de maio de 2016 na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

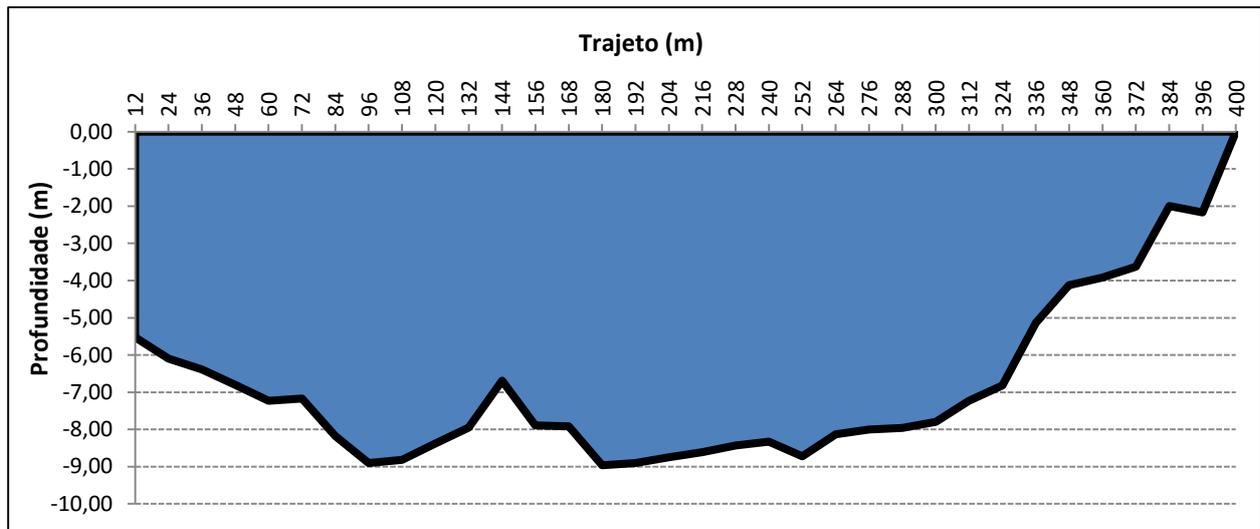


Figura 9. Perfil da seção de medição de vazão realizada no dia 10 de maio de 2016 na estação UHE Teles Pires Montante 2.

Juntamente com as medições de vazão também foram coletadas as amostras de sedimentos. Nas **Tabelas 2 e 3** são apresentadas as concentrações dos materiais em suspensão e as granulométricas dos materiais de suspensão e leito. Os detalhes das análises de sedimentos são apresentados no **ANEXO 3**.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

Tabela 2. Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em janeiro de 2016 nas estações hidrométricas da UHE Teles Pires. Na última linha são mostradas as concentrações dos sedimentos em suspensão.

		UHE Teles Pires Montante 1	*UHE Teles Pires Jusante	UHE Teles Pires Rio Paranaíta	UHE Teles Pires Montante 2
LEITO	D10 (mm)	0,291	0,333	0,099	0,112
	D30 (mm)	0,454	0,531	0,166	0,171
	D35 (mm)	0,496	0,618	0,181	0,184
	D50 (mm)	0,753	0,880	0,225	0,223
	D60 (mm)	0,929	1,115	0,260	0,250
	D65 (mm)	1,048	1,299	0,296	0,283
	D75 (mm)	1,523	1,666	0,369	0,353
	D90 (mm)	2,811	3,047	0,478	0,459
	Cascalho (%)	15,02	15,93	0,00	0,00
	Areia Grossa (%)	20,93	27,19	1,69	1,79
	Areia Média (%)	59,07	55,99	39,64	37,82
	Areia Fina (%)	4,94	0,88	57,37	58,42
	Silte + Argila (%)	0,03	0,01	1,30	1,97
SUSPENSÃO	Areia (%)	11,4	7,3	13,0	12,7
	Silte (%)	47,2	46,0	64,9	65,1
	Argila (%)	41,4	46,7	22,1	22,2
	Concentração (ppm)	25,13	10,67	35,76	29,22

Tabela 3. Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em maio de 2016.

		UHE Teles Pires Montante 1	UHE Teles Pires Jusante	UHE Teles Pires Rio Paranaíta	UHE Teles Pires Montante 2
LEITO	D10 (mm)	0,273	0,133	0,078	0,294
	D30 (mm)	0,342	0,190	0,117	0,427
	D35 (mm)	0,359	0,204	0,127	0,460
	D50 (mm)	0,410	0,247	0,168	0,683
	D60 (mm)	0,444	0,303	0,195	0,884
	D65 (mm)	0,462	0,332	0,209	0,990
	D75 (mm)	0,497	0,392	0,236	1,520
	D90 (mm)	0,820	0,482	0,410	3,342
	Cascalho (%)	0,00	0,00	0,00	16,46
	Areia Grossa (%)	2,21	2,85	0,00	17,78
	Areia Média (%)	94,57	45,93	19,84	62,32
	Areia Fina (%)	3,21	49,88	78,45	3,42
	Silte + Argila (%)	0,01	1,34	1,70	0,02
SUSPENSÃO	Areia (%)	13,2	46,8	14,2	12,0
	Silte (%)	63,7	19,2	65,4	61,2
	Argila (%)	23,1	34,0	20,4	26,8
	Concentração (ppm)	17,26	10,85	20,72	16,97

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

Os principais resultados de descargas líquidas e descargas sólidas em suspensão e totais referentes as coletas de campo realizadas de setembro de 2012 a maio de 2016 nas estações Montante 1, Jusante, Rio Paranaíta e Montante 2 são apresentados na **Tabela 4** e nas **Figuras 10 a 13**.

Tabela 4. Descargas líquidas e sólidas das campanhas realizadas nas estações hidrométricas da UHE Teles Pires. As descargas sólidas totais apresentadas foram calculadas pelo método de **Colby (1957)**.

Mês	Medida	UHE Teles Pires Montante 1	UHE Teles Pires Rio Paranaíta	UHE Teles Pires Jusante	UHE Teles Pires Montante 2
Set/12	Q (m ³ /s)	340,5 ± 3,9	1,63 ± 0,04	551,3 ± 15,2	641,8 ± 9,1
	Qss (t/dia)	109	1,03	197	307
	Qst (t/dia)	145	1,05	336	788
Out/12	Q (m ³ /s)	818,783 ± 18,946	27,687 ± 0,304	902,706 ± 17,321	788,338 ± 14,839
	Qss (t/dia)	1.050	56	678	1.249
	Qst (t/dia)	1.249	75	803	1.580
Jan/13	Q (m ³ /s)	3.206,6 ± 20,0	148,5 ± 3,2	*	3.279,6 ± 14,13
	Qss (t/dia)	6.228	339	*	8.387
	Qst (t/dia)	8.793	421	*	12.284
Abr/13	Q (m ³ /s)	4.705,125 ± 104,080	212,877 ± 4,641	4.793,620 ± 104,720	4.394,864 ± 17,424
	Qss (t/dia)	7.769	389	8.519	8.380
	Qst (t/dia)	11.203	400	12.158	13.240
Jul/13	Q (m ³ /s)	1.004,113 ± 17,523	28,206 ± 0,618	1.132,209 ± 38,346	1.036,586 ± 16,477
	Qss (t/dia)	1.622	56	2.011	1.759
	Qst (t/dia)	1.971	66	2.043	1.866
out/13	Q (m ³ /s)	689,636 ± 11,521	10,881 ± 0,104	837,621 ± 88,697	959,259 ± 10,221
	Qss (t/dia)	1.078	36	1.280	1.780
	Qst (t/dia)	1.251	38	1.732	2.643
Fev/14	Q (m ³ /s)	4.684,2 ± 5,8	110,6 ± 2,6	4.749,7 ± 81,7	4.746,6 ± 52,8
	Qss (t/dia)	7.985	171	8.027	8.164
	Qst (t/dia)	14.987	268	15.962	17.057
**Mar/14	Q (m ³ /s)	7.928,674 ± 19,054	-	-	6.939,594 ± 47,935
	Qss (t/dia)	-	-	-	-
	Qst (t/dia)	-	-	-	-
Abr/14	Q (m ³ /s)	5.035,186 ± 75,456	211,807 ± 6,603	***3.694,475 ± 109,725	4.502,212 ± 30,415
	Qss (t/dia)	6.373	222	6.809	6.788
	Qst (t/dia)	12.160	453	12.406	13.876
Jul/14	Q (m ³ /s)	990,651 ± 7,284	19,539 ± 0,252	979,404 ± 34,193	927,119 ± 10,730
	Qss (t/dia)	1.431	16	1.774	1.266
	Qst (t/dia)	1.846	19	2.268	1.905
Out/14	Q (m ³ /s)	614,435 ± 2,915	4,687 ± 0,097	891,032 ± 122,39	525,027 ± 7,942

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

Mês	Medida	UHE Teles Pires Montante 1	UHE Teles Pires Rio Paranaíta	UHE Teles Pires Jusante	UHE Teles Pires Montante 2
	Qss (t/dia)	659	7,026	1.037	581
	Qst (t/dia)	754	7,302	1.442	772
Jan/15	Q (m ³ /s)	2.350,922 ± 9,398	94,552 ± 1,143	3.138,790 ± 47,006	3.072,308 ± 15,671
	Qss (t/dia)	4.137	177	3.195	5.916
	Qst (t/dia)	6.231	245	6.784	7.380
Abr/15	Q (m ³ /s)	4.102,430 ± 101,440	113,732 ± 1,733	4.321,632 ± 133,352	3.573,947 ± 11,782
	Qss (t/dia)	5.161	155	4.615	4.845
	Qst (t/dia)	9.324	257	9.702	9.648
Jul/15	Q (m ³ /s)	1.089,616 ± 34,505	28,824 ± 0,460	925,797 ± 17,948	799,872 ± 1,208
	Qss (t/dia)	1.133	23	657	590
	Qst (t/dia)	1383	30	952	964
Out/15	Q (m ³ /s)	648,498 ± 3,956	5,074 ± 1,064	734,743 ± 15,522	609,867 ± 64,399
	Qss (t/dia)	675	6,72	607	705
	Qst (t/dia)	780	6,82	798	947
Jan/16	Q (m ³ /s)	3.304,675 ± 21,908	45,964 ± 0,638	2.890,366 ± 89,171	3.110,909 ± 7,399
	Qss (t/dia)	7.175	142	2.665	7.854
	Qst (t/dia)	11.582	170	5.151	13.225
****Mai/16	Q (m ³ /s)	1.311,230 ± 29,041	38,800 ± 1,410	670,373 ± 1,669	1.389,515 ± 6,487
	Qss (t/dia)	1.955	69	628	2.037
	Qst (t/dia)	2.580	85	835	3.149

*Na campanha de janeiro de 2013 não foi possível realizar medições de vazão na estação UHE Teles Pires devido a enchente com alta vazão concentrada no trecho do Rio Teles Pires onde as seções são realizadas, o que impôs uma alta velocidade a água e gerou risco na realização da medição.

