

SUMÁRIO - 11.1.1 PROJETO DE MONITORAMENTO HIDROSEDIMENTOLÓGICO

11.	PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	11.1.1-1
11.1.	PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDRÁULICO, HIDROLÓGICO E HIDROSEDIMENTOLÓGICO	11.1.1-1
11.1.1.	PROJETO DE MONITORAMENTO HIDROSEDIMENTOLÓGICO	11.1.1-1
11.1.1.1.	INTRODUÇÃO	11.1.1-1
11.1.1.2.	RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	11.1.1-4
11.1.1.2.1.	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO MATERIAL DO LEITO	11.1.1-5
11.1.1.2.2.	CÁLCULO DA DESCARGA SÓLIDA.....	11.1.1-38
11.1.1.2.3.	LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO NOS IGARAPÉS DE ALTAMIRA E A JUSANTE DA CASA DE FORÇA PRINCIPAL.....	11.1.1-94
11.1.1.3.	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO NA ETAPA DE IMPLANTAÇÃO	11.1.1-96
11.1.1.4.	ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO NA ETAPA DE IMPLANTAÇÃO	11.1.1-98
11.1.1.5.	ATIVIDADES PREVISTAS	11.1.1-100
11.1.1.6.	CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS	11.1.1-100
11.1.1.7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11.1.1-102
11.1.1.8.	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	11.1.1-103
11.1.1.9.	ANEXOS	11.1.1-103

11. PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

11.1. PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDRÁULICO, HIDROLÓGICO E HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

11.1.1. PROJETO DE MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

11.1.1.1. INTRODUÇÃO

O objetivo geral do Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico (PBA 11.1.1) é acompanhar a evolução da deposição e do aporte de descargas sólidas ao reservatório da UHE Belo Monte. No rio Xingu, o monitoramento vem sendo feito a montante do remanso do Reservatório do Xingu, na região do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) e no trecho a jusante da Casa de Força Principal. Também estão sendo monitorados os igarapés de Altamira e o rio Bacajá. Para atendimento aos objetivos propostos no Projeto Básico Ambiental (PBA), 11 (onze) estações fluviossedimentométricas para medição das descargas sólidas e líquidas estão em operação, conforme apresentado no **Quadro 11.1.1 - 1**.

Quadro 11.1.1 - 1 – Estações Fluviossedimentométricas do Projeto.

LOCAL	Nº	ESTAÇÃO	DATA INSTALAÇÃO	FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO
Montante reservatório Xingu	1	Altamira	jan/84	F- diário / S: mensal
	2	UHE Belo Monte Montante	24/10/2010	F- diário/ D: mensal/ S: mensal
Igarapés de Altamira	3	UHE Belo Monte Igarapé Altamira	11/10/2010	F- diário/ D: mensal/ S: mensal
	4	UHE Belo Monte Igarapé Pannels	13/10/2010	F- diário/ D: mensal/ S: mensal
	5	UHE Belo Monte Igarapé Cipo Ambé	31/03/2011	F- diário/ D: mensal/ S: mensal
	6	UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba	15/04/2011	F- diário/ D: mensal/ S: mensal
TVR-Rio Xingu	7	UHE Belo Monte Mangueiras	17/10/2010	F-horário/ D: mensal/ S: mensal
Rio Bacajá	8	UHE Belo Monte Foz do Bacajá	19/04/2011	F- diário/ D: mensal/ S: mensal
	9	Fazenda Cipaúba	11/2011	F- diário/ D: mensal/ S: trimestral
	10	Mrotidjãm	10/04/2012	F- diário/ D: mensal/ S: trimestral
Jusante Casa de Força Principal	11	UHE Belo Monte Jusante	20/12/2011	F- diário/ D: mensal/ S: mensal

F: Nível D: Vazão S: Sedimento

A **Figura 11.1.1 - 1** apresenta a localização e distribuição espacial das estações de monitoramento que compõem a rede hidrossedimentométrica do Projeto, com exceção da estação Mrotidjãm, que se localiza a aproximadamente 200 km a montante da foz do rio Bacajá. A estação Mrotidjãm foi incluída no Projeto em função da demanda proveniente do Projeto Básico Ambiental para o Componente Indígena (PBA-CI).

As atividades de monitoramento hidrossedimentológico na estação Altamira, localizada no Reservatório do Xingu, foram encerradas em janeiro/2016, conforme previsto no PBA (Volume IV - Item 11.1.1 - Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico), em decorrência do enchimento do reservatório e influência do remanso.

O monitoramento na região de influência da UHE Belo Monte, a montante da área do remanso e a jusante do reservatório, no TVR e no Trecho de Restituição de Vazão (TRV), bem como nos igarapés de Altamira e no rio Bacajá, continuaram conforme proposto no PBA.

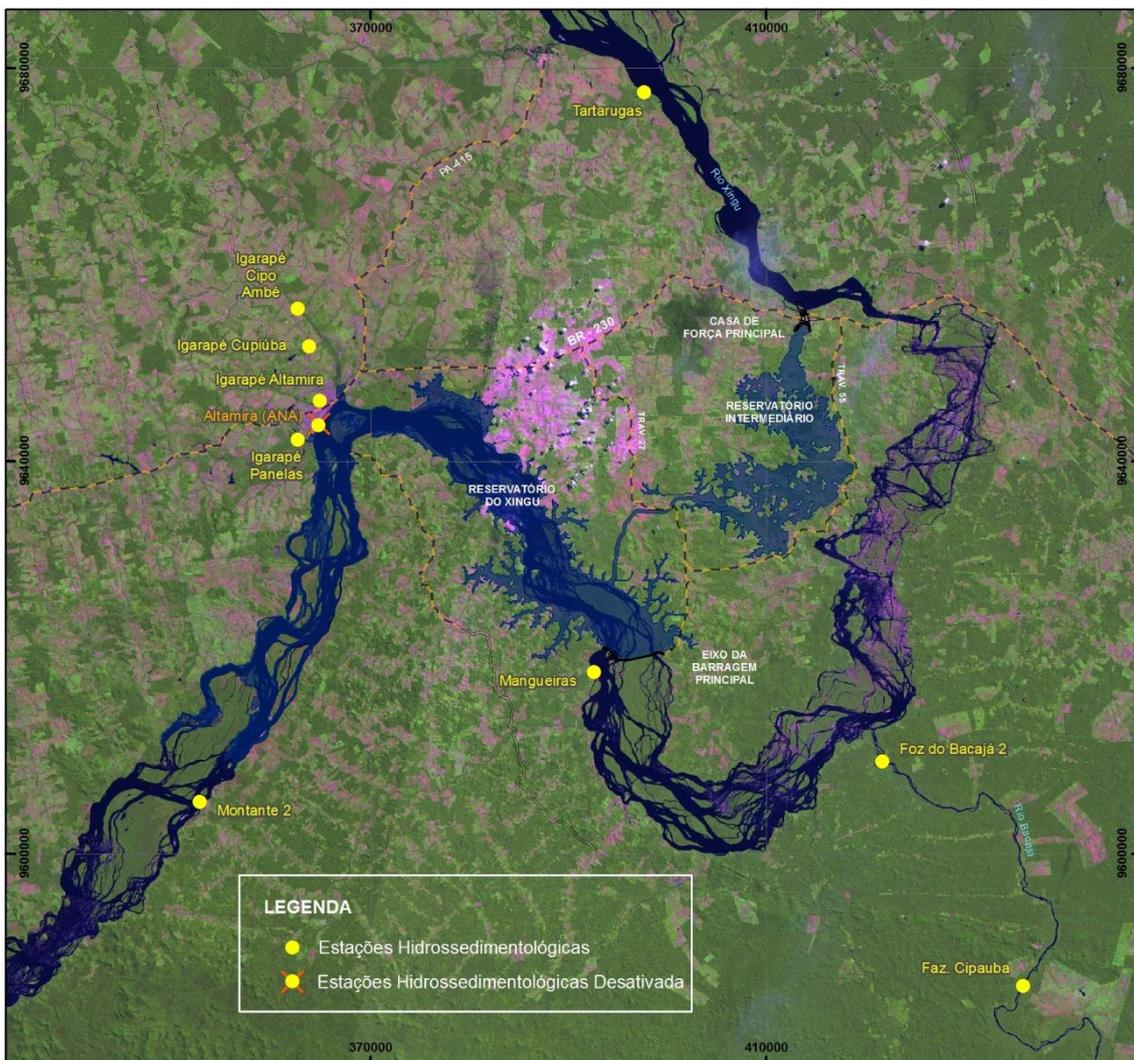


Figura 11.1.1 - 1 – Localização das Estações Hidrossedimentométricas.

Adicionalmente, conforme antes mencionado, este Projeto também estabelece a execução de levantamentos topobatimétricos no rio Xingu, a jusante da Casa de Força Principal e nos igarapés de Altamira.

Os levantamentos topobatimétricos realizados a jusante da Casa de Força Principal foram incorporados ao referido Projeto após as conclusões do estudo complementar hidrossedimentológico realizado nessa região para atendimento à Condicionante 2.8 da Licença de Instalação (LI) da UHE Belo Monte. Este estudo teve por objetivo analisar as condições de transporte de sedimento e as possibilidades de erosão do rio Xingu a jusante da barragem, além de avaliar a estabilidade de alguns bancos de areia que afloram no trecho da Ria do Xingu, na região dos Tabuleiros do Embaubal, e que servem de nidificação para quelônios.

A avaliação da questão hidrossedimentológica na região de jusante (TRV) e todo o escopo das atividades previstas no "Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico na região dos Bancos de Areia - Ria do Xingu" estava sendo conduzida no âmbito do Programa de Ecologia e Manejo de Quelônios (PBA 13.5) até o 7º Relatório Consolidado (RC) de Andamento do PBA e Atendimento de Condicionantes. No entanto, em cumprimento ao recomendado pelo Parecer Técnico nº 3622/2015 do IBAMA referente à *Análise do Relatório Final Consolidado e do requerimento de Licença de Operação*, os dados relativos ao monitoramento hidrossedimentológico na região do Tabuleiro do Embaubal voltaram a ser apresentados como anexo ao presente Relatório. Assim, no **Anexo 11.1.1 - 4** deste documento, é apresentado o "Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico na região dos Bancos de Areia - Ria do Xingu".

Ressalta-se que, conforme recomendado também pelo Parecer 3622/2015, as equipes dos Programas de Monitoramento Hidrossedimentológico e de Ecologia e Manejo de Quelônios intensificaram a frequência de reuniões de interação para a avaliação, ajustes metodológicos e correlação dos dados hidrossedimentológicos obtidos pelo monitoramento em execução, com eventuais impactos sobre a população de quelônios na região do Tabuleiro do Embaubal.

Adicionalmente, no Parecer nº 02001.000402/2017-86 COHID/IBAMA, que analisou o 10º Relatório de Atendimento as Condicionantes, o IBAMA registra que três das quatro metas previstas para o "Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico na região dos Bancos de Areia - Ria do Xingu", por terem cumprido com os objetivos previstos, encontram-se concluídas.

Ainda no referido Parecer nº 02001.000402/2017-86 COHID/IBAMA, é registrado que a Norte Energia não vem apresentando nos relatórios semestrais atualizações anuais da modelagem sedimentológica do trecho a jusante da Casa de Força Principal, especificamente da região da Ria do Xingu. Esclarece-se, entretanto, que tal atividade estava sendo realizada para atendimento ao objetivo de se caracterizar a geometria e morfologia das praias que são utilizadas como sítio de desova para os quelônios. A avaliação conjunta dos resultados do monitoramento hidrossedimentológico e do manejo dos quelônios identificou que os levantamentos hipsométricos e análises

granulométricas específicas para a caracterização das praias identificadas como preferenciais para desova de quelônios no Tabuleiro do Embaubal, realizadas nos períodos reprodutivos de 2013/2014, 2014/2015 e repetidas em novembro/2016, apresentaram-se como uma metodologia mais eficiente para atendimento do objetivo e meta específicos, não justificando a realização da modelagem sedimentológica.

Nesse sentido, as análises dos resultados obtidos pelos levantamentos dos períodos reprodutivos de 2013/2014 e 2014/2015 foram apresentadas no Anexo 11.1.1- 5 do 9º RC, no qual esses resultados foram correlacionados com os dados de manejo de quelônios. No mesmo norte, no **Anexo 11.1.1- 4** do presente Relatório, são apresentados os resultados dos levantamentos hipsométricos e das análises granulométricas do sedimento realizadas em novembro/2016 em 13 (treze) praias localizadas na região do Tabuleiro do Embaubal e que foram identificadas pelo Projeto de Ecologia e Manejo de Quelônio (PBA 13.5.3) como sítios de desova para os quelônios.

Quanto aos levantamentos topobatimétricos dos igarapés de Altamira, que têm como objetivo a caracterização do formato da calha fluvial de cada igarapé, informa-se que já foram realizados, no âmbito deste PBA 11.1.1, quatro levantamentos. O primeiro levantamento foi realizado em junho/2011, o segundo em dezembro/2012, o terceiro em novembro/2015 e o quarto em maio/2016. Este último, conforme previsto no cronograma do Projeto, corresponde ao primeiro levantamento posterior ao enchimento dos reservatórios e após as obras de remanejamento da população e retificação dos igarapés de Altamira. A partir do quarto levantamento, o próximo tem periodicidade anual e, portanto, está previsto para o segundo trimestre de 2017.

Por fim, ressalta-se que as atividades de monitoramento inerentes a este Projeto têm sido contínuas após a instalação da rede de monitoramento hidrossedimentométrica. Os dados e resultados obtidos e consolidados a cada semestre são apresentados e atualizados nos RCs, por meio de quadros, gráficos, figuras e textos dissertativos, segundo um mesmo padrão de apresentação, com o intuito de otimizar e facilitar as análises de dados incrementais obtidos a cada período monitorado.

11.1.1.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS

Os resultados obtidos para o Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico são apresentados a seguir, considerando, separadamente por item, o monitoramento no rio Bacajá, no rio Xingu e nos igarapés de Altamira, quanto à granulometria do leito e caracterização do material sólido transportado. Serão apresentados, em sequência, os resultados e análises comparativas preliminares distintamente para o período anterior ao enchimento (início do monitoramento até 23/11/2015) e período de enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a novembro/2016). O caráter preliminar das análises comparativas justifica-se pela necessidade da continuidade do monitoramento e consequente incorporação dos resultados das próximas campanhas, aliada a uma abordagem estatística mais consolidada a ser realizada com todos os dados dos períodos pré e pós-enchimento, conforme previsto nos objetivos deste Projeto.

11.1.1.2.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO MATERIAL DO LEITO

Os resultados das análises granulométricas do material coletado no leito do rio Xingu, nos igarapés Altamira, Panelas, Cupiúba e Cipó Ambé, e no leito do rio Bacajá são apresentados a seguir. Esses resultados foram separados em dois períodos distintos: (1) período anterior ao enchimento dos reservatórios e (2) período de enchimento (24/11/2015 a 13/02/2016) e pós-enchimento dos reservatórios (até novembro/2016).

Tendo em vista que os dados de enchimento e pós-enchimento representam um novo cenário de análise, realizou-se uma compilação dos dados, assim como uma análise comparativa prévia entre os períodos anterior e posterior, devido ao curto período de dados disponível.

As campanhas hidrossedimentométricas realizadas nas estações Fazenda Cipaúba e Mrotdjãm ocorrem com frequência trimestral, sendo então apresentados resultados até novembro/2016 e dezembro/2016, respectivamente.

Os laudos de Granulometria de Sedimentos do Leito relativos aos meses de maio/2015 a novembro/2016, incorporados no último período para as 11 (onze) estações monitoradas, são apresentados no **Anexo 11.1.1 - 1**. Laudos referentes a períodos anteriores já foram apresentados e tiveram seus resultados compilados nos RCs anteriores, entregues ao IBAMA.

Conforme citado anteriormente, a estação Altamira foi desativada em janeiro/2016, tendo em vista o enchimento do Reservatório do Xingu e a influência do remanso, sendo assim reapresentados os dados referentes a essa estação até janeiro/2016.

A denominação quanto ao diâmetro médio das amostras de sedimento coletadas se baseia na classificação dada pela *American Geophysical Union* – AGU (Classificação de *Wentworth*).

11.1.1.2.1.1. MATERIAL DO LEITO - RIO XINGU

A seguir são apresentados os resultados das análises granulométricas do material coletado no leito do rio Xingu em quatro pontos de monitoramento: a montante do reservatório (estação UHE Belo Monte Montante), no Reservatório do Xingu (estação Altamira – até jan/2016), no TVR (estação UHE Belo Monte Mangueiras) e a jusante da Casa de Força Principal (estação UHE Belo Monte Jusante), para todo o período monitorado.

11.1.1.2.1.2. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE MONTANTE

A estação UHE Belo Monte Montante, localizada no rio Xingu, a montante da cidade de Altamira e fora da área de remanso do Reservatório do Xingu, caracteriza a afluição sólida e líquida a este reservatório.

O monitoramento nesta estação é realizado em três seções distintas que compõem a seção transversal de margem a margem nesse ponto do rio Xingu. A seção 3, correspondente ao canal da margem esquerda, é a de maior vazão, portanto, a mais representativa da seção.

A variabilidade granulométrica das amostras do material do leito do rio Xingu na estação UHE Belo Monte Montante - Seção 3 (canal esquerdo), durante o período de janeiro/2013 a novembro/2016, é apresentada na **Figura 11.1.1 - 2**.

No período de janeiro/2013 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se uma marcante uniformidade nos diâmetros dos grãos, apresentando 100% de areia média, conforme pode ser mostrado no gráfico da referida **Figura 11.1.1 - 2**. O diâmetro médio (D50) apresenta pequena amplitude no período, variando de 0,37 mm a 0,59 mm, com valor médio de 0,47 mm, caracterizando o sedimento do leito como areia média.

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre dezembro/2015 e novembro/2016, em análise preliminar, mantiveram o valor de diâmetro médio (D50) similar àquele do período anterior ao enchimento dos reservatórios, igual a 0,46 mm, variando de 0,18 a 0,74 mm, mantendo-se a classificação como areia média. O diâmetro dos grãos apresentou predominância de areia, com 99,95% e 0,05% de silte e argila.

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA- RIO XINGU- ESTAÇÃO UHE BELO MONTE MONTANTE
JANEIRO/2013 A NOVEMBRO/2016**

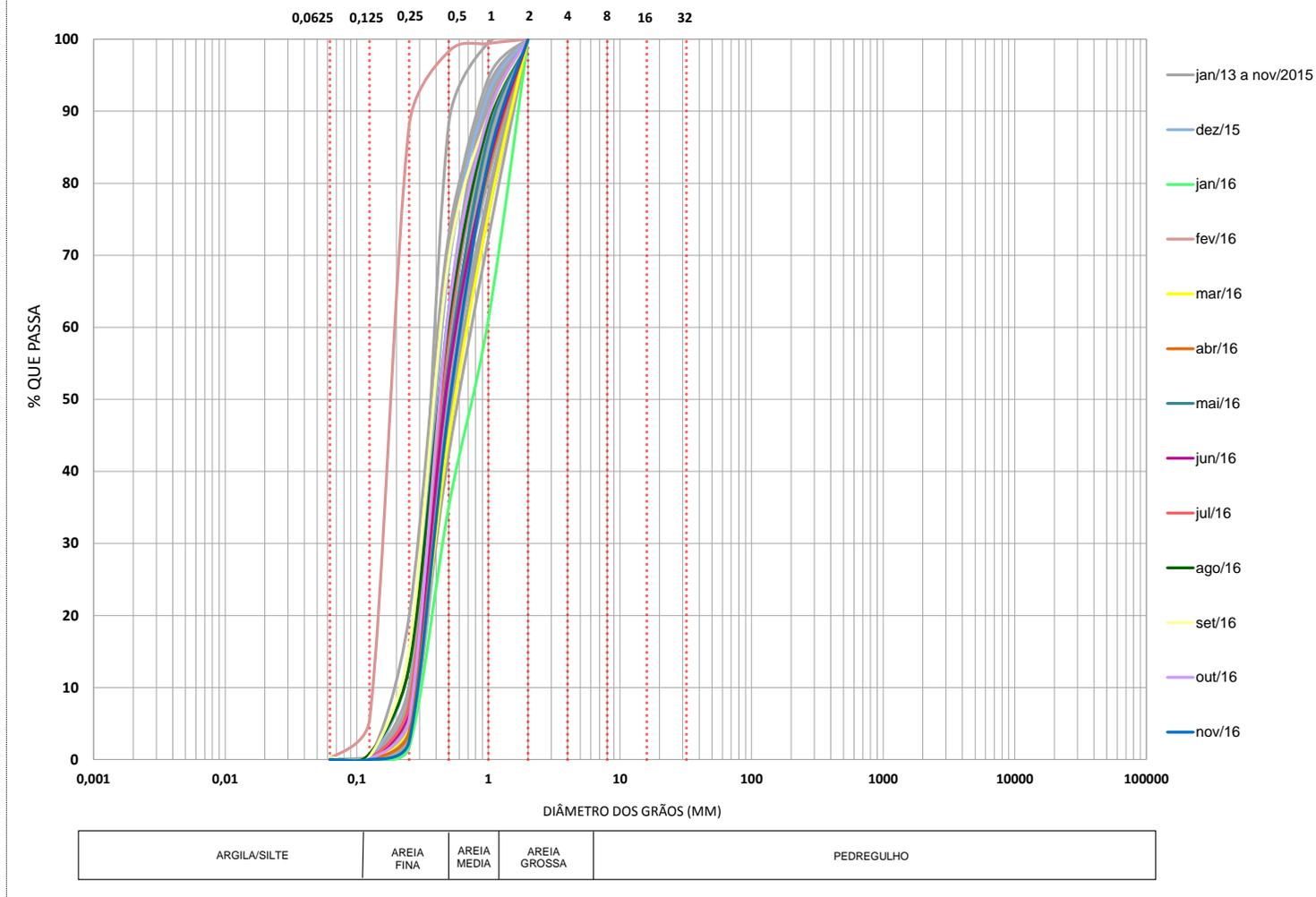


Figura 11.1.1 - 2 – Envoltória das Curvas Granulométricas do Leito – UHE Belo Monte Estação Montante - Seção 3.

11.1.1.2.1.3. ESTAÇÃO ALTAMIRA

A seção de coleta sedimentométrica Altamira, desativada em janeiro/2016, estava localizada no Reservatório do Xingu, junto à orla da cidade de Altamira, onde também era realizado o monitoramento fluviométrico com a medição de vazão mensal.

Na **Figura 11.1.1 - 3** é reapresentada a variabilidade granulométrica das amostras do material do leito do rio Xingu na estação Altamira, durante o período de setembro/2011 a janeiro/2016.

No período de setembro/2011 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se que o material do leito é menos uniforme se comparado com aquele da estação UHE Belo Monte Montante. O material do leito é composto em média, para o período coletado, por 92,71% de areia; 7,08% de pedregulho e 0,21% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,37 a 4,11 mm, com valor médio de 0,996 mm (areia grossa a muito grossa).

A última campanha realizada em janeiro/2016, durante o período de enchimento dos reservatórios, apresentou o diâmetro médio (D50) de 1,10 mm e predominância de 100% de areia. Entretanto, além da campanha ter sido realizada já em condição de reservatório, apenas uma amostragem/campanha não pode ser representativa.

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA- RIO XINGU- ESTAÇÃO ALTAMIRA
SETEMBRO/2011 A JANEIRO/2016**

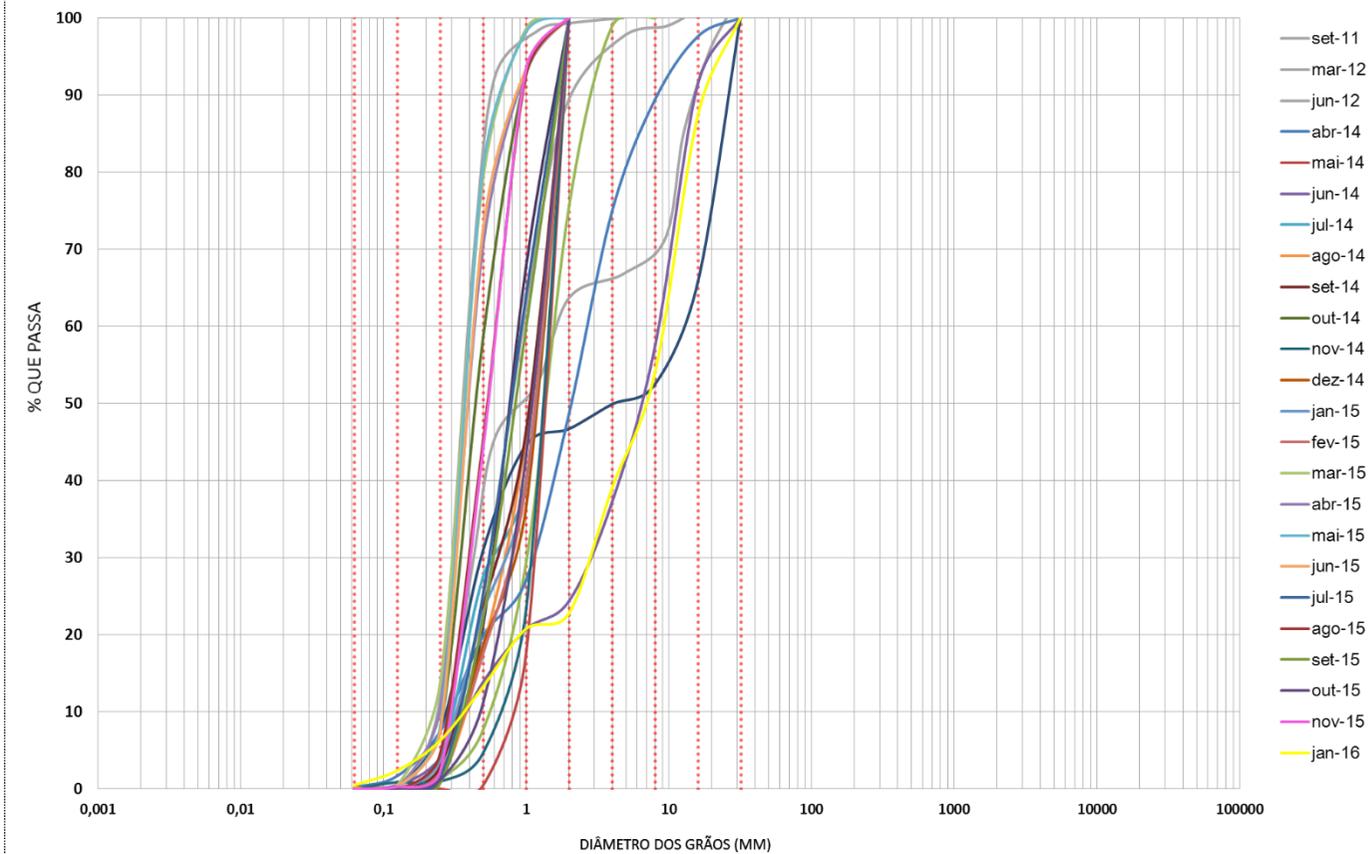


Figura 11.1.1 - 3 – Envoltória das Curvas Granulométricas do Leito - Estação Altamira.

11.1.1.2.1.4. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE MANGUEIRAS

A estação UHE Belo Monte Mangueiras, localizada no rio Xingu a jusante da Barragem Principal no Sítio Pimental, caracteriza a afluência sólida e líquida ao TVR.

A **Figura 11.1.1 - 4** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito na estação UHE Belo Monte Mangueiras durante o período de abril/2011 a novembro/2016.

No período de abril/2011 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se que o material do leito também caracteriza-se como um pouco menos uniforme se comparado com aquele da estação UHE Belo Monte Montante. O material do leito, no período coletado, é predominantemente arenoso, com 94,34% de areia, 5,47% de pedregulho e 0,20% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,19 a 2,22 mm, com valor médio de 0,48 mm (areia média).

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre dezembro/2015 e novembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 0,35 mm, variando de 0,27 a 0,44 mm. Preliminarmente, observa-se que são mantidas as características médias do sedimento do leito como areia média. O diâmetro dos grãos apresentou predominância de areia, com 99,65% e 0,35% de silte e argila.

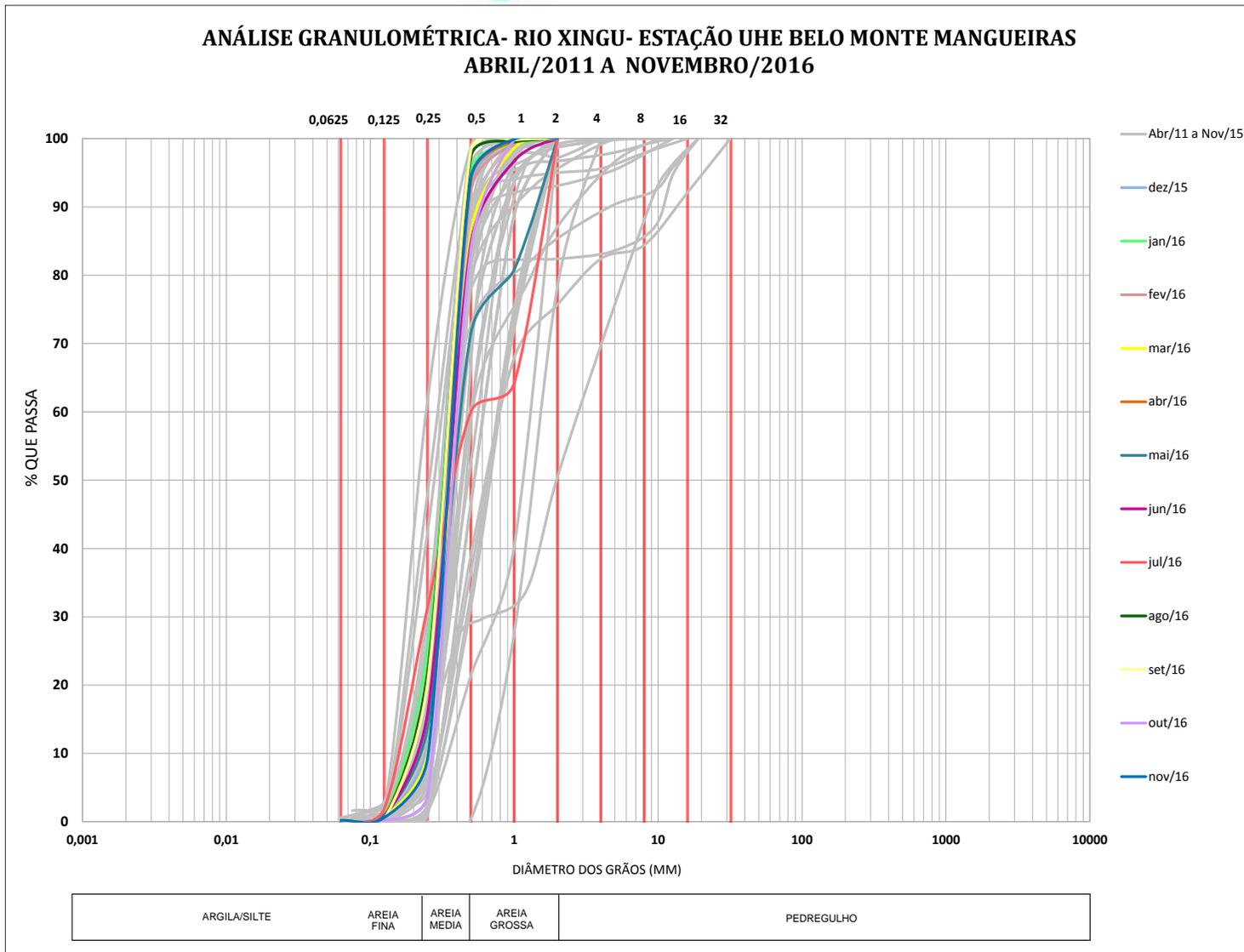


Figura 11.1.1 - 4 – Envoltórias das Curvas Granulométricas do Leito - Estação Mangueiras.

