

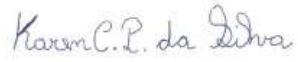

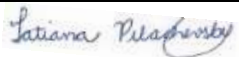

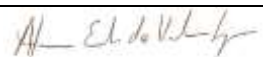
P.45 - PLANO BÁSICO AMBIENTAL INDÍGENA UHE TELES PIRES

Programa de Monitoramento de Atividades Minerárias

Relatório Semestral

Fase de Operação da UHE Teles Pires

Julho a Dezembro de 2015

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	

Janeiro – 2016

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FUNAI – Fundação Nacional do Índio

UTM - Universal Transversa de Mercator

WGS - Sistema Geodésico Mundial

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

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 OPERAÇÃO DA REDE HIDROLÓGICA	01
3. METODOLOGIA	02
4 RESULTADOS	03
4.1 Medições de Vazão (Descargas Líquidas) e Descargas Sólidas	03
4.2 Atualização das Curvas-chave de Vazão	10
4.3 Atualização das Curvas-chave de Sedimento	12
4.4 Monitoramento das Praias Indígenas	13
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
REFERÊNCIAS	18

ANEXOS

ANEXO 1. MEDIDAS DE DESCARGA LÍQUIDA DAS ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS	01
ANEXO 2. ANÁLISES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E DE LEITO	114
ANEXO 3. DADOS DE PRECIPITAÇÃO DAS ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS	146
ANEXO 4. DADOS DE NÍVEL E VAZÃO DAS ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS	155

1. INTRODUÇÃO

Este relatório integra o “PLANO BÁSICO AMBIENTAL INDÍGENA” e está relacionado ao “Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico Indígena na área das terras indígenas” que atende as condicionantes apresentadas no Plano Básico Ambiental Indígena da UHE Teles Pires, assim como demais solicitações do IBAMA e FUNAI.

Este estudo está sendo executado pela empresa **VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda.** tendo como objetivo fornecer informações referentes às taxas de aporte e deposição sedimentar nas drenagens adjacentes as terras indígenas à jusante da barragem, e identificar os principais pontos de deposição, viabilizando a elaboração de projetos que venham a preservar as áreas e as etnias indígenas.

Neste relatório são apresentadas as principais atividades realizadas entre julho e dezembro de 2015, as quais consistiram no monitoramento hidrológico e hidrossedimentológico de quatro estações hidrométricas.

2. OPERAÇÃO DA 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 1** e a **Figura 1**.

Quadro 1. Estações hidrométricas indígenas da UHE Teles Pires.

Estação	Coord. UTM –WGS-84	Rio	Município	Tipo
Coelho	21 L 493204 8996621	Teles Pires	Jacareacanga	PFDS
Apiacás	21 L 492442 8983868	Apiacás	Apiacás	PFDS
São Benedito	21L 497085 8992401	São Benedito	Jacareacanga	PFDS
Santa Rosa	21 L 453884 9020632	Teles Pires	Apiacás	PFDS

Legenda do tipo de monitoramento: P – Pluviométrico, F – Fluviométrico (Nível), D – Medição de Descarga Líquida e S – Medição de Descarga Sólida.

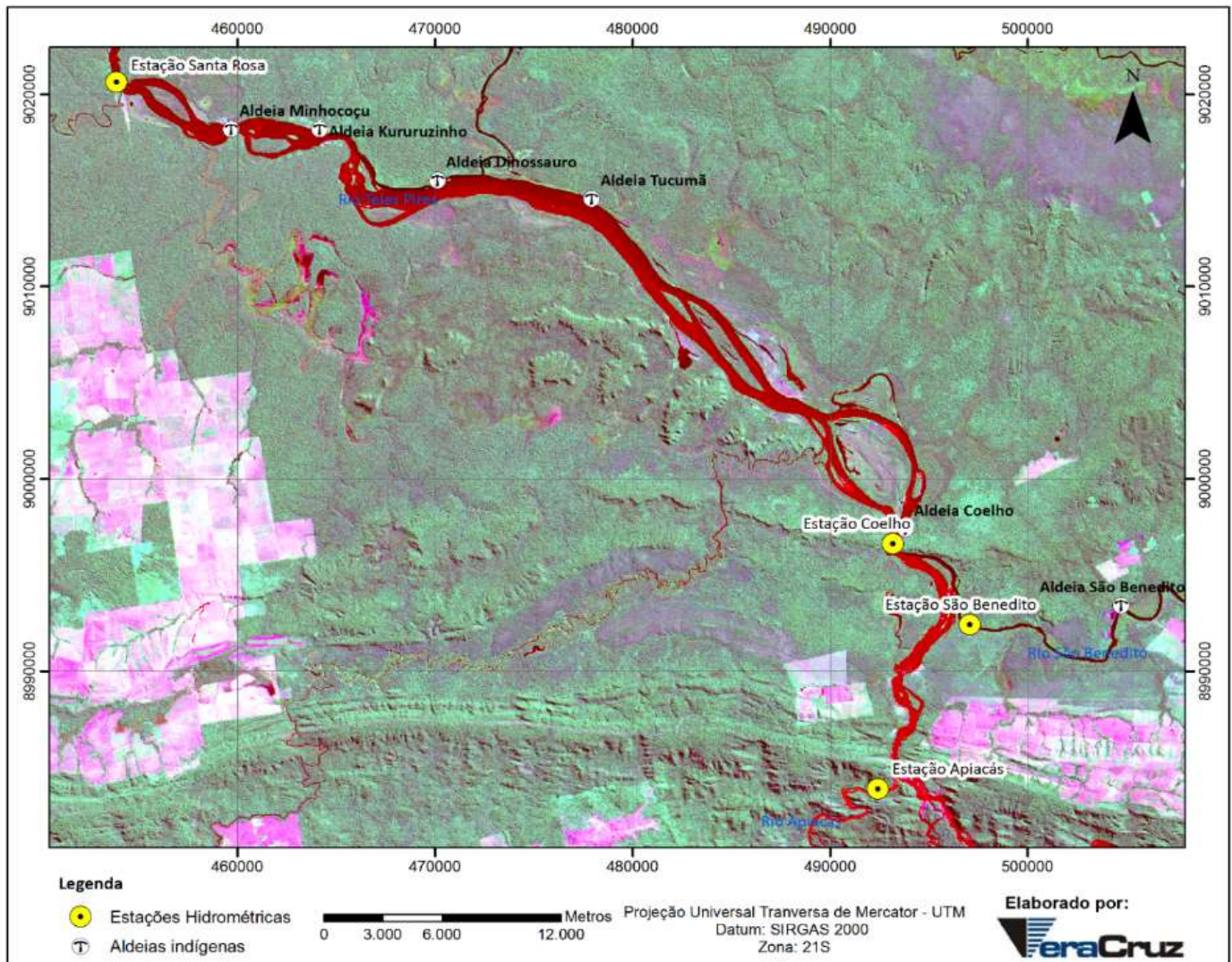


Figura 1. Localização das estações hidrométricas.

3. METODOLOGIA

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

4 RESULTADOS

4.1 Medições de Vazão (Descargas Líquidas) e Descargas Sólidas

No segundo semestre de 2015 foram realizadas duas medições de vazão e descargas sólidas, nos meses de agosto e novembro de 2015. Os principais resultados das medições de vazão são apresentados na **Tabela 1**. As **Figuras 2 a 9** apresentam as seções das medições de vazão que foram feitas utilizando o ADCP e 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 1**.

Tabela 1. Resumo das medições de hidrometria, com destaque a vazão calculada.