**Medições de vazão adicionais, devido a cheia extraordinária ocorrida na região da UHE Teles Pires durante o mês de março de 2014.

***Na estação UHE Teles Pires Jusante, durante a campanha de abril de 2014, ocorreu um problema técnico com o equipamento de medição (ADCP), sendo que a medição teve que ser adiada para o dia 08 de maio de 2014.

**** Na estação UHE Teles Pires Jusante, durante a campanha de maio de 2016, primeiramente a medição de vazão foi realizada a partir do molinete hidrométrico, porém, devido a extensão das seções de medição e pela dificuldade de ancoragem do barco, optou-se por refazer a medição utilizando do ADCP, que ocorreu no dia 26 de junho de 2016.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

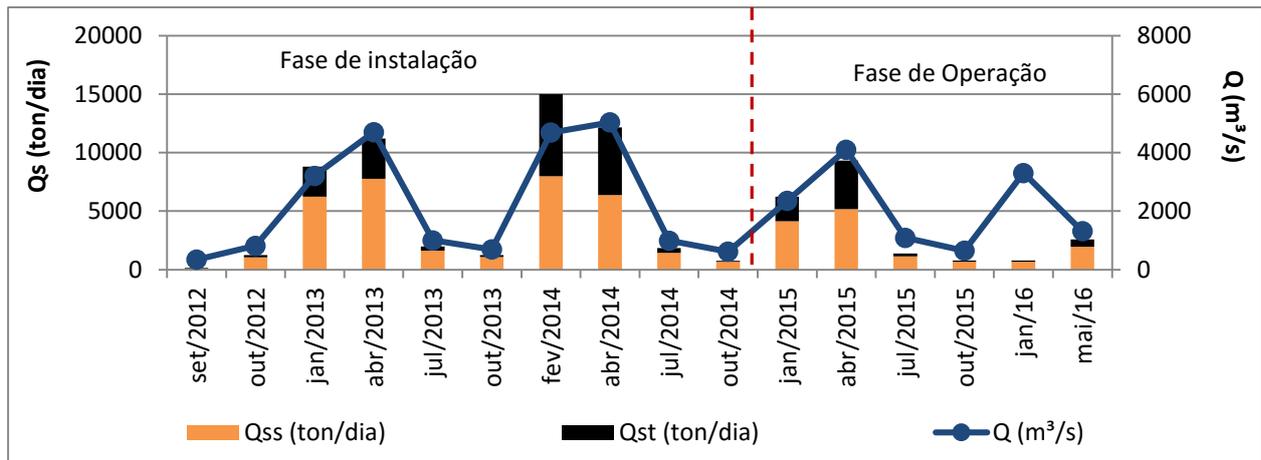


Figura 10. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE Teles Pires Montante 1 nas campanhas realizadas entre setembro de 2012 e maio de 2016.

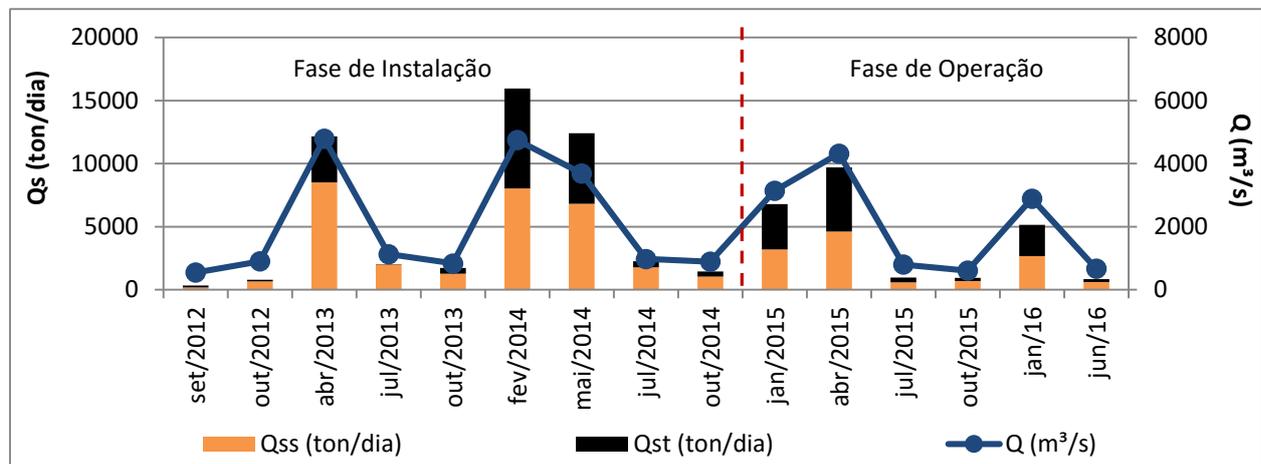


Figura 11. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE Teles Pires Jusante nas campanhas realizadas entre setembro de 2012 e junho de 2016.

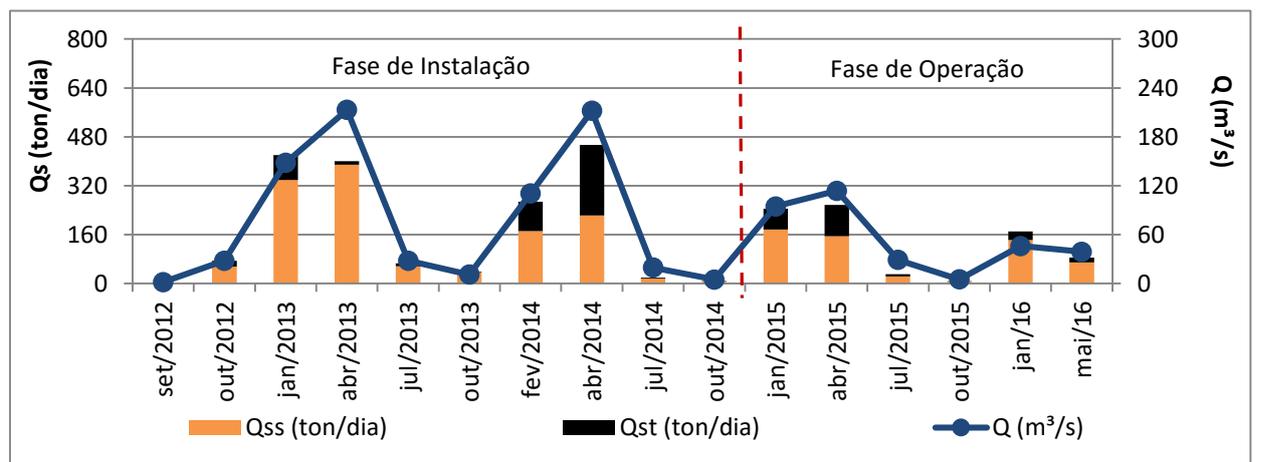


Figura 12. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta nas campanhas realizadas entre setembro de 2012 e maio de 2016.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

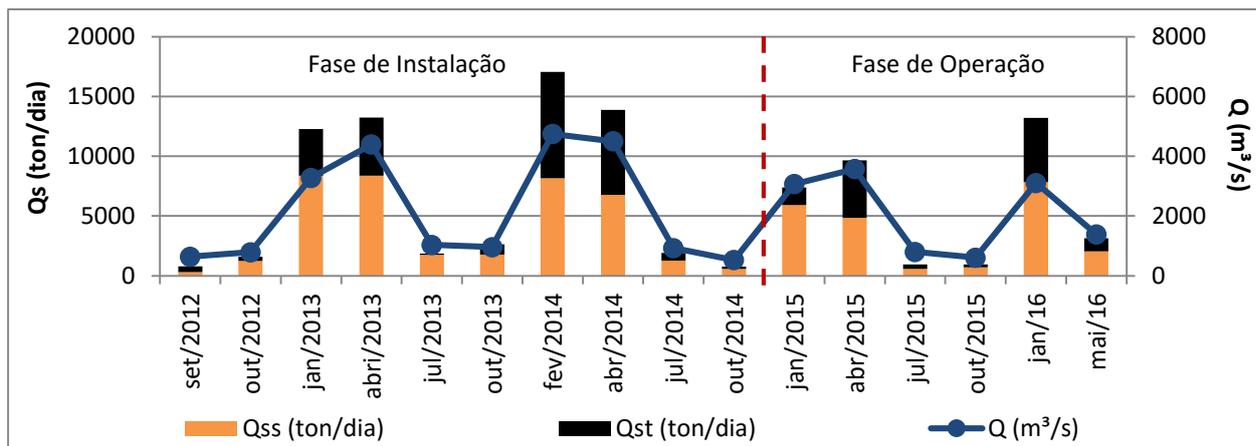


Figura 13. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação UHE Teles Pires Montante 2 nas campanhas realizadas entre setembro de 2012 e maio de 2016.

Os rios Teles Pires e Paranaíta apresentaram baixas concentrações de sedimentos em suspensão, sendo que nas campanhas de janeiro e maio de 2016 a granulometria predominantemente nos rios foi de silte e argila. Quanto à análise granulométrica do sedimento de fundo, os rios apresentaram leitos com predominância de areia média e fina. Os valores referentes às descargas sólidas das estações variaram conforme a oscilação das vazões dos rios Teles Pires e Paranaíta, com os maiores valores observados entre os meses de janeiro a abril e os menores valores entre julho a outubro. Os sedimentos que alcançam a região de monitoramento são originários da área de drenagem contribuinte e são transportados, principalmente, através da rede principal do canal fluvial. A produção desses sedimentos derivados da área de drenagem é dependente principalmente do escoamento das águas da chuva com o carreamento dos sedimentos e das características de transporte no curso d'água, além da erosão das margens, que, de acordo com o "Programa de Monitoramento de Estabilidades das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos", se encontram em um bom estado de preservação.