11.1.1.2.1.5. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE JUSANTE

A estação UHE Belo Monte Jusante está localizada no rio Xingu, cerca de 28 km a jusante da Casa de Força Principal em Belo Monte e a, aproximadamente, 10 km a montante da confluência com o igarapé Tucuruí, junto à cidade de Vitória do Xingu.

A **Figura 11.1.1 - 5** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito do rio Xingu, na estação UHE Belo Monte Jusante, coletado durante o período de dezembro/2011 a novembro/2016.

No período de dezembro/2011 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se um material do leito relativamente uniforme, com granulometria predominantemente de areia fina variando para areia média. A constituição média do material do leito, considerando o período de dezembro/2011 a novembro/2015, foi de 99,83% de areia, 0,08% de pedregulho e 0,10% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,18 a 0,70 mm, com valor médio de 0,34 mm, caracterizando-se como areia média a fina.

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre dezembro/2015 e novembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 0,32 mm, variando de 0,18 a 0,41 mm. Preliminarmente, observa-se que são mantidas as características médias do sedimento do leito como areia média a fina. O diâmetro dos grãos apresentou predominância de areia, com 99,95% e 0,05% de silte e argila.

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA- RIO XINGU- ESTAÇÃO UHE BELO MONTE JUSANTE
JULHO/2012 A NOVEMBRO/2016**

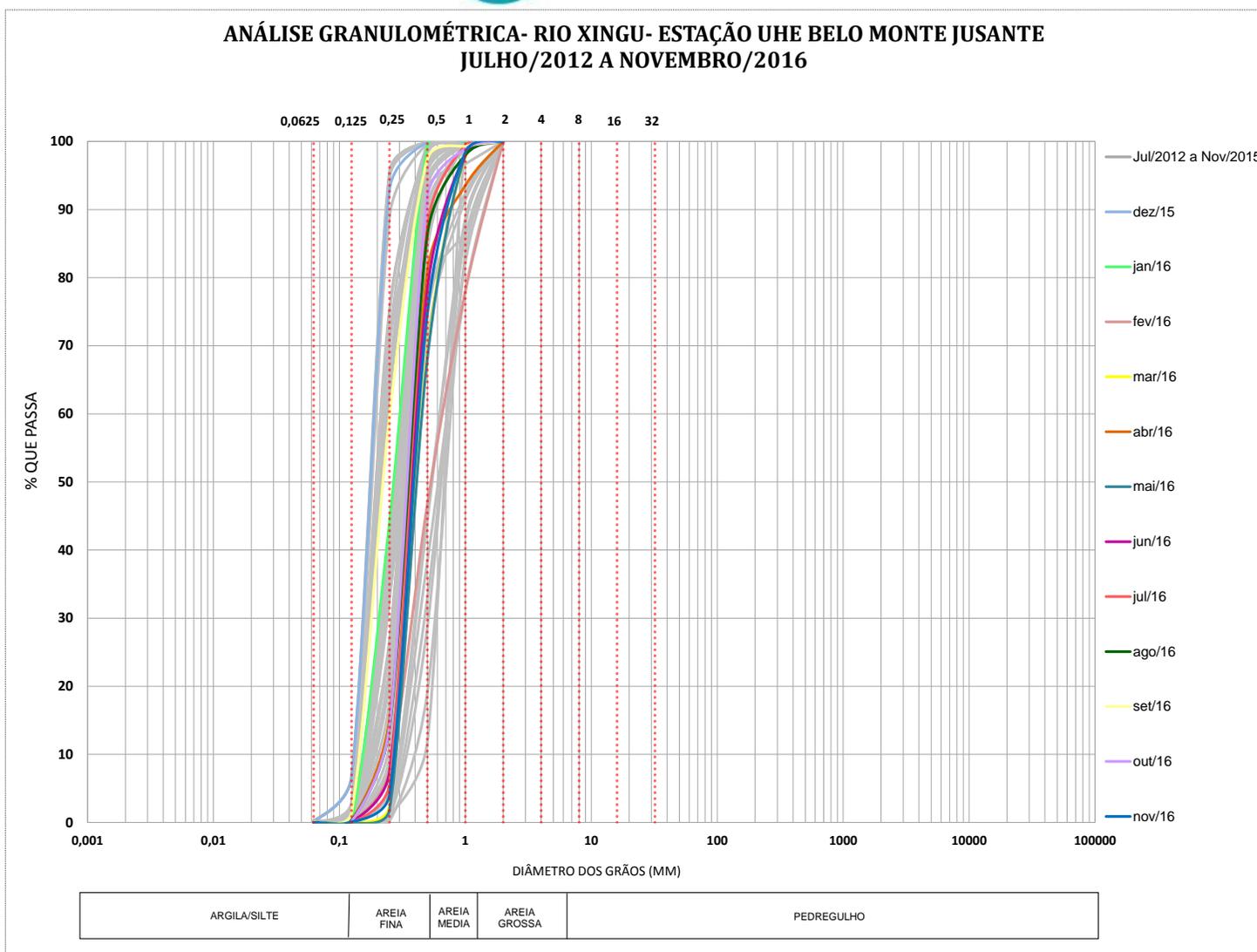


Figura 11.1.1 - 5 – Envolvória das Curvas Granulométricas do Leito - Estação UHE Belo Monte Jusante.

11.1.1.2.1.5.A. ANÁLISE COMPARATIVA DO SEDIMENTO DO LEITO - ESTAÇÕES RIO XINGU

Em análise comparativa preliminar, com relação às porcentagens de pedregulho, areia e silte encontradas nas amostras de material do leito nas estações ao longo do rio Xingu, para o período de monitoramento anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios, observa-se a predominância de material arenoso em todas as estações.

A **Figura 11.1.1 - 6** apresenta a comparação da composição granulométrica das estações hidrossedimentológicas no rio Xingu.

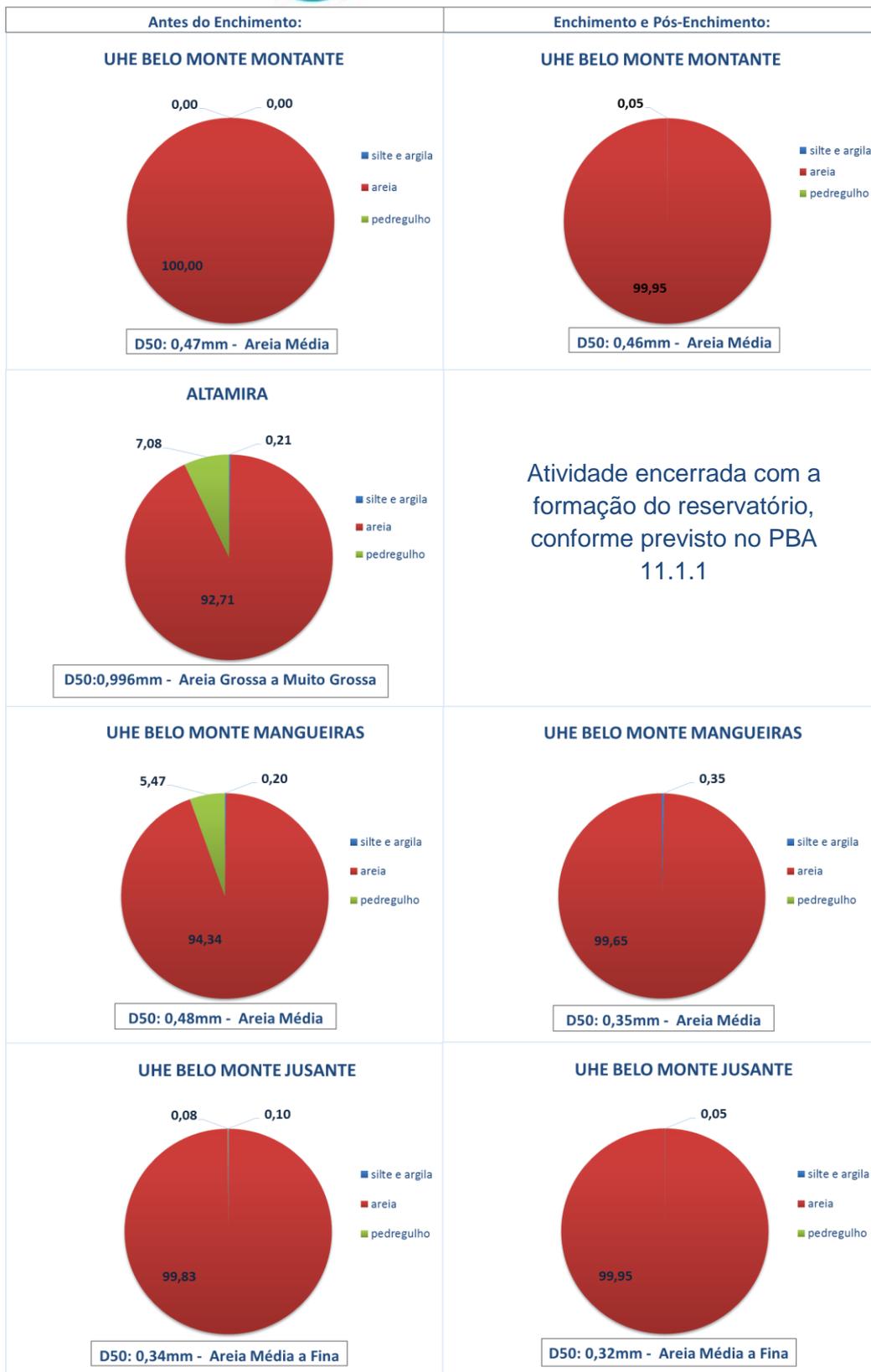


Figura 11.1.1 - 6 – Comparação da composição granulométrica (%) das estações do rio Xingu: UHE Belo Monte Montante, Altamira, UHE Belo Monte Mangueiras, UHE Belo Monte Jusante a partir dos dados de monitoramento anterior e após o período de enchimento.

Na região a montante do remanso do Reservatório do Xingu (estação UHE Belo Monte Montante) e na região a jusante da Casa de Força Principal (estação UHE Belo Monte Jusante), mais de 99% do material coletado encontra-se com granulometria na faixa da areia, diferenciando-se apenas na composição média.

A partir da compilação dos dados para o período pré-enchimento e atualização da envoltória das curvas granulométricas, e com a inserção dos dados das campanhas realizadas após o início do enchimento dos reservatórios até novembro/2016, verifica-se que a composição das médias dos materiais encontrados no leito do rio Xingu, em uma análise preliminar, não apresenta alteração em relação à tendência informada nos relatórios anteriores (**Quadro 11.1.1 - 2**).

Quadro 11.1.1 - 2 – Análise Granulométrica Comparativa (%) – Estações hidrossedimentológicas no rio Xingu - Período anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios

MATERIAL		ESTAÇÕES COMPOSIÇÃO MÉDIA (%)			
		MONTANTE	ALTAMIRA	MANGUEIRAS	JUSANTE
Períodos de dados considerados		Janeiro/13 a novembro/15	Setembro/11 a novembro/15	Abril/11 a outubro/15	Dezembro/11 a novembro/15
Número de dados (N)		35	24	51	46
Silte e Argila		0,00	0,21	0,20	0,10
Areia		100,00	92,71	94,34	99,83
Pedregulho		0,00	7,08	5,47	0,08
D50	Mínimo	0,37	0,37	0,19	0,18
	Máximo	0,59	4,11	2,22	0,70
	Média	0,47	0,996	0,48	0,34
	D. Padrão	0,05	0,75	0,39	0,14
Períodos de dados considerados		Dezembro/15 a novembro/16	Setembro/11 a novembro/15	Novembro/15 a novembro/16	Dezembro/15 a novembro/16
Número de dados (N)		12	Atividade encerrada com a formação do reservatório, conforme previsto no PBA 11.1.1	13	12
Silte e Argila		0,05		0,35	0,05
Areia		99,95		99,65	99,95
Pedregulho		0,00		0,00	0,00
D50	Mínimo	0,18		0,27	0,18
	Máximo	0,74		0,44	0,41
	Média	0,46		0,35	0,32
	D. Padrão	0,13		0,04	0,09

11.1.1.2.1.6. MATERIAL DO LEITO - IGARAPÉS DE ALTAMIRA

Nos igarapés Cipó Ambé, Cupiúba, Altamira e Panelas, que drenam áreas da cidade de Altamira, são realizados monitoramentos sedimentométricos e levantamentos da calha fluvial, de modo a possibilitar a avaliação da deposição de sedimentos nestes igarapés.

A seguir são apresentados os resultados das análises granulométricas do material coletado no leito dos principais igarapés em torno da cidade de Altamira e que deságuam no rio Xingu.

11.1.1.2.1.7. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE IGARAPÉ CIPÓ AMBÉ

A estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé encontra-se no igarapé Cipó, que é afluente do igarapé Ambé.

A **Figura 11.1.1 - 7** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito coletado na estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé durante o período de março/2011 a novembro/2016.

No período de março/2011 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), a constituição média do material do leito na estação Igarapé Cipó Ambé foi de 91,02% de areia, 8,61% de pedregulho e 0,37% de silte e argila. O diâmetro médio (D50) variou de 0,22 a 2,24 mm, com valor médio de 0,48 mm (areia média a grossa).

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre dezembro/2015 e novembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 0,66 mm, variando de 0,34 a 1,25 mm. Preliminarmente, observa-se que a composição média das amostras coletadas no leito para este período são classificadas como areia grossa. O diâmetro dos grãos apresentou predominância de areia, com 86,67%, 9,65% de pedregulho e 3,68% de silte e argila.

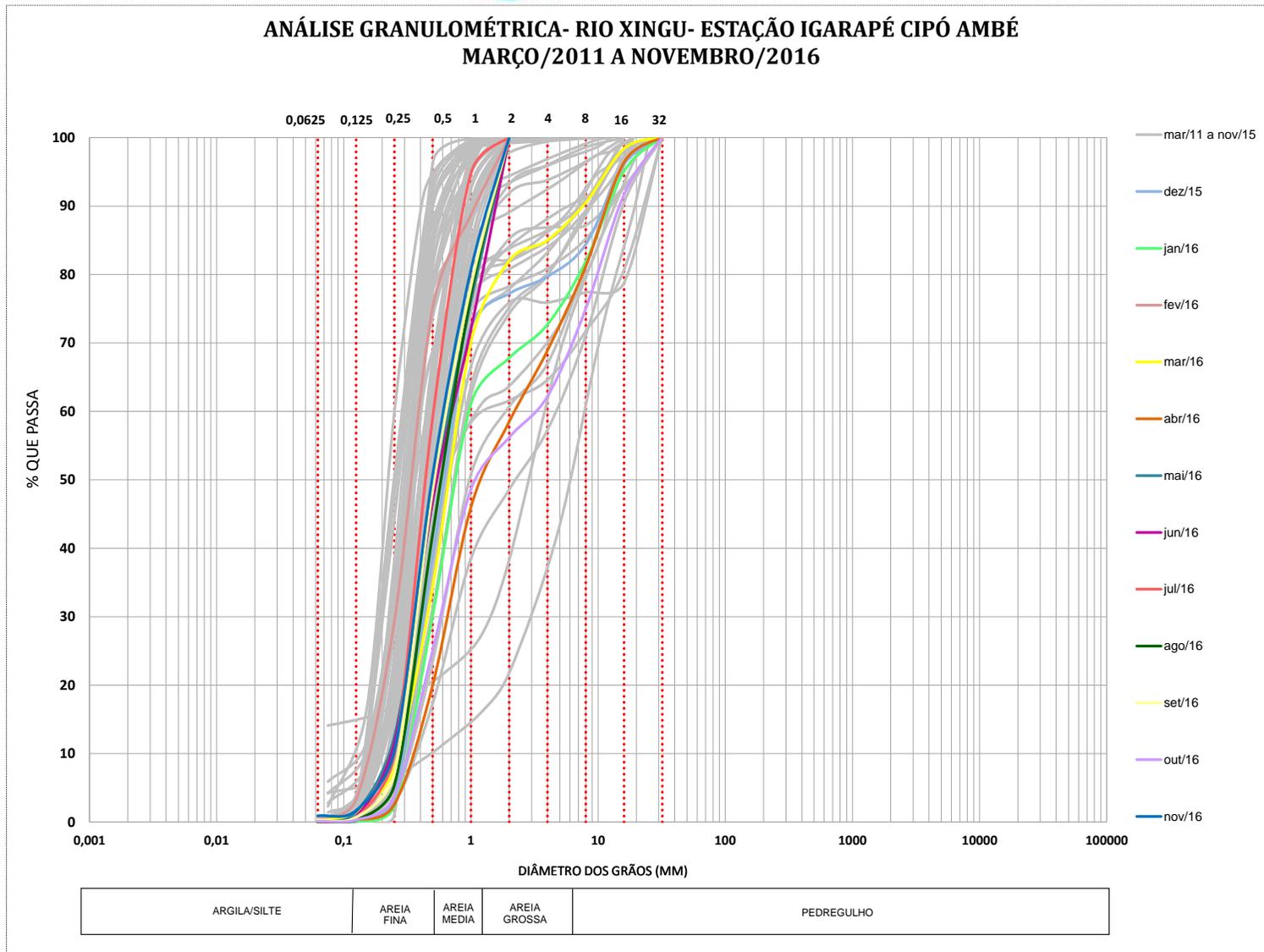


Figura 11.1.1 - 7 – Envoltória das Curvas Granulométricas do Leito - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé.

11.1.1.2.1.8. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE IGARAPÉ CUPIÚBA

A **Figura 11.1.1 - 8** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito na estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba, que também é afluente do Igarapé Ambé, para as coletas realizadas durante o período de maio/2011 a novembro/2016.

No período de maio/2011 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se que a constituição média do material do leito foi de 61,81% de areia, 34,32% de pedregulho e 3,86% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,20 a 8,00 mm, com valor médio de 1,73 mm (areia muito grossa).

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre dezembro/2015 e novembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 1,81 mm, variando de 0,38 a 5,76 mm. Preliminarmente, observa-se que são mantidas as características médias do sedimento do leito como areia muito grossa. O diâmetro dos grãos apresentou predominância de areia, com 59,11%, 40,69% de pedregulho e 0,19% de silte e argila.

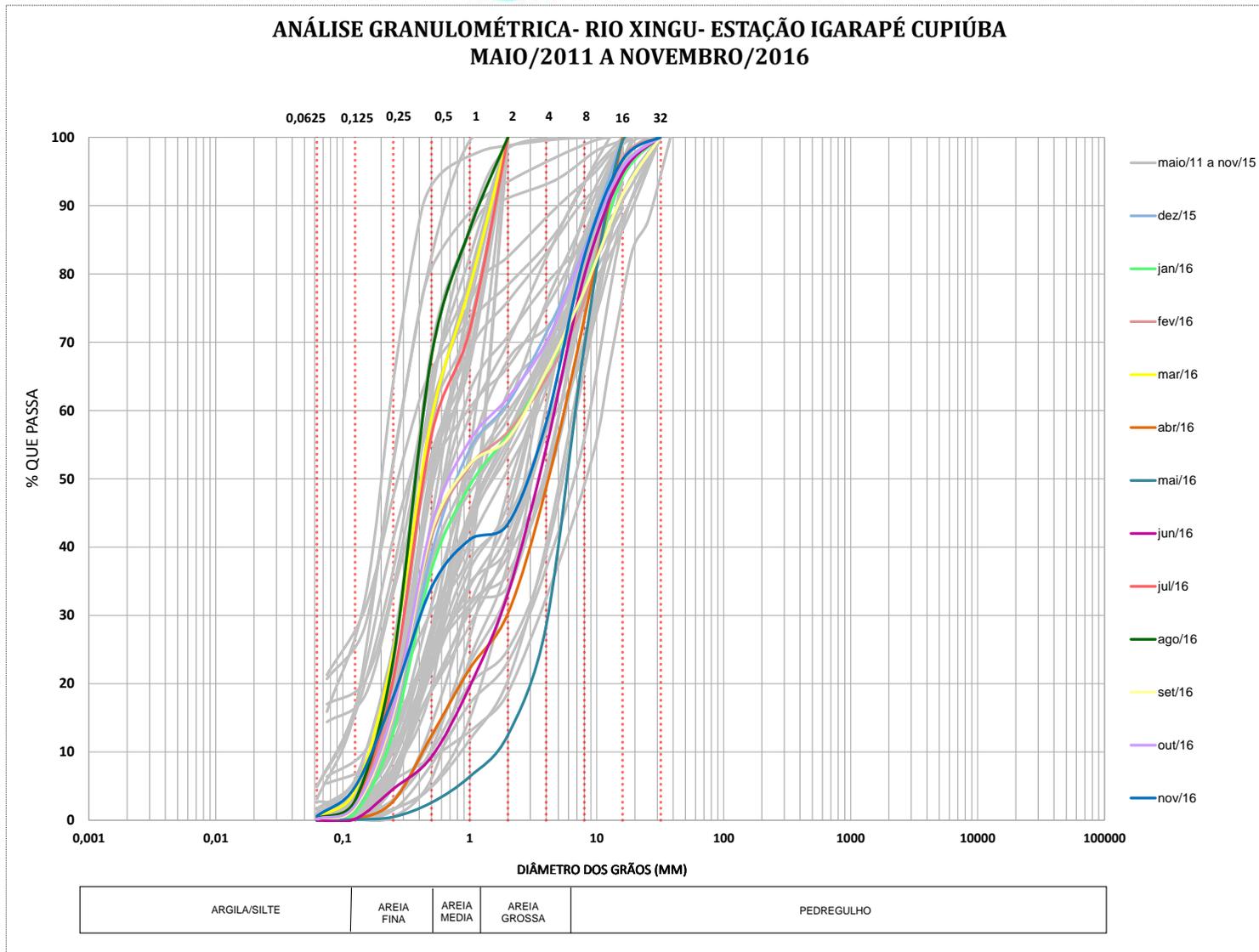


Figura 11.1.1 - 8 – Envoltória das Curvas Granulométricas do Leito - UHE Belo Monte Estação Igarapé Cupiúba.

11.1.1.2.1.9. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE IGARAPÉ PANELAS

A **Figura 11.1.1 - 9** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito da estação UHE Belo Monte Igarapé Panelas, um dos igarapés que cruzam a cidade de Altamina, para as coletas realizadas durante o período de novembro/2010 a novembro/2016.

No período de novembro/2010 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se um material parcialmente graduado e granulometria média mais grossa se comparado àquele do igarapé Cipó Ambé ou, até mesmo, com o do igarapé Cupiúba, com predominância de pedregulho no material do leito, além de uma grande variação no diâmetro médio. A constituição média do material do leito foi de 49,65% de pedregulho, 45,67% de areia e 4,67% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,20 a 10,47 mm, com valor médio de 3,15 mm (pedregulho muito fino).

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre dezembro/2015 e novembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 0,95 mm, variando de 0,32 a 4,67 mm. Preliminarmente, observa-se que a composição média das amostras coletadas no leito para este período são classificadas como areia grossa. O diâmetro dos grãos passou a apresentar a predominância de areia, com 86,66%, 13,03% de pedregulho e 0,31% de silte e argila.

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA- RIO XINGU- ESTAÇÃO IGARAPÉ PANELAS
NOVEMBRO/2010 A NOVEMBRO/2016**

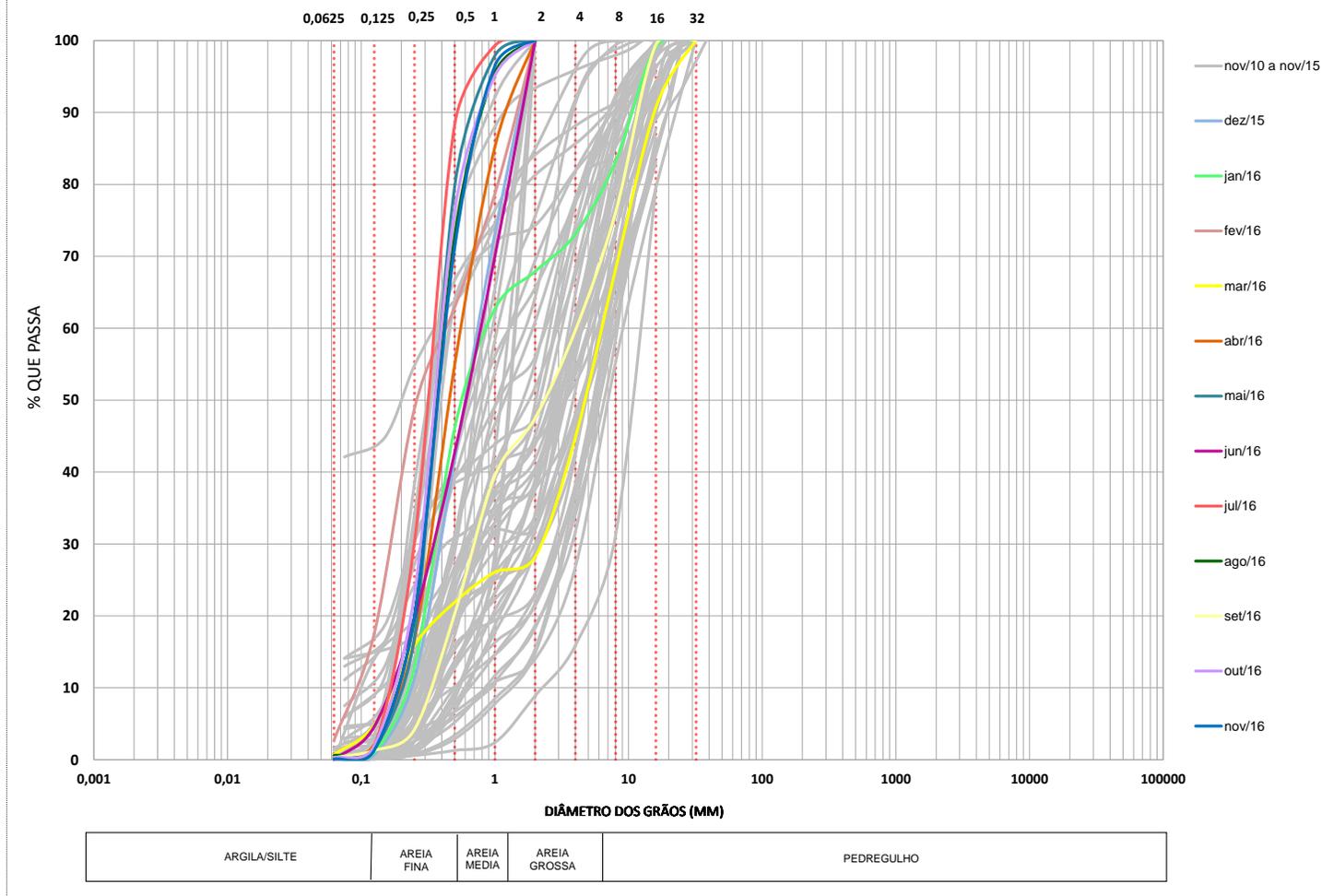


Figura 11.1.1 - 9 – Envolvória das Curvas Granulométricas do Leito - Estação UHE Belo Monte Igarapé Panelas.

11.1.1.2.1.10. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE IGARAPÉ ALTAMIRA

A **Figura 11.1.1 - 10** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito da estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira durante o período de novembro/2010 a novembro/2016.

No período de novembro/2010 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se um material parcialmente graduado, com expressiva variação do diâmetro médio. A constituição média do material do leito foi de 59,79% de areia, 39,20% de pedregulho e 1,01% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,40 a 8,55 mm, com valor médio de 2,16 mm, caracterizando-se como pedregulho muito fino.

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre dezembro/2015 e novembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 2,50 mm, variando de 0,55 a 6,65 mm. Preliminarmente, observa-se que são mantidas as características médias do sedimento do leito como pedregulho muito fino. O diâmetro dos grãos apresentou predominância de areia, com 63,77%, 35,30% de pedregulho e 0,93% de silte e argila.

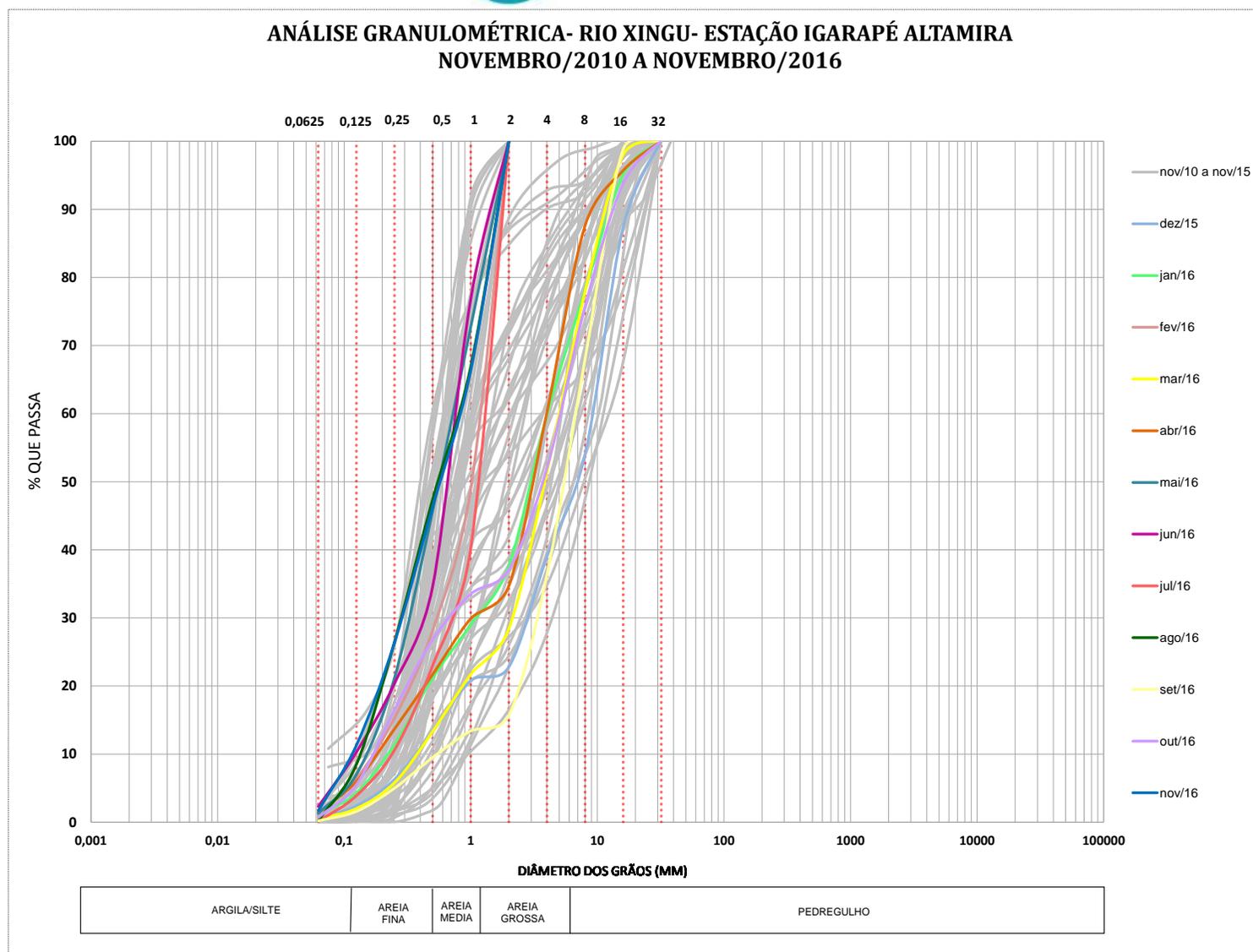


Figura 11.1.1 - 10 – Envoltória das Curvas Granulométricas do Leito - Estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira.