Estação	Data e Horário do Início da Medição	Vazão (m ³ /s)	Largura (m)	Velocidade Média (m/s)	Área da Seção (m ²)
Coelho	05/08/2015 – 10:37h	1.017,195 ± 22,248	351,952 ± 4,550	0,226 ± 0,006	4.508,563 ± 33,526
Apiacás	06/08/2015 – 09:22h	63,814 ± 0,572	109,826 ± 1,076	0,097 ± 0,001	654,826 ± 7,541
São Benedito	05/08/2015 – 14:02h	202,843 ± 1,52	151,554 ± 1,498	0,531 ± 0,005	382,100 ± 2,092
Santa Rosa	04/08/2015 – 12:18h	1.203,750 ± 19,235	362,074 ± 2,286	0,361 ± 0,004	3.331,152 ± 78,696
Coelho	04/11/2015 – 10:29h	816,614 ± 15,650	344,042 ± 0,127	0,177 ± 0,004	4.602,625 ± 85,476
Apiacás	03/11/2015 – 11:32h	32,154 ± 5,036	105,840 ± 0,159	0,052 ± 0,008	619,046 ± 5,662
São Benedito	03/11/2015 – 15:10h	168,238 ± 0,887	155,499 ± 0,420	0,457 ± 0,007	367,808 ± 4,477
Santa Rosa	04/11/2015 – 13:50h	1.031,679 ± 14,618	372,945 ± 1,530	0,315 ± 0,007	3.273,608 ± 50,890

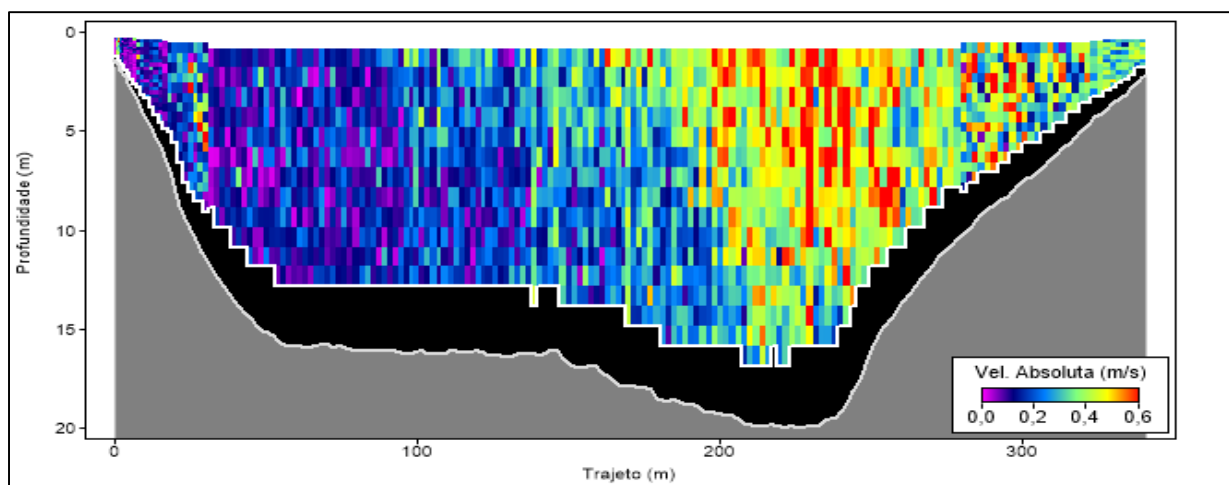


Figura 2. Resultado da medida de velocidade da água e vazão realizada com o ADCP na estação Coelho no dia 05 de agosto de 2015. Cores quentes (tons de vermelho e amarelo) indicam velocidades maiores, enquanto que cores frias (tons de azul) indicam velocidades de correntes menores para a velocidade da água (veja legenda junto à figura). A parte preta indica um descarte da medição de velocidade da água próximo ao leito devido às incertezas referentes à alta reflexão do sinal *doppler* pela matéria orgânica, vegetação e transporte de sedimentos de arrasto; nesta área a velocidade da água é interpolada exponencialmente conferindo um melhor resultado. O limite branco junto à área cinza indica o leito do rio.

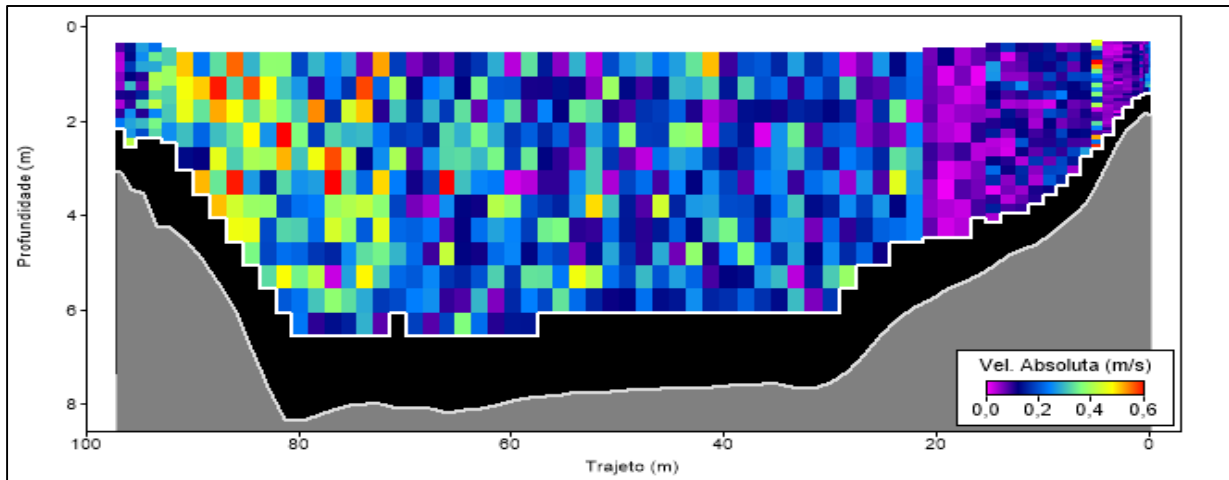


Figura 3. Resultado da medida de velocidade da água e vazão realizada com o ADCP na estação Apiacás no dia 06 de agosto de 2015. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2**.

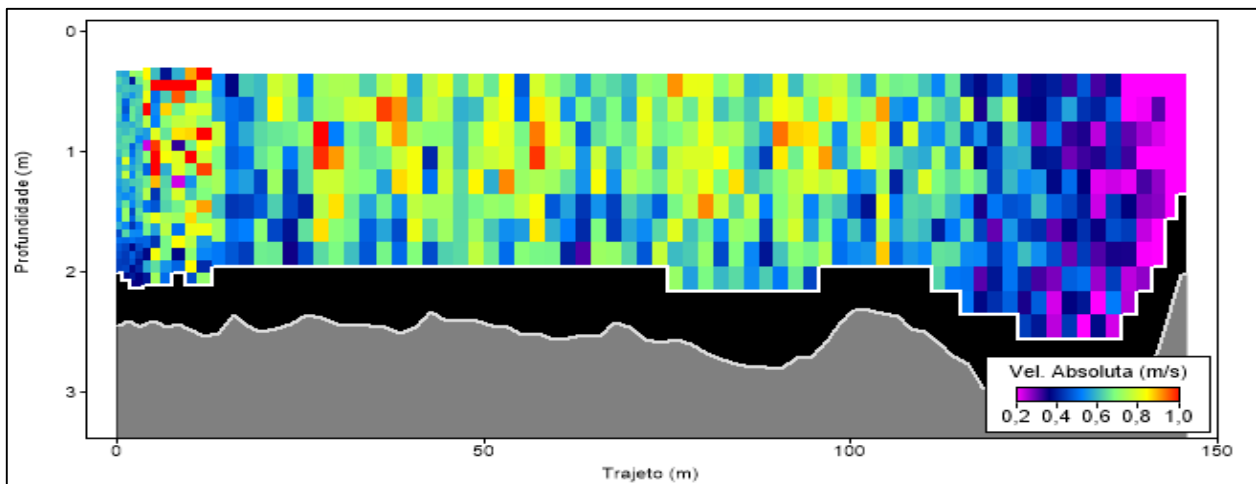


Figura 4. Resultado da medida de velocidade da água e vazão realizada com o ADCP na estação São Benedito no dia 05 de agosto de 2015. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2**.

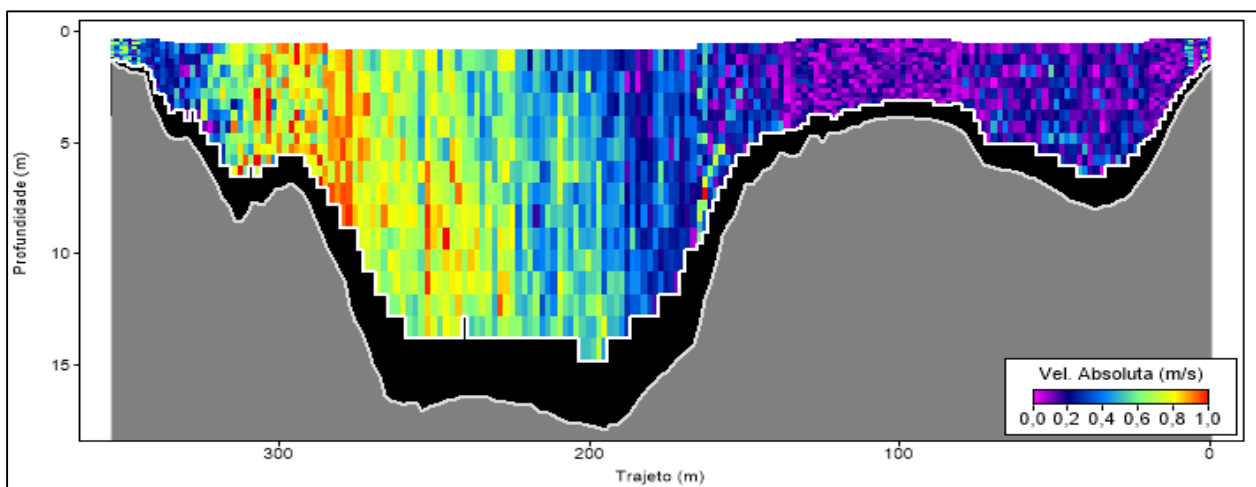


Figura 5. Resultado da medida de velocidade da água e vazão realizada com o ADCP na estação Santa Rosa no dia 04 de agosto de 2015. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2**.