6.2. Atualização das Curvas-chave de Vazão

A seguir são apresentadas as curvas-chave de vazão atualizadas para as estações UHE Teles Pires Montante 2 (**Figura 14**) e UHE Teles Pires Rio Paranaíta (**Figura 15**), localizadas a montante do reservatório e fora da área de remanso, e para a estação UHE Teles Pires Jusante (**Figura 16**), localizada a jusante da barragem. Conforme mencionado nos relatórios anteriores, para a estação UHE Teles Pires Montante 1 (**Figura 17**), com o enchimento do reservatório foi observada a formação de remanso no local onde a estação encontra-se instalada, causando instabilidades hidráulicas, como por exemplo, valores altos de cotas para baixas velocidades da água. Essa condição inviabiliza a utilização da curva-chave de vazão, visto que somente com os dados de cota, não seria possível entender a totalidade da condição hidráulica na seção de monitoramento.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

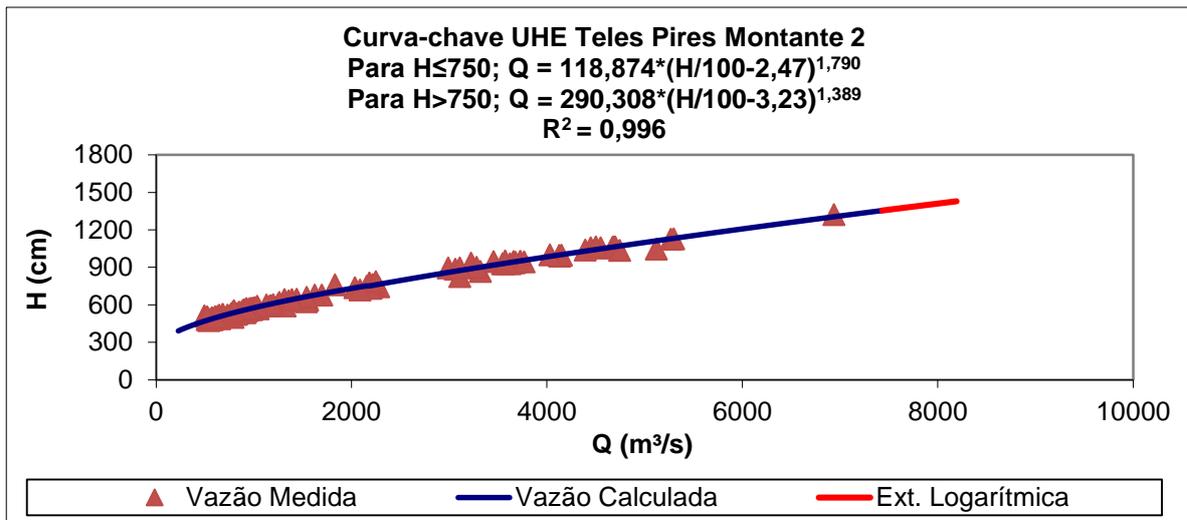


Figura 14. Curva-chave de vazão da estação UHE Teles Pires Montante 2.

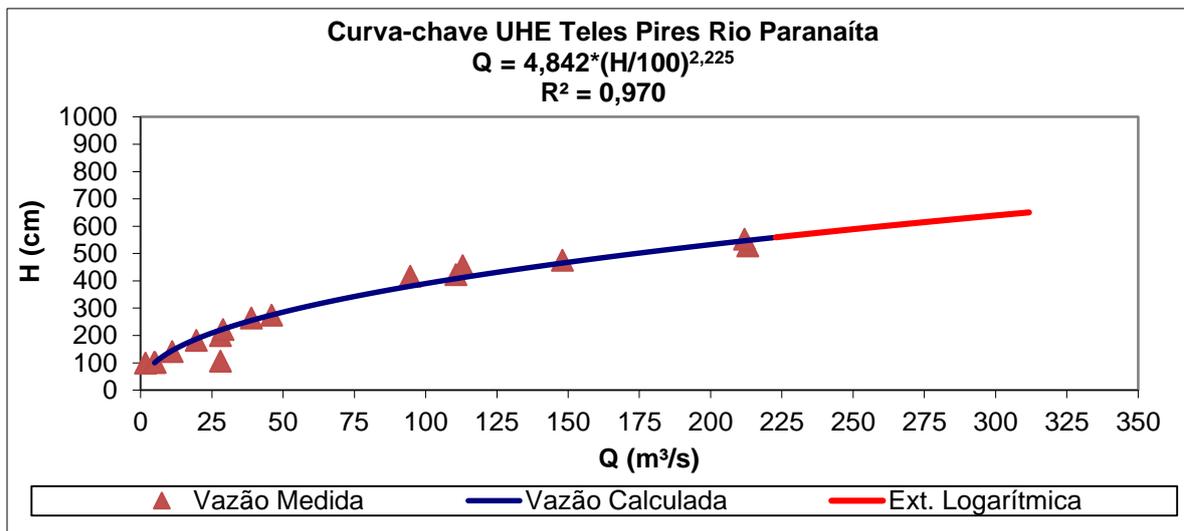


Figura 15. Curva-chave de vazão da estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

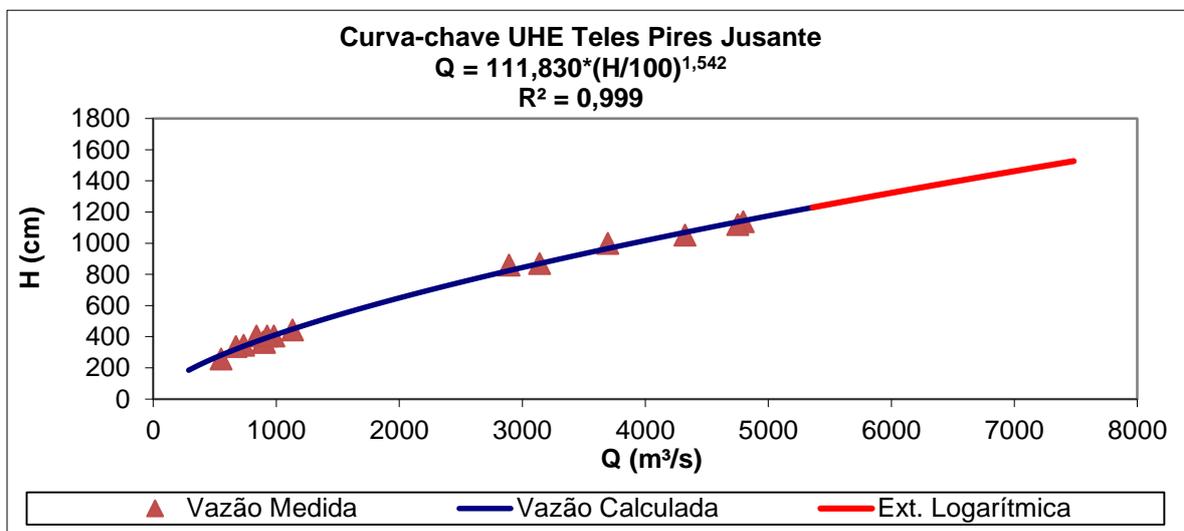


Figura 16. Curva-chave de vazão da estação UHE Teles Pires Jusante.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

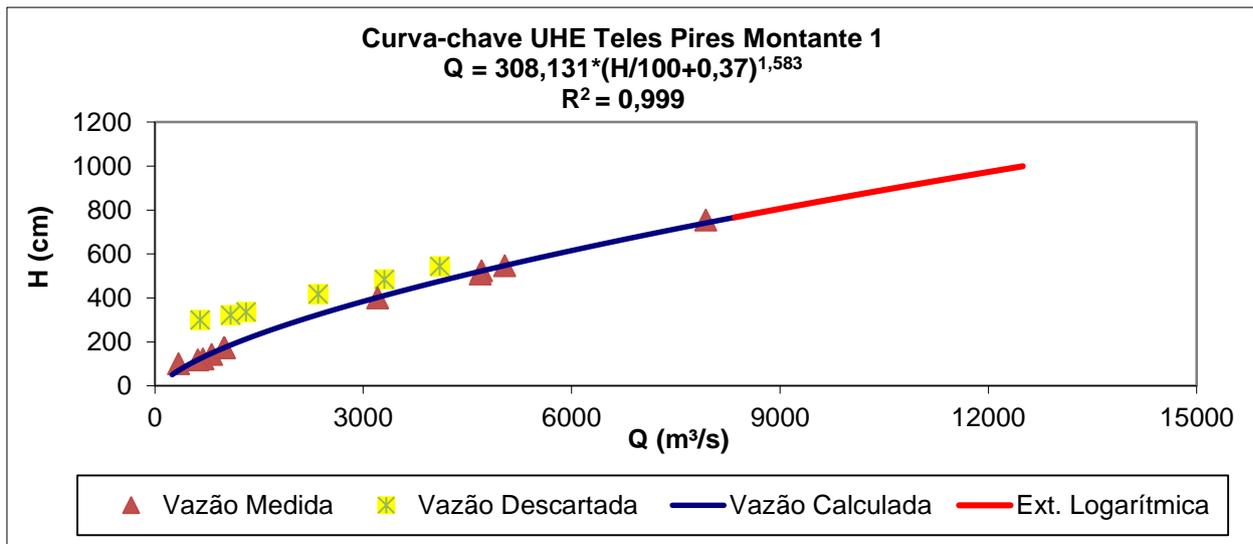


Figura 17. Curva-chave de vazão da estação UHE Teles Pires Montante 1. Foram descartadas as últimas medições que se apresentaram fora do ajuste da curva-chave, com elevados desvios entre a vazão medida e a vazão calculada (medições representadas em amarelo no gráfico).