11.1.1.2.1.10.A. ANÁLISE COMPARATIVA DO SEDIMENTO DO LEITO - ESTAÇÕES IGARAPÉS DE ALTAMIRA

A seguir é apresentada, ainda em caráter preliminar, uma análise comparativa dos resultados consolidados do levantamento do sedimento do leito nos igarapés monitorados nas proximidades da cidade de Altamira, distintamente para os períodos anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios.

As porcentagens de pedregulho, areia e silte, encontradas nas amostras de material do leito nas estações Igarapé Altamira, Igarapé Cupiúba e Igarapé Cipó Ambé não apresentam diferenças significativas entre os dois períodos.

Particularmente, os resultados da caracterização do sedimento do leito para a estação Igarapé Pannels apresentaram uma diferença entre os dois períodos analisados, passando de composição média de pedregulho muito fino para areia grossa. É pertinente ressaltar que a seção de medição de vazão, assim como o local da coleta de sedimento foi deslocado para montante ao longo do igarapé. Esta relocação foi necessária devido à formação do reservatório e influência do remanso na seção de medição. O novo local de coleta, relocado em 18 de outubro/2015, apresenta-se com margens preservadas e sem a influência do reservatório, diferentemente do antigo local, que apresentava-se com leito instável, sujeito a influência das cheias do rio Xingu e das obras no entorno e a montante.

Os igarapés Pannels e Altamira caracterizam-se por apresentar maior porcentagem de pedregulho na sua composição, conforme já havia sido apresentado nos relatórios consolidados anteriores.

A **Figura 11.1.1 - 11** resume comparativamente a caracterização do material do leito em locais predefinidos nos igarapés de Altamira para o período anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios.



Figura 11.1.1 - 11 – Comparação (%) do Material do Leito dos Igarapés de Altamira.

Considerando os resultados das coletas realizadas nos igarapés Cipó Ambé e Cupiúba, afluentes do igarapé Ambé, percebe-se que, apesar de pertencerem à mesma bacia hidrográfica, existe diferença na constituição do material do leito dos mesmos, sendo que os sedimentos da estação Cupiúba apresentam maior porcentagem de pedregulhos.

A seguir é apresentado o **Quadro 11.1.1 - 3**, que resume a composição média e os valores dos diâmetros característicos (D50) do sedimento do leito em quatro locais junto aos igarapés de Altamira, para o período anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios.

Quadro 11.1.1 - 3 – Análise Granulométrica Comparativa (%) - Igarapés de Altamira

MATERIAL	ESTAÇÕES NOS IGARAPÉS COMPOSIÇÃO MÉDIA (%)				
	CIPÓ AMBÉ	CUPIÚBA	ALTAMIRA	PANELAS	
Períodos de dados considerados	Março/11 a novembro/15	Abril/11 a novembro/15	Outubro/10 a novembro/15	Novembro/10 a novembro/15	
Número de dados (N)	55	54	53	50	
Silte e Argila	0,39	3,86	1,01	4,69	
Areia	91,09	61,81	59,79	45,67	
Pedregulho	8,51	34,32	39,20	49,65	
D50	Mínimo	0,22	0,20	0,40	0,20
	Máximo	2,24	8,00	8,55	10,47
	Média	0,48	1,73	2,16	3,15
	D. Padrão	0,28	1,71	2,04	2,26
Períodos de dados considerados	Dezembro/15 a novembro/16	Dezembro/15 a novembro/16	Dezembro/15 a novembro/16	Dezembro/15 a novembro/16	
Número de dados (N)	12	12	12	12	
Silte e Argila	3,68	0,19	0,93	0,31	
Areia	86,67	59,11	63,77	86,66	
Pedregulho	9,65	40,69	35,30	13,03	
D50	Mínimo	0,34	0,38	0,55	0,32
	Máximo	1,25	5,76	6,65	4,67
	Média	0,66	1,81	2,50	0,95
	D. Padrão	0,27	1,78	2,09	1,29

O fato de o desvio-padrão ter sido próximo da média mostra a existência de grande variabilidade na composição dos diâmetros característicos (D50) do sedimento do leito dos igarapés de Altamira.

A partir da compilação dos dados para o período pré-enchimento e da atualização da envoltória das curvas granulométricas, com a inserção dos dados das campanhas realizadas após o início do enchimento dos reservatórios, até novembro/2016, verificou-se que a composição das médias dos materiais encontrados no leito dos igarapés de Altamira, em uma análise preliminar, não apresenta alteração na tendência informada em relatórios anteriores para todos os igarapés, com exceção do Igarapé Pannels, em função, principalmente, da mudança da seção de coleta de sedimento (**Quadro 11.1.1 - 2**).

11.1.1.2.1.11. MATERIAL DO LEITO - RIO BACAJÁ

As estações hidrossedimentométricas UHE Belo Monte Foz do Bacajá, Fazenda Cipaúba e Mrotidjãm são monitoradas com o objetivo de quantificar a carga sólida transportada pelo rio Bacajá, que é o principal contribuinte da margem direita do rio Xingu, no trecho da Volta Grande do Xingu, e avaliar as alterações nas condições morfológicas em sua foz, conforme objetivo específico do PBA 11.1.1.

11.1.1.2.1.12. UHE BELO MONTE ESTAÇÃO FOZ DO BACAJÁ

A **Figura 11.1.1 - 12** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito do rio Bacajá na estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá, durante o período de abril/2011 a novembro/2016.

No período de abril/2011 a outubro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se um material parcialmente graduado, com grande variação do diâmetro médio. A constituição média do material do leito foi de 46,27% de pedregulho, 53,00% de areia e 0,74% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,61 a 12,0 mm, com valor médio de 4,79 mm (pedregulho fino).

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre novembro/2015 e novembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 2,34 mm, variando de 0,87 a 9,31 mm. Preliminarmente, observa-se que a composição média das amostras coletadas no leito para este período é classificada como pedregulho muito fino. O diâmetro dos grãos passou a apresentar predominância de areia, com 81,99%, 17,84% de pedregulho e 0,17% de silte e argila.

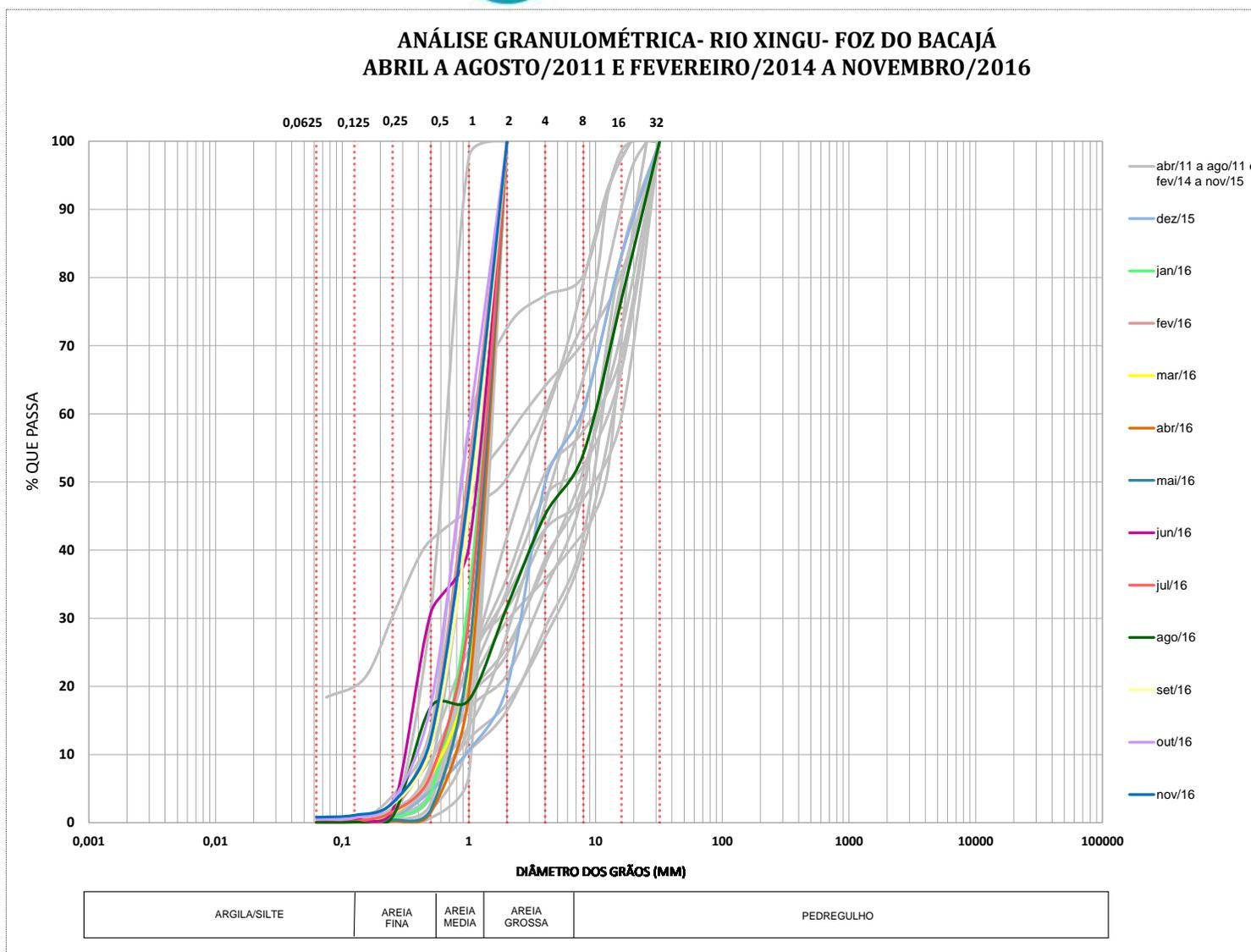


Figura 11.1.1 - 12 – Envoltória das Curvas Granulométricas do Leito do Rio Bacajá - Estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá.

11.1.1.2.1.13. ESTAÇÃO FAZENDA CIPAÚBA

A Estação Fazenda Cipaúba faz parte da rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA) e, a partir de novembro/2011, passou a ser operada também pela Norte Energia.

A frequência de coleta desta estação foi estabelecida como trimestral, sendo que, para este relatório, são apresentados os resultados das coletas de sedimento dos meses de abril, julho e outubro/2012; janeiro, abril, julho e outubro/2013; janeiro, abril, julho e outubro/2014; janeiro, abril, julho e outubro/2015; e janeiro, maio, agosto e novembro/2016.

A **Figura 11.1.1 - 13** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito do rio Bacajá na estação Fazenda Cipaúba durante o período de abril/2012 a novembro/2016.

No período de abril/2012 a outubro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se um material parcialmente graduado, com variação do diâmetro médio. A constituição média do material do leito foi de 65,20% de pedregulho, 34,61% de areia e 0,19% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,40 a 9,85 mm, com valor médio de 5,27 mm (pedregulho fino).

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre janeiro/2016 e novembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 5,13 mm, variando de 3,24 a 8,08 mm. Preliminarmente, observa-se que são mantidas as características médias do sedimento do leito como pedregulho fino. O diâmetro dos grãos apresentou predominância de areia, com 68,48%, 31,48% de pedregulho e 0,05% de silte e argila.

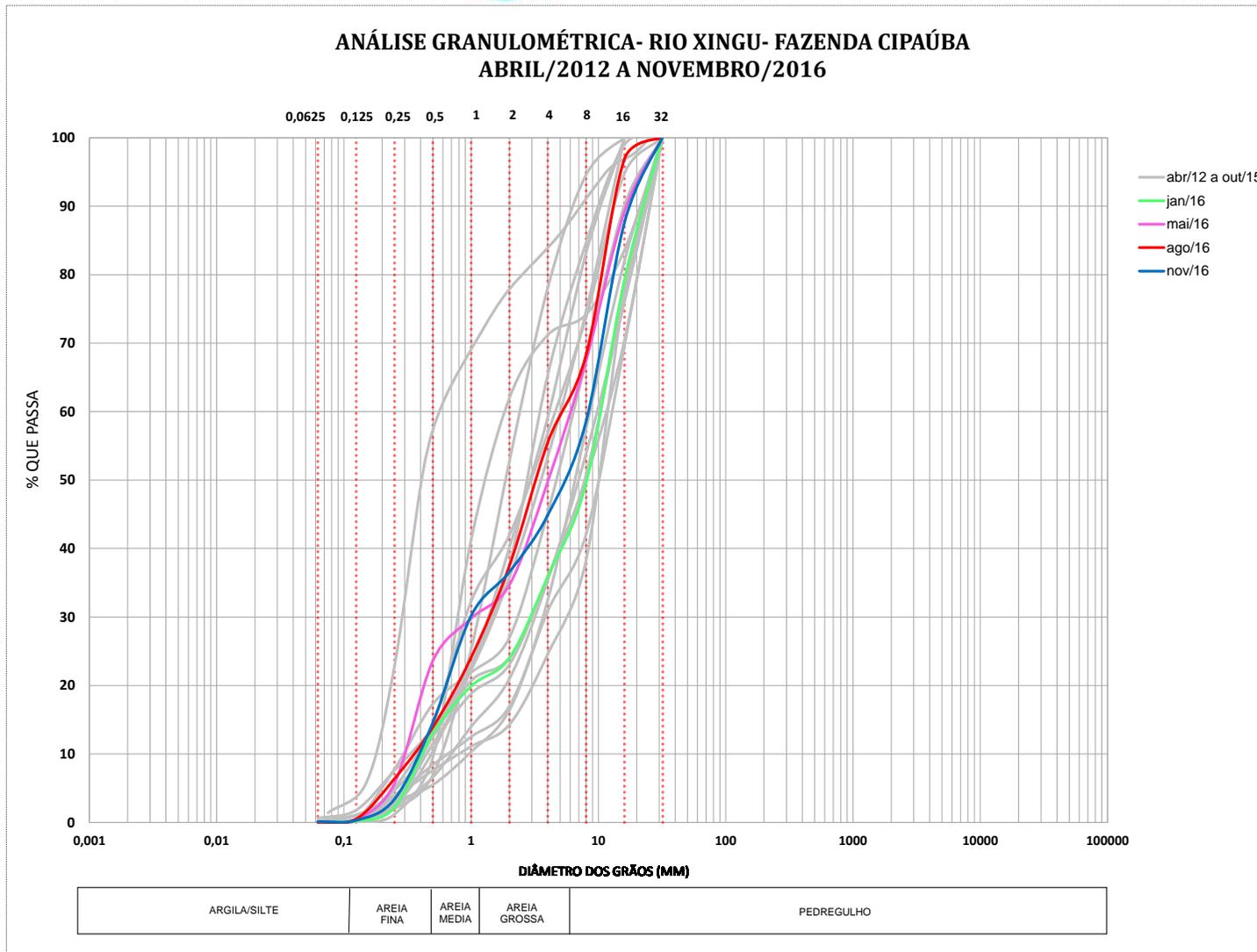


Figura 11.1.1 - 13 – Envoltória das Curvas Granulométricas do Leito do Rio Bacajá - Estação Fazenda Cipaúba.

11.1.1.2.1.14. ESTAÇÃO MROTIDJÃM

A **Figura 11.1.1 - 14** apresenta a envoltória das curvas granulométricas do material do leito do rio Bacajá na estação Mrotidjãm durante o período de abril/2012 a dezembro/2016, que está localizada cerca de 200 km a montante da foz.

Semelhante à estação Fazenda Cipaúba, a frequência de coleta da estação Mrotidjãm foi estabelecida trimestralmente, conforme previsto no PBA. Esta análise consolidada apresenta os resultados das coletas de sedimento dos meses de fevereiro, abril, setembro e novembro/2012; janeiro, abril, julho e outubro/2013; janeiro, abril, julho e novembro/2014; fevereiro, abril, agosto e novembro/2015; e fevereiro, junho, setembro e dezembro/2016.

No período de fevereiro/2012 a novembro/2015 (período anterior ao enchimento dos reservatórios), observa-se um material bem uniforme, predominantemente arenoso, sendo sua constituição média composta por 97,78% de areia, 2,13% de pedregulho e 0,10% de argila e silte. O diâmetro médio (D50) variou de 0,38 a 0,93 mm, com valor médio de 0,60 mm (areia grossa).

Para o período de enchimento e pós-enchimento, os dados das campanhas realizadas entre fevereiro/2016 e dezembro/2016 apresentam o diâmetro médio (D50) de 0,71 mm, variando de 0,50 a 0,84 mm. Apesar de compilar dados trimestrais de apenas um ano, ou seja, quatro coletas, preliminarmente observa-se que são mantidas as características médias do sedimento do leito como areia grossa. O diâmetro dos grãos continua a apresentar predominância de areia, com 99,98%, e 0,03% de silte e argila.

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA- RIO XINGU- ALDEIA MROTIDJÃM
FEVEREIRO/2012 A DEZEMBRO/2016**

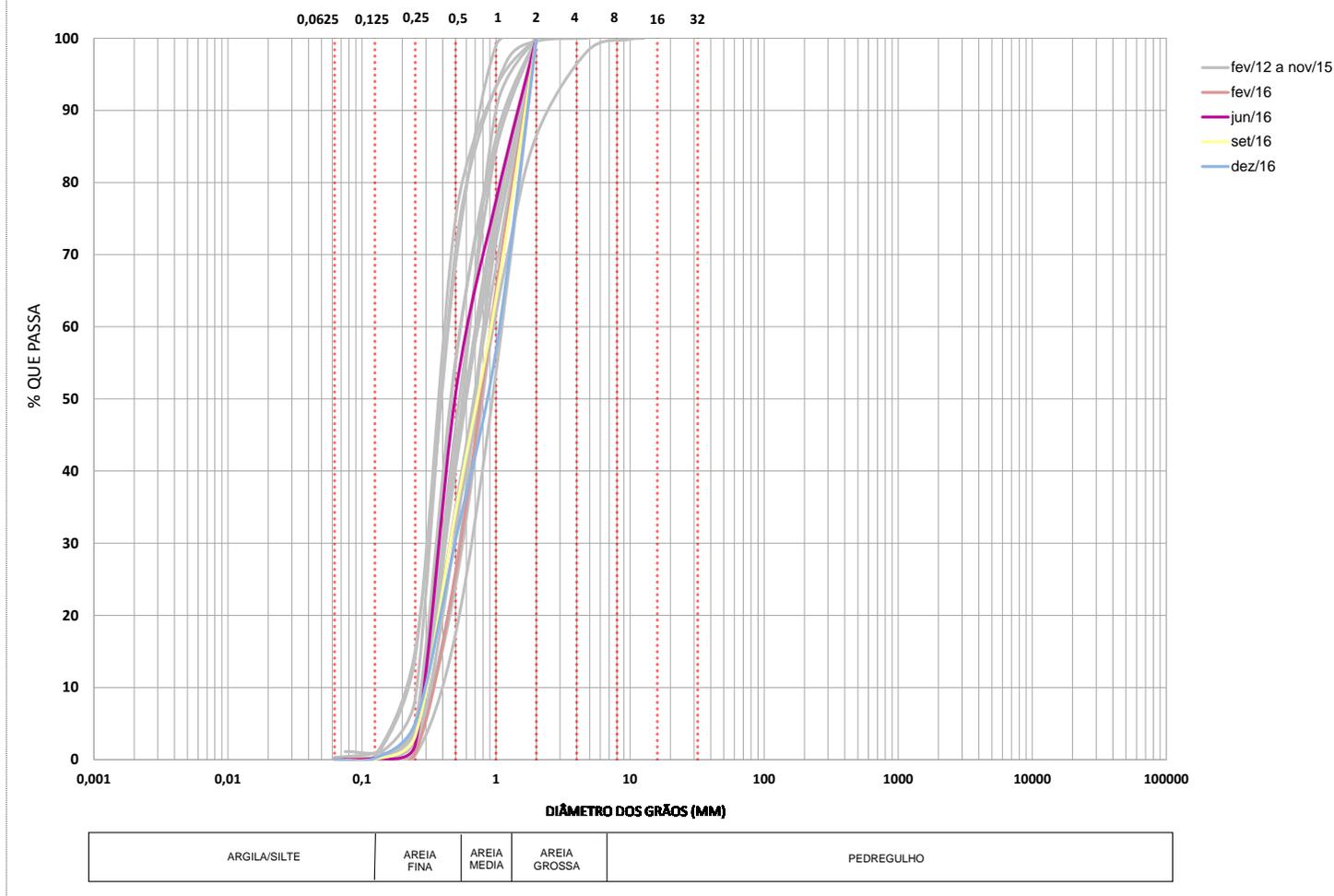


Figura 11.1.1 - 14 – Envoltória das Curvas Granulométricas do Leito do Rio Bacajá - Estação Mrotidjãm.

11.1.1.2.1.14.A. ANÁLISE COMPARATIVA DO SEDIMENTO DO LEITO - ESTAÇÕES DO RIO BACAJÁ

Conforme pode ser observado na **Figura 11.1.1 - 15**, as estações de coleta de sedimento do leito no rio Bacajá apresentam um comportamento bastante variado quanto a sua composição granulométrica, tanto para os períodos anteriores, quanto posteriores ao enchimento dos reservatórios.



Figura 11.1.1 - 15 – Comparação (%) do Material do Leito das estações no rio Bacajá.

Em termos gerais, apesar de terem sido coletadas em períodos distintos e se diferenciarem quanto ao número de campanhas realizadas, pode-se observar que o material do leito apresenta um aumento do diâmetro médio característico de montante para jusante ao longo do rio, reduzindo a porcentagem média de areia e aumentando a porcentagem média de pedregulhos, quando são comparados os percentuais de areia e pedregulhos das estações Mrotidjã e Fazenda Cipaúba.

De uma forma geral, percebe-se que a porcentagem média de areia das amostras aumentou para todas as três estações no período de enchimento e pós-enchimento, quando comparada às médias para o período anterior à formação do Reservatório do Xingu. Uma justificativa aceitável para esta alteração pode ser atribuída à significativa redução das vazões no rio Bacajá como um todo nos últimos dois anos. Esta redução de vazão, e conseqüentemente da velocidade média do escoamento, resulta em um menor potencial de arraste, aumentando a porcentagem do sedimento do leito com diâmetros menores.

11.1.1.2.1.15. RESUMO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

O **Quadro 11.1.1 - 4** apresenta a tabela resumo com as médias dos resultados do monitoramento e qualificação dos sedimentos, em termos de granulometria, de todas as regiões monitoradas no presente Projeto, ou seja, a montante e jusante da UHE Belo Monte e nos principais contribuintes, considerando as campanhas de monitoramento hidrossedimentológico realizadas no período anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios.

Quadro 11.1.1 - 4 – Tabela resumo dos resultados do monitoramento da Granulometria de sedimentos do leito do rio Xingu e tributários comparativamente para os período anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios.

		PERÍODO									
		ANTES DO ENCHIMENTO					ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO				
ESTAÇÃO	REGIÃO	% PEDREGULHO	% AREIA	% SILTE/ ARGILA	DIÂMETRO MÉDIO (MM)	DENOMINAÇÃO PARA DIÂMETRO MÉDIO (MM)*	% PEDREGULHO	% AREIA	% SILTE/ ARGILA	DIÂMETRO MÉDIO (MM)	DENOMINAÇÃO PARA DIÂMETRO MÉDIO (MM)*
UHE Belo Monte Montante	Rio Xingu-Montante Pimental	0,00	100,0	0,00	0,47	Areia Média	0,00	99,95	0,05	0,46	Areia Média
Altamira	Rio Xingu-Montante Pimental	7,08	92,71	0,21	0,996	Areia Grossa a Muito Grossa					
UHE Belo Monte Igarapé Altamira	Igarapés Altamira	39,20	59,79	1,01	2,16	Pedregulho Muito Fino	35,30	63,77	0,93	2,50	Pedregulho Muito Fino
UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé	Igarapés Altamira	8,51	91,09	0,39	0,48	Areia Média a Grossa	9,65	86,67	3,68	0,66	Areia Grossa
UHE Belo Monte Igarapé Pannels	Igarapés Altamira	49,65	45,67	4,67	3,15	Pedregulho Muito Fino	13,03	86,66	0,31	0,95	Areia Grossa
UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba	Igarapés Altamira	34,32	61,81	3,86	1,73	Areia Muito Grossa	40,69	59,11	0,19	1,81	Areia Muito Grossa
UHE Belo Monte Mangueiras	Rio Xingu-TV	5,47	94,34	0,20	0,48	Areia Média	0,00	99,65	0,35	0,35	Areia Média
UHE Belo Monte Foz Bacajá	Rio Bacajá	46,27	53,00	0,74	4,79	Pedregulho Fino	17,84	81,99	0,17	2,34	Pedregulho Muito Fino

		PERÍODO									
		ANTES DO ENCHIMENTO					ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO				
ESTAÇÃO	REGIÃO	% PEDREGULHO	% AREIA	% SILTE/ ARGILA	DIÂMETRO MÉDIO (MM)	DENOMINAÇÃO PARA DIÂMETRO MÉDIO (MM)*	% PEDREGULHO	% AREIA	% SILTE/ ARGILA	DIÂMETRO MÉDIO (MM)	DENOMINAÇÃO PARA DIÂMETRO MÉDIO (MM)*
Fazenda Cipaúba	Rio Bacajá	65,20	34,61	0,19	5,27	Pedregulho Fino	31,48	68,48	0,05	5,13	Pedregulho Fino
Mrotidjã	Rio Bacajá	2,13	97,78	0,10	0,60	Areia Grossa	0,00	99,98	0,03	0,71	Areia Grossa
UHE Belo Monte Jusante	Rio Xingu-Jusante BM	0,08	99,83	0,10	0,34	Areia Média a Fina	0,00	99,95	0,05	0,32	Areia Média a Fina

*A denominação quanto ao diâmetro médio basea-se na classificação do sedimento de acordo com a granulometria pela *American Geophysical Union* – AGU (Classificação de Wentworth).

Apesar de terem sido apresentadas análises comparativas preliminares, o monitoramento realizado após a formação dos reservatórios, devido ao curto prazo decorrido, ainda não permite uma análise consolidada entre os dados dos períodos (pré e pós-enchimento), o que será realizado, de forma definitiva, com base na compilação de dados de dois anos após a formação dos reservatórios, conforme previsto no cronograma deste Projeto. Adicionalmente, como algumas diferenças foram preliminarmente observadas em decorrência da redução de vazão em toda a bacia do rio Xingu como um todo, principalmente nos dois últimos anos, será necessária uma abordagem comparativa do sedimento do leito considerando a variação de vazão natural nos igarapés de Altamira, assim como a variação das vazões afluentes e defluentes aos reservatórios.

11.1.1.2.2. CÁLCULO DA DESCARGA SÓLIDA

As medições de descarga sólida são realizadas pelo método indireto, que consiste em fazer amostragens dos sedimentos em suspensão e do leito dos corpos hídricos, analisar as amostras para determinação da concentração e da granulometria dos sedimentos em suspensão e da granulometria dos sedimentos do leito, além da medida da descarga líquida instantânea no momento da amostragem. Os resultados são obtidos por cálculos por meio de fórmulas conhecidas e de uso tradicional.

A seguir são apresentados os resultados consolidados do cálculo da descarga sólida obtidos pela soma da descarga sólida em suspensão e da descarga sólida do leito, ou descarga por arraste, relativos ao período anterior ao enchimento dos reservatórios e posterior, até o mês de novembro/2016.

Assim, para as análises apresentadas a seguir foram compilados separadamente os dados de monitoramentos realizados no período anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, para as estações hidrossedimentológicas.

Os resultados dos laudos de concentração de sólidos em suspensão, bem como daqueles referentes à granulometria do material do leito, além de parâmetros geométricos dos cursos de água obtidos pela medição da vazão líquida (velocidade média, largura média, profundidade média), são apresentados para todo o período de monitoramento até novembro/2016.

11.1.1.2.2.1. DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO

A determinação da descarga de sólidos suspensos é realizada por meio da medição simultânea da concentração média de sedimentos em suspensão e da vazão líquida, sendo calculada pela seguinte expressão:

$$Q_{ss} = 0,0864.Q.C$$

Sendo:

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

Q = descarga líquida, em m^3/s ,

C = concentração medida, em mg/l,

0,0864 = constante de transformação de unidades.

As curvas-chave de sedimentos em suspensão reapresentadas a seguir englobam dados de monitoramento para todas as estações do Projeto até novembro/2015, caracterizando, portanto, a análise para o período anterior ao enchimento dos reservatórios.

Os dados do período de enchimento (24/11/2016 a 13/02/2016) e pós-enchimento (até novembro/2016) não foram considerados para o ajuste das atuais curvas-chave, tendo em vista que esses dados serão considerados para o ajuste de novas curvas-chave, que então viabilizarão a análise comparativa dos dados do cenário anterior e posterior à implantação do empreendimento. No entanto, optou-se por plotar no gráfico das curvas-chave, os dados incorporados após novembro/2015, de forma a permitir uma análise preliminar do comportamento em relação ao ajuste para o período anterior.

Os laudos de concentração de sedimentos em suspensão relativos aos meses de outubro/2015 a novembro/2016 são apresentados no **Anexo 11.1.1 - 2**. Os laudos anteriores a este período foram apresentados no Quarto, Quinto, Sexto, Sétimo, Oitavo, Nono e Décimo RCs entregues ao IBAMA.

As planilhas com os dados de concentração de sedimentos em suspensão, composição granulométrica e descargas de vazão líquida para todas as estações monitoradas são apresentadas no Banco de Dados atualizado (arquivo digital) do PBA 11.1.1.

A seguir são apresentadas as avaliações da descarga sólida em suspensão para todas as estações, separadamente, por estações no rio Xingu, nos igarapés de Altamira e no rio Bacajá, para todo o período, desde o início do monitoramento, referente ao presente Projeto.

11.1.1.2.2.1.A. DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO - RIO XINGU

11.1.1.2.2.1.A.I. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE MONTANTE

De acordo com os dados coletados no período de outubro/2010 a outubro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão (C_{ss}) no rio Xingu, na estação UHE Belo Monte Montante, variou de 0,16 a 116,22 mg/l, com valor médio de 15,55 mg/l.

A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada para o período anterior ao enchimento dos reservatórios foi de 14.275 t/dia. Estes dados se referem ao somatório das descargas sólidas em suspensão dos três canais que compõem a seção da estação UHE Belo Monte Montante.

De acordo com os dados coletados no período de enchimento e pós-enchimento, de novembro/2015 a novembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão (C_{SS}) no rio Xingu, na estação UHE Belo Monte Montante, variou de 11,24 a 48,66 mg/l, com valor médio de 21,84 mg/l.