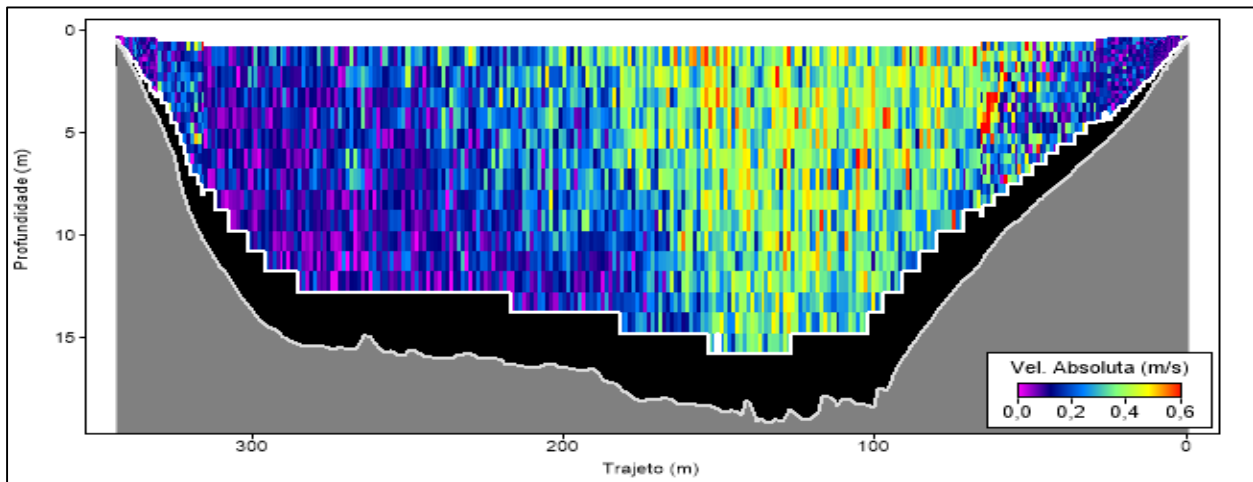


Figura 6. Resultado da medida de velocidade da água e vazão realizada com o ADCP na estação Coelho no dia 04 de novembro de 2015. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2**.

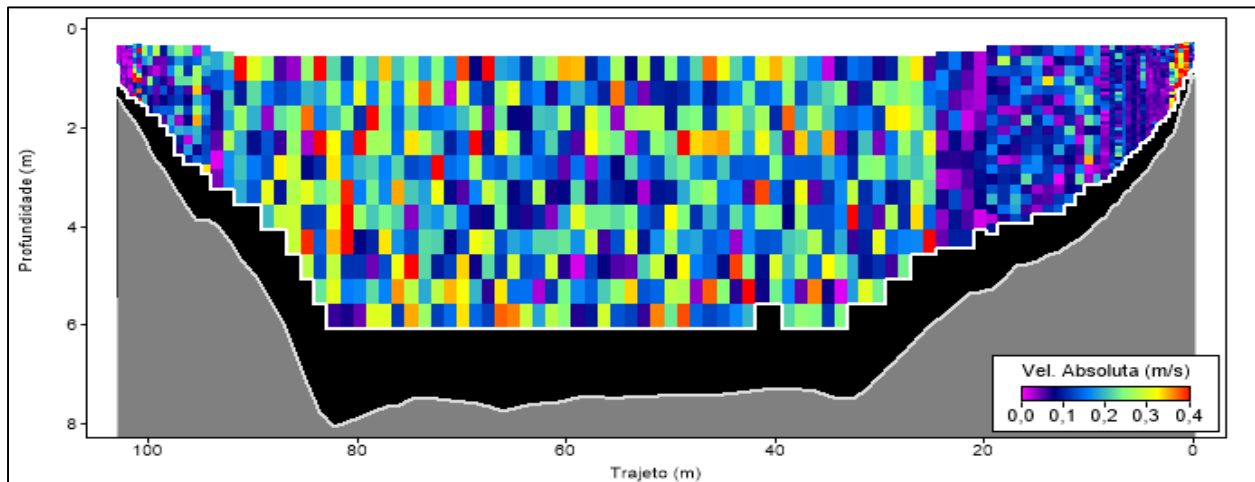


Figura 7. Resultado da medida de velocidade da água e vazão realizada com o ADCP na estação Apiacás no dia 03 de novembro de 2015. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2**.

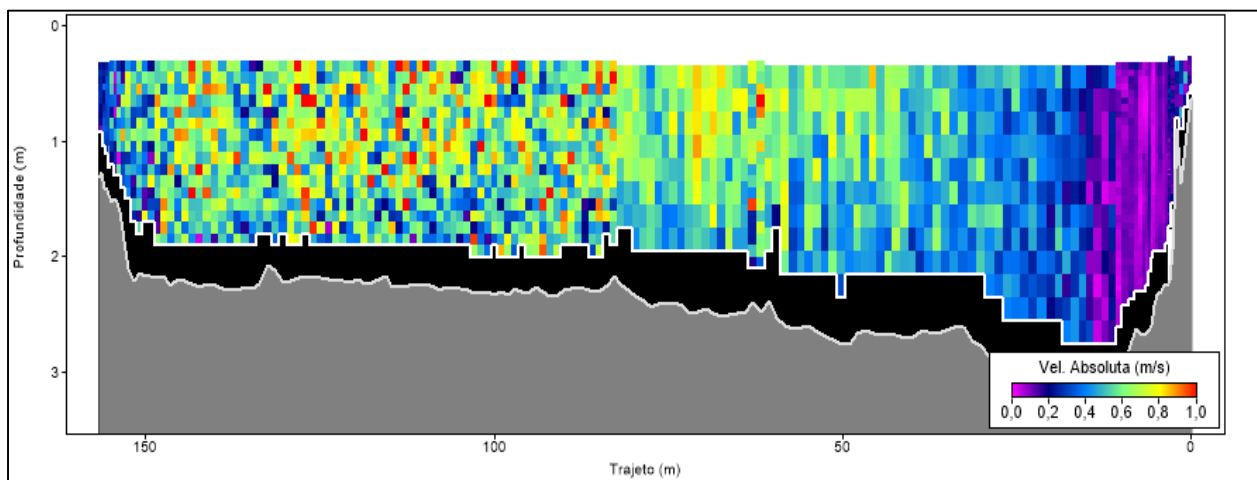


Figura 8. Resultado da medida de velocidade da água e vazão realizada com o ADCP na estação São Benedito no dia 03 de novembro de 2015. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2**.

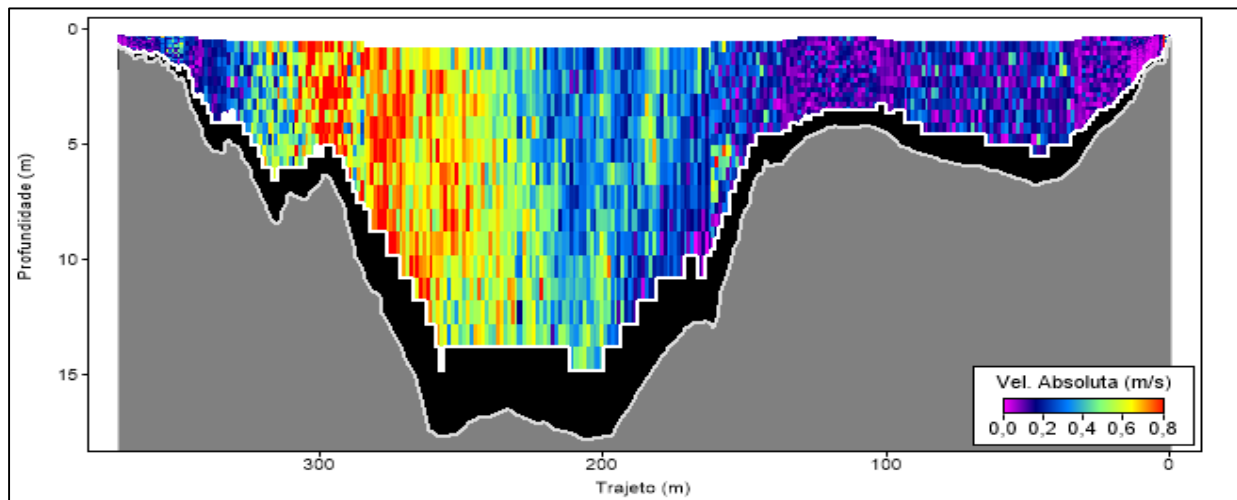


Figura 9. Resultado da medida de velocidade da água e vazão realizada com o ADCP na estação Santa Rosa no dia 04 de novembro de 2015. Veja detalhes sobre esta imagem na legenda da **Figura 2.**

Juntamente com as medições de vazão também foram coletadas as amostras de sedimentos em suspensão e de leito. Nas **Tabelas 2 e 3** são apresentadas as concentrações dos materiais em suspensão e as granulométricas dos materiais de suspensão e leito referentes às amostras coletadas em agosto e novembro de 2015. Os detalhes das análises de sedimentos são apresentados no **ANEXO 2.** A **Tabela 4** e as **Figuras 10 a 13** apresentam um resumo com os valores de descargas líquidas e descargas sólidas em suspensão e totais de todas as coletas realizadas no monitoramento das estações hidrométricas indígenas da UHE Teles Pires.