6.3. Atualização das Curvas-chave de Sedimento

A seguir são apresentadas as curvas-chave de sedimento atualizadas para as estações hidrométricas da UHE Teles Pires (**Figuras 18 a 21**). As curvas-chave traçadas para as estações apresentaram de uma forma geral um bom ajuste, sendo que o índice de determinação mínimo obtido foi de 0,8674 na estação Jusante e máximo de 0,9268 na estação Rio Paranaíta. Ressalta-se que para uma curva-chave de sedimento, valores de R^2 acima 0,7 são considerados satisfatórios pela literatura (**VESTENA, 2009**).

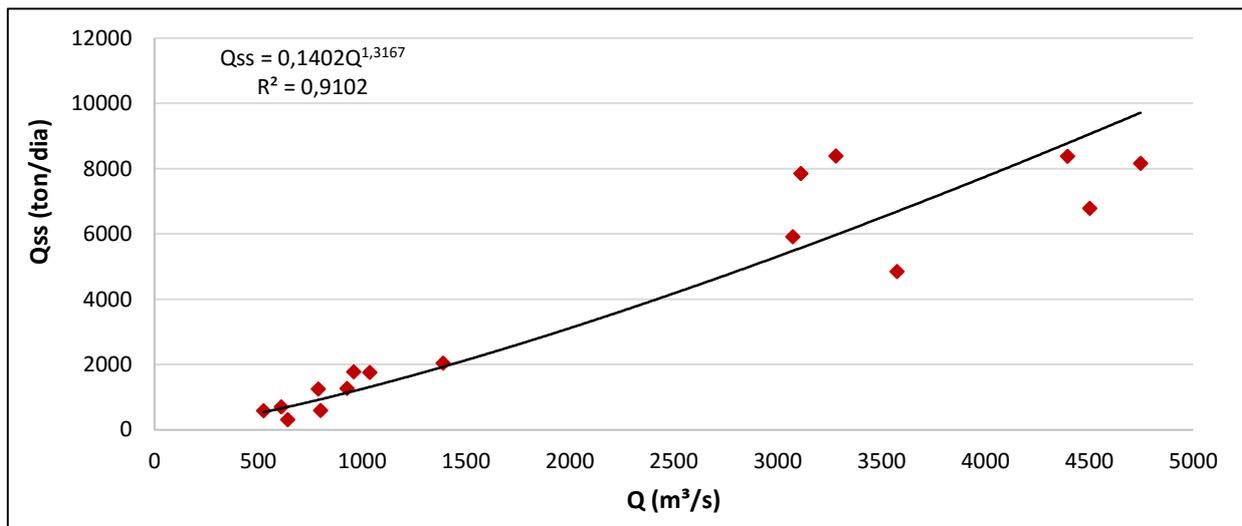


Figura 18. Curva-chave de sedimento da estação UHE Teles Pires Montante 2. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

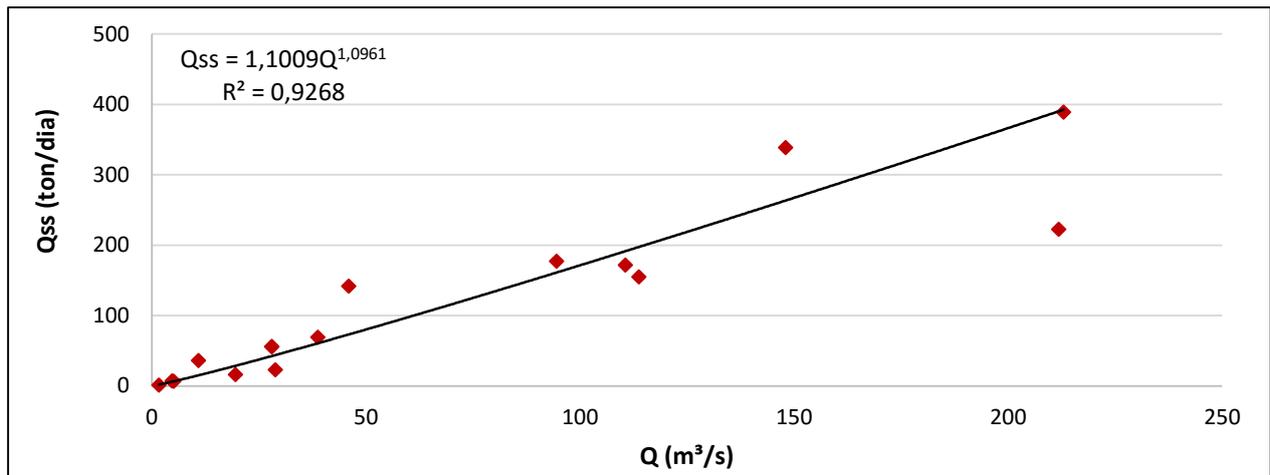


Figura 19. Curva-chave de sedimento da estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

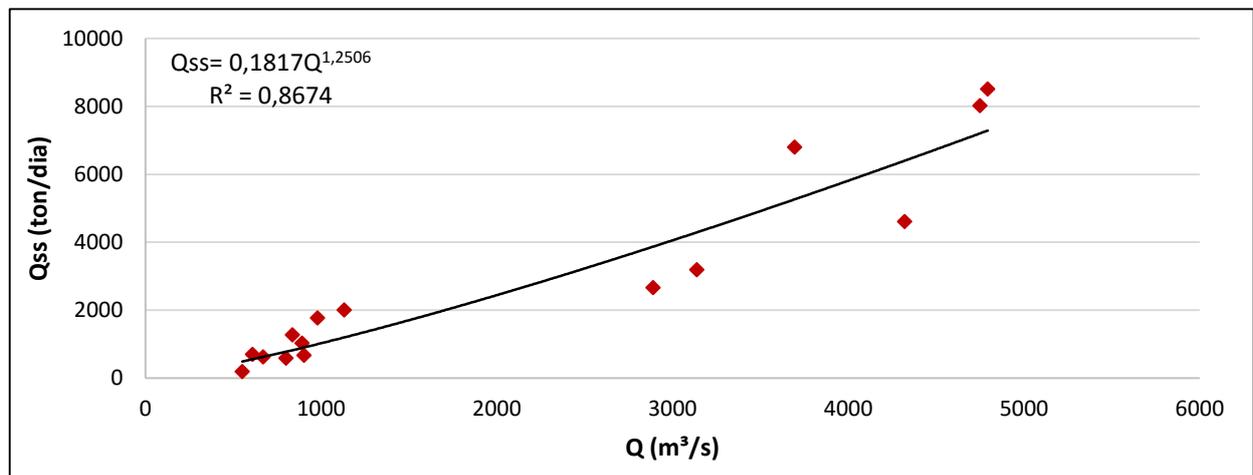


Figura 20. Curva-chave de sedimento da estação UHE Teles Pires Jusante. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

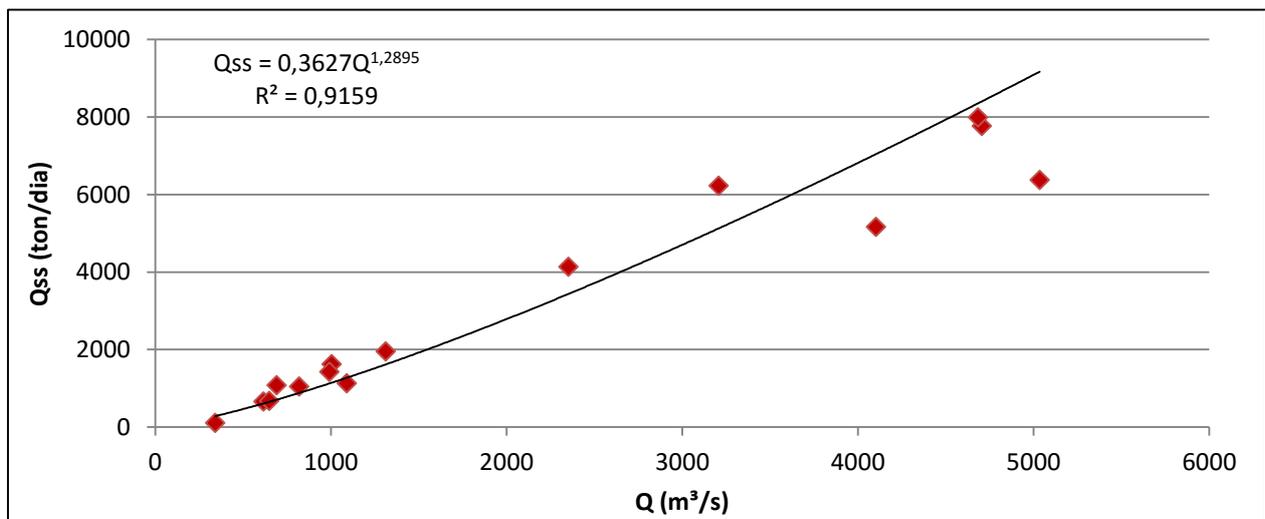


Figura 21. Curva-chave de sedimento da estação UHE Teles Pires Montante 1. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

6.4. Medidas de Precipitação, Nível e Vazão

6.4.1. Estação UHE Teles Pires Jusante

Conforme mencionado no relatório anterior, no dia 01 de novembro de 2015 a sensor de nível da estação Jusante interrompeu a coleta de dados e, durante vistoria de campo, foi observado que devido a um fluxo de água contínuo percolando na encosta marginal, próximo ao local de instalação do sensor, ocorreu um acúmulo de grande quantidade de sedimento acima do equipamento, o que possivelmente ocasionou a ruptura no cabo do sensor. Foram realizadas algumas tentativas de desenterrar o sensor e providenciar o conserto do cabo, porém, devido a alta correnteza do rio e da grande quantidade de material carregado, não foi possível retirar o equipamento. Foi providenciada então a compra de um novo sensor de nível pelo empreendedor, além da escolha de um novo local para instalação da estação, que ocorreu no dia 09 de março de 2016 (**Figura 22**).



Figura 22. Estação hidrométrica UHE Teles Pires Jusante instalada nas coordenadas Latitude 09°19'51.0"/longitude -56°46'40.0", no dia 09 de março de 2016.