A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada para o período posterior ao enchimento dos reservatórios foi de 3.268 t/dia. Estes dados se referem ao somatório das descargas sólidas em suspensão dos três canais que compõem a seção da estação UHE Belo Monte Montante.

A **Figura 11.1.1 - 16** apresenta a concentração de sedimentos em suspensão e a vazão sólida em suspensão calculada a partir das campanhas mensais de medição de vazões líquida na região da estação UHE Belo Monte Montante.

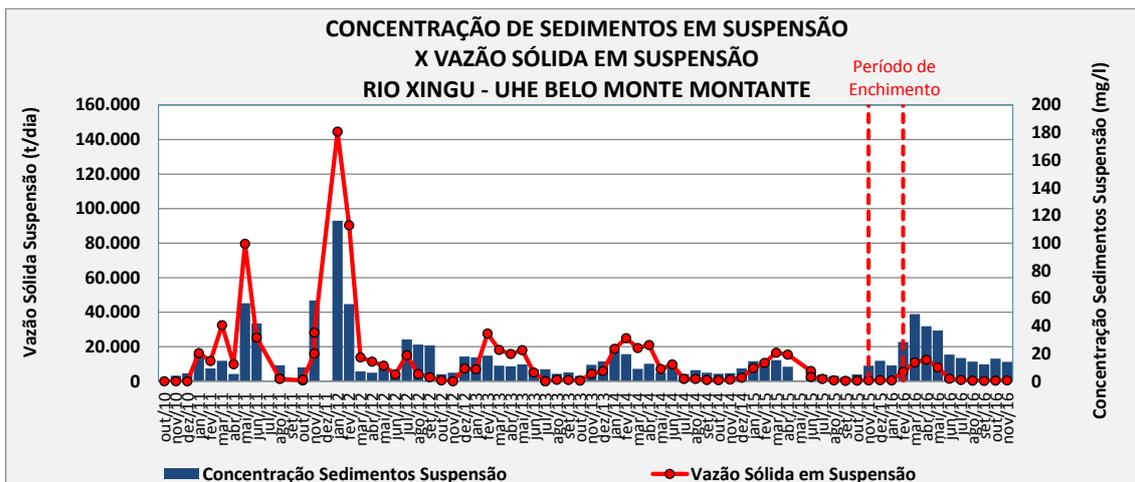


Figura 11.1.1 - 16 – Concentração de Sedimentos x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Período de outubro/2010 a novembro/2016 - Rio Xingu - UHE Belo Monte Montante.

A curva-chave de sedimento em suspensão para a seção da estação UHE Belo Monte Montante e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios são apresentados na **Figura 11.1.1 - 17**.

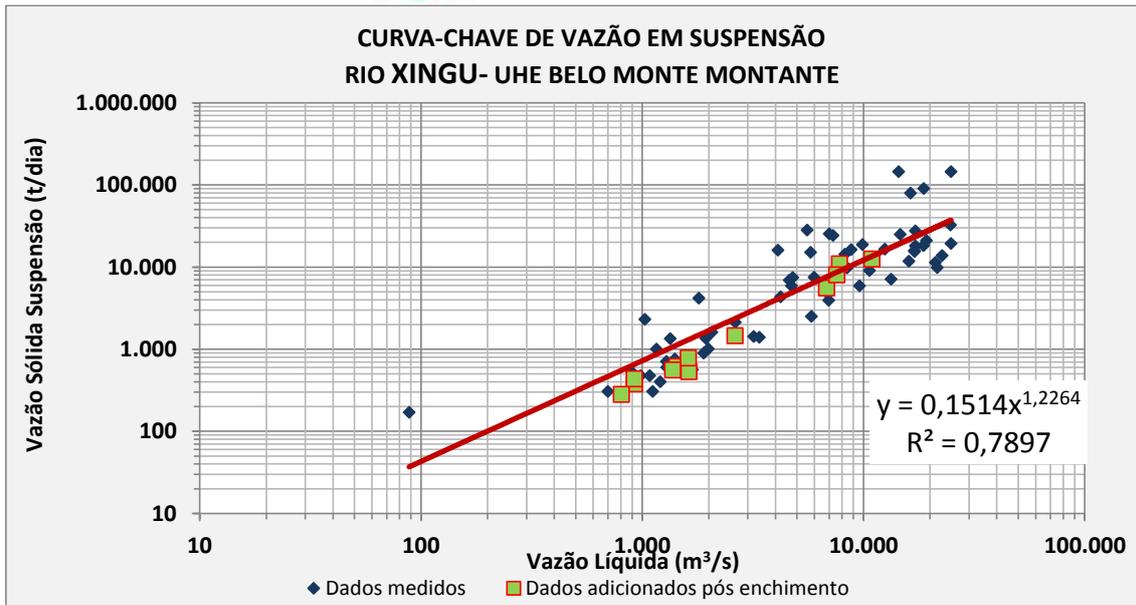


Figura 11.1.1 - 17 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de outubro/2010 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016- Rio Xingu - UHE Belo Monte Montante.

Com relação ao ajuste da curva-chave, se considerados os dados das campanhas realizadas a partir de janeiro/2013 até novembro/2015, verifica-se uma melhora no ajuste de potência utilizado na curva-chave de sedimentos em suspensão da estação UHE Belo Monte Montante, na qual a correlação entre a vazão sólida em suspensão e a vazão líquida, determinada pelo coeficiente de determinação R^2 , tem o valor de aproximadamente 0,929.

Os dados que foram incorporados durante e pós-enchimento foram plotados juntamente na **Figura 11.1.1 - 17**. De forma preliminar, observa-se que os novos dados apresentam aderência ao ajuste da curva-chave.

11.1.1.2.2.1.A.II. ESTAÇÃO ALTAMIRA (ANA)

A estação Altamira desativada em janeiro/2016, por ocasião do enchimento do Reservatório do Xingu, possuía medições de concentração de sedimentos desde janeiro/1984 (operação ANA). A partir de maio/2012, a régua limnimétrica da estação Altamira passou a ser operada também pela Norte Energia.

Considerando o período de monitoramento de janeiro/1984 a novembro/2015, na estação Altamira (ANA) as concentrações de sólidos em suspensão variam de 0,07 mg/l a 139,2 mg/l, ficando o valor médio em torno de 17,24 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 12.254 t/dia (**Figura 11.1.1 - 18**).

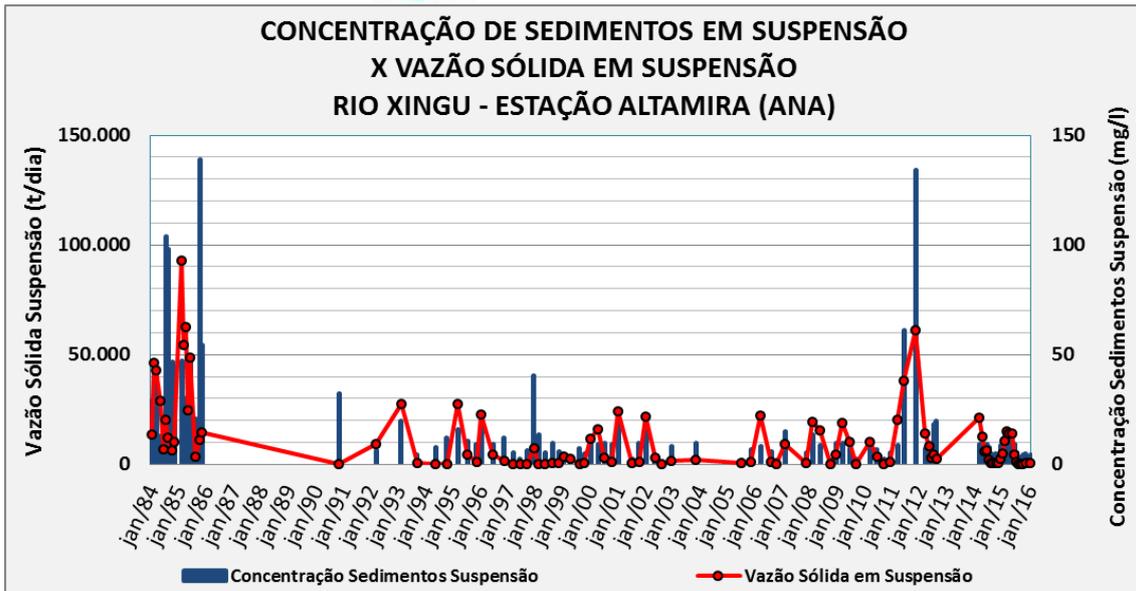


Figura 11.1.1 - 18 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de janeiro/1984 a janeiro/2016 - Rio Xingu - Altamira (ANA).

A curva-chave de sedimento em suspensão para a seção da estação Altamira é apresentada na **Figura 11.1.1 - 19**.

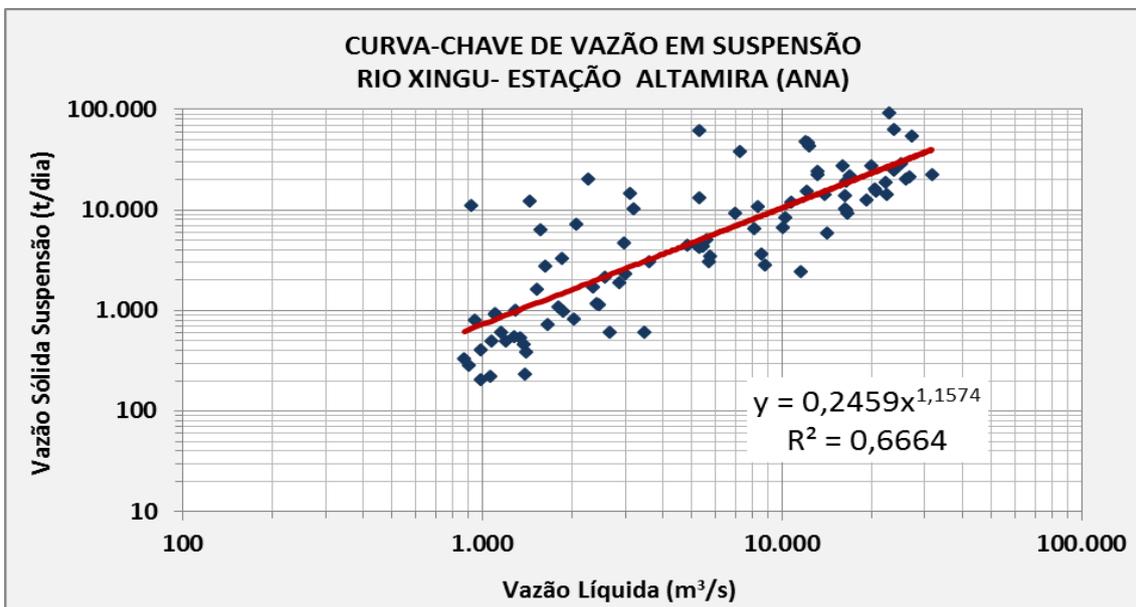


Figura 11.1.1 - 19 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão - Período de janeiro/1984 a novembro/2015 - Rio Xingu - Altamira (ANA).

11.1.1.2.2.1.A.III. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE MANGUEIRAS

A estação UHE Belo Monte Mangueiras destaca-se por estar localizada no rio Xingu, a jusante da Barragem Principal no Sítio Pimental, e por caracterizar a afluência sólida e líquida ao TVR.

Ao longo do período anterior ao enchimento dos reservatórios, de abril/2011 a novembro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão variou de 1,34 a 59,87 mg/l, com valor médio de 12,53 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{ss}) média calculada foi de 10.295 t/dia (**Figura 11.1.1 - 20**).

Ao longo do período de enchimento e pós enchimento dos reservatórios, de novembro/2015 a novembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão variou de 2,70 a 19,52 mg/l, com valor médio de 6,027 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{ss}) média calculada foi de 2.384 t/dia.

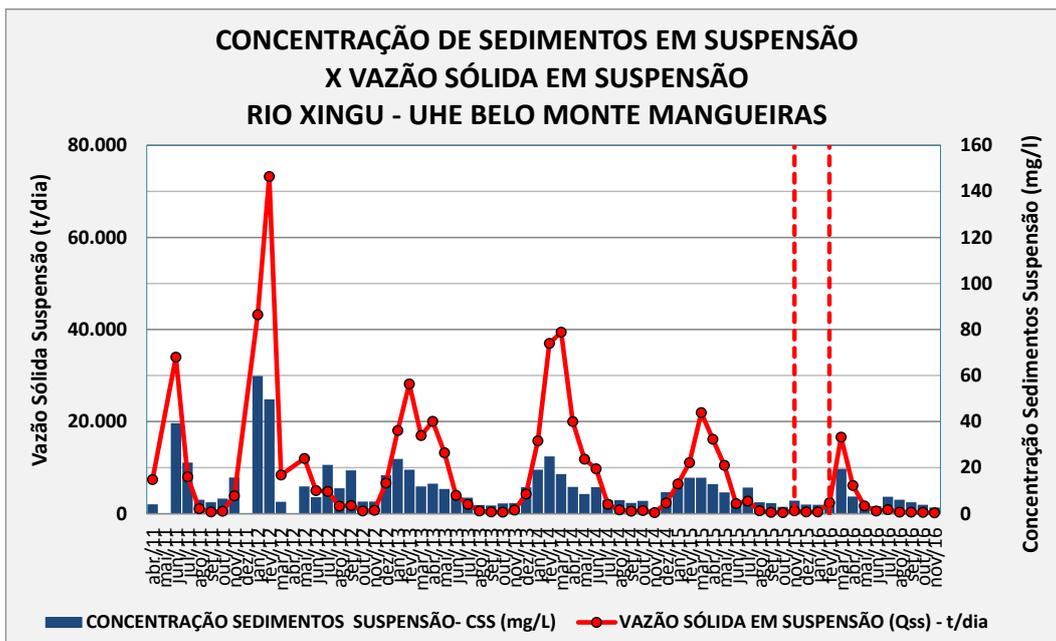


Figura 11.1.1 - 20 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de abril/2011 a novembro/2016 - Rio Xingu - Estação UHE Belo Monte Mangueiras.

A curva-chave de sedimento em suspensão, determinada pelo ajuste de uma curva do tipo potencial entre a vazão líquida Q_L (m^3/s) e Q_{ss} (t/dia) da estação UHE Belo Monte Mangueiras, e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios é visualizada na **Figura 11.1.1 - 21**.

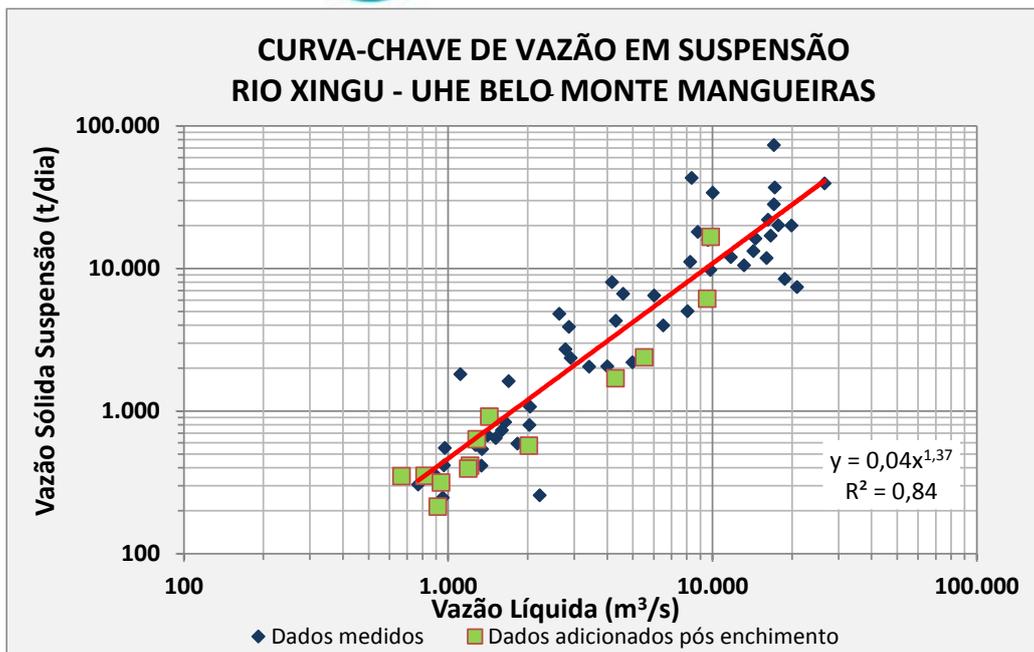


Figura 11.1.1 - 21 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de abril/2011 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016- Rio Xingu - Rio Xingu - UHE Belo Monte Mangueiras.

Os dados que foram incorporados durante e pós-enchimento foram plotados juntamente na **Figura 11.1.1 - 21**. De forma preliminar, observa-se que os novos dados apresentam aderência ao ajuste da curva-chave.

11.1.1.2.2.1.A.IV. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE JUSANTE

Ao longo do período anterior ao enchimento dos reservatórios, de janeiro/2012 a novembro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão no rio Xingu, na estação UHE Belo Monte Jusante, variou de 3,00 a 66,52 mg/l, com valor médio de 10,74 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 10.185 t/dia (**Figura 11.1.1 - 22**).

Considerando o período de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, de dezembro/2015 a novembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão no rio Xingu, na estação UHE Belo Monte Jusante, variou de 3,08 a 11,96 mg/l, com valor médio de 6,13 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 3.614 t/dia (**Figura 11.1.1 - 22**).

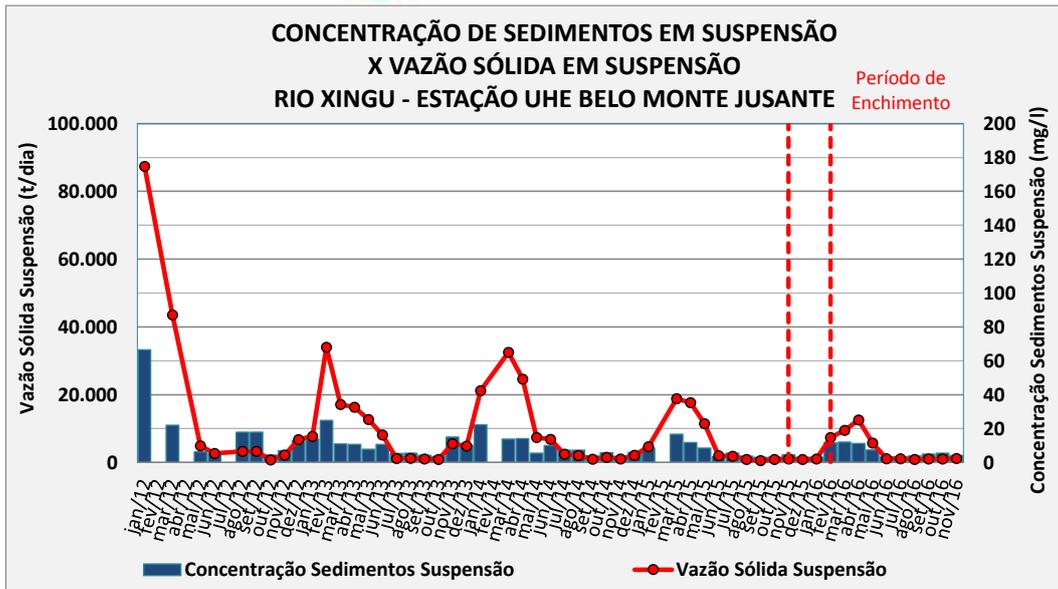


Figura 11.1.1 - 22 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de janeiro/2012 a novembro/2016 - Rio Xingu - UHE Belo Monte Jusante.

A curva-chave de sedimento em suspensão, determinada pelo ajuste de uma curva do tipo potencial entre a vazão líquida Q_L (m^3/s) e Q_{ss} (t/dia) da estação UHE Belo Monte Jusante, e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios é apresentada na **Figura 11.1.1 - 23**.

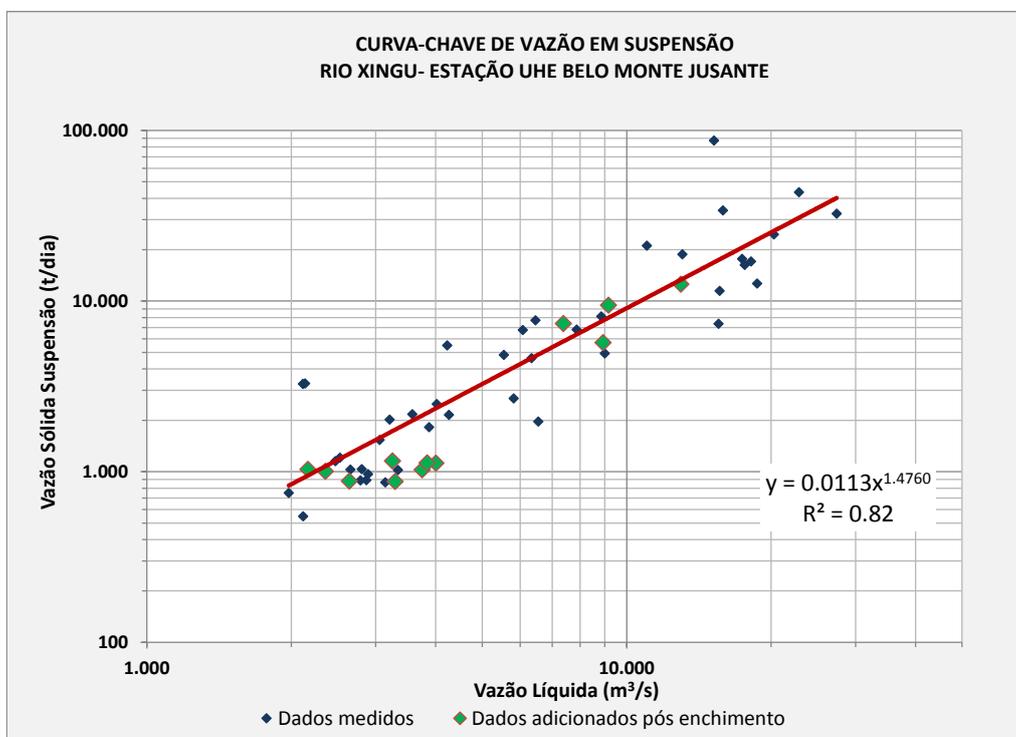


Figura 11.1.1 - 23 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de janeiro/2012 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016- Rio Xingu - Rio Xingu - UHE Belo Monte Jusante.

Os dados que foram incorporados durante e pós-enchimento foram plotados juntamente na **Figura 11.1.1 - 23**. De forma preliminar, observa-se que os novos dados apresentam aderência ao ajuste da curva-chave.

11.1.1.2.2.1.A.V. ANÁLISE COMPARATIVA - SÓLIDO EM SUSPENSÃO - ESTAÇÕES DO RIO XINGU

Uma comparação das concentrações média, máxima e mínima de sedimentos em suspensão (mg/l) nas quatro estações operadas no rio Xingu, correspondente ao período anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios, é apresentada na **Figura 11.1.1 - 24**.

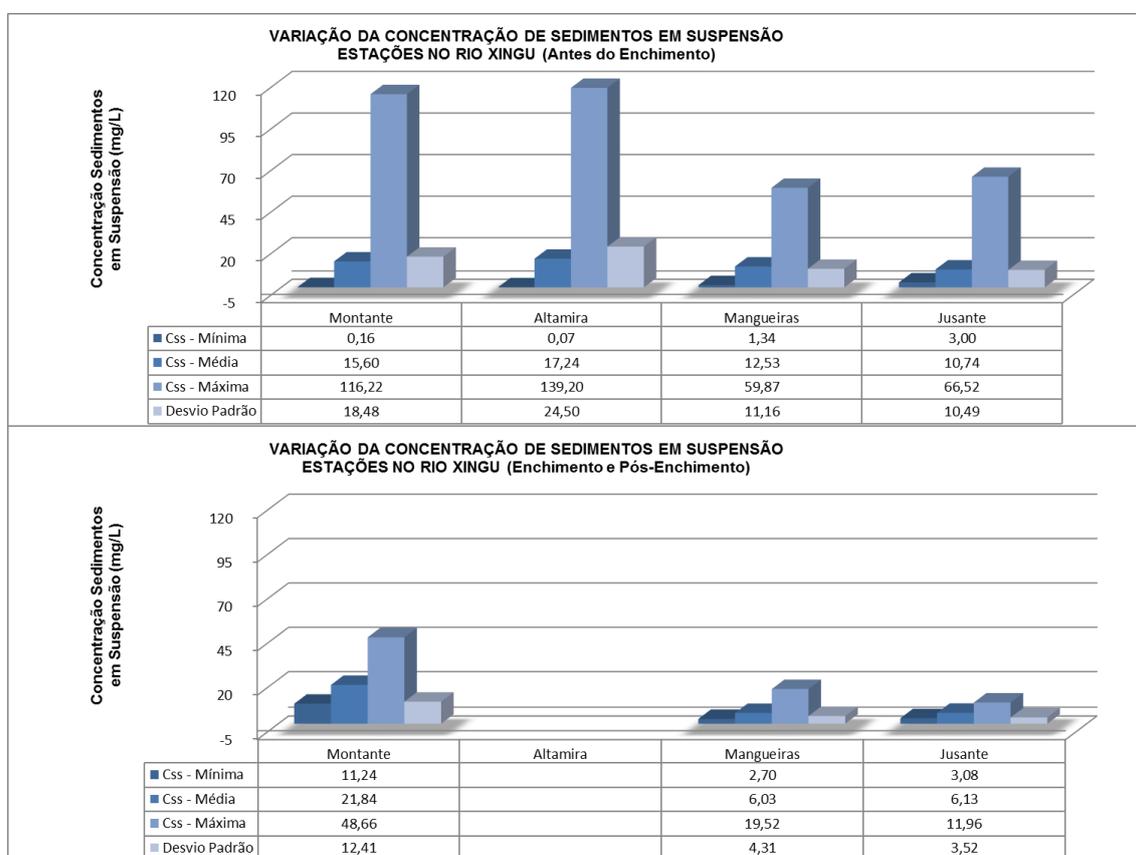


Figura 11.1.1 - 24 – Comparação da Concentração Média, Máxima e Mínima de Sólidos em Suspensão nas Estações no Rio Xingu, nos períodos de monitoramento anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios.

A análise consolidada dos dados coletados até novembro/2015, ou seja, no período anterior ao enchimento, indicou que a estação Altamira possui a maior taxa média de concentração de sedimento em suspensão (C_{ss}), seguida da estação UHE Belo Monte Montante. As estações UHE Belo Monte Mangueiras e UHE Belo Monte Jusante apresentam médias similares.

Considerando as taxas médias de concentração de sedimento em suspensão (C_{ss}) obtidas nas coletas realizadas no período de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, dezembro/2015 a novembro/2016, observa-se uma redução para todas as estações no rio Xingu. Similarmente ao observado quanto ao monitoramento granulométrico do sedimento do leito, o curto prazo decorrido após a formação dos reservatórios ainda não permite uma análise consolidada entre os dados dos períodos (pré e pós-enchimento), o que será realizado, de forma definitiva, com base na compilação de dados de dois anos após a formação dos reservatórios. Aliado a este fato, a redução natural de vazão observada no rio Xingu em toda sua bacia, principalmente nos dois últimos anos, deverá ser abordada na análise comparativa a ser realizada, assim como a influência na variação das vazões sólidas em suspensão afluentes e defluentes ao reservatório.

De uma forma geral, as taxas médias de concentração de sedimento em suspensão (mg/l), para os pontos monitorados, continuam evidenciando a baixa carga de sedimento em suspensão como característica da bacia do rio Xingu.

11.1.1.2.2.1.B. DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO - IGARAPÉS DE ALTAMIRA

11.1.1.2.2.1.B.I. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE IGARAPÉ CIPÓ AMBÉ

Considerando as coletas de sedimento em suspensão realizadas no período anterior ao enchimento dos reservatórios, março/2011 a novembro/2015, a concentração de sedimentos (C_{ss}) variou de 0,87 a 57,84 mg/l, com valor médio de 8,40 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{ss}) média calculada foi de 1,88 t/dia (**Figura 11.1.1 - 25**).

Ao longo do período de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, dezembro/2015 a novembro/2016, a concentração de sedimentos (C_{ss}) variou de 1,12 a 10,53 mg/l, com valor médio de 4,47 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{ss}) média calculada foi de 0,84 t/dia.

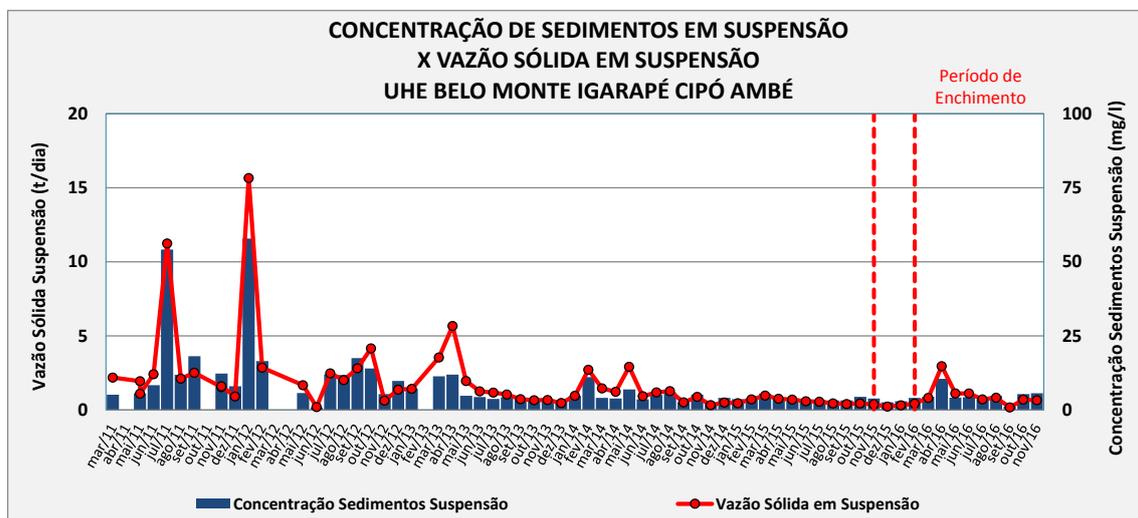


Figura 11.1.1 - 25 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de março/2011 a novembro/2016 - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé.

A curva-chave de sedimento em suspensão, determinada pelo ajuste de uma curva do tipo potencial entre a vazão líquida Q_L (m^3/s) e Q_{ss} (t/dia) da UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé, e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios é ilustrada na **Figura 11.1.1 - 26**.

Uma análise complementar foi realizada considerando apenas os dados das campanhas realizadas entre janeiro/2013 e novembro/2015, o que resultou em um aumento significativo da correlação e consequente ajuste ao modelo de potência utilizado, alterando o R^2 de 0,27 para 0,76.