Tabela 2. Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em agosto de 2015 nas estações indígenas da UHE Teles Pires. Na última linha são mostradas as concentrações dos sedimentos em suspensão.

		Coelho	Apiacás	São Benedito	Santa Rosa
LEITO	D10 (mm)	0,084	0,075	0,073	0,169
	D30 (mm)	0,134	0,123	0,100	0,264
	D35 (mm)	0,144	0,139	0,106	0,283
	D50 (mm)	0,175	0,187	0,128	0,339
	D60 (mm)	0,196	0,220	0,153	0,376
	D65 (mm)	0,206	0,236	0,166	0,395
	D75 (mm)	0,227	0,355	0,191	0,432
	D90 (mm)	0,324	1,162	0,230	0,488
	Cascalho (%)	0,06	0,14	0,00	0,00
	Areia Grossa (%)	0,25	11,76	0,47	0,07
	Areia Média (%)	13,63	18,77	1,52	73,79
	Areia Fina (%)	84,41	64,70	95,49	25,97
	Silte + Argila (%)	1,65	4,62	2,52	0,17
	SUSPENSÃO	Areia (%)	12,1	4,1	22,6
Silte (%)		21,7	52,7	28,3	56,3
Argila (%)		66,2	43,2	49,1	39,5
Concentração (ppm)		8,41	8,58	8,37	8,11

Tabela 3. Distribuição granulométrica do material de leito e de suspensão da campanha realizada em novembro de 2015.

		Coelho	Apiacás	São Benedito	Santa Rosa
LEITO	D10 (mm)	0,148	0,281	0,075	0,144
	D30 (mm)	0,200	0,371	0,140	0,207
	D35 (mm)	0,213	0,394	0,111	0,222
	D50 (mm)	0,254	0,462	0,137	0,279
	D60 (mm)	0,303	0,523	0,160	0,326
	D65 (mm)	0,328	0,598	0,171	0,350
	D75 (mm)	0,377	0,747	0,194	0,398
	D90 (mm)	0,451	0,972	0,228	0,459
	Cascalho (%)	0,00	1,27	0,07	0,00
	Areia Grossa (%)	0,00	6,83	0,03	0,01
	Areia Média (%)	50,72	88,79	0,39	56,07
	Areia Fina (%)	49,26	3,09	97,98	43,85
	Silte + Argila (%)	0,02	0,02	1,53	0,07
	SUSPENSÃO	Areia (%)	34,3	48,3	56,3
Silte (%)		23,3	26,1	16,2	31,4
Argila (%)		42,4	25,6	27,5	32,4
Concentração (ppm)		57,7	15,3	10,95	10,69

Tabela 4. Descargas líquidas e sólidas calculadas para as estações hidrométricas indígenas da UHE Teles Pires. As descargas sólidas totais apresentadas foram calculadas pelo método de Colby (1957).

	Estação		Coelho	Apiacás	São Benedito	Santa Rosa
Dez/2013	Q	(m ³ /s)	3.131,454 ± 41,796	329,965 ± 11,734	322,818 ± 1,830	3.497,398 ± 28,241
	Qss	(t/dia)	6.612	728	407	7.415
	Qst	(t/dia)	10.687	952	696	12.199
Fev/2014	Q	(m ³ /s)	6.928,139 ± 32,572	733,056 ± 0,392	516,6 ± 4,1	7.121,495 ± 35,61
	Qss	(t/dia)	12.510	1.987	599	13.764
	Qst	(t/dia)	24.498	3.063	942	27.732
Mai/2014	Q	(m ³ /s)	4.577,933 ± 34,100	880,473 ± 10,892	568,868 ± 1,546	5.209,773 ± 84,948
	Qss	(t/dia)	8.460	2.350	515	8.696
	Qst	(t/dia)	15.239	3.863	1.066	16.865
Ago/2014	Q	(m ³ /s)	1.191,498 ± 16,151	81,613 ± 1,163	218,596 ± 1,724	1.324,066 ± 8,842
	Qss	(t/dia)	1.569	101	196	1.147
	Qst	(t/dia)	2.060	113	463	1.638
Nov/2014	Q	(m ³ /s)	1.521,983 ± 35,185	129,781 ± 0,790	258,796 ± 3,711	1.784,447 ± 25,555
	Qss	(t/dia)	2.501	178	323	4.297
	Qst	(t/dia)	3.435	210	680	5.769
Fev/2015	Q	(m ³ /s)	5.247,142 ± 119,386	652,819 ± 3,860	516,848 ± 5,385	5.766,941 ± 69,922
	Qss	(t/dia)	14.398	746	818	15.845
	Qst	(t/dia)	24.221	1.426	1.417	28.448
Jun/2015	Q	(m ³ /s)	2.962,540 ± 51,325	393,198 ± 9,607	409,976 ± 54,714	3.219,492 ± 26,806
	Qss	(t/dia)	3.747	720	357	3.491
	Qst	(t/dia)	6.327	1.024	767	6.516
Ago/2015	Q	(m ³ /s)	1.017,195 ± 22,248	63,814 ± 0,572	202,843 ± 1,52	1.203,750 ± 19,235
	Qss	(t/dia)	739	47	147	843
	Qst	(t/dia)	929	53	383	1.245
Nov/2015	Q	(m ³ /s)	816,614 ± 15,650	32,154 ± 5,036	168,238 ± 0,887	1.031,679 ± 14,618
	Qss	(t/dia)	4.071	42	159	953
	Qst	(t/dia)	4.426	44	333	1.306

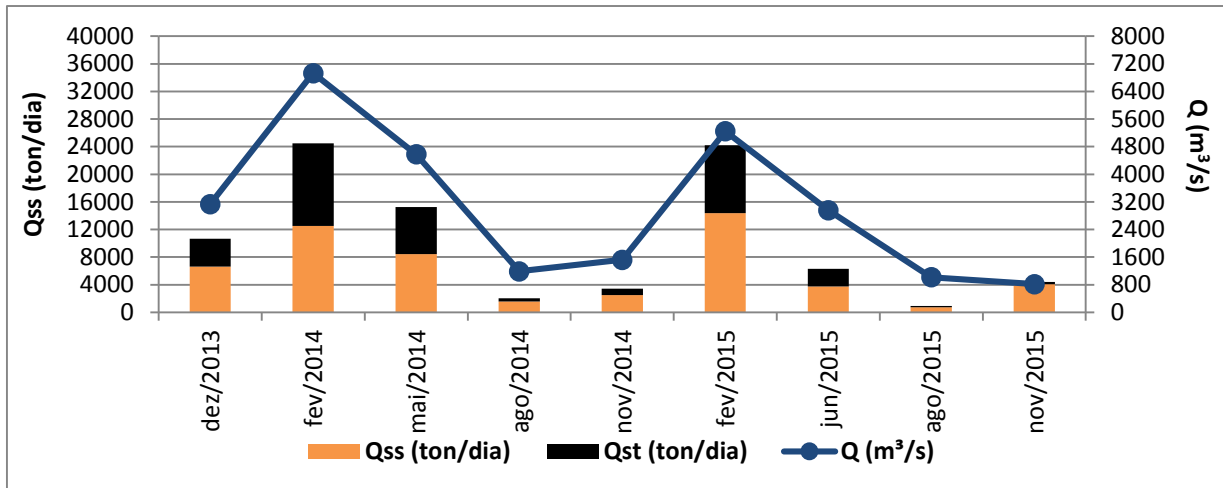


Figura 10. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação Coelho nas campanhas realizadas entre dezembro de 2013 e dezembro de 2015.