Afim de se manter um pleno funcionamento da estação Jusante, no “Programa de Monitoramento de Estabilidades das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos da UHE Teles Pires”, foi inserido um novo ponto de monitoramento (**Figura 23**), bem próximo ao novo local de instalação do sensor de nível da estação, para avaliação da estabilidade superficial marginal.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico



Figura 23. Estaca de monitoramento de encostas marginais, instalada próxima a estação UHE Teles Pires Jusante.

A **Figura 24** apresenta então a precipitação (mm) acumulada diária e a vazão (m³/s) média diária na estação UHE Teles Pires Jusante entre janeiro e junho de 2016. Os detalhes com os dados diários da estação são apresentados no **ANEXO 4**. Ressalta-se que para o período em que a estação não registrou nível (de 01 de janeiro a 03 de março e de 04 a 25 de abril de 2016), os dados de vazão média diária foram estimados a partir da série de vazão defluente, fornecida pela equipe de operação da usina.

Durante o período de janeiro a junho de 2016, o mês de junho foi o que apresentou a menor vazão média mensal, de 914 m³/s. Já o mês de março apresentou a maior vazão média, de 3.295 m³/s. O mês de janeiro foi o que apresentou a maior taxa de precipitação, com um total acumulado de 345,5 mm, seguido do mês de março, com um total acumulado de 300,6 mm. Já o mês de junho apresentou a menor taxa de precipitação, de apenas 5,6 mm.

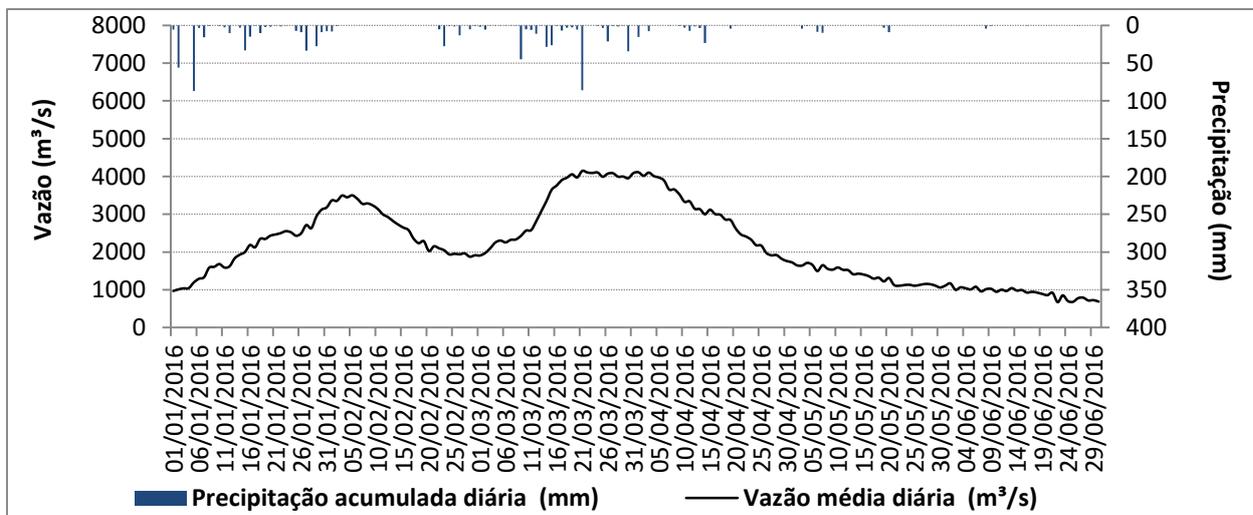


Figura 24. Precipitação (mm) acumulada diária e vazão (m³/s) média diária na estação hidrométrica UHE Teles Pires Jusante no período de 01 de janeiro a 30 de junho de 2016.

6.4.2. Estação UHE Teles Pires Montante 2

A **Figura 25** apresenta a estação UHE Teles Pires Montante 2 durante campanha de campo realizada em maio de 2016 e a **Figura 26** apresenta a precipitação (mm) acumulada diária e a vazão (m^3/s) média diária registrada na estação no período de janeiro a junho de 2016, sendo que a menor vazão média foi observada no mês de junho, de $833 m^3/s$. Já o mês de março apresentou a maior vazão média, de $3.063 m^3/s$.



Figura 25. Estação Hidrométrica UHE Teles Pires Montante 2.

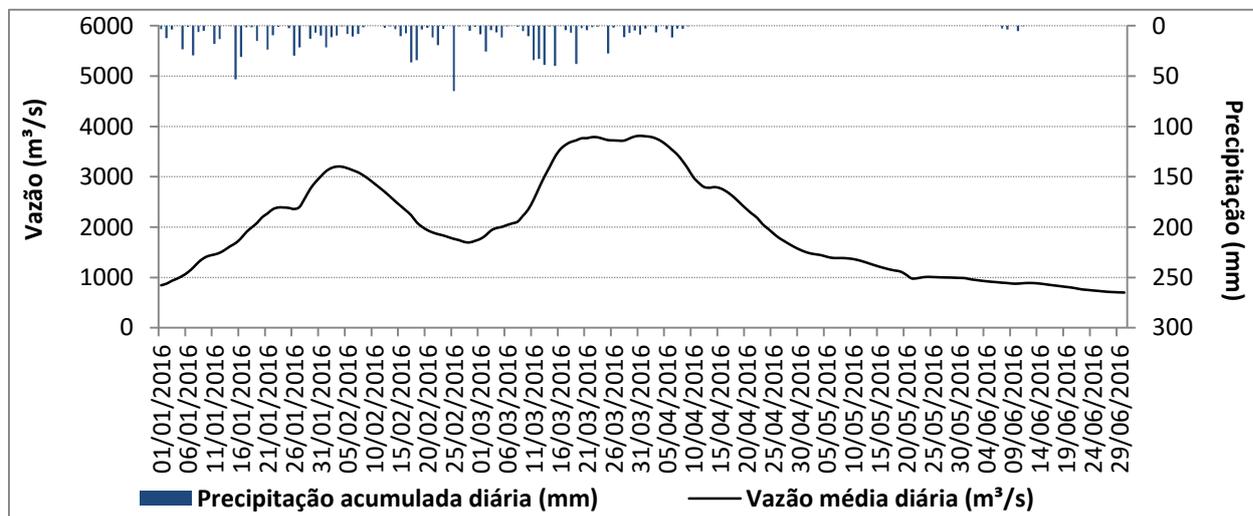


Figura 26. Precipitação (mm) acumulada diária e vazão (m^3/s) média diária na estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 2 no período de 01 de janeiro a 30 de junho de 2016. Entre 10 de abril e 09 de maio de 2016, a estação apresentou falhas de registro de precipitação.

Como a partir do dia 10 de abril a estação Montante 2 apresentou falhas de registro de dados de chuva, uma vistoria foi realizada no pluviômetro da estação no dia 10 de maio, que desde então está operando normalmente. Para o preenchimento dos dados de chuva da estação Montante 2, referente aos meses de abril e maio de 2016, a série de totais mensais de precipitação da estação (desde 2013) foi correlacionada com os totais mensais das demais

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

estações da região, tendo em vista identificar a melhor correlação linear entre os dados, sendo que a melhor correlação foi entre a estação Montante 1, que apresentou um R^2 de 0,9178 (Figura 27).

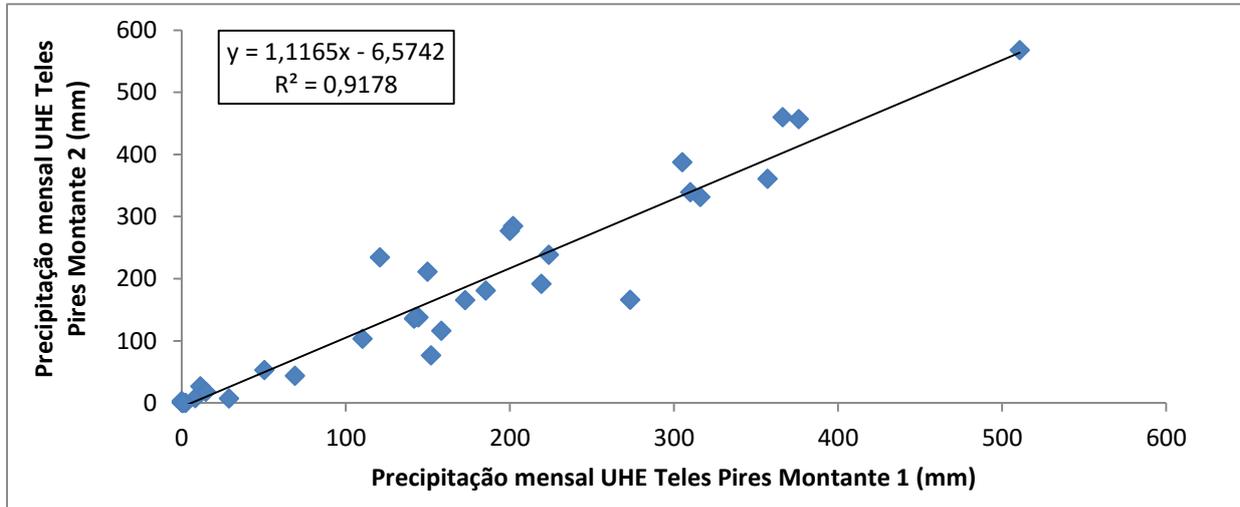


Figura 27. Correlação entre a estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 1 e a estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 2.

A **Figura 28** apresenta os totais mensais de precipitação na estação UHE Teles Pires Montante 2, sendo que para os meses de abril e maio de 2016 os valores foram obtidos a partir da equação de correlação com a estação UHE Teles Pires Montante 1.