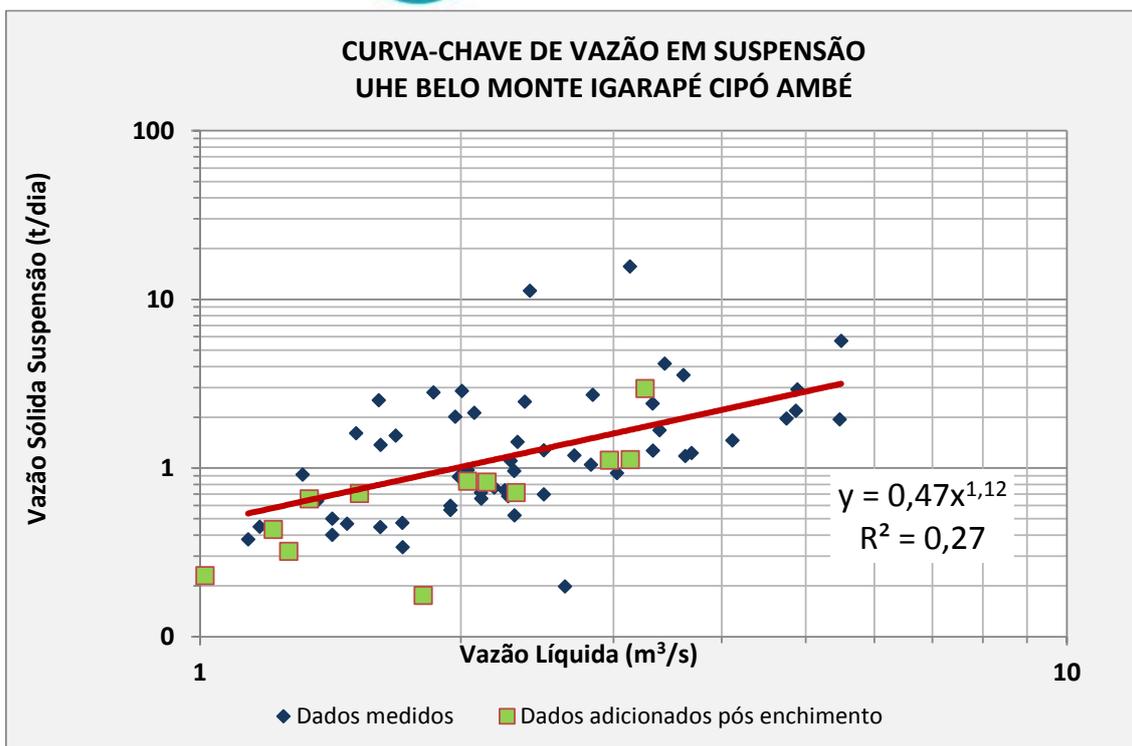


Figura 11.1.1 - 26 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de março/2011 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016 - UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé.

Os dados que foram incorporados durante e pós-enchimento foram plotados juntamente na **Figura 11.1.1 - 26**. De forma preliminar, observa-se que os novos, com exceção de um *outlier*¹, apresentam uma aparente aderência ao ajuste da curva-chave.

11.1.1.2.2.1.B.II. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE IGARAPÉ CUPÍUBA

Ao longo do período de monitoramento anterior ao enchimento dos reservatórios, de maio/2011 a novembro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão no igarapé Cupiúba, afluente do igarapé Ambé, variou de 4,35 a 116,95 mg/l, com valor médio de 15,89 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 1,33 t/dia (**Figura 11.1.1 - 27**).

Considerando o período de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, de novembro/2015 a novembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão no igarapé Cupiúba, afluente do igarapé Ambé, variou de 3,51 a 12,09 mg/l, com valor médio de 7,31 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 0,50 t/dia (**Figura 11.1.1 - 27**).

¹ *Outliers* são valores que aparentam não ser consistentes com um conjunto de dados.

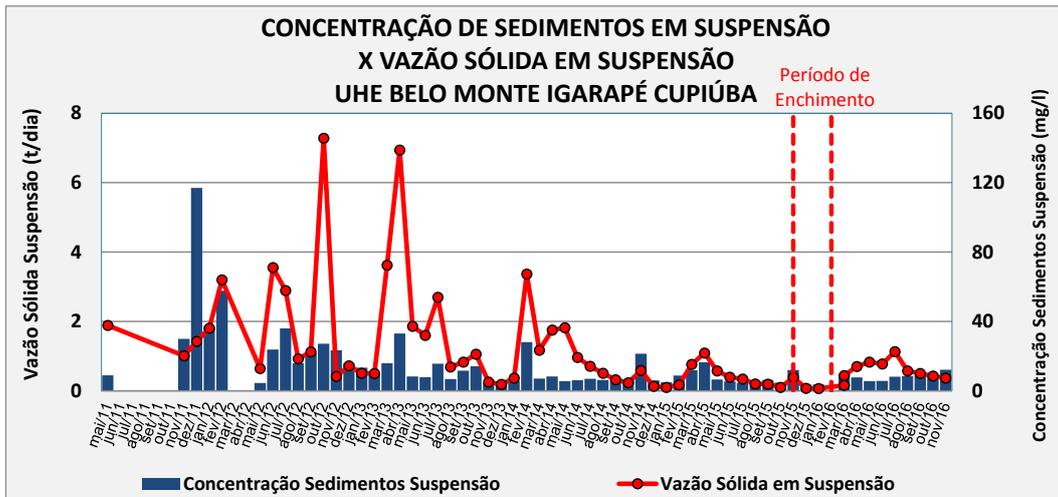


Figura 11.1.1 - 27 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de março/2011 a novembro/2016 - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba.

A curva-chave de sedimento em suspensão, determinada pelo ajuste de uma curva do tipo potencial entre a vazão líquida Q_L (m^3/s) e Q_{ss} (t/dia) da UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba, e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios é visualizada na **Figura 11.1.1 - 28**.

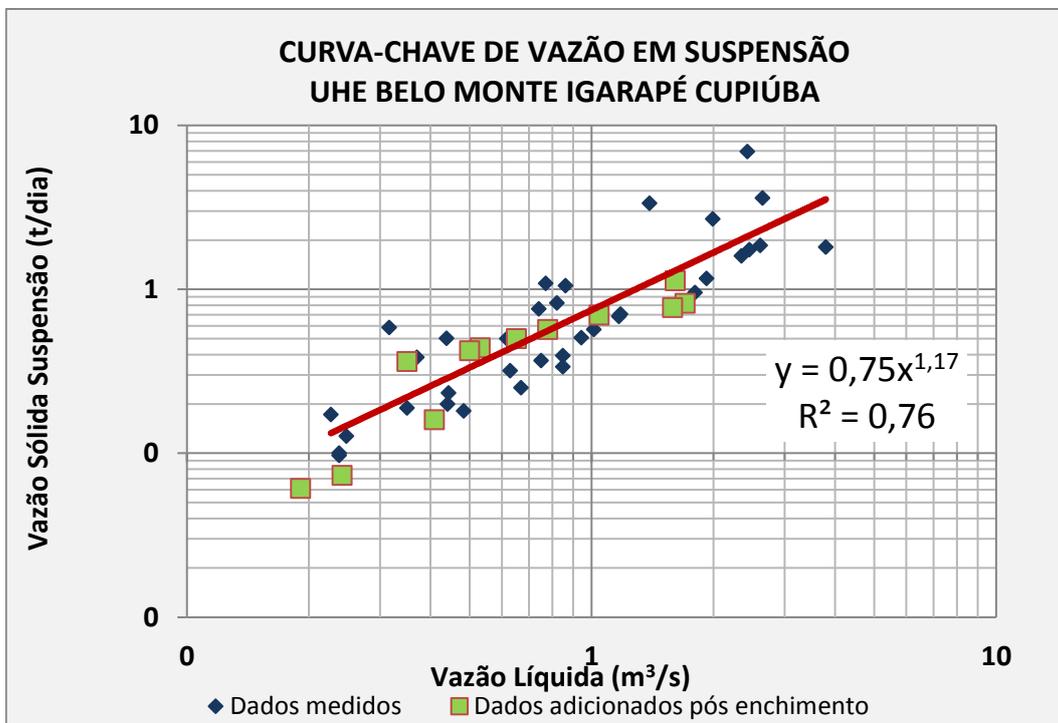


Figura 11.1.1 - 28 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de janeiro/2013 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016 - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba.

Os dados que foram incorporados durante e pós-enchimento foram plotados juntamente na **Figura 11.1.1 - 28**. De forma preliminar, observa-se que os novos dados apresentam uma aparente aderência ao ajuste da curva-chave.

11.1.1.2.2.1.B.III. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE IGARAPÉ ALTAMIRA

Ao longo do período de monitoramento anterior ao enchimento dos reservatórios, de novembro/2010 a novembro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão no igarapé Altamira variou de 2,57 a 40,72 mg/l, com valor médio de 13,96 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 2,12 t/dia (**Figura 11.1.1 - 29**).

Considerando o período de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, de dezembro/2015 a novembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão no igarapé Altamira variou de 5,20 a 109,50 mg/l, com valor médio de 18,09 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 2,82 t/dia (**Figura 11.1.1 - 29**).

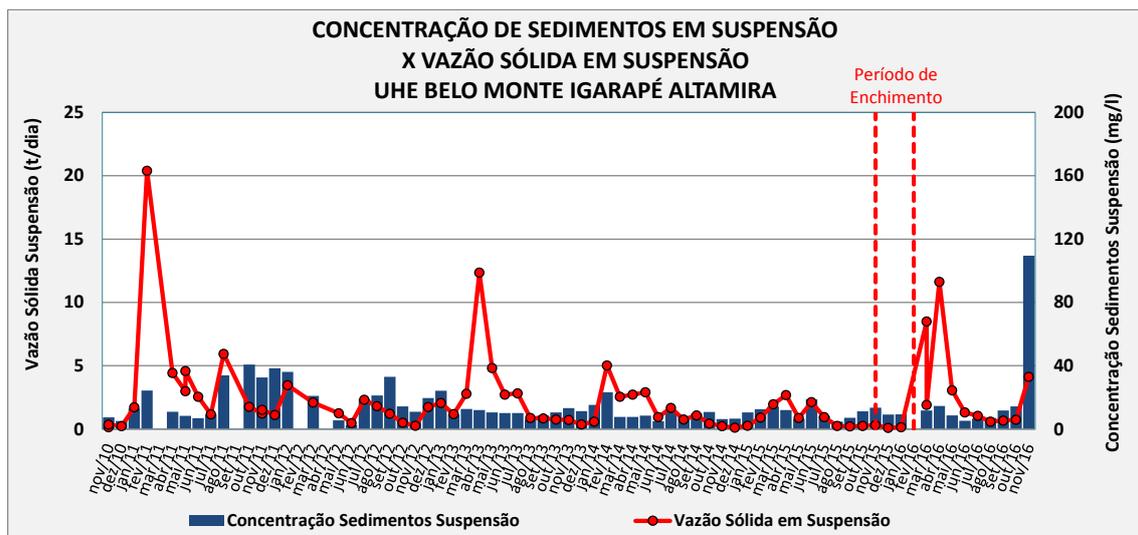


Figura 11.1.1 - 29 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de novembro/2010 a novembro/2016 - Estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira.

A curva-chave de sedimento em suspensão, determinada pelo ajuste de uma curva do tipo potencial entre a vazão líquida Q_L (m^3/s) e Q_{SS} (t/dia) da UHE Belo Monte Igarapé Altamira, e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios é mostrada na **Figura 11.1.1 - 30**.

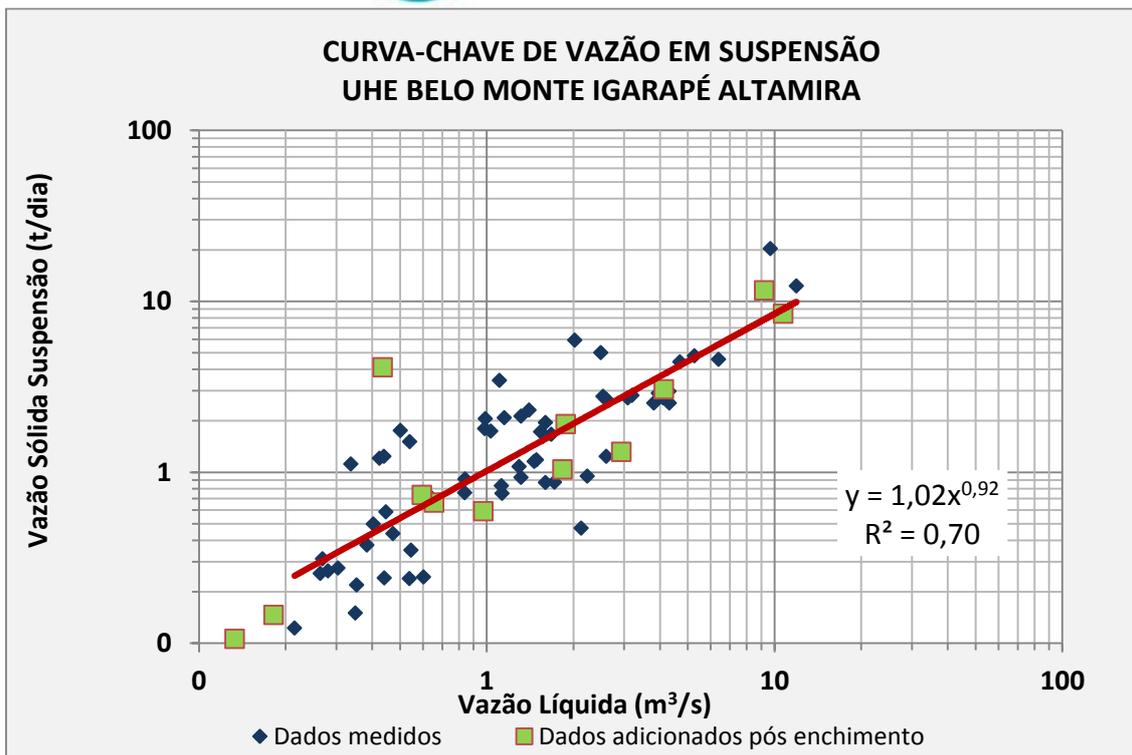


Figura 11.1.1 - 30 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de novembro/2010 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016- Estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira.

Os dados que foram incorporados durante e pós-enchimento foram plotados juntamente na **Figura 11.1.1 - 30**. De forma preliminar, observa-se que os novos, com exceção de um *outlier*², apresentam uma aparente aderência ao ajuste da curva-chave.

11.1.1.2.2.1.B.IV. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE IGARAPÉ PANELAS

Ao longo do período de monitoramento anterior ao enchimento dos reservatórios, de novembro/2010 a novembro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão no Igarapé Panelas variou de 5,10 a 225,99 mg/l, com valor médio de 28,55 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 27,61 t/dia (**Figura 11.1.1 - 31**).

Considerando o período de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, de dezembro/2015 a novembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão no Igarapé Panelas variou de 2,09 a 30,35 mg/l, com valor médio de 13,60 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 13,90 t/dia (**Figura 11.1.1 - 31**).

² *Outliers* são valores que aparentam não ser consistentes com um conjunto de dados.

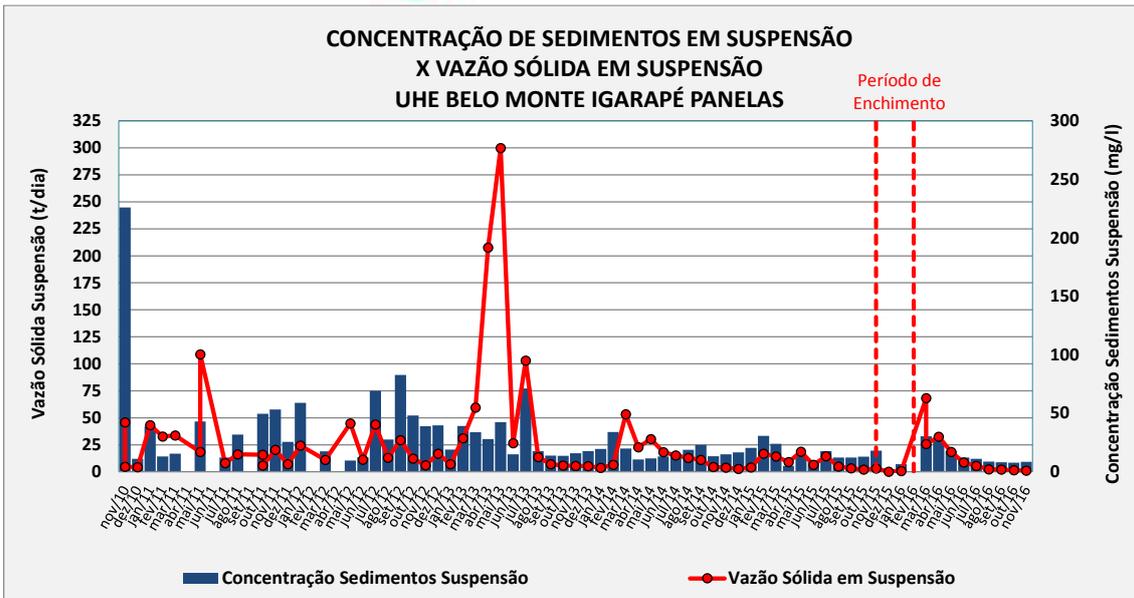


Figura 11.1.1 - 31 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de novembro/2010 a novembro/2016 - Estação UHE Belo Monte Igarapé Paneas.

A curva-chave de sedimento em suspensão, determinada pelo ajuste de uma curva do tipo potencial entre a vazão líquida Q_L (m^3/s) e Q_{ss} (t/dia) da UHE Belo Monte Igarapé Paneas, e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios é visualizada na **Figura 11.1.1 - 32**.

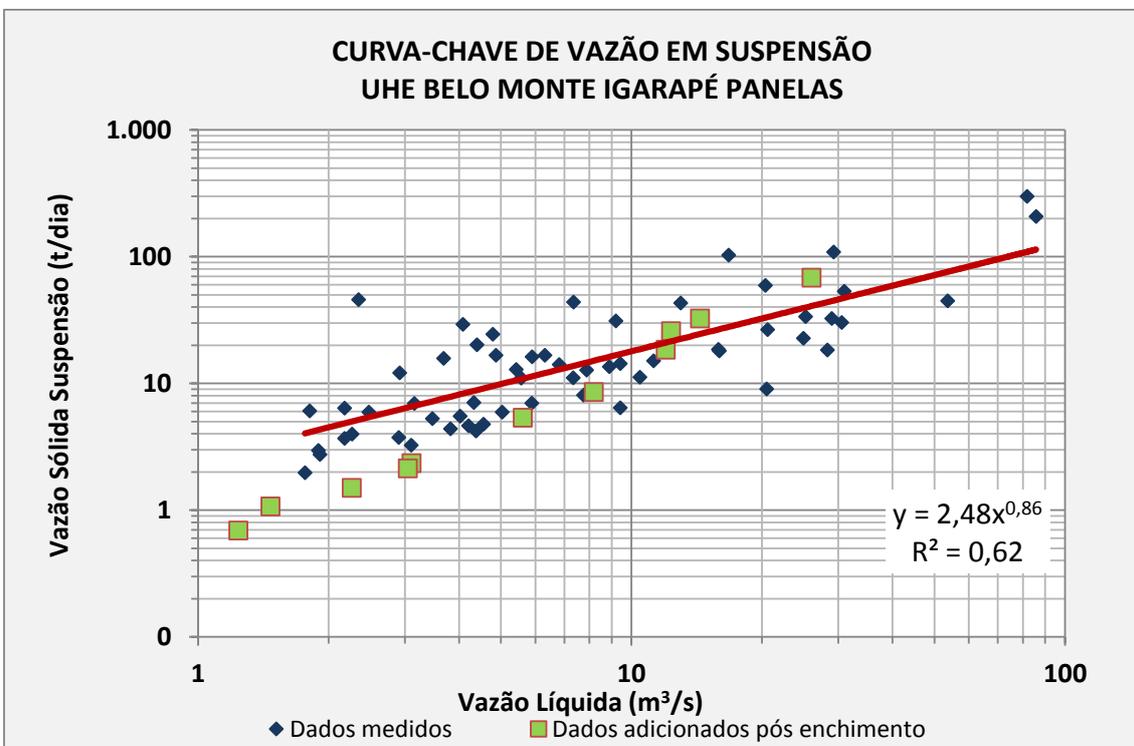


Figura 11.1.1 - 32 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de novembro/2010 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016- Estação UHE Belo Monte Igarapé Paneas.

Alterando o período analisado, considerando as coletas realizadas a partir de janeiro/2013 a novembro/2015, tem-se que o coeficiente de determinação R^2 aumenta de 0,62 para 0,83. Esta melhora no ajuste da curva, resultante da consideração de dados de monitoramento apenas até novembro/15, justifica-se pelo fato de a estação ter sido relocada para montante, modificando-se sua relação vazão líquida e vazão sólida em suspensão.

11.1.1.2.2.1.B.V. ANÁLISE COMPARATIVA - SÓLIDOS EM SUSPENSÃO - IGARAPÉS DE ALTAMIRA

Uma comparação das concentrações média, máxima e mínima de sedimentos em suspensão (mg/l) nos quatro pontos de monitoramento hidrossedimentológico dos igarapés de Altamira, correspondente ao período anterior e posterior ao enchimento dos reservatórios, é apresentada na **Figura 11.1.1 - 33**.

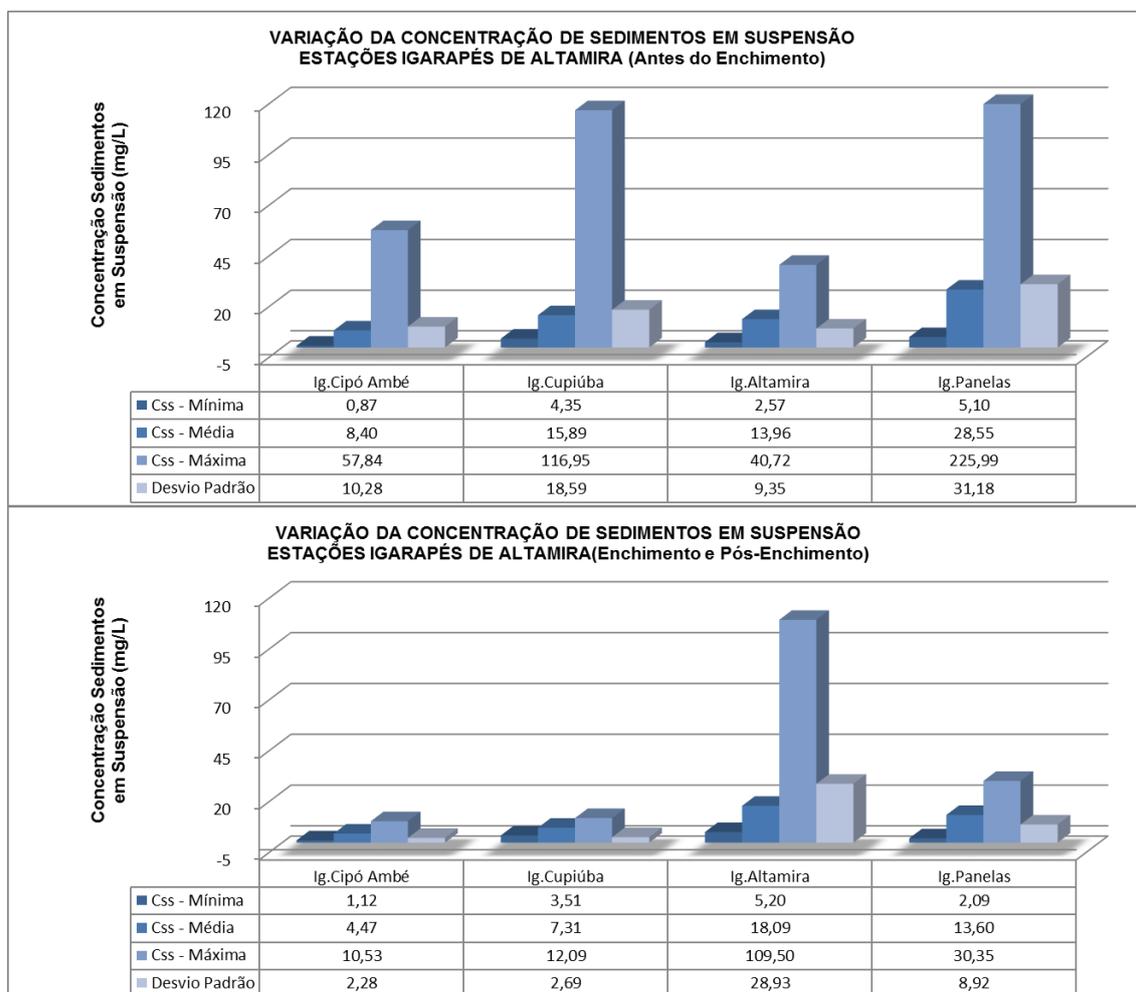


Figura 11.1.1 - 33 – Comparação Concentração Média de Sólidos em Suspensão - Estações nos Igarapés de Altamira.

Considerando os dados coletados até novembro/2015, período anterior ao enchimento dos reservatórios, o Igarapé Pannels apresenta a maior taxa média de concentração de sedimento em suspensão (C_{ss}), seguido dos igarapés Cupiúba, Altamira e Cipó Ambé. Observa-se, entretanto, que o desvio-padrão é alto, o que configura uma alta variação dos dados.

Considerando as taxas médias de concentração de sedimento em suspensão (C_{ss}) obtidas nas coletas realizadas no período de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, dezembro/2015 a novembro/2016, observa-se redução para as estações Igarapé Cipó Ambé, Igarapé Cupiúba e Igarapé Pannels. É pertinente destacar que esta redução, apesar do caráter preliminar das análises comparativas ora apresentadas, está correlacionada à própria redução natural de vazão, observada em toda a bacia do rio Xingu, principalmente nos dois últimos anos, conforme também observado no item referente às estações do rio Xingu. Adicionalmente, os resultados obtidos para as estações Igarapé Pannels e Igarapé Altamira para o período de enchimento e pós-enchimento refletem as novas condições de transporte de sedimento em suspensão em decorrência da relocação do local de medição de vazão e coleta de sedimento. Portanto, é pertinente não antecipar conclusões ou especular comparações definitivas com o período anterior ao enchimento do reservatório. As campanhas subsequentes previstas neste Projeto serão importantes para embasar análises comparativas, assim como para avaliar a influência da variação das vazões naturais nas descargas sólidas em suspensão e nas características do sedimento do leito desses igarapés.

11.1.1.2.2.1.C. DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO - RIO BACAJÁ

11.1.1.2.2.1.C.I. ESTAÇÃO UHE BELO MONTE FOZ DO BACAJÁ

Ao longo do período de monitoramento anterior ao enchimento dos reservatórios, compreendido entre abril/2011 a outubro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão na estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá variou de 6,06 a 250,40 mg/l, com valor médio de 26,04 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{ss}) média calculada foi de 1.020 t/dia (**Figura 11.1.1 - 34**).

Considerando o período de monitoramento anterior ao enchimento dos reservatórios, compreendido entre novembro/2015 a novembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão na estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá variou de 4,62 a 16,71 mg/l, com valor médio de 10,53 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{ss}) média calculada foi de 466,39 t/dia (**Figura 11.1.1 - 34**).

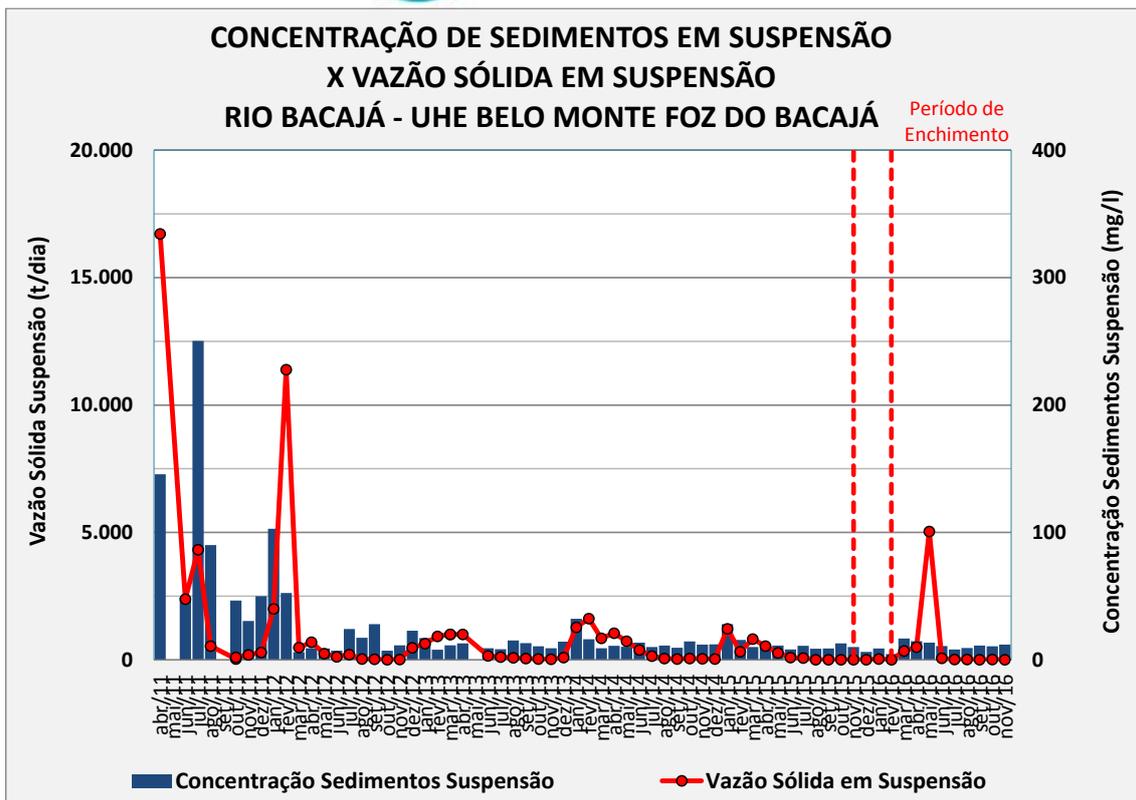


Figura 11.1.1 - 34 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de abril/2011 a novembro/2016 - Rio Bacajá - Estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá.

A estação Foz do Bacajá foi relocada para montante em janeiro de 2012, devido à influência do rio Xingu no rio Bacajá no ponto de coleta anterior.

A curva-chave de sedimento em suspensão, determinada pelo ajuste de uma curva do tipo potencial entre a vazão líquida Q_L (m^3/s) e vazão sólida em suspensão Q_{SS} (t/dia) da UHE Belo Monte Foz do Bacajá, e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios é mostrada na **Figura 11.1.1 - 35**.