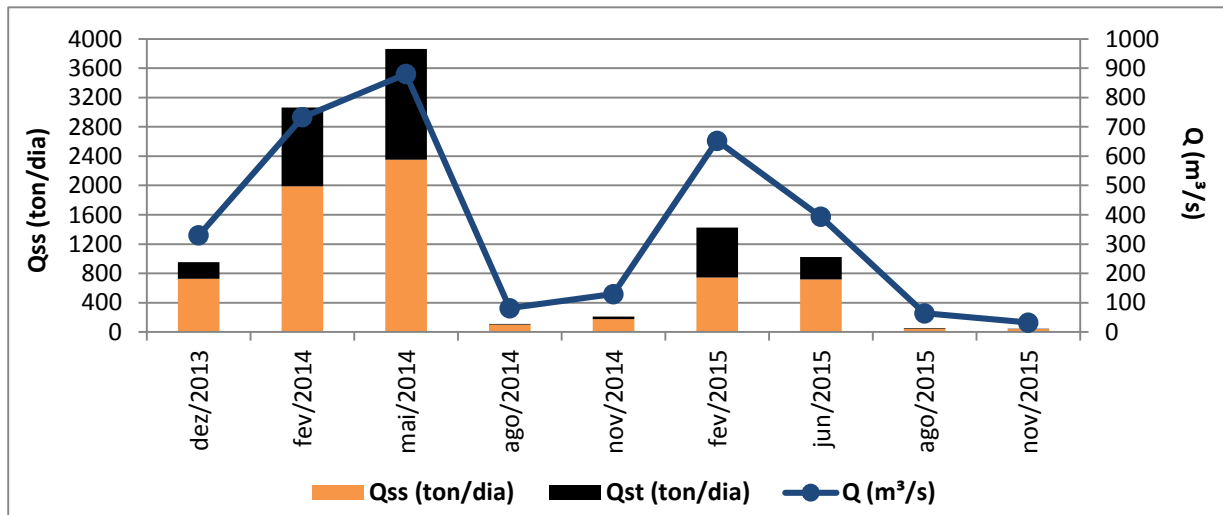


Figura 11. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação Apiacás nas campanhas realizadas entre dezembro de 2013 e dezembro de 2015.

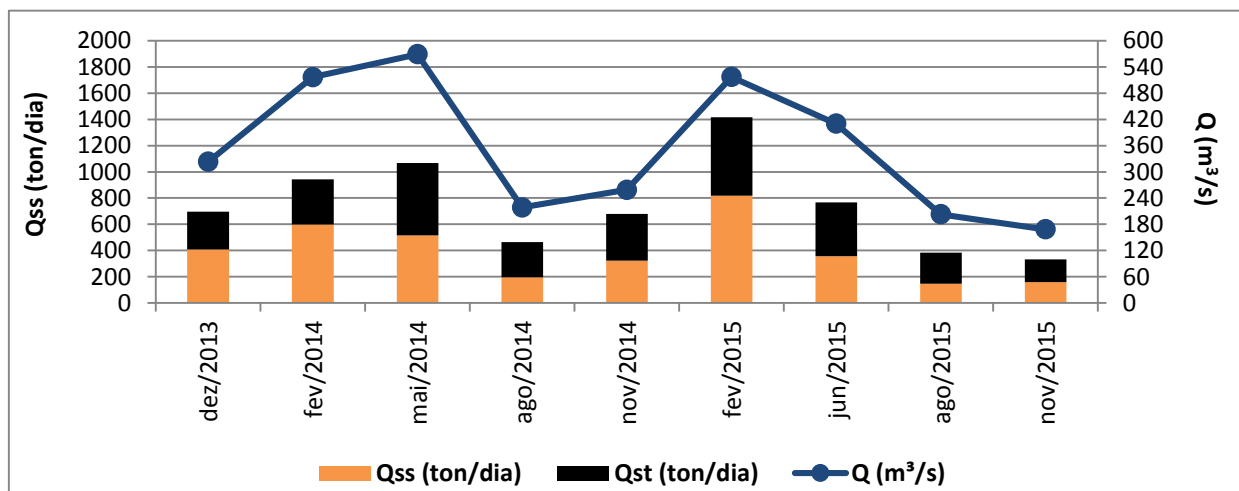


Figura 12. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação São Benedito nas campanhas realizadas entre dezembro de 2013 e dezembro de 2015.

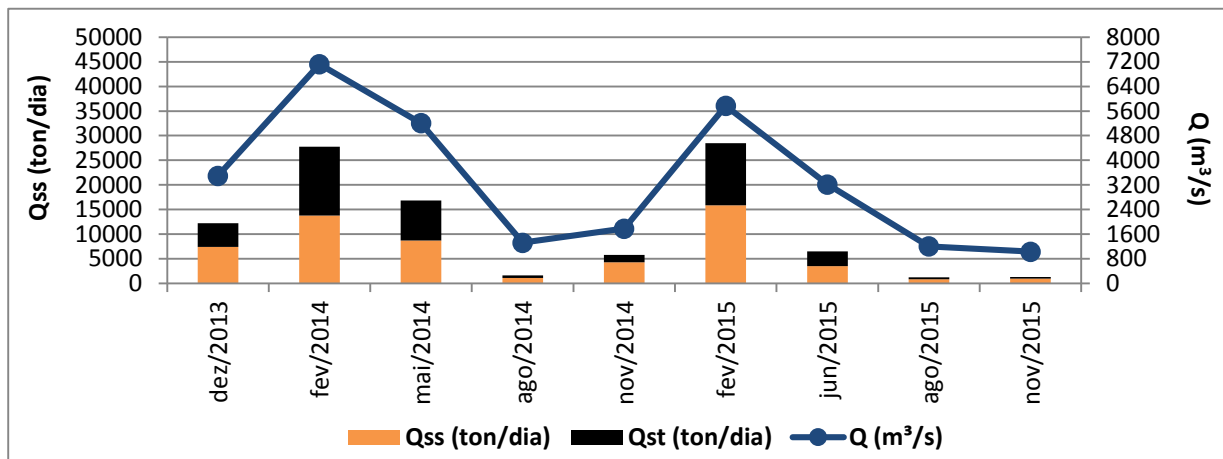


Figura 13. Descargas líquidas (Q), sólidas em suspensão (Qss) e sólidas totais (Qst) na estação Santa Rosa nas campanhas realizadas entre dezembro de 2013 e dezembro de 2015.

Os rios Teles Pires, São Benedito e Apiacás apresentaram, no geral, baixas concentrações de sedimentos em suspensão, sendo que nas campanhas de agosto e novembro de 2015 a granulometria predominantemente nos rios foi de silte e argila. Quanto à análise granulométrica do sedimento de fundo, o rios apresentaram leitos com predominância de areia média e fina. Considerando o período de monitoramento das estações indígenas (desde dezembro de 2013), pode-se observar maiores valores de descarga sólida e líquida na região ocorrendo entre os meses de janeiro a maio e os menores valores entre julho e novembro.

4.2 Atualização das Curvas-chave de Vazão

A seguir são apresentadas as curvas-chave de vazão atualizadas para as estações hidrométricas indígenas (**Figuras 14 a 17**). Para o traçado das curvas-chave de cada estação de monitoramento foi utilizada a função de otimização *solver* do *Excel*, pelo método GRG não linear, com o objetivo de minimizar a soma do quadrado dos desvios.

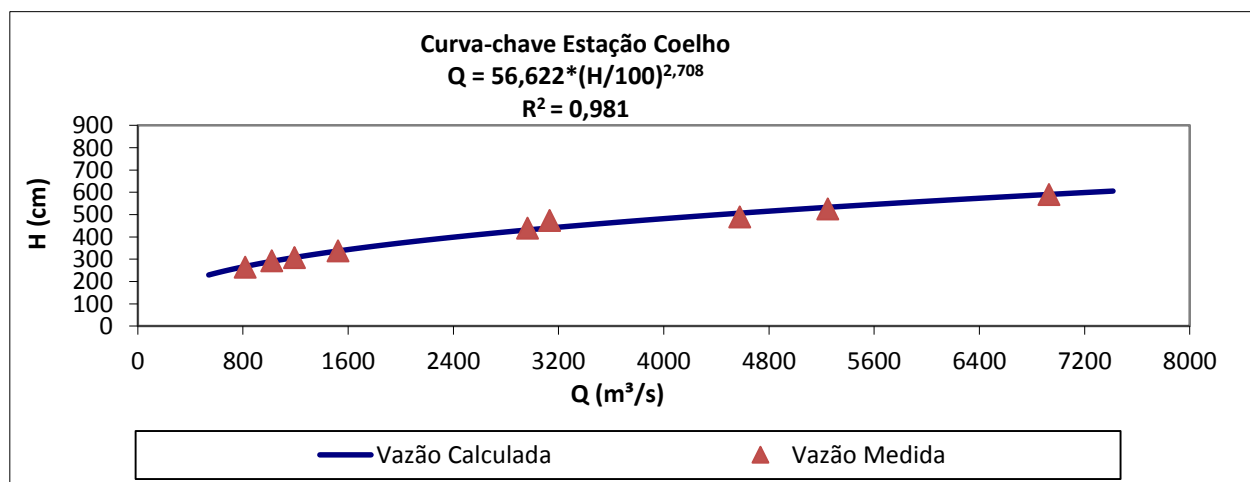


Figura 14. Curva-chave de vazão da estação hidrométrica Coelho.