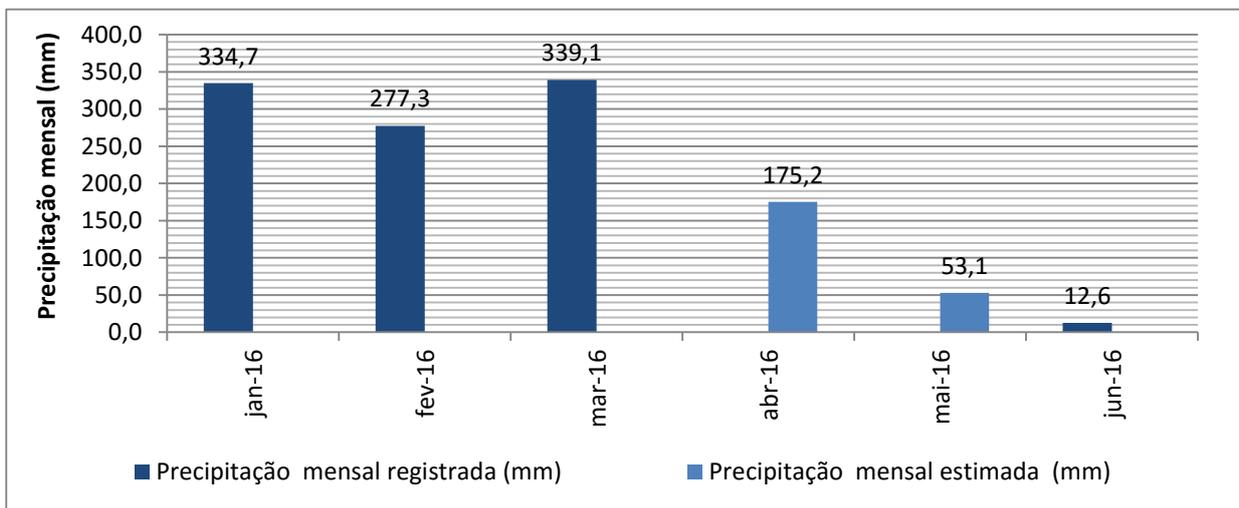


Figura 28. Totais mensais de precipitação (mm) na estação UHE Teles Pires Montante 2.

Tendo preenchido a série de chuvas, procedeu-se com a análise de consistência dos dados através do método da dupla massa, sendo que o resultado mostra que os dados da estação em estudo são consistentes (**Figura 29**), apresentando um R^2 satisfatório de 0,9986.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

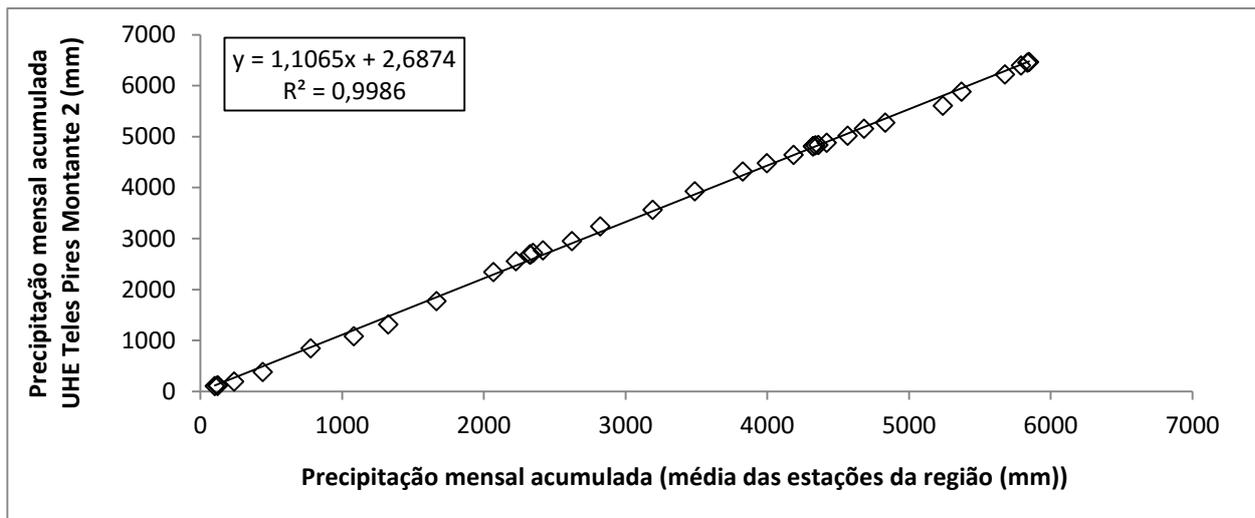


Figura 29. Método de dupla massa entre a estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 2 e as demais estações da região (estações que não apresentaram falhas de registro entre janeiro e junho de 2016, UHE Teles Pires Montante 1 e UHE Teles Pires Jusante).

6.4.3. Estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta

A **Figura 30** apresenta a precipitação (mm) acumulada diária e a vazão (m^3/s) média diária na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

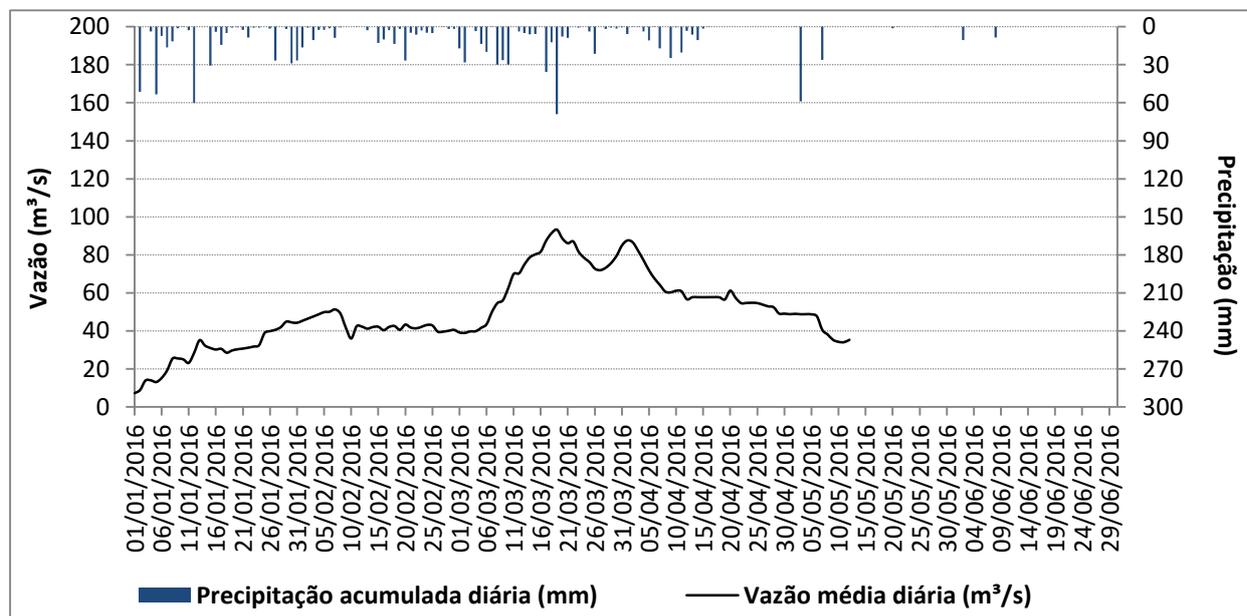


Figura 30. Precipitação (mm) acumulada diária e vazão (m^3/s) média diária na estação hidrométrica UHE Teles Pires Rio Paranaíta no período de 01 de janeiro a 30 de junho de 2016. Após 30 de abril a estação apresentou falhas de registro de dados de nível e após 08 de junho a estação interrompeu também a coleta dos dados de precipitação.

Durante vistoria realizada na estação Rio Paranaíta no dia 12 de maio (**Figura 31**) foi observado que o cano de proteção do sensor de nível havia se rompido, possivelmente por vandalismo, danificando o sensor. No dia 8 de junho a estação interrompeu também a

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

transmissão dos dados de precipitação, sendo assim, no dia 10 de junho ela foi retirada de campo para manutenção.



Figura 31. Estação Hidrométrica UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

Para o preenchimento dos dados de chuva da estação Rio Paranaíta, referente aos mês de junho 2016, a série de totais mensais de precipitação da estação (desde 2013) foi correlacionada com os totais mensais das demais estações da região, tendo em vista identificar a melhor correlação linear entre os dados, sendo que a melhor correlação foi entre a estação Montante 1, que apresentou um R^2 de 0,8885 (**Figura 32**).

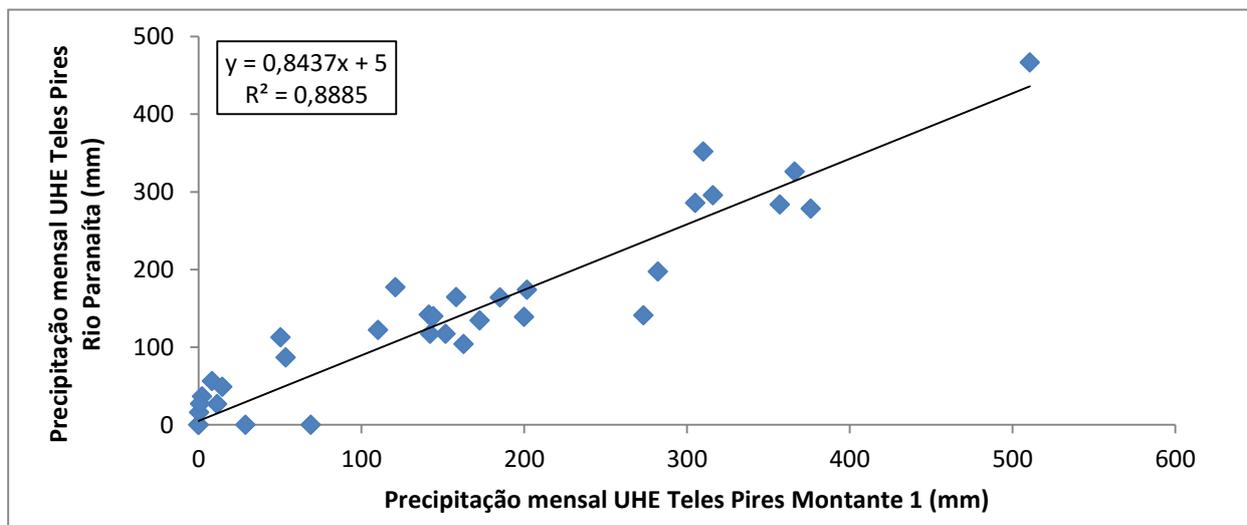


Figura 32. Correlação entre a estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 1 e a estação hidrométrica UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

A **Figura 33** apresenta os totais mensais de precipitação na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta, sendo que para o mês de junho de 2016 o valor foi obtido a partir da equação de correlação com a estação UHE Teles Pires Montante 1.