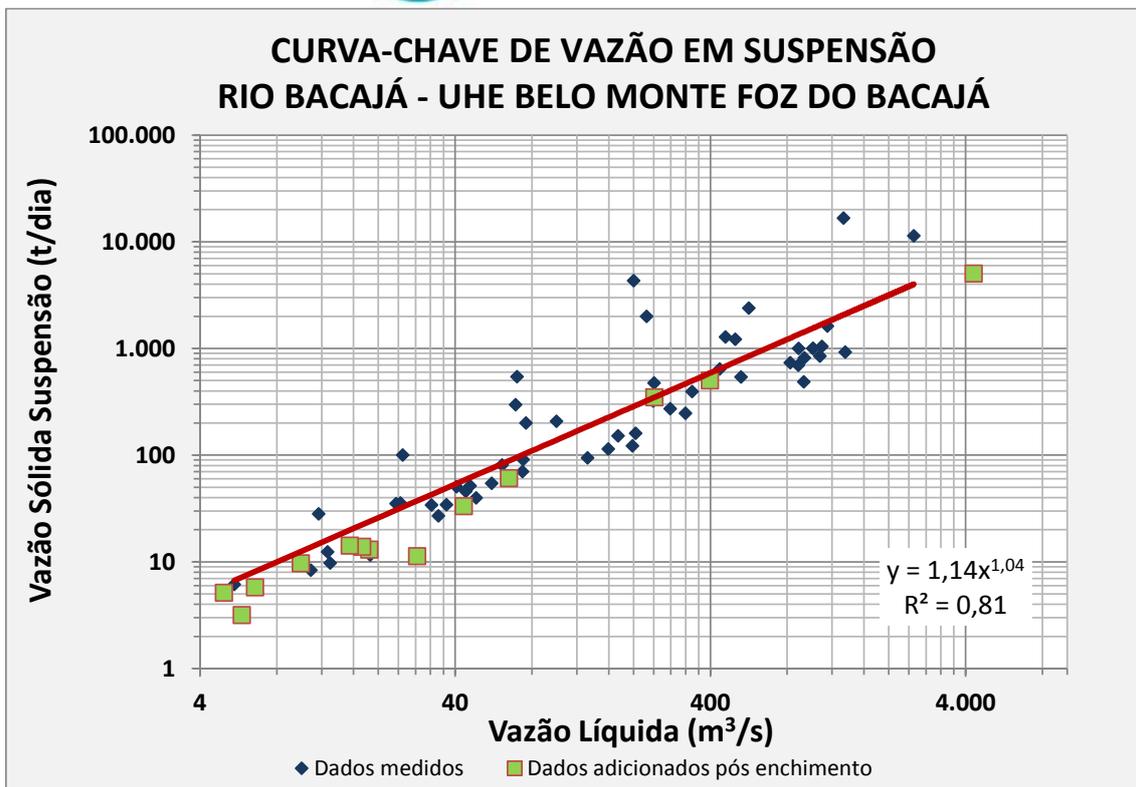


Figura 11.1.1 - 35 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de abril/2011 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016 - Estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá.

Alterando o período analisado, considerando as coletas realizadas a partir de janeiro/2013 até novembro/2015, tem-se que o coeficiente de determinação R^2 aumenta de 0,81 para 0,96.

Os dados coletados durante e pós-enchimento foram plotados juntamente na **Figura 11.1.1 - 35** e, de forma preliminar, mostram-se aderentes ao ajusta da curva-chave.

11.1.1.2.2.1.C.II. FAZENDA CIPAÚBA

De acordo com as coletas trimestrais realizadas no período de julho/2012 a outubro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão na estação Fazenda Cipaúba variou de 9,37 a 33,63 mg/l, com valor médio de 16,36 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 551 t/dia (**Figura 11.1.1 - 36**).

Considerando as coletas trimestrais realizadas no período de janeiro/2016 a novembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão na estação Fazenda Cipaúba variou de 4,93 a 14,32 mg/l, com valor médio de 9,72 mg/l. A vazão sólida em suspensão (Q_{SS}) média calculada foi de 55,87 t/dia (**Figura 11.1.1 - 36**).

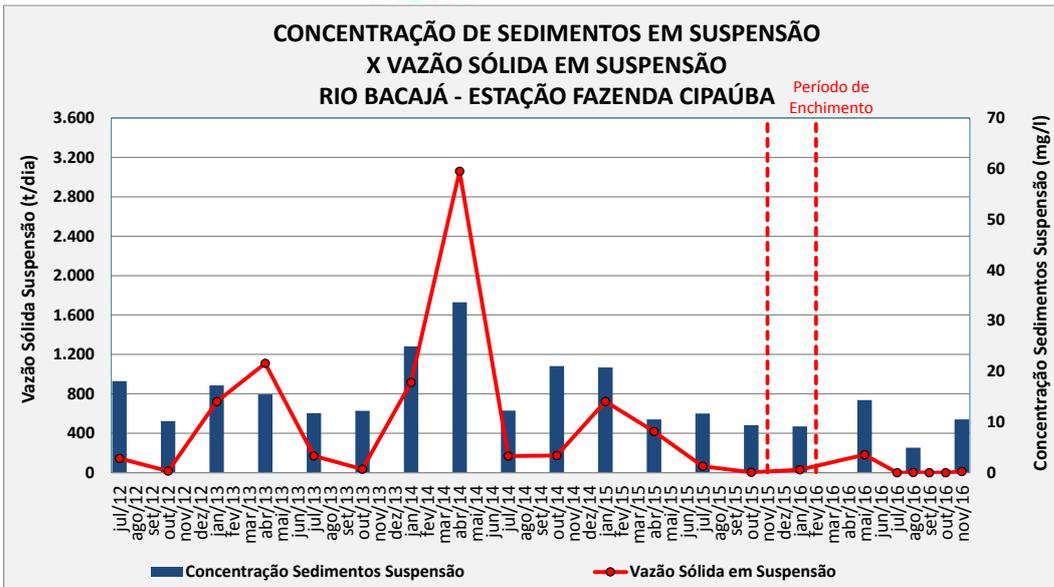


Figura 11.1.1 - 36 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de julho/2012 a novembro/2016 - Rio Bacajá - Estação Fazenda Cipaúba.

Apesar de as campanhas serem trimestrais, a curva-chave de sedimentos em suspensão com relação à vazão líquida apresenta um bom ajuste para a curva do tipo potencial, denotando que a variação da C_{SS} seguiu a mesma tendência da Q_{SS} (Figura 11.1.1 - 37).

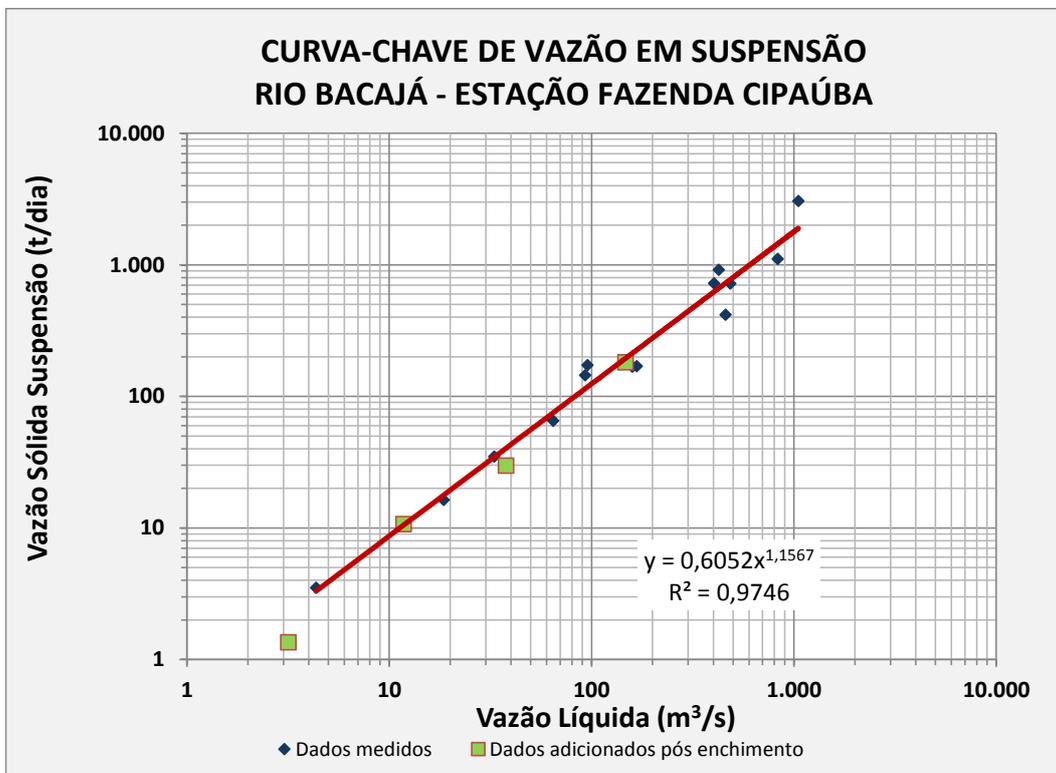


Figura 11.1.1 - 37 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de novembro/2010 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016 - Rio Bacajá - Estação Fazenda Cipaúba.

Os dados coletados durante e pós-enchimento foram plotados juntamente na **Figura 11.1.1 - 37** e, de forma preliminar, mostram-se aderentes ao ajuste da curva-chave apresentado para o período anterior ao enchimento.

11.1.1.2.2.1.C.III. ESTAÇÃO MROTIDJÃM

Ao longo do período de monitoramento anterior ao enchimento dos reservatórios, de novembro/2012 a novembro/2015, a concentração média de sedimentos em suspensão na estação Mrotidjãm variou de 5,40 a 24,61 mg/l, com valor médio de 13,45 mg/l. A vazão sólida em suspensão média foi de 124 t/dia (**Figura 11.1.1 - 38**).

Considerando o período de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios, de fevereiro/2016 a dezembro/2016, a concentração média de sedimentos em suspensão na estação Mrotidjãm variou de 14,70 a 47,21 mg/l, com valor médio de 27,12 mg/l. A vazão sólida em suspensão média foi de 99,63 t/dia (**Figura 11.1.1 - 38**).

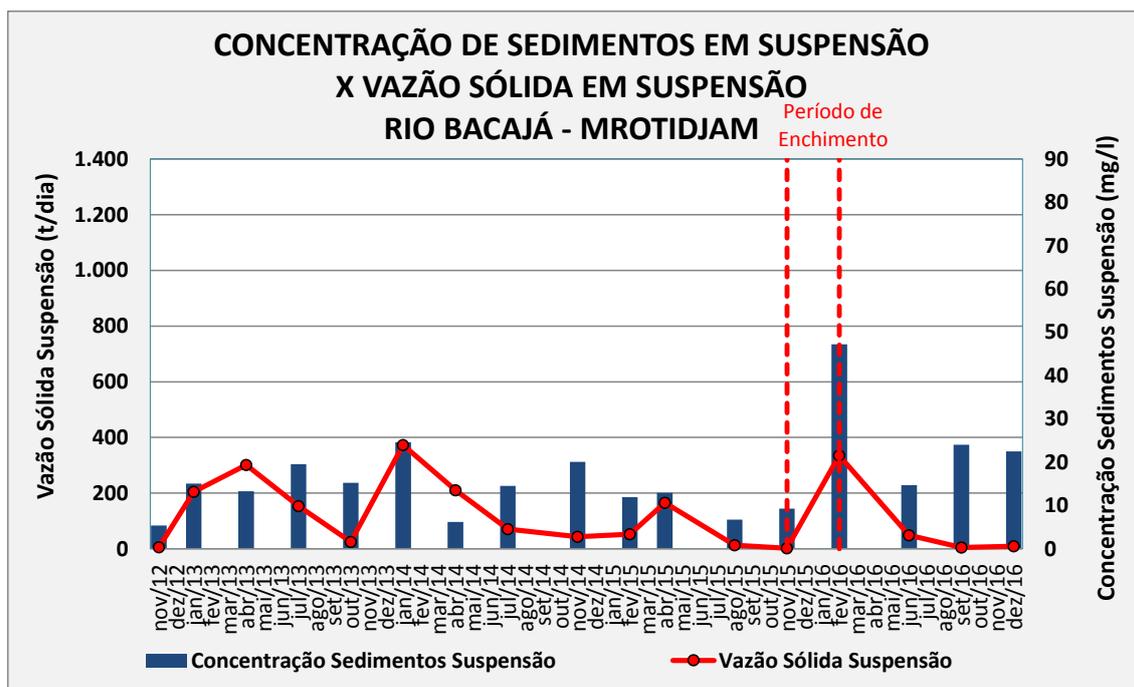


Figura 11.1.1 - 38 – Concentração x Vazão Sólida de Sedimentos em Suspensão - Campanhas mensais de medição - Período de novembro/2012 a dezembro/2016 - Rio Bacajá - Estação Mrotidjãm.

A curva-chave de sedimento em suspensão, determinada pelo ajuste de uma curva do tipo potencial entre a vazão líquida Q_L (m^3/s) e vazão sólida em suspensão Q_{ss} (t/dia) da Estação Mrotidjãm, e a representação dos dados incorporados após o início de enchimento dos reservatórios é ilustrada na **Figura 11.1.1 - 39**.

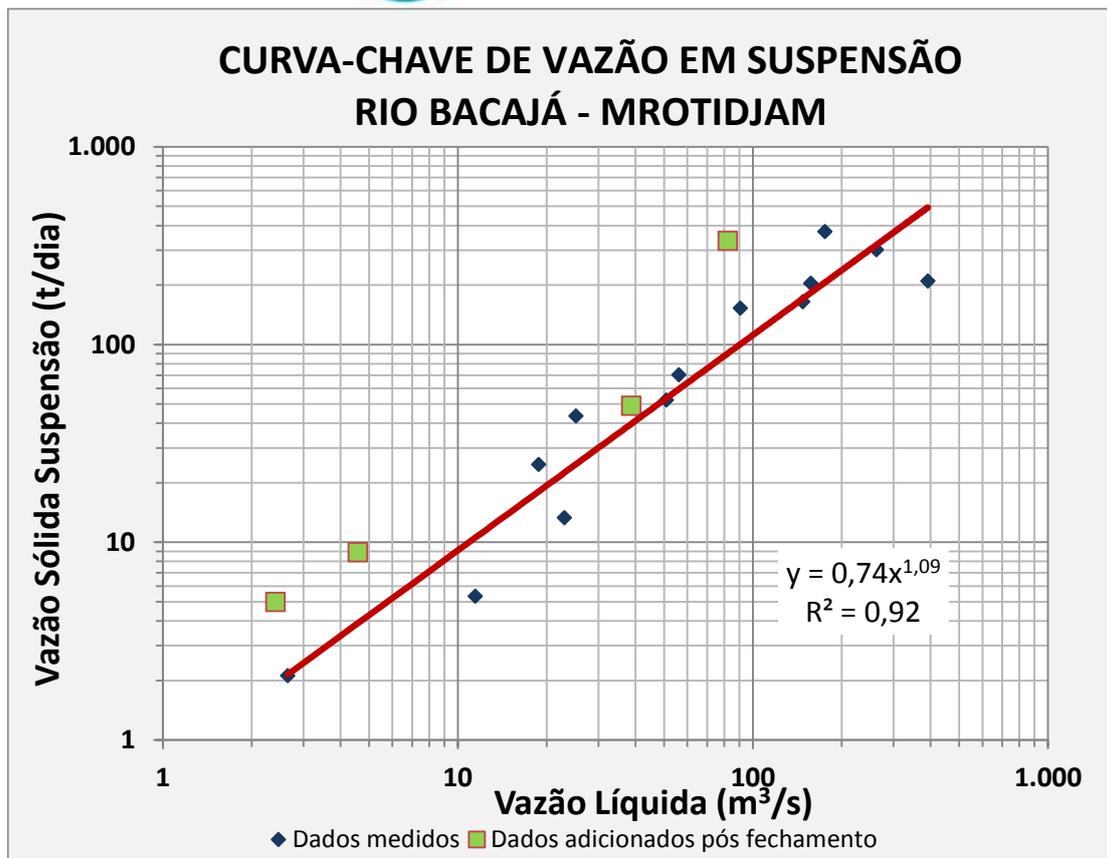


Figura 11.1.1 - 39 – Curva-Chave de Vazão em Suspensão ajustada para Período de novembro/2012 a novembro/2015 e dados incorporados de dezembro/2015 a novembro/2016 - Rio Bacajá - Estação Mrotidjã.

Considerando as três estações de coleta no rio Bacajá, pode-se observar uma correlação direta entre a vazão líquida e a vazão sólida em suspensão, o que é indicado pelo coeficiente de determinação R^2 . Vale destacar que as concentrações médias de sedimentos em suspensão nos três pontos monitorados no rio Bacajá são maiores que as demais estações amostradas no presente Projeto.

Os laudos de concentração de sedimentos em suspensão dos meses de novembro/2015 a novembro/2016 referentes às estações monitoradas são apresentados no **Anexo 11.1.1 - 2**. Os laudos dos monitoramentos anteriores foram apresentados durante os dez (10) RCs já encaminhados ao IBAMA.

11.1.1.2.2.2. RESUMO DOS RESULTADOS DE C_{SS} E CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO

O **Quadro 11.1.1 - 5**, a seguir, apresenta a quantificação da concentração média dos sedimentos em suspensão e cálculo da vazão sólida média para todas as estações de coleta de sedimento nas três regiões monitoradas, considerando-se os dados do período anterior ao enchimento dos reservatórios (até novembro/2015).

Quadro 11.1.1 - 5 – Tabela Resumo dos Resultados do Monitoramento da Vazão Sólida em Suspensão do Rio Xingu e Tributários – Antes do Enchimento

ID	ESTAÇÃO	REGIÃO	SEDIMENTO x VAZÃO Coef. R ²	C _{SS} MÉDIA (mg/L)
1	UHE Belo Monte Montante	Rio Xingu- Montante Barramento Principal	0,79	15,55
2	Altamira	Rio Xingu-Montante Barramento Principal	0,67	17,24
3	UHE Belo Monte Mangueiras	Rio Xingu-TVR	0,84	12,53
4	UHE Belo Monte Jusante	Rio Xingu-Jusante BM	0,82	10,74
5	UHE Belo Monte Igarapé Altamira	Igarapés Altamira	0,70	13,96
6	UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé	Igarapés Altamira	0,76	8,40
7	UHE Belo Monte Igarapé Painelas	Igarapés Altamira	0,62	28,55
8	UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba	Igarapés Altamira	0,49	15,89
9	UHE Belo Monte Foz Bacajá	Rio Bacajá	0,81	26,04
10	Fazenda Cipaúba	Rio Bacajá	0,97	16,36
11	Mrotidjãm	Rio Bacajá	0,92	13,45

Conforme pode ser observado, foi possível aferir a correlação entre os sedimentos em suspensão e a vazão líquida em todos os pontos monitorados, caracterizando o cenário anterior ao enchimento dos reservatórios.

O monitoramento realizado após a formação dos reservatórios, devido ao curto prazo, ainda não permite uma análise comparativa entre os dados dos períodos (pré e pós-enchimento), o que será realizado, de forma definitiva, com base na compilação de dados de dois anos após o enchimento dos reservatórios, conforme previsto no cronograma do presente Projeto.

11.1.1.2.2.3. DESCARGA SÓLIDA DE ARRASTE

Conforme já apresentado nos relatórios anteriores, o método indireto foi utilizado para o cálculo da vazão sólida de arraste, que se baseia no uso de fórmulas empíricas. Stevens & Yang (1989)³ estudaram as diversas fórmulas disponíveis, tendo

³ Stevens, H.H. Jr., Yang Chih Ted (1989) - *Summary and use of selected fluvial sediment-discharge formulas* - USGS Water-Resources Investigations Report –89-4026

selecionado 13 (treze) como as mais recomendáveis, conforme apresentado no **Quadro 11.1.1 - 6**, e correlacionadas com a aplicabilidade recomendável de acordo com as características granulométricas do sedimento do leito.

Quadro 11.1.1 - 6 – Principais fórmulas para cálculo da descarga do leito e do material do leito apresentadas por diversos autores, citados por Stevens & Yang (1989)

AUTOR DA FÓRMULA	ANO	DESCARGA DE ARRASTE (B) OU DE MATERIAL DO LEITO (BM)	TIPO DE FÓRMULA (1)	TIPO DE SEDIMENTO (2)	GRANULOMETRIA (3)
Ackers & White (*)	1973	BM	D	S	S, G
Colby	1964	BM	D	S	S
Einstein & Brown (carga do leito)	1950	B	P	M	S, G
Einstein (material do leito)	1950	BM	P	M	S
Engelund & Hansen (*)	1967	BM	D	S	S
Kalinske	1947	B	D	M	S
Laursen	1958	BM	D	M	S
Meyer-Peter & Muller (*)	1948	B	D	S	S, G
Rottner	1959	B	D	S	S
Schoklitsch (*)	1934	B	D	M	S, G
Toffaletti	1968	BM	D	M	S
Yang (areia) (*)	1973	BM	D	O	S
Yang (pedregulho) (*)	1984	BM	D	O	G

i. Determinística (D) ou Probabilística (P)

ii. Fração Granulométrica de Areia (S), composição ou mistura (M) ou opcional (O)

iii. Areia (S) ou pedregulho (G)

iv. * Fórmulas consideradas mais confiáveis por Stevens & Yang

O cálculo da descarga sólida de arraste média, cujos resultados são apresentados a seguir, foi realizado através do *WinTSR*⁴, *software* utilizado para o cálculo da descarga sólida em rios. Este *software* permite a aplicação de diferentes equações que são indicadas pela literatura e usualmente utilizadas para o cálculo da descarga do leito. Dentre as formulações listadas acima, foram selecionadas as seguintes equações a serem utilizadas no estudo deste relatório: Ackers & White (1973), Einstein & Brown (1950), e Engelund & Hansen (1967) *apud* Stevens and Yang, 1989.

Em relação aos parâmetros, foram considerados: vazão líquida, concentração de sedimentos em suspensão, distribuição granulométrica dos sedimentos em suspensão, distribuição granulométrica dos sedimentos do leito, temperatura da água, declividade da linha energética e, como tensão de cisalhamento, viscosidade

⁴ Paiva, J. B. D.; Beling, F.A; Rosa, L.H. *WinTSR* (2002) - *Controle de sedimentos em Rios. Cálculo do Transporte de Sedimentos em Rios*. HDS-CT – Departamento de Hidráulica e Saneamento da UFSN.

cinemática e velocidade de queda de partículas, sendo estes últimos geralmente incluídos nos programas de cálculos disponíveis. A declividade da linha de água foi estimada pela fórmula de *Manning*, com coeficiente de rugosidade assumido em $n = 0,030$.

Os diâmetros característicos foram determinados a partir dos laudos de granulometria do leito, apresentados no **Anexo 11.1.1 - 1**.

A partir dos dados do monitoramento hidrossedimentológico atualizados até novembro/2016, são apresentados a seguir os resultados dos cálculos da descarga do leito. As saídas do Programa *WinTSR* para todas as equações utilizadas são apresentadas no **Anexo 11.1.1 - 3**.

11.1.1.2.2.3.A. RIO XINGU: ESTAÇÕES UHE BELO MONTE MONTANTE, UHE BELO MONTE MANGUEIRAS E UHE BELO MONTE JUSANTE

Os **Quadros 11.1.1 - 7** a **11.1.1 - 9** apresentam os resultados dos cálculos da vazão de arraste para as três estações do rio Xingu (UHE Belo Monte Montante, UHE Belo Monte Mangueiras e UHE Belo Monte Jusante), tendo sido considerados os períodos anterior e posterior ao início do enchimento dos reservatórios.

Quadro 11.1.1 - 7 – Vazão Sólida de Arraste - Rio Xingu - Estação UHE Belo Monte Montante.

RIO XINGU - ESTAÇÃO MONTANTE							VAZÃO LÍQUIDA (m3/s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	CANAL	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
		D10	D35	D50	D65	D90						
11/12/2013	1	0,27	0,41	0,53	0,70	1,26	1589	1975	14,39	-	0,51	6,18
11/12/2013	2	0,27	0,41	0,53	0,70	1,26	357	444	14,39	-	0,87	40,74
11/12/2013	3	0,27	0,41	0,53	0,70	1,26	2782	3458	14,39	996,12	-	7002,75
10/01/2014	1	0,26	0,36	0,43	0,54	1,03	2695	5102	21,91	3033,05	9614,21	5962,06
10/01/2014	2	0,26	0,36	0,43	0,54	1,03	1113	2108	21,91	153,23	595,63	549,26
10/01/2014	3	0,26	0,36	0,43	0,54	1,03	6094	11536	21,91	224,20	716,79	1005,42
12/02/2014	1	0,27	0,44	0,59	0,83	1,51	3727	6333	19,67	3607,55	8498,91	5955,28
12/02/2014	2	0,27	0,44	0,59	0,83	1,51	1829	3109	19,67	1064,02	2194,11	1734,73
12/02/2014	3	0,27	0,44	0,59	0,83	1,51	9096	15458	19,67	1612,99	2475,69	2983,86
10/03/2014	1	0,26	0,38	0,47	0,66	1,35	6387	4946	8,96	11491,93	29070,28	17564,54
10/03/2014	2	0,26	0,38	0,47	0,66	1,35	3250	2517	8,96	5063,01	12488,73	7916,20
10/03/2014	3	0,26	0,38	0,47	0,66	1,35	15233	11795	8,96	11050,22	23265,84	20492,40
24/04/2014	1	0,28	0,40	0,49	0,66	1,26	4950	5406	12,64	6372,58	16298,36	10557,26
24/04/2014	2	0,28	0,40	0,49	0,66	1,26	2497	2727	12,64	2707,91	6703,21	4577,87
24/04/2014	3	0,28	0,40	0,49	0,66	1,26	11817	12905	12,64	4714,66	8554,48	8590,05
22/05/2014	1	0,18	0,31	0,37	0,44	0,89	3157	1682	6,17	3428,25	8288,32	6947,09
22/05/2014	2	0,18	0,31	0,37	0,44	0,89	1676	893	6,17	1061,39	3350,53	2424,48
22/05/2014	3	0,18	0,31	0,37	0,44	0,89	8483	4521	6,17	1149,21	2756,33	3267,66
11/06/2014	1	0,27	0,33	0,37	0,41	0,55	2282	2642	13,40	2424,62	9384,72	5779,17
11/06/2014	2	0,27	0,33	0,37	0,41	0,55	901	1043	13,40	48,07	338,78	348,24
11/06/2014	3	0,27	0,33	0,37	0,41	0,55	5244	6072	13,40	31,13	275,88	477,06
18/07/2014	1	0,29	0,43	0,56	0,76	1,45	1303	584	5,19	1298,40	5361,78	3277,35
18/07/2014	2	0,29	0,43	0,56	0,76	1,45	175	78	5,19	-	0,22	0,73

RIO XINGU - ESTAÇÃO MONTANTE							VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	CANAL	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
		D10	D35	D50	D65	D90						
18/07/2014	3	0,29	0,43	0,56	0,76	1,45	1711	767	5,19	-	1,26	4,71
13/08/2014	1	0,22	0,38	0,46	0,58	0,97	1021	710	8,06	891,82	4833,61	2896,96
13/08/2014	3	0,22	0,38	0,46	0,58	0,97	854	594	8,06	-	0,03	0,24
09/09/2014	2	0,26	0,34	0,40	0,47	0,80	42	23	6,25	-	0,00	0,02
09/09/2014	3	0,26	0,34	0,40	0,47	0,80	534	288	6,25	-	0,00	0,03
16/10/2014	1	0,27	0,39	0,48	0,64	1,15	857	399	5,39	585,27	3648,55	2287,67
16/10/2014	2	0,27	0,39	0,48	0,64	1,15	46	21	5,39	-	0,01	0,03
16/10/2014	3	0,27	0,39	0,48	0,64	1,15	387	180	5,39	-	0,00	0,01
14/11/2014	1	0,26	0,36	0,43	0,51	0,89	1038	288	5,89	1916,45	1252,09	1812,73
14/11/2014	2	0,26	0,36	0,43	0,51	0,89	74	22	5,89	-	0,00	0,05
14/11/2014	3	0,26	0,36	0,43	0,51	0,89	876	1217	5,89	-	0,00	0,07
03/12/2014	1	0,26	0,39	0,50	0,71	1,40	1159	383	9,30	817,50	559,75	929,82
03/12/2014	2	0,26	0,39	0,50	0,71	1,40	127	44	9,30	-	0,02	0,17
03/12/2014	3	0,26	0,39	0,50	0,71	1,40	1351	1945	9,30	-	0,06	0,61
09/01/2015	1	0,27	0,36	0,44	0,54	1,04	3699	5701	14,53	-	10,08	10,08
09/01/2015	2	0,27	0,36	0,44	0,54	1,04	497	226	14,53	-	9,23	23,12
09/01/2015	3	0,27	0,36	0,44	0,54	1,04	1780	722	14,53	1049,26	1120,07	1436,57
10/02/2015	1	0,27	0,36	0,43	0,53	0,96	2208	2883	15,11	1368,94	1401,15	1779,68
10/02/2015	2	0,27	0,36	0,43	0,53	0,96	848	1107	15,11	14,40	82,65	142,74
10/02/2015	3	0,27	0,36	0,43	0,53	0,96	5094	6651	15,11	1,55	48,18	181,65
09/03/2015	1	0,28	0,42	0,54	0,75	1,46	3244	4300	15,34	2859,76	2386,02	2820,03
09/03/2015	2	0,28	0,42	0,54	0,75	1,46	1524	2020	15,34	684,11	702,58	844,89
09/03/2015	3	0,28	0,42	0,54	0,75	1,46	7711	10220	15,34	503,21	259,11	741,18
13/04/2015	1	0,26	0,36	0,43	0,54	1,19	4326	3906	10,45	6872,58	6974,10	6980,98

RIO XINGU - ESTAÇÃO MONTANTE							VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	CANAL	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
		D10	D35	D50	D65	D90						
13/04/2015	2	0,26	0,36	0,43	0,54	1,19	10535	9512	10,45	3220,17	1523,97	3079,54
13/04/2015	3	0,26	0,36	0,43	0,54	1,19	2179	1967	10,45	19498,42	2525,73	12811,03
02/06/2015	1	0,26	0,37	0,46	0,61	1,26	2497	1533	7,10	-	0,028	4639,66
02/06/2015	2	0,26	0,37	0,46	0,61	1,26	6005	3686	7,10	-	0,001	550,13
02/06/2015	3	0,26	0,37	0,46	0,61	1,26	1079	663	7,10	-	0,009	1137,94
20/06/2015	1	0,27	0,38	0,48	0,64	1,25	1652	713	5,00	-	0,063	5249,08
20/06/2015	2	0,27	0,38	0,48	0,64	1,25	3652	1577	5,00	-	0,001	270,49
20/06/2015	3	0,27	0,38	0,48	0,64	1,25	507	219	5,00	-	0,018	571,09
10/07/2015	1	0,27	0,38	0,47	0,62	1,24	1302	537	4,78	-	0,141	8190,22
10/07/2015	2	0,27	0,38	0,47	0,62	1,24	1875	774	4,78	-	0,002	103,50
10/07/2015	3	0,27	0,38	0,47	0,62	1,24	211	87	4,78	-	0,038	257,64
13/08/2015	1	0,28	0,40	0,50	0,65	1,18	973	324	3,86	-	0,326	11521,89
13/08/2015	2	0,28	0,40	0,50	0,65	1,18	688	229	3,86	-	0,004	31,69
13/08/2015	3	0,28	0,40	0,50	0,65	1,18	26	9	3,86	-	0,176	22,70
14/09/2015	1	0,26	0,34	0,41	0,47	0,88	707	193	3,17	-	0,555	13971,85
14/09/2015	2	0,26	0,34	0,41	0,47	0,88	385	105	3,17	-	0,003	9,94
14/09/2015	3	0,26	0,34	0,41	0,47	0,88	23	6	3,17	-	0,192	4621,68
08/10/2015	1	0,27	0,37	0,45	0,58	1,10	614	265	5,00	-	0,807	14753,19
09/10/2015	2	0,27	0,37	0,45	0,58	1,10	303	131	5,00	-	0,004	6,63
08/10/2015	3	0,27	0,37	0,45	0,58	1,10	27	12	5,00	-	11,414	395,79
11/11/2015	1	0,27	0,38	0,48	0,63	1,18	654,51	318	5,62	-	4,772	33496,37
11/11/2015	3	0,27	0,38	0,48	0,63	1,18	327,14	159	5,62	-	949,154	3107,48
Média							2461,40	2471,32	9,52		2847,09	
29/12/2015*	1	0,21	0,33	0,40	0,47	0,90	910,71	388	4,94	-	8,532	70427,92