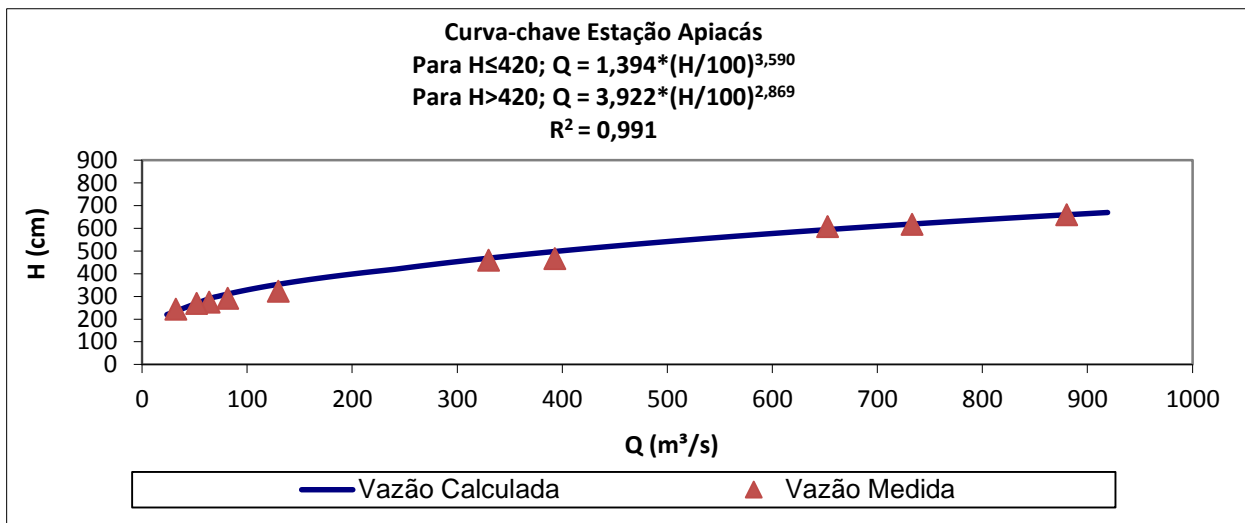


Figura 15. Curva-chave de vazão da estação hidrométrica Apiacás.

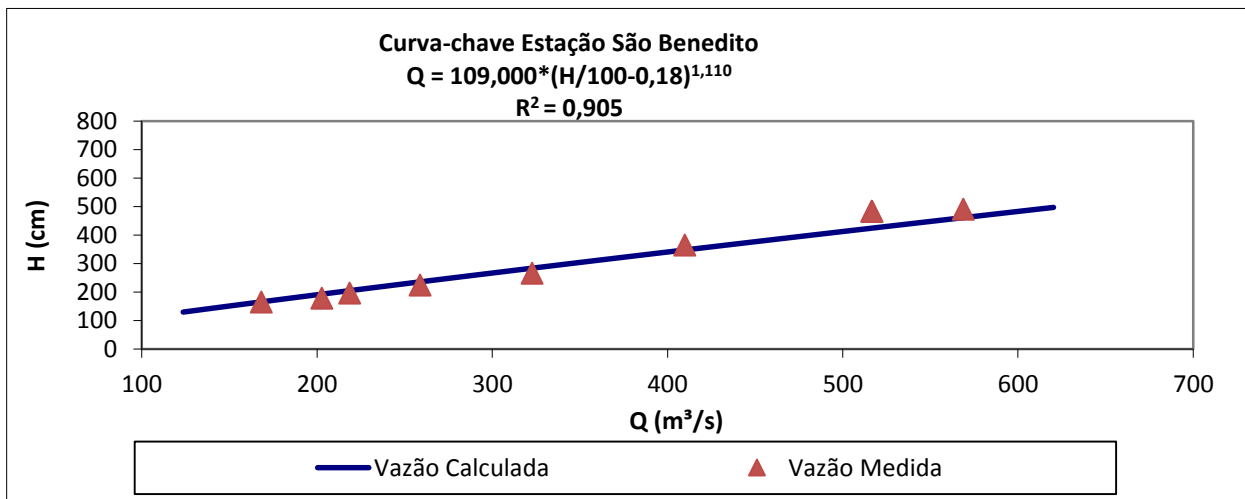


Figura 16. Curva-chave de vazão da estação hidrométrica São Benedito.

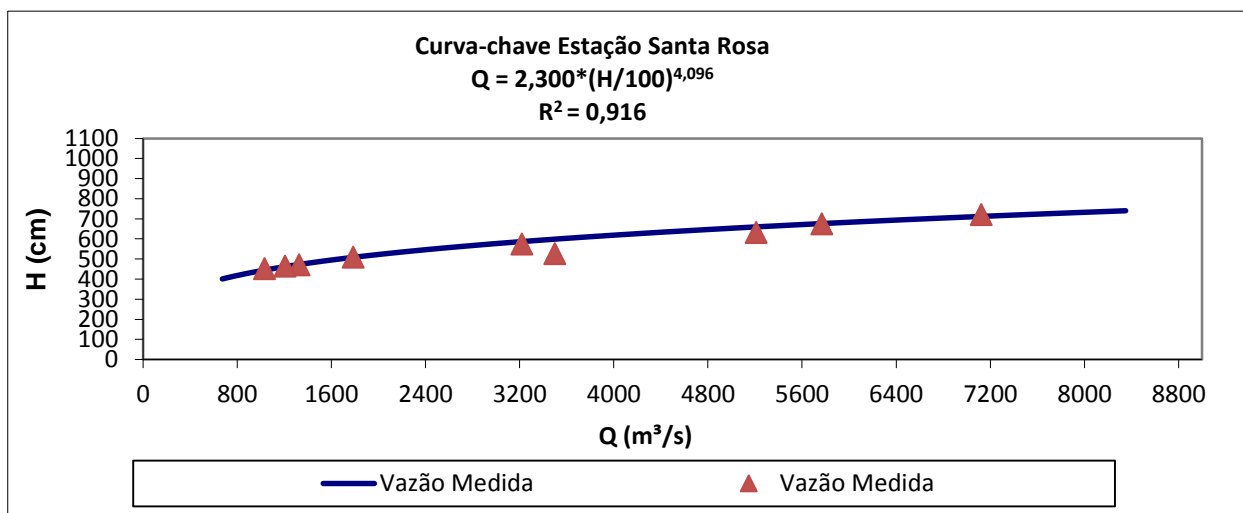


Figura 17. Curva-chave de vazão da estação hidrométrica Santa Rosa.

4.3 Atualização das Curvas-chave de Sedimento

A seguir são apresentadas as curvas-chave de sedimento atualizadas para as estações hidrométricas indígenas (**Figuras 18 a 21**). As curvas-chave preliminares traçadas para as estações apresentaram de uma forma geral um bom ajuste, sendo que o índice de determinação mínimo obtido foi de 0,8663 na estação Santa Rosa e máximo de 0,9581 na estação Apiacás.

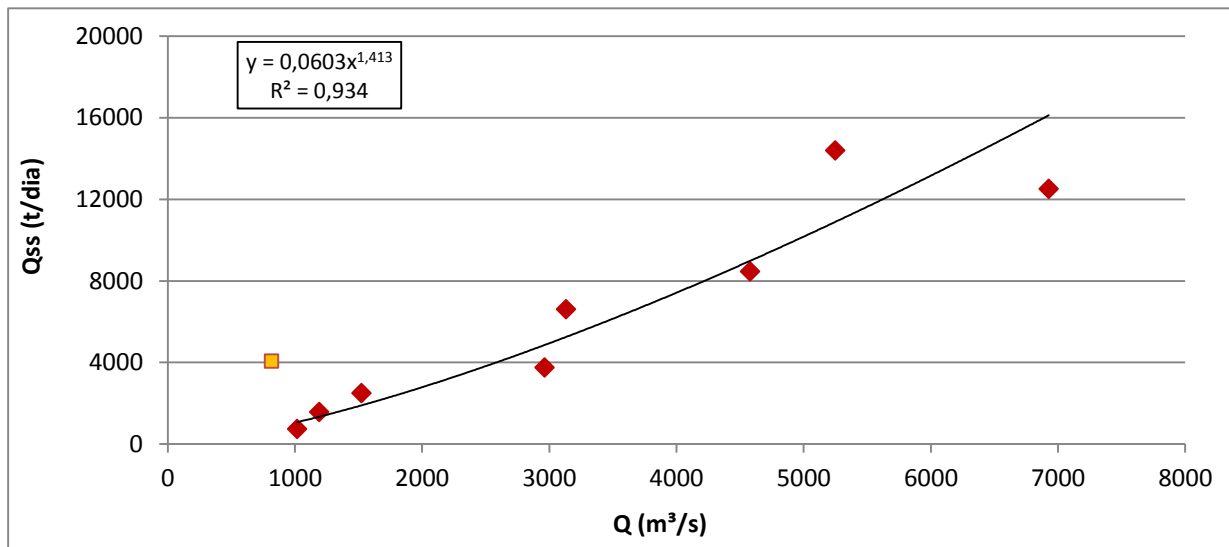


Figura 18. Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica Coelho. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão. A descarga sólida referente a campanha de campo de novembro de 2015 (representada em cor amarelo no gráfico) não foi considerada no ajuste final da curva de sedimento, devido ao alto desvio em relação as demais campanhas, que pode ser explicado pela alta concentração de sedimento, de 57,7 ppm, valor acima do que normalmente é observado na estação Coelho.