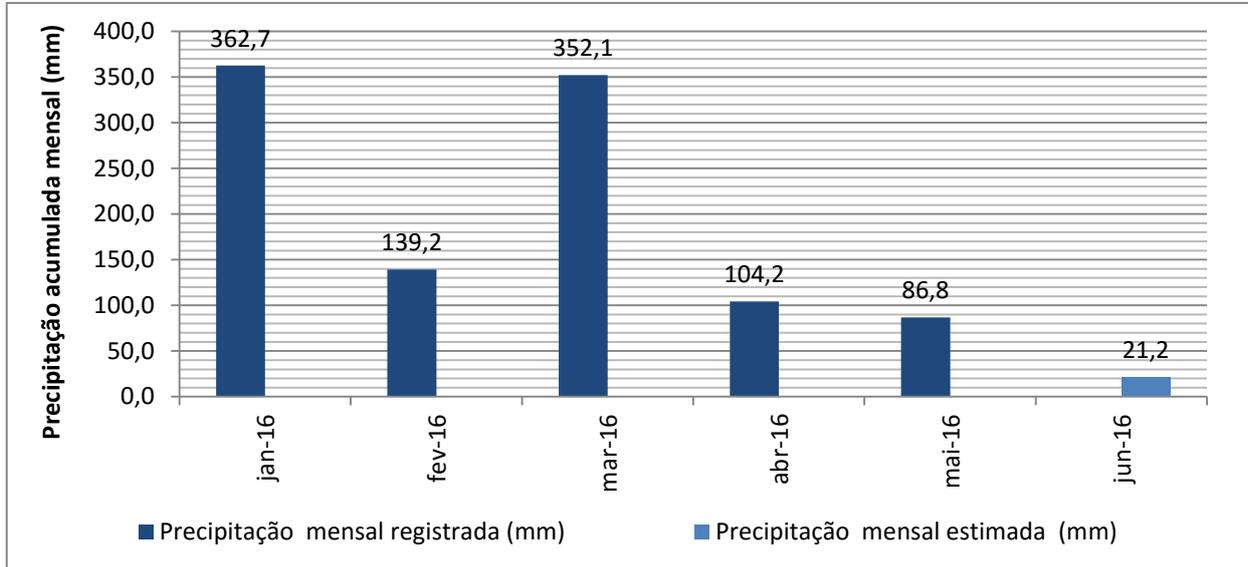


Figura 33. Totais mensais de precipitação (mm) na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

Tendo preenchido a série de chuvas, procedeu-se com a análise de consistência dos dados através do método da dupla massa, sendo que o resultado mostra que os dados da estação Rio Paranaíta são consistentes (**Figura 34**), apresentando um R^2 satisfatório de 0,994.

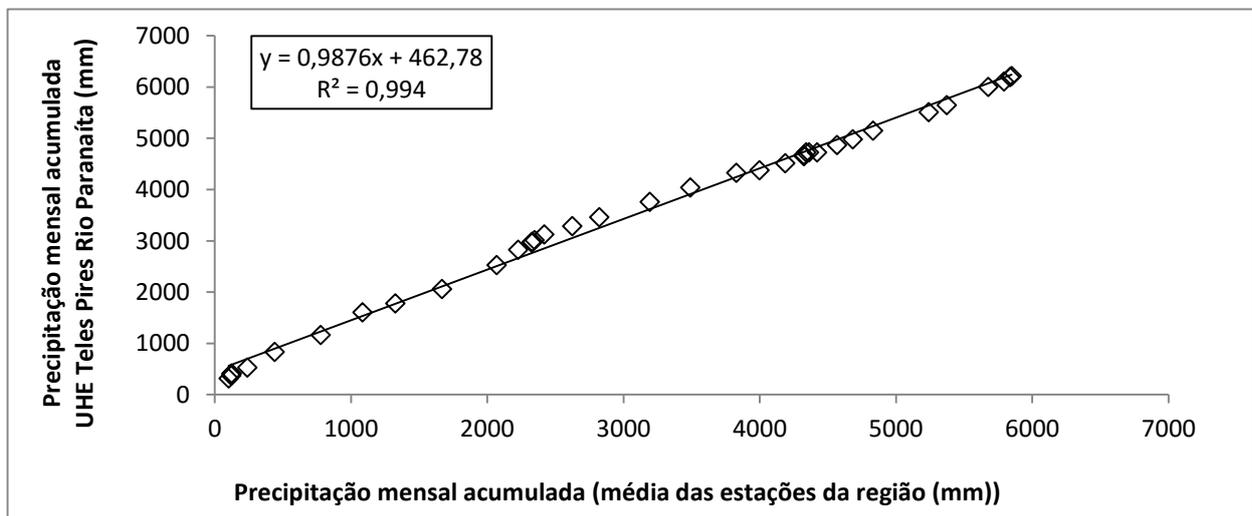


Figura 34. Método de dupla massa entre a estação hidrométrica UHE Teles Pires Rio Paranaíta e as demais estações da região (estações que não apresentaram falhas de registro entre janeiro e junho de 2016, UHE Teles Pires Montante 1 e UHE Teles Pires Jusante).

Para o preenchimento dos dados fluviométricos, a série de vazão média mensal do ano de 2016 da estação Rio Paranaíta foi correlacionada com a estação Montante 2, considerando os

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

meses que ambas estações operaram normalmente, obtendo-se um R^2 satisfatório de 0,9662 (Figura 35).

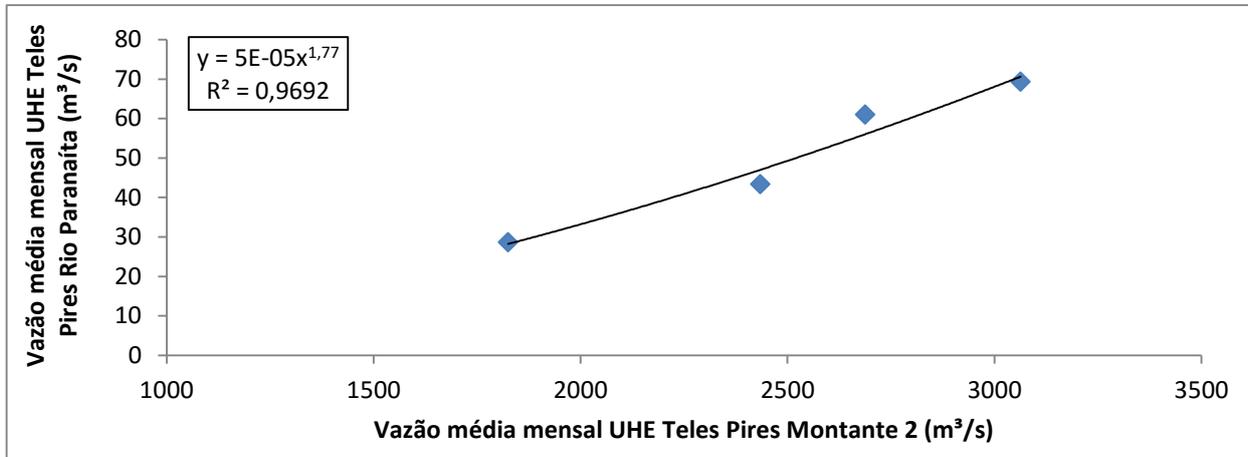


Figura 35. Correlação entre a estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 2 e a estação hidrométrica UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

A **Figura 36** apresenta as vazões médias mensais na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta, sendo que para os meses de maio e junho de 2016 os valores foram obtidos a partir da equação de correlação com a estação UHE Teles Pires Montante 2.

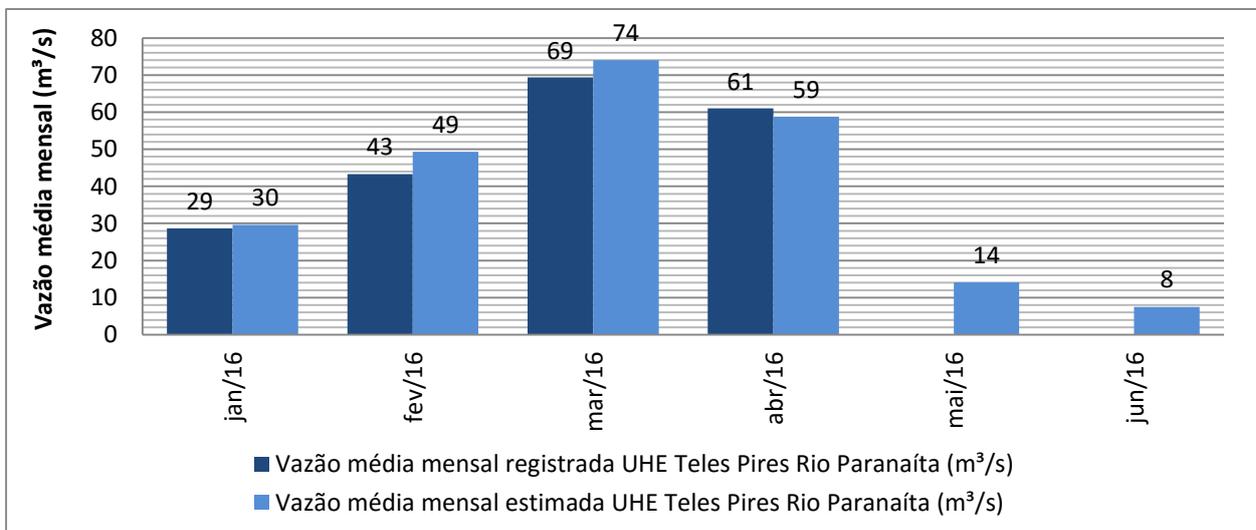


Figura 36. Médias mensais de vazão (m³/s) na estação UHE Teles Pires Rio Paranaíta.