RIO XINGU - ESTAÇÃO MONTANTE							VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	CANAL	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
		D10	D35	D50	D65	D90						
29/12/2015*	2	0,21	0,33	0,40	0,47	0,90	60,81	26	4,94	-	1,894	935,86
29/12/2015*	3	0,21	0,33	0,40	0,47	0,90	463,08	197	4,94	-	1207,094	9517,24
11/01/2016*	1	0,30	0,50	0,74	1,06	1,64	895,96	295	3,81	-	9,906	35439,65
11/01/2016*	2	0,30	0,50	0,74	1,06	1,64	47,53	16	3,81	-	3,134	244,97
11/01/2016*	3	0,30	0,50	0,74	1,06	1,64	679,11	223	3,81	-	1155,301	8950,85
16/02/2016*	1	0,26	0,41	0,54	0,74	1,43	1.915,56	1564	9,45	-	72,264	160180,15
16/02/2016*	2	0,13	0,16	0,18	0,20	0,26	647,61	529	9,45	-	48,889	36743,71
16/02/2016*	3	0,13	0,16	0,18	0,20	0,26	4.244,88	3466	9,45	-	2457,849	437905,71
16/03/2016*	1	0,28	0,42	0,56	0,78	1,47	2.118,79	2969	16,22	-	86,768	183597,40
16/03/2016*	2	0,28	0,42	0,56	0,78	1,47	809,77	1135	16,22	-	58,572	53933,57
16/03/2016*	3	0,28	0,42	0,56	0,78	1,47	4.856,05	6805	16,22	-	2637,452	547276,68
12/04/2016*	1	0,27	0,39	0,47	0,64	1,33	2.860,96	3280	13,27	-	160,616	359198,33
12/04/2016*	2	0,27	0,39	0,47	0,64	1,33	1.292,57	1482	13,27	-	101,355	148313,71
12/04/2016*	3	0,27	0,39	0,47	0,64	1,33	6.756,52	7747	13,27	-	3247,182	1217039,90
12/05/2016*	1	0,26	0,38	0,47	0,61	1,16	2.106	2.225	12,23	-	3759,44	1444383,67
12/05/2016*	2	0,26	0,38	0,47	0,61	1,16	726	767	12,23	-	126,75	78494,43
12/05/2016*	3	0,26	0,38	0,47	0,61	1,16	4.740	5.009	12,23	-	98,34	1071968,17
13/06/2016*	1	0,27	0,38	0,48	0,65	1,31	1.175	653	6,427	-	1252,73	693338,04
13/06/2016*	2	0,27	0,38	0,48	0,65	1,31	130	72	6,427	-	0,11	260,40
13/06/2016*	3	0,27	0,38	0,48	0,65	1,31	1.325	736	6,427	-	0,17	564,02
11/07/2016*	1	0,26	0,36	0,44	0,56	1,01	903	438	5,613	-	1170,61	643526,56
11/07/2016*	2	0,26	0,36	0,44	0,56	1,01	57	27	5,613	-	0,01	25,74
11/07/2016*	3	0,26	0,36	0,44	0,56	1,01	655	318	5,613	-	0,01	40,07
11/08/2016*	1	0,21	0,35	0,43	0,54	1,07	648	266	4,75	-	382,32	283643,22

RIO XINGU - ESTAÇÃO MONTANTE							VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	CANAL	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
		D10	D35	D50	D65	D90						
11/08/2016*	2	0,21	0,35	0,43	0,54	1,07	23	9	4,75	-	0,00	11,88
11/08/2016*	3	0,21	0,35	0,43	0,54	1,07	250	103	4,75	-	0,00	0,37
16/09/2016*	1	0,20	0,32	0,39	0,46	1,01	559	195	4,042	-	245,33	209732,43
16/09/2016*	2	0,20	0,32	0,39	0,46	1,01	11	4	4,042	-	0,00	0,60
16/09/2016*	3	0,20	0,32	0,39	0,46	1,01	234	82	4,042	-	0,00	0,20
14/10/2016*	1	0,27	0,36	0,43	0,52	1,01	647	306	5,474	-	347,97	267613,33
14/10/2016*	2	0,27	0,36	0,43	0,52	1,01	16	8	5,474	-	0,00	1,98
14/10/2016*	3	0,27	0,36	0,43	0,52	1,01	257	121	5,474	-	0,00	0,20
15/11/2016*	1	0,28	0,41	0,51	0,69	1,30	854	346	4,685	-	1058,38	561756,42
15/11/2016*	2	0,28	0,41	0,51	0,69	1,30	34	14	4,685	-	0,01	22,95
15/11/2016*	3	0,28	0,41	0,51	0,69	1,30	486	197	4,685	-	0,00	6,76
Média							1242,43	1189,40	7,65	121062,28		

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Quadro 11.1.1 - 8 – Vazão Sólida de Arraste - Rio Xingu - Estação UHE Belo Monte Jusante.

DATA	ESTAÇÃO JUSANTE					VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
22/01/2012	0,21	0,28	0,31	0,35	0,42	15207	87391	66,52	14816	25194	19854
28/03/2012	0,19	0,29	0,33	0,40	0,60	22317	43498	22,02	56511	71575	74416
11/04/2012	0,25	0,31	0,35	0,40	0,60	22077	-	-	38491	58730	44694
21/05/2012	0,19	0,29	0,35	0,40	0,60	9006	4940	6,35	178	838	1136
13/06/2012	0,19	0,28	0,31	0,35	0,50	5813	2689	5,35	-	95	179
10/08/2012	-	-	-	-	-	2115	3269	17,88	-	-	-
11/09/2012	0,20	0,31	0,35	0,40	0,52	2137	3293	17,83	-	-	8
17/10/2012	0,45	0,60	0,68	0,76	0,93	1976	751	4,40	-	-	2
27/11/2012	1,36	2,45	2,80	3,20	4,00	3576	2173	7,03	-	-	11
21/12/2012	0,15	0,23	0,29	0,34	0,46	6076	6772	12,90	11	490	674
19/01/2013	0,25	0,32	0,37	0,42	0,64	6457	7727	13,85	20	424	590
09/02/13	0,16	0,26	0,30	0,35	0,45	15864	33991	24,80	17177	33443	24149
29/04/2013	0,15	0,25	0,30	0,35	0,46	17619	16289	10,70	22553	43041	30237
28/03/2013	0,23	0,31	0,35	0,39	0,48	18164	17091	10,89	22760	45878	31695
17/05/2013	0,31	0,52	0,64	0,79	1,35	18699	12681	7,85	16212	-	19728
07/06/2013	0,29	0,43	0,55	0,69	1,08	8856	8149	10,65	58	-	793
05/07/2013	0,27	0,34	0,39	0,46	0,91	2471	1155	5,41	-	-	3
14/08/2013	0,29	0,43	0,54	0,70	1,14	2526	1209	5,54	-	-	10
18/09/2013	0,15	0,24	0,29	0,35	0,45	2806	1037	4,28	-	-	22
11/10/2013	0,14	0,17	0,19	0,21	0,31	2867	894	3,61	-	-	35
21/11/2013	0,15	0,20	0,24	0,30	0,40	4225	5501	-	-	68	136
17/12/2013	0,17	0,28	0,32	0,36	0,42	5548	4846	-	4	283	416
14/01/2014	0,30	0,47	0,61	0,79	1,42	11017	21169	-	779	2054	2798
17/02/2014	0,26	0,34	0,40	0,46	0,91	17639	28484	19	8940	22562	20782

ESTAÇÃO JUSANTE						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
18/03/2014	0,17	0,28	0,32	0,35	0,44	27398	32525		54806	-	-
25/04/2014	0,26	0,31	0,35	0,39	0,46	20268	24621		12843	34470	30551
20/05/2014	0,37	0,60	0,70	0,81	1,29	15532	7376	5	1645	3560	4727
16/06/2014	0,32	0,54	0,64	0,77	1,13	7865	6809	10	-	84	208
21/07/2014	0,14	0,18	0,21	0,24	0,45	4019	2494	7	-	11	40
19/08/2014	0,14	0,18	0,21	0,25	0,41	3208	2024	7	-	6	23
12/09/2014	0,14	0,17	0,20	0,23	0,37	2892	970	4	-	3	13
17/10/2014	0,14	0,17	0,20	0,22	0,35	3057	1536	6	-	8	31
19/11/2014	0,14	0,18	0,21	0,25	0,39	3335	1023	4	-	1,20	13,27
08/12/2014	0,15	0,23	0,28	0,33	0,41	4261	2158	6	-	3,53	29,60
15/01/2015	0,14	0,18	0,20	0,23	0,37	6334	4633	8,47	0,08	37,93	230,74
12/02/2015	0,15	0,22	0,28	0,32	0,43	9037	14883	19,06	89,81	168,30	701,88
11/03/2015	0,17	0,28	0,32	0,36	0,44	13067	18832	16,68	1793	874,32	2648,51
16/04/2015	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	17404	17683	11,76	11665	5467,70	14090,91
20/05/2015	0,13	0,16	0,18	0,19	0,21	15625	11487	8,51	-	0,0026	6733,00
22/06/2015	0,17	0,28	0,32	0,36	0,43	6547	1970	3,48	-	0,0036	932,58
17/07/2015	0,15	0,26	0,33	0,40	1,16	3876	1824	5,45	-	0,0048	401,02
19/08/2015	0,19	0,29	0,33	0,37	0,45	2786	889	3,69	-	0,0063	299,01
17/09/2015	0,14	0,16	0,18	0,20	0,24	2116	548	3,00	-	0,0062	324,76
15/10/2015	0,18	0,29	0,34	0,38	0,47	3142	868	3,20	-	0,0062	406,57
13/11/2015	0,14	0,19	0,22	0,25	0,40	2654,92	1030	4,49	-	1533,5937	251743,81
Média						8877,34	8102,08	8,78		8734,52	
30/12/2015*	0,13	0,16	0,18	0,19	0,21	3292,84	876	3,08	-	1817,6798	456552,14
14/01/2016*	0,15	0,22	0,27	0,32	0,41	3747,63	1026	3,17	-	1923,8467	409609,78
19/02/2016*	0,13	0,16	0,18	0,20	0,26	7.381,18	7391	11,59	-	2218,4095	2244847,37

ESTAÇÃO JUSANTE						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
18/03/2016*	0,27	0,35	0,41	0,47	0,80	9.159,78	9465	11,96	-	2725,0898	1459467,90
15/04/2016*	0,20	0,31	0,36	0,41	0,79	12.970,89	12563	11,21	-	3371,5020	3189023,82
16/05/2016*	0,28	0,36	0,41	0,47	0,80	8924,97	5716	7,41	-	222,30	352589,24
15/06/2016*	0,26	0,33	0,38	0,43	0,72	4004,10	1123	3,25	-	3,11	10832,85
22/07/2016*	0,26	0,32	0,36	0,40	0,54	3838,15	1128	3,40	-	2,20	9085,52
12/08/2016*	0,21	0,31	0,35	0,40	0,59	2641,43	882	3,87	-	0,37	2173,17
19/09/2016*	0,14	0,19	0,22	0,27	0,41	2356,33	1007	4,95	-	0,22	2076,36
17/10/2016*	0,21	0,30	0,35	0,38	0,46	2165,77	1032	5,52	-	0,19	1173,00
29/11/2016*	0,27	0,34	0,39	0,44	0,75	3251,76	1159	4,13	-	1,61	6473,45
Média						5311,23	3614,06	6,13		339841,30	

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Quadro 11.1.1 - 9 – Vazão Sólida de Arraste - Rio Xingu - Estação UHE Belo Monte Mangueiras.

RIO XINGU - ESTAÇÃO MANGUEIRAS						VAZÃO LÍQUIDA (m3/s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
20/04/2011	0,20	0,30	0,35	0,40	4,80	20917	7410	4,10	55234,76	138548,37	75471,16
09/06/2011	0,26	0,36	0,45	0,50	4,70	10016	34011	39,30	4308,93	9678,36	7514,68
21/08/2011	0,18	0,27	0,31	0,40	1,00	2039	1072	6,09	-	12,20	26,03
29/09/2011	0,25	0,40	0,47	0,55	1,10	964	417	5,00	-	0,25	0,86
19/10/2011	0,21	1,30	2,00	3,50	9,00	972	550	6,54	-	0,02	0,18
11/11/2011	0,24	0,31	0,36	0,41	0,58	2863	3900	15,76	-	68,23	104,97
13/01/2012	0,26	0,32	0,36	0,40	0,49	8352	43202	59,87	-	3834,56	-
24/02/2012	0,19	0,29	0,33	0,38	0,59	17074	73224	49,64	18181,86	40017,42	26749,79
24/03/2012	0,19	0,28	0,32	0,40	0,60	18773	8421	5,19	30805,77	69186,77	42868,20
08/05/2012	0,18	0,30	0,33	0,38	0,55	11738	11983	11,82	5865,21	15244,60	11528,37
02/06/2012	0,26	0,30	0,39	0,60	2,60	8061	5007	7,19	-	3624,23	3226,23
27/07/2012	0,14	0,20	0,24	0,30	0,43	2633	4817	21,17	-	57,09	98,43
24/08/2012	-	-	-	-	-	1693,83	1620,20	11,07	-	-	-
24/09/2012	0,18	0,42	1,46	2,79	6,56	1113	1811	18,83	-	0,10	0,58
23/10/2012	0,48	0,63	0,72	0,82	1,20	1269	576	5,25	-	0,53	1,95
15/11/2012	0,21	0,37	0,48	0,61	0,90	1596	733	5,32	-	2,77	6,97
13/12/2012	0,16	0,28	0,32	0,37	0,47	4597	6657	16,76	8,70	597,07	675,99
28/01/2013	0,18	0,29	0,33	0,38	0,46	8795	18062	23,77	1616,29	5413,87	4607,14
17/02/2013	0,15	0,23	0,28	0,34	0,46	17070	28184	19,11	27039,44	56375,20	36597,24
16/04/2013	0,29	0,41	0,50	0,63	0,93	17766	20077	13,08	18535,01	36098,35	24417,28
19/03/2013	0,08	0,15	0,19	0,24	0,48	16611	16949	11,81	58853,63	78188,34	54548,16
24/05/2013	0,27	0,34	0,39	0,45	0,78	14308	13240	10,71	11191,31	25548,08	17701,19
21/06/2013	0,15	0,24	0,30	0,38	0,82	6516	3986	7,08	475,63	2349,83	2245,10

RIO XINGU - ESTAÇÃO MANGUEIRAS						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
18/07/2013	0,15	0,25	0,29	0,35	0,46	3415	2043	6,92	-	167,59	236,99
20/08/2013	0,26	0,32	0,37	0,41	0,52	1830	590	3,73	-	10,32	21,41
26/09/2013	0,16	0,27	0,31	0,36	0,42	1338	415	3,59	-	0,01	0,01
17/10/2013	0,24	0,31	0,35	0,38	0,46	905	348	4,45	-	0,12	0,53
11/11/2013	0,17	0,27	0,32	0,36	0,46	2029	798	4,55	-	12,66	26,56
02/12/2013	0,19	0,42	2,34	3,35	7,08	4310	4294	11,53	-	32,89	77,71
17/01/2014	0,26	0,34	0,40	0,46	0,86	9616	15852	19,08	1215,77	4706,75	4759,86
21/02/2014	0,29	0,42	0,53	0,67	1,05	17220	37001	24,87	7890,24	17784,78	15605,94
18/03/2014	0,25	0,31	0,35	0,38	0,48	26565	39432	17,18	45296,57	-	86582,29
22/04/2014	0,30	0,53	0,68	0,86	1,50	19905	20018	11,64	12023,49	24149,39	20446,83
13/05/2014	0,26	0,33	0,37	0,42	0,75	16050	11855	8,55	10733,67	30436,43	23713,01
07/06/2014	0,29	0,49	0,65	0,87	1,56	9812	9775	11,53	757,28	2655,68	3094,91
10/07/2014	0,26	0,31	0,35	0,39	0,47	3999	2056	5,95	-	208,09	335,98
22/08/2014	0,15	0,25	0,29	0,35	0,46	1642	836	5,89	-	2,85	10,05
17/09/2014	0,15	0,21	0,26	0,32	0,43	1345	540	4,65	-	1,90	6,60
22/10/2014	0,29	0,47	0,65	0,92	13,22	1409	675	5,55	-	0,94	3,64
21/11/2014	0,20	0,30	0,35	0,39	0,52	2223	257	1,34	-	2,24	16,16
11/12/2014	0,14	0,16	0,22	0,26	0,41	2910	2359	9,38	-	12,97	70,25
20/01/2015	0,32	0,56	0,68	0,82	1,42	6021	6450	12,40	-	94,77	325,02
17/02/2015	0,30	0,52	0,66	0,83	1,48	8248	11109	15,59	217,15	397,44	1029,12
27/03/2015	0,16	0,29	0,33	0,37	0,46	16237	21969	15,66	12363,93	9071,58	13769,59
21/04/2015	0,27	0,33	0,37	0,41	0,55	14540	16168	12,87	6954,37	4678,78	8100,99
22/05/2015	0,27	0,34	0,39	0,43	0,71	13176	10503	9,23	-	1490,41	2385252,21
25/06/2015	0,25	0,32	0,37	0,41	0,66	4985	2197	5,10	-	501,81	435134,66

RIO XINGU - ESTAÇÃO MANGUEIRAS						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO (mm)								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
21/07/2015	0,16	0,27	0,31	0,35	0,43	2777	2716	11,32	-	392,21	168360,63
25/08/2015	0,19	0,29	0,33	0,37	0,45	1514	646	4,94	-	239,74	2623935,71
24/09/2015	0,34	0,83	2,22	3,62	18,16	771	305	4,58	-	185,65	4140587,20
23/10/2015	0,23	0,32	0,37	0,41	0,69	954	247	3,00	-	185,72	20404,33
Média						7676,12	10340,47	12,34	107590,24		
24/11/2015*	0,27	0,37	0,44	0,55	0,90	1283,48	634	5,72	-	220,23	26929,59
18/12/2015*	0,23	0,31	0,35	0,38	0,46	1208,50	415	3,97	-	196,80	31970,58
20/01/2016*	0,17	0,28	0,32	0,36	0,44	1191,63	395	3,84	-	205,76	35787,00
24/02/2016*	0,09	0,19	0,27	0,54	1,41	5.524,47	2375	4,98	-	534,86	723110,37
23/03/2016*	0,25	0,32	0,36	0,40	0,59	9.861,38	16631	19,52	-	1016,18	1542490,30
20/04/2016*	0,17	0,29	0,33	0,37	0,45	9.554,35	6126	7,42	-	1099,10	1561543,06
19/05/2016*	0,21	0,33	0,39	0,45	1,36	4.303,97	1700	4,57	-	78,95	127993,45
20/06/2016*	0,19	0,31	0,35	0,40	0,65	2.020,30	573	3,28	-	2,93	10010,14
26/07/2016*	0,15	0,28	0,39	1,01	1,62	1.433,20	916	7,40	-	0,63	2283,50
17/08/2016*	0,17	0,29	0,32	0,36	0,44	665,50	350	6,08	-	0,01	51,58
22/09/2016*	0,18	0,29	0,33	0,36	0,43	815,44	352	5,00	-	0,02	174,91
20/10/2016*	0,27	0,33	0,37	0,41	0,62	940,61	316	3,88	-	0,06	338,40
23/11/2016*	0,25	0,31	0,35	0,38	0,45	914,48	213	2,70	-	0,04	261,73
Média						3055,18	2384,25	6,03	156396,16		

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

O **Quadro 11.1.1 - 10** apresenta o resumo das vazões sólidas médias em suspensão e vazões sólidas de arraste (média entre os três métodos utilizados) para as três estações do rio Xingu, no período de monitoramento anterior (até novembro/2015) e posterior ao enchimento dos reservatórios (até novembro/2016).

Quadro 11.1.1 - 10 – Estações Rio Xingu – Resumo Comparativo de Vazões Sólidas em Suspensão e por Arraste – Dados até novembro/2016

PERÍODO	ESTAÇÃO	VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE MÉDIA (t/dia)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO MÉDIA (t/dia)
Antes do Enchimento	MONTANTE	2461,40	2847,09	2471
	MANGUEIRAS	7676,12	107590,24	10340
	JUSANTE	8877,34	8734,52	8102
Enchimento e Pós-Enchimento	MONTANTE	1242,43	121062,28	1189,40
	MANGUEIRAS	3055,18	156396,16	2384,25
	JUSANTE	5311,23	339841,30	3614,06

De acordo com **Quadro 11.1.1 - 10**, para o período anterior ao enchimento, a estação UHE Belo Monte Mangueiras apresenta carga de sedimento em suspensão média maior que as demais. Quanto ao período de enchimento e pós-enchimento, em uma abordagem preliminar, observa-se que tanto a vazão sólida de arraste, quanto a vazão sólida em suspensão apresentaram crescimento de montante para jusante ao longo do rio Xingu. Ressalta-se, entretanto, que os dados das vazões sólidas (t/dia) de cada estação se referem às médias de resultados de campanhas realizadas em períodos distintos, englobando, inclusive, um número diferentes de registros realizados durante períodos de seca e de cheia (menores e maiores vazões líquidas, respectivamente), o que certamente influencia no cálculo das médias. Portanto, ressalta-se mais uma vez o caráter preliminar das considerações e a importância da compilação de um maior número de dados para o período pós-enchimento, quanto serão possíveis análises mais detalhadas, distintamente por períodos coincidentes, e que subsidiarão o comparativo entre os períodos anterior e posterior à formação do reservatório.

11.1.1.2.2.4. IGARAPÉS DE ALTAMIRA: ESTAÇÕES UHE BELO MONTE IGARAPÉ CIPÓ AMBÉ, UHE BELO MONTE IGARAPÉ CUPIÚBA, UHE BELO MONTE IGARAPÉ PANELAS E UHE BELO MONTE IGARAPÉ ALTAMIRA

Os **Quadros 11.1.1 - 11 a 11.1.1 - 14** apresentam os cálculos da vazão de arraste para os quatro pontos de monitoramento nos igarapés de Altamira: UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé, UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba, UHE Belo Monte Igarapé Altamira e UHE Belo Monte Igarapé Panelas, no período de monitoramento anterior (até novembro/2015) e posterior ao enchimento dos reservatórios (até novembro/2016).

Quadro 11.1.1 - 11 – Vazão Sólida de Arraste - UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé

ESTAÇÃO IGARAPÉ CIPÓ AMBÉ						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
31/03/11	0,17	0,29	0,35	0,40	1,00	4,87	2,19	5,20	0,15	3,74	2,75
02/05/11	0,16	0,24	0,29	0,35	0,60	5,47	1,94	4,11	1,29	10,06	6,38
26/05/12	0,20	0,31	0,36	0,40	0,85	2,28	1,10	5,60	-	0,06	0,44
20/06/11	0,18	0,29	0,35	0,40	0,80	3,33	2,41	8,39	-	1,19	0,94
31/07/11	0,18	0,29	0,36	0,41	0,80	2,40	11,24	54,17	-	0,22	0,23
18/11/11	0,16	0,29	0,40	0,55	5,00	1,51	1,61	18,15	-	0,18	0,18
14/12/11	0,15	0,29	0,35	0,41	1,00	1,31	0,91	10,71	-	0,13	0,13
24/01/12	0,13	0,19	0,22	0,28	0,40	3,13	15,66	12,29	0,03	2,11	1,70
28/02/12	0,28	0,39	0,60	2,20	13,00	2,00	2,86	8,05	-	0,55	0,44
19/03/12	0,18	0,31	0,40	0,60	7,00	3,11	-	57,84	3,97	-	42,68
13/04/12	0,17	0,29	0,38	0,44	5,30	3,05	-	16,52	7,04	-	62,21
12/05/12	0,22	0,32	0,41	0,49	7,80	3,39	1,67	5,72	0,01	2,22	1,57
14/06/12	0,17	0,29	0,34	0,41	2,70	2,64	0,20	0,87	-	1,18	0,89
03/07/12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	2,37	2,47	12,06	-	0,50	0,42
03/08/12	0,16	0,27	0,32	0,38	0,58	1,97	2,01	11,84	-	0,61	0,50
05/09/12	0,15	0,22	0,27	0,33	0,45	1,86	2,81	17,51	-	0,93	0,74
12/10/12	0,26	0,35	0,43	0,52	0,86	3,44	4,15	14,00	-	1,95	1,41
14/11/12	0,26	0,37	0,46	0,59	0,89	1,37	0,64	5,40	-	-	-
04/12/2012	0,21	0,33	0,40	0,49	7,00	1,62	1,37	9,81	-	0,39	0,33
05/01/2013	0,15	0,25	0,30	0,37	0,50	2,32	1,43	7,13	-	0,88	0,70
05/02/2013	0,17	0,32	0,41	0,60	12,46	2,38	-	-	-	0,93	0,72
11/04/2013	0,16	0,27	0,31	0,36	0,46	5,49	5,67	11,95	0,32	4,62	3,45
11/03/2013	0,15	0,25	0,30	0,36	0,49	3,61	3,55	11,39	0,17	3,67	2,59
13/05/2013	0,21	0,31	0,36	0,42	0,77	4,75	1,96	4,79	0,06	-	2,15

ESTAÇÃO IGARAPÉ CIPÓ AMBÉ						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
04/06/2013	0,14	0,21	0,26	0,33	0,48	3,33	1,27	4,41	0,01	-	1,10
03/07/2013	0,15	0,26	0,32	0,39	0,67	3,63	1,18	3,76	-	-	0,92
06/08/2013	0,20	0,30	0,35	0,42	0,65	2,83	1,05	4,28	-	-	0,37
10/09/2013	0,27	0,44	0,58	0,75	1,66	2,25	0,74	3,81	-	-	0,15
03/10/2013	0,20	0,36	0,48	0,65	1,49	2,11	0,66	3,61	-	-	0,21
06/11/2013	0,28	0,50	0,65	0,83	11,10	2,27	0,68	3,47	-	0,21	0,22
11/12/2013	0,29	0,55	0,76	1,14	8,30	1,71	0,47	3,19	-	0,09	0,10
10/01/2014	0,24	0,42	0,55	0,69	1,18	2,30	0,96	4,83	-	0,32	0,30
07/02/2014	0,25	0,49	0,69	0,94	22,88	2,84	2,72	11,08	-	0,55	0,50
24/03/2014	0,30	0,55	0,75	1,06	8,56	4,11	1,46	4,11	-	1,42	1,17
08/04/2014	0,15	0,20	0,25	0,30	0,44	3,69	1,23	3,86	0,09	3,22	2,34
13/05/2014	0,29	0,48	0,61	0,74	1,26	4,89	2,92	6,92	-	2,10	1,66
24/06/2014	0,18	0,30	0,35	0,41	0,64	3,03	0,93	3,57	-	0,97	0,81
17/07/2014	0,19	0,31	0,37	0,43	0,75	2,70	1,19	5,08	-	0,65	0,57
07/08/2014	0,28	0,37	0,43	0,51	0,85	2,49	1,27	5,92	-	0,43	0,40
04/09/2014	0,19	0,29	0,33	0,39	0,43	2,31	0,52	2,64	-	0,54	0,48
09/10/2014	0,19	0,29	0,34	0,38	0,50	1,99	0,89	5,17	-	0,31	0,29
11/11/2014	0,27	0,42	0,54	0,67	0,96	1,71	0,34	2,29	-	0,17	0,17
18/12/2014	0,28	0,46	0,62	0,80	1,36	1,42	0,50	4,08	-	0,05	0,06
06/01/2015	0,26	0,37	0,46	0,59	0,97	1,48	0,47	3,66	-	0,09	0,09
23/02/2015	0,32	0,67	0,98	3,20	11,63	2,11	0,72	3,93	-	0,10	0,12
04/03/2015	0,36	0,90	2,24	5,88	15,69	2,035	0,97	5,534	-	0,03	0,05
08/04/2015	0,24	0,34	0,41	0,48	0,86	2,184	0,77	4,065	-	0,34	0,31
11/05/2015	0,28	0,42	0,53	0,67	0,99	2,49	0,70	3,25	-	0,02	39,04
22/06/2015	0,28	0,40	0,50	0,63	0,92	1,95	0,60	3,55	-	0,02	32,04

ESTAÇÃO IGARAPÉ CIPÓ AMBÉ						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
06/07/2015	0,28	0,42	0,54	0,67	0,97	1,95	0,56	3,35	-	0,02	29,66
06/08/2015	0,27	0,40	0,51	0,68	1,31	1,61	0,45	3,21	-	0,03	30,16
11/09/2015	0,24	0,36	0,45	0,57	0,92	1,42	0,40	3,28	-	0,04	35,26
05/10/2015	0,24	0,37	0,47	0,62	1,15	1,17	0,45	4,43	-	0,04	26,80
09/11/2015	0,28	0,42	0,54	0,68	1,15	1,14	0,38	3,85	-	0,01	10,83
Média						2,61	1,87	8,33	3,73		
14/12/2015*	0,29	0,47	0,63	0,85	11,12	1,01	0,23	2,63	-	0,01	7,51
07/01/2016*	0,31	0,56	0,78	1,49	12,21	1,27	0,32	2,93	-	0,01	9,86
18/02/2016*	0,15	0,28	0,34	0,42	1,05	1,22	0,43	4,12	-	0,01	20,27
17/03/2016*	0,27	0,51	0,68	0,90	7,48	2,14	0,82	4,45	-	0,02	26,90
05/04/2016*	0,34	0,75	1,25	3,07	11,92	3,26	2,97	10,53	-	0,03	31,74
08/05/2016*	0,22	0,40	0,54	0,76	1,47	3,14	1,12	4,14	-	0,54	485,39
09/06/2016*	0,23	0,40	0,54	0,81	1,53	2,97	1,11	4,34	-	0,99	310,18
06/07/2016*	0,25	0,36	0,44	0,55	0,88	2,32	0,71	3,57	-	0,58	231,55
08/08/2016*	0,28	0,44	0,59	0,78	1,45	2,04	0,84	4,76	-	0,56	162,51
12/09/2016*	0,27	0,40	0,52	0,72	1,42	1,81	0,18	1,12	-	0,49	157,37
10/10/2016*	0,31	0,67	1,14	4,64	14,88	1,53	0,71	5,37	-	0,25	39,75
09/11/2016*	0,25	0,38	0,50	0,69	1,37	1,34	0,66	5,68	-	0,14	54,94
Média						2,00	0,84	4,47	64,23		

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Quadro 11.1.1 - 12 – Vazão Sólida de Arraste - UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba