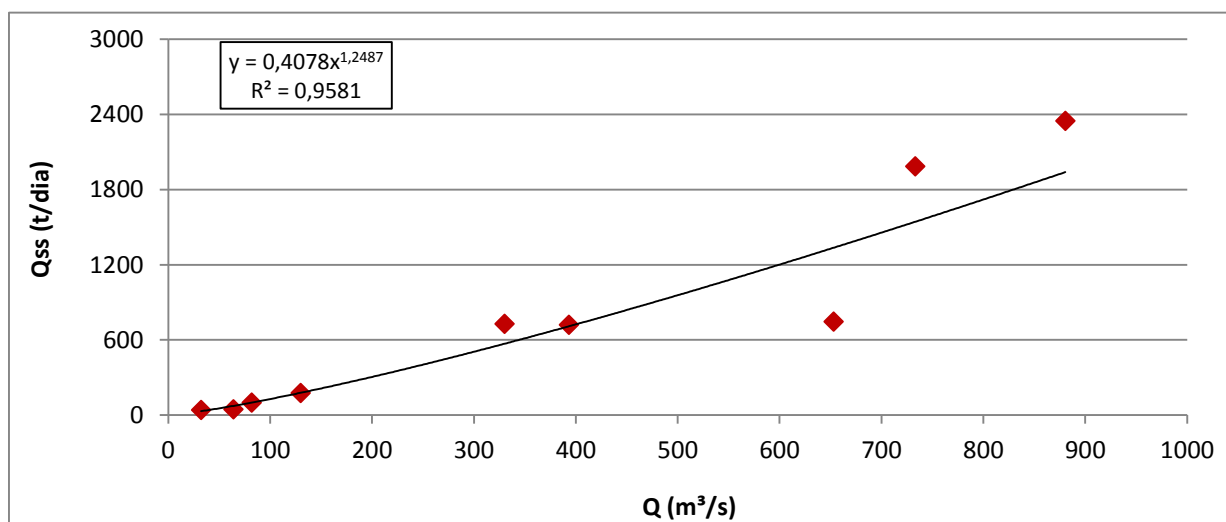


Figura 19. Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica Apiacás. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

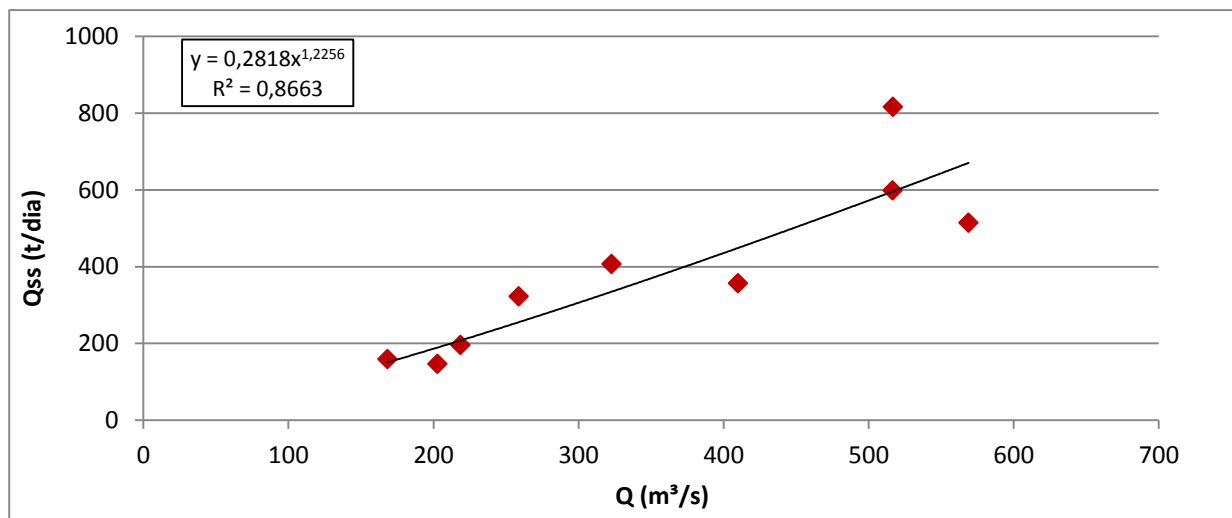


Figura 20. Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica São Benedito. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

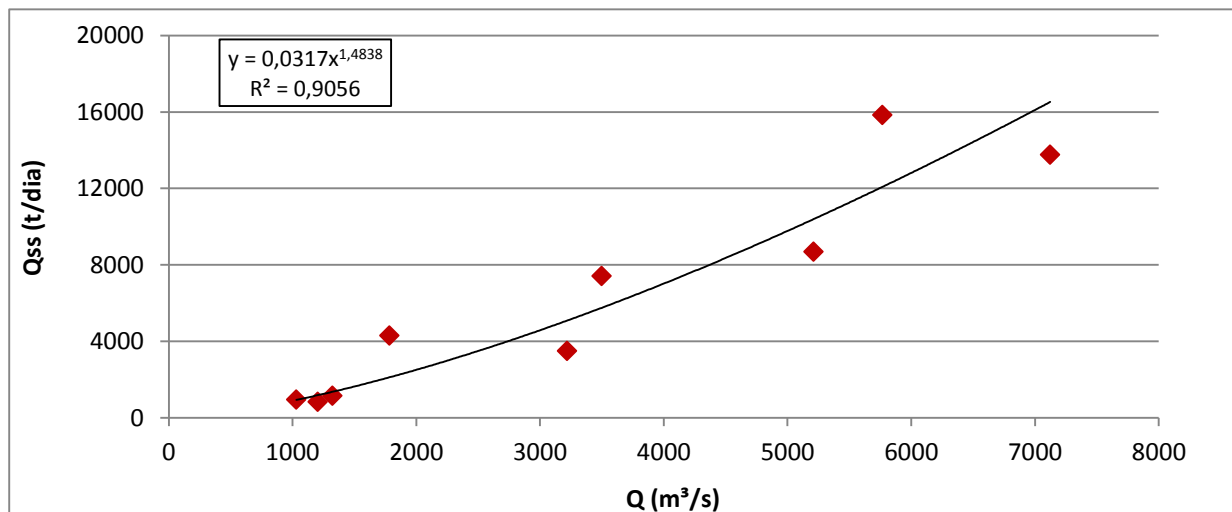


Figura 21. Curva-chave de sedimento da estação hidrométrica Santa Rosa. (Q) vazão, (Qss) descarga sólida em suspensão.

4.4 Monitoramento das praias indígenas

Durante o período de julho a dezembro de 2015 foram feitas as vistorias nas praias indígenas, onde foram instaladas réguas graduadas que permitem monitorar as variações topográficas e a intensidade de processos de sedimentação e erosão. As réguas graduadas possuem comprimento total de 3,5 metros, dos quais 1,5 metros ficaram expostos no momento da instalação, realizada em agosto de 2014, e 2,0 m ficaram enterrados no solo. Todas as réguas possuem indicações de centímetros positivos e negativos, considerando “0” topográfico a superfície do solo na data de instalação.

A **Figura 22** apresenta imagens das réguas graduadas durante a campanha de campo de agosto de 2015 e as **Figuras 23 a 25** apresentam croquis das praias de monitoramento, com

informação da variação do processo de sedimentação e/ou erosão ao longo do primeiro ano de monitoramento.



Figura 22. Vistorias das praias indígenas durante campanha de campo de agosto de 2015.