6.4.4. Estação UHE Teles Pires Montante 1

A **Figura 37** apresenta a estação UHE Teles Pires Montante 1 durante campanha de campo realizada em maio de 2016 e a **Figura 38** apresenta a precipitação (mm) acumulada diária e o nível (m) médio diário na estação no período de janeiro a junho de 2016. Entre janeiro e junho, o mês de junho foi o que apresentou o menor nível médio, de 2,77 m, já o mês de fevereiro apresentou o maior nível médio, de 4,78 m, seguido do mês de março, com média de 4,62 m. O

P. 11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

mês de janeiro foi o que apresentou a maior taxa de precipitação, com um total acumulado de 469,08 mm e o mês de junho apresentou a menor taxa de precipitação, de 19,2 mm.



Figura 37. Estação Hidrométrica UHE Teles Pires Rio Montante 1.

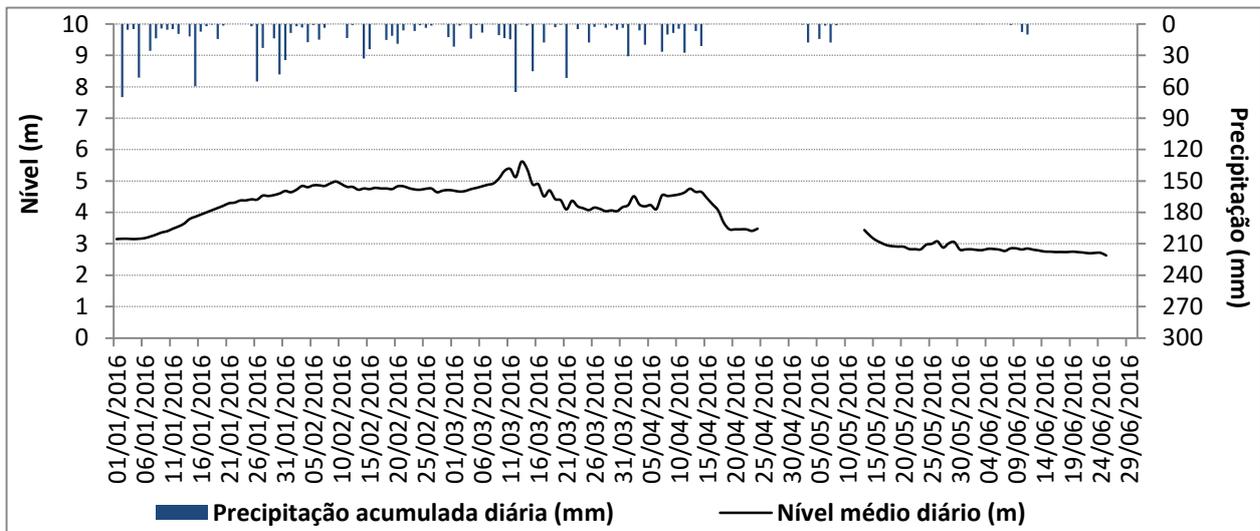


Figura 38. Precipitação (mm) acumulada diária e nível (m) médio diário na estação hidrométrica UHE Teles Pires Montante 1 no período de 01 de janeiro a 30 de junho de 2016.

6.4.5. Estação UHE Teles Pires Barramento

A **Figura 39** apresenta os dados de cota (m) média diária no barramento da UHE Teles Pires durante o período de 01 janeiro a 30 junho de 2016.

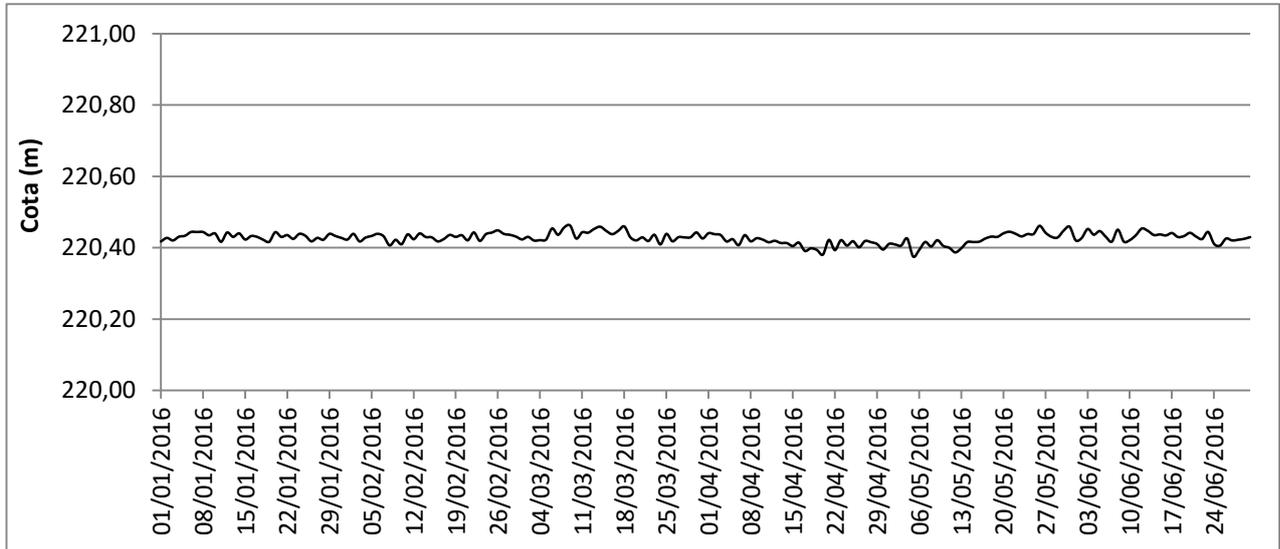


Figura 39. Cota (m) média diária na estação UHE Teles Pires Barramento no período de 01 de janeiro a 30 junho de 2016.

7. PROGRAMAÇÃO PARA O PERÍODO SEGUINTE

No **Quadro 3** é apresentada a programação do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico da UHE Teles Pires para os meses seguintes.

Quadro 3. Programação do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico da UHE Teles Pires .

Item	Atividade	Previsto/Realizado	2012				2013				2014				2015				2016				2017			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
							Desvio do rio ↓				Início enchimento do reservatório ↓															
P11 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico																										
1	Campanhas de medições de vazão e coletas de sedimentos nas estações hidrométricas.	P																								
		R																								
2	Análises laboratoriais das amostras de sedimento de suspensão e de leito.	P																								
		R																								
3	Limpeza e manutenção dos pluviômetros, sensores de nível, cercados e área de entorno das estações.	P																								
		R																								
4	Nivelamento das seções de réguas.	P																								
		R																								
5	Disponibilidade dos dados em tempo real para a ANEEL/ANA.	P																								
		R																								
6	Relatórios parciais (mensais).	P																								
		R																								
7	Relatórios de consolidação (a cada seis meses).	P																								
		R																								

Previsto
 Realizado

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente relatório foram descritas as principais atividades realizadas durante o período de janeiro a junho de 2016, que consistiram: (i) no monitoramento das estações hidrométricas; (ii) realização de duas campanhas de medições de vazão e coletas de sedimentos em suspensão e de leito; (iii) determinação das granulometrias dos materiais de leito e de suspensão; (iv) determinação das concentrações dos sedimentos em suspensão; (v) cálculo das descargas sólidas em suspensão e totais e (vi) atualização das curvas-chave de vazão e de sedimentos das estações.

Além das manutenções periódicas realizadas a cada trimestre, manutenções adicionais foram realizadas, a fim de garantir um melhor funcionamento das estações hidrométricas da UHE Teles Pires. Ressalta-se que para os maiores períodos em que as estações não operaram normalmente, foi apresentado o preenchimento de falhas dos dados pluviométricos e fluviométricos, seguindo as metodologias indicadas pela Resolução Conjunta ANEEL/ANA No.03 de 10 de Agosto de 2010.

Salienta-se que até o momento não há evidências de alterações significativas no comportamento hidrossedimentológico na região do empreendimento após o enchimento do reservatório. A estação Montante 1, no entanto, está sendo influenciada pelos efeitos do remanso do reservatório, sendo que a sua curva-chave de vazão não está mais sendo utilizada. Por outro lado, as análises de sedimentos desta estação são bastante importantes para a avaliação das características deposicionais na fase de reservatório. Para previsão das vazões afluentes da barragem vem sendo utilizada então a série de dados da estação Montante 2, que é de grande importância na tomada de decisão operacional da usina em períodos extremos de alta e baixas vazões.

As atividades do monitoramento hidrossedimentológico estão de acordo com o prazo previsto de execução do cronograma do PBA e atendem a Resolução Conjunta ANA/ANEEL N°. 03 de 2010.

REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Medição de descarga líquida em grandes rios: manual técnico**. Brasília: ANA; SGH, 2009.
- CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL. 2000. 154p.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CESP. Laboratório Cesp de Engenharia Civil. **Ensaio Sedimentométrico** – Companhia Energética de São Paulo, Ilha Solteira, São Paulo, 2009.
- COLBY, B. R.; HEMBRE, C. H. **Computation of Total Sediment Discharge**, Niobrara River near Cody, Nebraska. U. S. Geol. Survey. Water Supply. Paper 1357, 1955.
- COLBY, B.R. **Relationship of unmeasured sediment discharge to mean velocity**. Transactions, Amer. Geophys. Union. v. 38, n. 5, oct, p.708-719, 1957.
- MAHMOOD, K. (1987), **Reservoir sedimentation – impact, extent, and mitigation**, World Bank Tech, Paper N°. Washington, DC.
- MAIA, A.G. & Villela, S.M. (2009), **Análise do assoreamento do reservatório de Promissão através do modelo RESSASS**, Revista Ambiente, Guarapuava-PR, 5(2), 247-262.
- MENDES, A. B. Einstein.xls, **Modelo matemático para cálculo da descarga sólida total pelo método modificado de Einstein**. Monografia de final de Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- PAIVA, J.B.D. **Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos em Rios**, In: Paiva, J.B.D. *et al.* Hidrologia Aplicada a Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas, Porto Alegre, ABRH, 313-364, 2001.
- SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.R.V.B.; BUBA, H.; KISHI, R.T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, LACTEC, 2001.