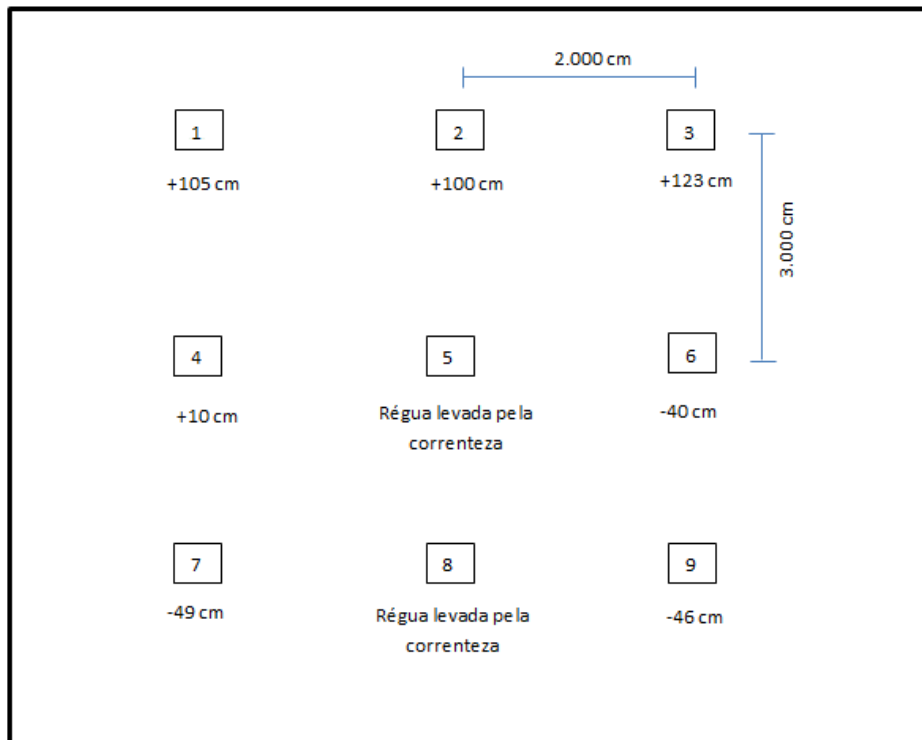


Figura 23. Croqui da praia indígena P1 (21 L 493559 8984807), vistoria realizada no dia 5 de agosto de 2015.

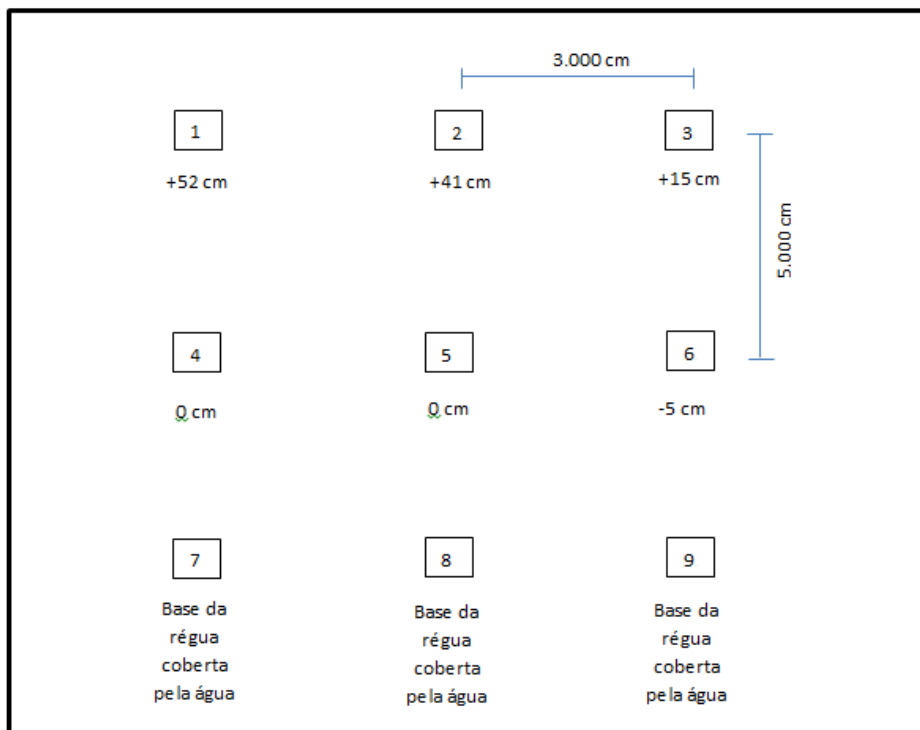


Figura 24. Croqui da praia indígena P2 (21 L 493851 8990172), vistoria realizada no dia 5 de agosto de 2015.

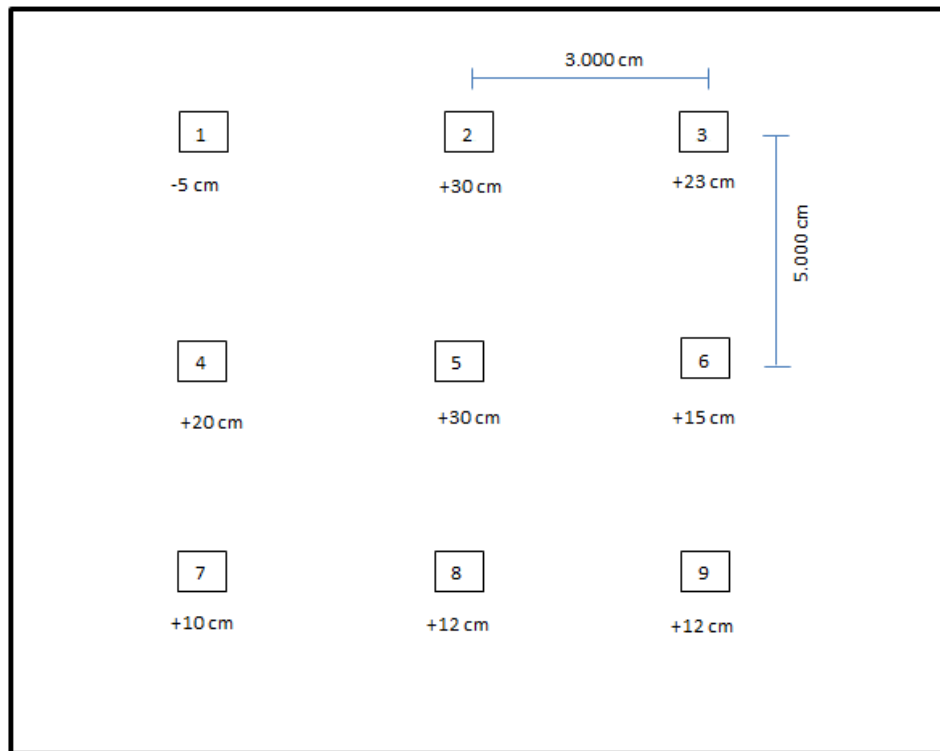


Figura 25. Croqui da praia indígena P3 (21 L 490734 8999713), vistoria realizada no dia 4 de agosto de 2015.

A Figura 26 apresenta imagens das régua graduadas durante a campanha de campo de novembro de 2015, sendo que não foram observadas variações topográficas entre os meses de agosto e novembro, tendo em vista que durante a período as estacas ficaram emersas. Até o momento, verificou-se que há a formação de bancos de areia, de acordo com a dinâmica fluvial natural.



Figura 22. Vistorias das praias indígenas durante campanha de campo de novembro de 2015.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente relatório foram descritas as principais atividades realizadas durante o período de julho a dezembro de 2015, que consistiram: (i) no monitoramento das estações hidrométricas; (ii) medições de vazão e coletas de sedimentos em suspensão e de leito; (iii) determinação das granulometrias dos materiais de leito e de suspensão, (iv) concentrações dos sedimentos em suspensão (v) cálculo das descargas sólidas em suspensão e totais; (vi) vistorias das praias indígenas.

Foram apresentadas as curvas-chaves de vazão elaboradas para as estações hidrométricas indígenas da UHE Teles Pires, visando à transformação de uma série histórica de nível em uma série de vazão. Além disso, também foram apresentadas as curvas de sedimentos em suspensão das estações em análise. Os dados de precipitação e nível registrados pelas estações hidrométricas são apresentados nos **ANEXO 3 e 4**.

As atividades do monitoramento hidrossedimentológico atendem as condicionantes propostas na licença de Operação (LO N° 1272/2014, IBAMA) emitida pelo IBAMA para a UHE Teles Pires.

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.
- CHEVALIER, P. Aquisição e processamento de dados, in. TUCCI C.E.M., **Hidrologia ciência e aplicação**, 3º. ed. Revisada, ABRH-Edusp, Porto Alegre, 2004, p.485- 525.
- 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.
- LINSLEY, R., K. J., KOHLER, M.A., PAULHUS, J.L.K. (1988). **Hydrology for engineers.** Editora McGraw-Hill; Singapura, 492 p.
- 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.