ESTAÇÃO IGARAPÉ CUPÍUBA						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
02/05/2011	0,00	0,28	0,42	1,80	10,00	1,93	-	-	-	0,679	0,554
26/05/2011	0,20	1,60	4,00	6,10	13,00	2,46	1,89	8,87	-	0,043	0,085
20/06/2011	0,30	1,20	3,00	5,20	13,00	1,59	-	-	-	0,007	0,018
31/07/2011	0,20	0,35	0,42	0,55	1,20	1,09	-	-	-	0,039	0,047
18/11/2011	0,18	0,30	0,38	0,49	1,70	0,61	-	-	-	0,008	0,011
23/01/2012	0,00	0,16	0,20	0,25	0,41	0,57	1,80	36,97	-	-	0,009
28/02/2012	0,00	0,17	0,24	0,32	1,20	0,64	3,20	57,59	-	0,007	0,013
19/03/2012	0,00	0,17	0,28	0,50	6,10	2,99	-	-	-	5,198	3,283
13/04/2012	0,30	1,50	3,00	5,20	13,00	1,71	-	-	-	0,019	0,039
18/05/2012	0,00	0,28	0,39	0,60	5,00	1,66	0,64	4,46	-	0,103	0,111
14/06/2012	0,16	0,45	1,20	3,50	13,00	1,73	3,55	23,73	-	0,032	0,051
09/01/2013	0,09	0,18	0,24	0,33	0,67	0,44	0,50	13,32	-	0,008	0,013
05/02/2013	0,09	0,21	0,35	0,65	1,54	0,62	0,50	9,40	-	0,015	0,020
11/03/2013	0,20	0,43	0,66	1,21	16,00	2,65	6,94	15,81	-	0,737	0,612
05/06/2013	0,31	0,88	2,74	6,52	17,40	2,35	1,60	7,88	-	0,000	0,016
03/07/2013	0,30	0,76	1,52	3,53	10,07	1,99	2,69	15,64	-	0,000	0,033
07/11/2013	0,15	0,31	0,44	0,89	1,64	0,67	0,25	4,35	-	0,002	0,005
10/12/2013	0,18	0,38	0,67	1,46	6,41	0,48	0,18	4,36	-	0,000	0,001
10/01/2014	0,24	1,04	2,36	3,76	10,56	0,75	0,37	5,67	-	0,000	0,001
07/02/2014	0,23	0,73	1,82	4,28	10,85	1,39	3,36	28,00	-	0,003	0,008
09/05/2014	0,48	1,29	2,14	3,90	11,92	3,80	1,82	5,54	-	1,757	1,563
25/06/2014	0,59	1,75	2,68	3,83	10,34	1,80	0,96	6,16	-	0,006	0,016
17/07/2014	0,19	0,41	0,57	0,78	1,48	1,18	0,71	6,92	-	0,182	0,162

ESTAÇÃO IGARAPÉ CUIÚBA						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
07/08/2014	0,84	3,33	5,09	7,37	14,53	0,94	0,51	6,24	-	0,004	0,011
03/09/2014	0,39	0,97	1,16	1,37	1,74	0,63	0,32	5,88	-	0,009	0,014
09/10/2014	0,16	0,28	0,39	0,53	1,29	0,44	0,23	6,11	-	0,015	0,018
11/11/2014	0,09	0,23	0,33	0,54	1,46	0,32	0,58	21,40	-	0,007	0,009
18/12/2014	0,26	0,64	1,33	3,20	11,60	0,25	0,13	5,95	-	0,000	0,001
06/01/2015	0,17	0,34	0,44	0,62	1,39	0,24	0,10	4,85	-	0,001	0,002
13/02/2015	0,17	0,36	0,50	0,79	1,53	0,23	0,17	8,80	-	0,000	0,001
05/03/2015	0,23	0,57	1,02	3,02	12,29	0,741	0,76	11,88	-	0,022	0,028
08/04/2015	0,18	0,36	0,49	0,92	1,59	0,77	1,09	16,34	-	0,058	0,059
12/05/2015	0,29	1,05	3,02	5,26	13,01	1,01	0,57	6,51	-	0,064	7,456
10/09/2015	0,19	0,43	0,61	0,86	1,55	0,35	0,19	6,24	-	0,137	16,352
05/10/2015	0,17	0,37	0,51	0,75	1,48	0,24	0,10	4,73	-	0,173	20,160
05/11/2015	0,29	0,69	1,36	3,40	17,73	0,37	0,39	12,05	-	0,001	0,842
Média						1,24	1,13	10,00		1,32	
22/12/2015*	0,21	0,45	0,82	2,60	10,43	0,24	0,07	3,51	-	0,001	0,573
12/01/2016*	0,21	0,48	1,10	3,81	13,44	0,19	0,06	3,70	-	0,001	0,332
05/03/2016*	0,18	0,42	0,88	4,06	12,70	0,41	0,16	4,53	-	0,001	1,849
17/03/2016*	0,15	0,31	0,42	0,61	1,43	0,53	0,44	9,61	-	0,002	5,674
05/04/2016*	0,42	2,39	4,15	6,30	12,29	1,05	0,70	7,73	-	0,004	1,616
09/05/2016*	1,51	4,47	5,76	7,42	12,83	1,70	0,82	5,60	-	4,90	83,61
09/06/2016*	0,53	2,12	3,46	5,32	12,79	1,59	0,77	5,65	-	1,74	61,24
06/07/2016*	0,17	0,33	0,44	0,73	1,53	1,61	1,13	8,12	-	2,48	638,92
09/08/2016*	0,16	0,30	0,38	0,47	1,17	0,78	0,57	8,45	-	0,10	46,63
12/09/2016*	0,19	0,42	0,86	3,80	14,75	0,65	0,50	8,88	-	0,07	16,24

ESTAÇÃO IGARAPÉ CUIÚBA						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
11/10/2016*	0,19	0,41	0,73	2,60	11,61	0,50	0,42	9,80	-	0,02	7,47
08/11/2016*	0,17	0,55	2,73	4,84	11,48	0,35	0,36	12,09	-	0,01	0,90
Média						0,80	0,50	7,31		36,43	

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Quadro 11.1.1 - 13 – Vazão Sólida de Arraste - UHE Belo Monte Igarapé Altamira

ESTAÇÃO IGARAPÉ ALTAMIRA						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
10/11/2010	0,29	0,89	1,50	2,80	7,00	0,35	0,15	4,99	7,53	-	-
29/11/2010	0,16	0,48	0,80	1,30	7,00	0,55	0,35	7,43	42,82	-	-
22/12/2010	0,25	0,60	0,90	1,50	7,00	0,54	0,24	5,13	29,24	-	-
01/01/2011	0,50	1,90	3,10	5,00	9,80	1,54	-	-	-	-	-
01/04/2011	0,50	1,30	2,00	3,00	9,20	4,69	-	10,95	-	-	-
03/05/2011	0,28	0,55	0,80	1,40	8,00	4,30	2,99	8,04	-	-	-
25/05/2011	0,90	3,30	6,50	11,00	19,00	6,39	4,59	8,32	-	-	-
21/06/2011	0,35	0,80	1,10	1,90	5,30	4,31	2,55	6,85	-	-	-
30/07/2011	0,38	0,60	0,80	1,10	2,20	1,46	1,16	9,18	28,09	-	-
22/11/2011	0,25	1,50	5,00	8,00	16,00	0,54	1,52	32,52		-	57
13/12/2011	0,28	0,40	0,78	1,60	8,50	0,34	1,12	38,44	34,29	-	-
25/01/2012	0,00	0,30	0,40	0,60	3,80	1,11	3,46	36,13	122,25	-	-
12/06/2012	0,35	0,80	1,30	3,10	20,00	2,13	0,47	2,57	64,87	-	-
03/08/2012	0,95	5,16	8,55	12,57	24,26	0,98	1,80	21,22	-	2,4	1,4
14/09/2012	0,29	0,44	0,56	0,69	0,97	-	1,21	33,05	-	-	-

ESTAÇÃO IGARAPÉ ALTAMIRA						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
09/10/2012	0,76	2,55	4,59	7,78	15,77	0,40	0,50	14,33	-	0,3	0,2
13/11/2012	0,28	0,75	1,21	2,21	9,85	0,28	0,27	10,92	-	0,4	0,2
03/12/2012	0,38	1,71	4,16	7,31	15,49	1,03	1,74	19,54	-	1,9	1,3
05/01/2013	0,34	0,91	2,48	5,59	18,81	0,99	2,06	24,15	-	0,8	0,6
04/02/13	0,32	1,60	4,10	7,45	17,21	1,49	1,19	9,21	-	1,5	1,2
12/04/2013	0,17	0,33	0,43	0,58	0,98	11,91	12,35	12,00	-	-	132,0
16/03/2013	0,47	2,03	4,08	6,78	14,54	2,54	2,78	12,69	-	5,3	3,8
13/05/2013	0,67	2,36	4,28	5,66	10,98	5,27	4,82	10,58	-	-	8,0
05/06/2013	0,60	2,97	4,92	7,19	14,85	3,10	2,73	10,19	-	-	2,0
02/07/2013	0,84	2,29	3,28	4,58	7,66	3,20	2,82	10,19	-	-	4,3
06/08/2013	0,19	0,35	0,45	0,61	1,24	1,72	0,88	5,89	1,16	0,1	4,7
09/09/2013	0,22	0,38	0,49	0,73	3,94	1,13	0,84	8,61	-	-	-
02/10/2013	0,20	1,08	3,40	5,94	16,32	0,84	0,76	10,52	-	-	0,1
05/11/2013	0,25	0,42	0,57	0,78	2,74	0,64	0,73	13,20	-	0,4	0,3
09/12/2013	0,25	0,50	0,76	1,27	8,56	0,38	0,38	11,35	-	0,0	0,0
08/01/2014	0,33	0,82	1,20	1,67	6,13	0,45	0,59	15,25	-	0,0	0,0
14/02/2014	0,30	0,72	1,46	3,09	10,34	2,49	5,02	23,31	1,07	6,2	3,5
25/03/2014	0,25	0,46	0,80	2,20	9,46	3,81	2,55	7,74	-	2,4	1,7
08/04/2014	0,29	1,29	2,07	3,08	8,41	4,11	2,73	7,69	-	7,5	5,0
14/05/2014	0,33	0,94	2,13	4,57	12,57	3,95	2,91	8,54	11,19	18,8	10,8
24/06/2014	0,38	3,55	6,21	9,34	15,52	2,24	0,95	4,92		0,9	0,9
15/07/2014	0,29	0,48	0,59	0,73	1,12	1,68	1,67	11,54	2,37	16,9	6,5
08/08/2014	0,29	0,43	0,54	0,67	0,97	1,13	0,75	7,71	0,61	8,1	3,2
03/09/2014	0,26	1,06	2,76	5,11	14,55	1,30	1,08	9,68	-	0,4	0,4
10/10/2014	0,26	0,61	1,06	2,62	11,71	0,47	0,44	10,76	-	0,1	0,1

ESTAÇÃO IGARAPÉ ALTAMIRA						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
12/11/2014	0,20	0,50	1,31	6,52	23,16	0,44	0,24	6,35	-	0,02	0,02
19/12/2014	0,26	0,65	1,19	2,67	10,76	0,22	0,12	6,62	-	0,00	0,00
07/01/2015	0,22	0,52	0,80	1,12	1,67	0,30	0,28	10,49	-	0,03	0,02
13/02/2015	0,25	0,41	0,56	0,78	1,49	0,84	0,92	12,61	-	0,01	0,01
06/03/2015	0,19	0,55	0,79	1,09	1,66	1,601	1,96	14,14	65,49	482,64	91,10
10/04/2015	0,29	2,27	4,71	8,96	22,02	2,595	2,69	12	-	0,81	0,87
18/05/2015	0,18	0,69	2,37	4,54	12,90	1,60	0,87	6,32	-	0,00	1,83
10/06/2015	0,22	0,45	0,92	2,42	10,11	1,32	2,13	18,76	-	0,02	11,15
08/07/2015	0,22	0,49	0,78	1,11	1,67	1,317	0,94	8,24	-	0,02	13,16
20/08/2015	0,19	0,38	0,51	0,72	1,44	0,60	0,24	4,69	-	0,02	6,93
29/09/2015	0,15	0,46	0,77	1,12	1,67	0,35	0,22	7,20	-	0,12	6,69
07/10/2015	0,13	0,32	0,47	0,75	1,51	0,26	0,26	11,22	-	0,16	9,27
10/11/2015	0,14	0,44	0,67	0,98	1,61	0,269	0,31	13,47	-	0,00	0,72
Média						1,80	1,78	12,89		17,31	
29/12/2015*	0,36	3,37	6,65	10,04	18,40	0,13	0,11	9,25	-	0,00	0,05
12/01/2016*	0,22	1,62	2,94	4,86	12,97	0,18	0,15	9,31	-	0,00	0,20
08/03/2016*	0,17	0,63	1,02	1,23	1,72	10,73	8,49	9,15	-	0,02	119,41
21/03/2016*	0,37	2,44	3,84	5,70	12,11	1,88	1,92	11,77	-	0,00	8,77
14/04/2016*	0,18	2,02	3,03	4,51	9,79	9,21	11,63	14,62	-	0,02	30,70
10/05/2016*	0,15	0,37	0,56	0,81	1,52	4,13	3,06	8,60	-	3,50	786,74
11/06/2016*	0,12	0,51	0,64	0,81	1,45	2,94	1,32	5,20	-	0,80	200,69
07/07/2016*	0,24	0,81	1,12	1,32	1,75	1,84	1,04	6,56	-	346,86	13372,18
08/08/2016*	0,14	0,33	0,55	0,92	1,59	0,98	0,59	7,04	-	43,88	4560,98
08/09/2016*	0,55	3,83	5,40	7,48	13,10	0,66	0,67	11,74	-	8,15	110,54

ESTAÇÃO IGARAPÉ ALTAMIRA						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
11/10/2016*	0,17	1,34	3,65	5,84	13,80	0,60	0,74	14,37	-	11,32	203,03
08/11/2016*	0,12	0,34	0,57	0,95	1,60	0,44	4,12	109,50	-	4,15	548,40
Média						2,38	2,39	20,00		1067,41	

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Quadro 11.1.1 - 14 – Vazão Sólida de Arraste - UHE Belo Monte Igarapé Panelas

ESTAÇÃO IGARAPÉ PANELAS						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
28/11/10	0,29	1,10	2,10	3,30	8,00	4,21	4,65	12,79	106,17	-	-
23/12/10	0,29	0,55	0,80	1,30	3,90	4,38	4,20	11,11	538,30	-	-
17/01/11	0,28	2,20	4,10	7,10	16,00	12,98	43,20	38,52	19,22	-	-
25/02/11	-	0,90	3,70	7,00	17,00	28,96	32,58	13,02	20,53	-	-
31/03/11	-	0,37	3,10	5,80	16,00	25,21	33,65	15,45	53,27	-	578
25/05/11	-	0,33	2,30	4,80	16,00	29,25	108,67	43,00	560,93	-	-
21/06/11	0,15	0,72	3,10	6,00	15,00	13,71	-	-	11,98	-	749
30/07/11	0,40	2,20	4,70	7,60	19,00	7,74	8,09	12,10	1,18	-	-
02/07/12	0,88	4,89	7,03	10,56	22,70	7,35	43,87	69,11	-	-	-
02/08/12	0,84	4,11	6,30	9,95	22,76	5,42	12,89	27,56	-	466	120
03/09/2012	0,94	5,16	9,33	15,72	26,00	4,09	29,24	82,82	2,63	62	33
13/11/2012	0,52	1,31	2,03	2,94	7,33	1,81	6,08	38,94	72,80	516	108
03/12/2012	0,64	3,45	5,33	7,71	14,34	4,87	16,69	39,70	0,81	53	28
04/01/2013	0,40	1,70	3,03	4,94	12,97	4,33	7,09	18,94	41,45	180	64
04/02/13	1,25	3,99	5,73	8,30	20,16	9,20	31,06	39,06	-	0,12	0,21
12/04/2013	0,19	0,92	2,69	4,44	9,34	85,82	59,37	28,00	3,29	10	33

ESTAÇÃO IGARAPÉ PANELAS						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
05/03/2013	0,89	4,30	5,96	8,28	14,61	20,37	207,62	33,74	-	0,05	0,17
03/05/2013	2,23	8,45	10,47	8,45	22,69	81,68	299,77	42,48	-	0,01	31
06/06/2013	0,59	2,41	3,83	5,74	12,59	20,60	26,57	14,93	38,48	6	103
02/07/2013	0,18	0,44	0,78	1,91	8,23	16,75	102,96	71,15	183,45	6	192
07/08/2013	1,17	3,75	5,43	7,72	14,89	8,89	13,56	17,65	-	-	8
09/09/2013	0,50	3,64	5,86	9,04	19,11	5,89	6,99	13,74	-	-	3
02/10/2013	0,36	0,86	2,13	3,14	7,27	5,03	5,93	13,64	26,66	0,27	24
05/11/2013	0,32	0,96	2,32	3,63	8,03	4,02	5,52	15,88	4,63	18,16	10
09/12/2013	0,33	0,85	1,60	2,69	8,08	3,47	5,29	17,64	13,29	51,73	20
08/01/2014	0,61	2,14	3,24	4,79	9,58	2,18	3,68	19,57	-	0,01	-
14/02/2014	0,30	0,65	1,04	2,04	3,97	2,18	6,38	33,92	-	0,03	-
08/03/2014	0,38	2,02	2,87	4,02	9,12	30,93	53,28	19,94	-	0,05	-
03/04/2014	0,52	2,46	4,71	8,49	21,27	24,90	22,79	10,59	-	0,01	-
15/05/2014	0,27	0,54	0,89	1,64	7,78	30,54	30,19	11,44	-	3,17	4
25/06/2014	0,53	1,06	1,23	1,42	1,81	15,93	18,07	13,13	-	0,34	1
15/07/2014	0,18	0,33	0,41	0,55	9,03	11,25	15,09	15,53	307,27	2103,17	467
08/08/2014	0,11	0,56	0,70	0,89	1,56	7,88	12,75	18,73	33,72	154,51	54
05/09/2014	0,39	1,08	1,25	1,44	1,81	5,56	11,04	22,96	-	0,0052	0
10/10/2014	0,28	0,77	1,79	3,61	9,81	3,82	4,39	13,28	-	0,0008	0
10/11/2014	0,28	0,70	1,09	1,31	1,74	2,91	3,75	14,94	-	0,0026	0,01
19/12/2014	0,20	0,40	0,63	0,99	1,61	1,91	2,75	16,62	-	0,0001	0,00
07/01/2015	0,31	2,07	3,33	5,07	10,73	2,27	4,00	20,40	-	0,0000	0,00
05/02/2015	0,25	0,43	0,67	1,05	1,64	6,31	16,73	30,69	-	0,0326	0,06
06/03/2015	0,35	2,57	4,55	7,29	15,04	6,804	14,10	23,98	-	0,0012	0,01
09/04/2015	0,28	1,08	3,31	6,49	18,16	20,494	9,03	5,102	-	0,0856	0,24

ESTAÇÃO IGARAPÉ PANELAS						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
15/05/2015	0,15	0,27	0,34	0,42	0,89	15,85	18,60	13,58	-	0,0022	49,54
29/06/2015	0,28	0,89	2,55	4,76	13,57	9,42	6,42	7,89	-	0,0091	174,45
07/07/2015	0,29	2,13	3,08	4,65	12,97	9,424	14,32	17,59	-	0,0091	144,43
11/08/2015	0,23	0,85	2,62	4,75	12,14	4,55	4,78	12,15	-	0,0269	153,04
11/09/2015	0,29	1,32	2,89	4,95	12,01	3,10	3,26	12,18	-	0,4985	572,59
07/10/2015	0,25	2,72	4,71	6,63	12,34	1,76	1,98	12,97	-	0,0666	9,62
09/11/2015	0,34	3,07	4,59	6,01	11,35	1,89	2,96	18,10	-	0,0051	3,76
Média						13,29	28,51	23,96	63,84		
28/12/2015*	0,23	0,43	0,60	0,82	1,51	0,85	0,15	2,09	-	0,0008	6,93
18/01/2016*	0,21	0,40	0,59	1,35	10,73	1,24	0,69	6,47	-	0,0015	13,51
08/03/2016*	0,25	0,31	0,35	0,39	0,46	26,02	68,22	30,35	-	0,2446	3605,32
30/03/2016*	0,18	2,66	4,67	7,27	15,63	12,32	25,79	24,22	-	0,1030	75,48
06/04/2016*	0,19	0,35	0,46	0,62	1,22	14,40	32,46	26,10	-	0,1637	997,93
10/05/2016*	0,19	0,31	0,36	0,42	0,71	11,99	18,44	17,80	-	95,61	25644,31
10/06/2016*	0,16	0,40	0,60	0,87	1,56	8,18	8,57	12,12	-	47,36	7805,25
07/07/2016*	0,16	0,27	0,32	0,37	0,53	5,61	5,37	11,07	-	70,58	16829,03
09/08/2016*	0,17	0,31	0,37	0,44	0,82	3,11	2,36	8,77	-	27,35	5637,80
08/09/2016*	0,32	0,85	2,31	4,99	12,07	3,05	2,14	8,13	-	39,79	1211,78
12/10/2016*	0,17	0,30	0,36	0,42	0,80	2,26	1,50	7,68	-	31,65	5948,51
11/11/2016*	0,18	0,31	0,38	0,45	0,81	1,47	1,07	8,43	-	9,76	1958,15
Média						7,54	13,90	13,60	2919,02		

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

O **Quadro 11.1.1 - 15** apresenta o resumo das vazões sólidas em suspensão e vazões sólidas de arraste (média entre os três métodos utilizados) para as quatro estações, para o período de monitoramento anterior ao enchimento dos reservatórios. Destaca-se que a coluna das vazões líquidas corresponde à média das vazões das campanhas para as quais foi possível o cálculo indireto da vazão sólida de arraste por meio das formulações apresentadas nos **Quadros 11.1.1 - 11 a 11.1.1 - 14**.

Quadro 11.1.1 - 15 – Estações Igarapés Altamira - Comparativo de Vazões Sólidas Médias em Suspensão e por Arraste - Dados até novembro/2016

PERÍODO	ESTAÇÃO	VAZÃO LÍQUIDA MÉDIA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE MÉDIA (t/dia)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO MÉDIA (t/dia)
Antes do Enchimento	Cipo Ambé	2,61	3,73	1,87
	Cupiúba	1,24	1,32	1,13
	Altamira	1,80	17,31	1,78
	Panelas	13,29	63,84	28,51
Enchimento e Pós-Enchimento	Cipo Ambé	2,00	0,30(*)	0,84
	Cupiúba	0,80	0,78(*)	0,50
	Altamira	2,38	34,89(*)	2,39
	Panelas	7,54	26,88(*)	13,90

(*) Média das vazões sólidas de arraste considerando a aplicação exclusiva da formulação Einstein & Brown (1950), e não a média das diferentes formulações mostrada nos **Quadro 11.1.1-13 e 11.1.1-14**.

No período anterior à formação do reservatório, as estações UHE Belo Monte Igarapé Altamira e UHE Belo Monte Igarapé Panelas apresentaram os maiores índices de carga de arraste entre os igarapés do entorno de Altamira, considerado-se para tal a média entre as formulações para o cálculo. Esta tendência, em uma análise preliminar, considerando-se a média das vazões de arraste dada pela formulação de Einstein & Brown (1950), também é observada para o período de enchimento e pós-enchimento. Os possíveis fatores que implicaram nestes resultados estão relacionados à caracterização do material do leito, com predominância de pedregulhos nos locais de coleta destas estações, conforme análise anteriormente apresentada. As partículas de maior granulometria no leito não são transportadas em suspensão, sendo transportadas junto do leito, por saltação ou rolamento, contribuindo para uma vazão sólida de arraste mais significativa e menor volume de sedimento transportado em suspensão. Entretanto, esta análise comparativa preliminar, entre os período anterior e posterior a formação do reservatório, será melhor embasada com a compilação de um maior número de dados para o atual período pós-enchimento.

11.1.1.2.2.4.A. RIO BACAJÁ: ESTAÇÕES UHE BELO MONTE FOZ DO BACAJÁ, FAZENDA CIPAÚBA E MROTIDJÃM

Os **Quadros 11.1.1 - 16** a **11.1.1 - 18** apresentam o cálculo da vazão de arraste para as três estações do rio Bacajá: UHE Belo Monte Foz do Bacajá, Fazenda Cipaúba e Mrotidjãm.

Quadro 11.1.1 - 16 – Vazão Sólida de Arraste - Rio Bacajá - UHE Belo Monte Foz do Bacajá.

ESTAÇÃO FOZ BACAJÁ						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
20/02/14	0,65	1,11	1,27	1,45	1,82	1149,23	1617,48	16,29	1388	3894,84	2836,55
21/03/14	0,59	2,10	5,53	14,93	25,89	1073,94	845,02	9,11	151	196,77	336,65
19/04/14	0,31	0,53	0,61	0,71	0,91	1095,43	1047,72	11,07	2196,16	6678,96	3946,84
16/05/14	0,41	0,79	1,26	4,41	22,29	822,96	735,93	10,35	758	1201,37	1033,18
09/06/14	0,52	0,82	1,05	1,28	1,75	338,86	393,49	13,44	0,00	52,26	68,65
13/07/14	0,39	0,70	0,88	1,39	11,55	174,16	151,52	10,07	0	1,59	4,60
25/08/14	0,46	2,48	5,32	9,30	21,16	55,56	54,30	11,31	-	0,00	0,01
21/09/14	0,53	3,33	8,04	11,43	22,80	48,30	39,68	9,51	-	0,00	0,00
25/10/14	0,63	4,16	8,23	11,12	21,16	40,50	50,67	14,48	-	0,00	0,00
22/11/14	0,57	2,26	9,24	17,55	26,78	44,01	45,82	12,05	0,00	0,00	0,00
13/12/14	0,57	1,90	3,77	12,70	25,50	32,33	34,11	12,21	0,00	0,00	0,00
23/01/15	0,80	6,09	10,38	15,37	25,85	501,02	1216,39	28,10	0,00	3,23	17,23
19/02/15	0,62	3,39	7,35	12,59	24,83	239,11	321,66	15,57	0,00	0,16	1,26
30/03/2015	1,03	1,24	1,38	1,53	1,83	933,924	817,40	10,13	2293,80	1240,64	1840,10
23/04/2015	0,84	1,20	1,34	1,50	1,82	527,228	539,34	11,84	7,37	49,05	100,48
24/05/2015	0,62	1,12	1,28	1,45	1,80	278,27	271,68	11,30	0,00	0,00	69,14
29/06/2015	0,60	1,04	1,21	1,40	1,78	132,17	94,24	8,25	0,00	0,01	47,05
23/07/2015	0,59	1,05	1,21	1,40	1,78	73,50	70,30	11,07	0,00	0,01	21,42
26/08/2015	0,61	3,00	8,02	11,78	23,57	12,96	9,72	8,68	0,00	0,01	0,18
26/09/2015	0,68	4,83	11,74	18,24	27,07	10,88	8,36	8,90	0,00	0,01	0,11

ESTAÇÃO FOZ BACAJÁ						VAZÃO LÍQUIDA (m3/s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
21/10/2015	0,67	4,89	9,46	13,62	24,91	5,45	6,13	13,01	0,00	0,02	0,06
Média						361,42	398,62	12,23	485,41		
30/11/2015*	0,95	5,57	9,31	12,34	22,99	6,58	5,78	10,17	-	4,40	1,07
21/12/2015*	0,93	2,84	4,03	9,12	21,03	5,83	3,17	6,29	-	2,98	2,01
24/01/2016*	0,58	1,02	1,19	1,38	1,77	43,28	33,19	8,88	-	6,57	257,36
28/02/2016*	0,43	0,74	0,96	1,19	1,70	28,36	11,32	4,62	-	5,66	149,06
25/03/2016*	0,57	1,12	1,28	1,45	1,80	241,08	348,06	16,71	-	25,24	6050,33
23/04/2016*	0,70	1,15	1,30	1,47	1,81	398,80	502,38	14,58	-	27,82	15830,32
19/05/2016*	0,64	1,10	1,26	1,44	1,79	4303,97	5.042,46	13,56	-	78,95	39182,85
22/06/2016*	0,31	0,68	1,12	1,32	1,75	65,06	60,87	10,83	-	0,05	45,59
30/07/2016*	0,55	1,05	1,22	1,40	1,78	18,43	13,00	8,16	-	0,00	0,25
20/08/2016*	0,37	2,37	5,81	11,15	23,60	17,30	13,84	9,26	-	0,00	0,02
25/09/2016*	0,47	0,82	1,06	1,27	1,73	9,92	9,71	11,32	-	0,00	0,02
25/10/2016*	0,35	0,68	0,87	1,11	1,67	15,47	14,22	10,64	-	0,00	0,13
25/11/2016*	0,43	0,77	1,01	1,23	1,71	4,96	5,12	11,93	-	-	0,00
Média						396,85	466,39	10,53	2371,95		

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Quadro 11.1.1 - 17 – Vazão Sólida de Arraste - Rio Bacajá - Fazenda Cipaúba.

RIO BACAJÁ- ESTAÇÃO FAZENDA CIPAÚBA						VAZÃO LÍQUIDA (m3/s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
13/04/2012	0,18	0,32	0,40	0,80	7,50	893,95	-	-	2385	6076	3138

RIO BACAJÁ- ESTAÇÃO FAZENDA CIPAÚBA						VAZÃO LÍQUIDA (m3/s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS - LEITO								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
24/07/2012	0,33	1,92	3,50	5,83	18,38	92,79	144,86	18,07	-	0,22	0,67
27/10/2012	0,57	1,73	7,69	13,17	25,12	18,58	16,32	18,58	-	-	-
25/01/2013	0,49	2,33	4,51	7,55	20,28	484,83	720,50	484,83	-	43	75
19/04/2013	0,44	1,64	2,86	1,73	10,59	831,71	1110,23	15,45	76	252	306
22/07/2013	0,38	1,76	2,72	3,96	10,34	167,19	169,88	11,76	-	-	6
21/10/2013	0,51	0,88	1,29	2,41	20,90	-	34,80	12,20	-	-	-
22/01/2014	0,42	3,80	7,66	11,50	23,47	424,87	915,15	24,93	226,84	538,81	397,34
16/04/2014	0,39	1,22	2,85	5,48	13,60	1052,94	3059,45	33,63	282,24	667,98	661,61
14/07/2014	0,30	2,71	4,64	7,42	15,95	159,02	168,03	12,23	-	1,07	3,01
27/10/2014	0,69	3,93	6,86	11,23	23,86	95,36	173,18	21,02	-	0,09	0,41
25/01/2015	0,81	6,77	9,85	12,83	23,42	403,21	723,57	20,77	-	4,85	16,51
24/04/2015	0,66	4,29	6,50	9,88	21,67	458,647	417,27	10,53	-	14,56	37,05
26/07/2015	0,45	3,81	7,92	13,28	25,16	64,653	65,19	11,67	-	0,02	6,69
28/10/2015	0,96	5,16	9,76	14,24	25,31	4,34	3,51	9,37	-	0,10	0,16
Média						368,01	551,57	50,36	393,12		
25/01/2016*	9,13	0,42	3,80	8,08	11,46	37,76	29,78	9,13	-	3,25	33,60
22/05/2016*	0,30	2,03	4,03	7,24	16,80	146,82	181,65	14,32	-	6,91	841,53
26/08/2016*	0,35	1,76	3,24	6,68	13,51	3,17	0,00	4,931	-	0,00	0,00
27/11/2016*	0,38	1,68	5,18	9,31	18,24	11,77	10,69	10,51	-	0,00	0,08
Média						35,31	55,87	9,72	110,67		

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Quadro 11.1.1 - 18 – Vazão Sólida de Arraste - Rio Bacajá - Mrotidjãm.

RIO BACAJÁ- ESTAÇÃO ALDEIA MROTIDJÃM						VAZÃO LÍQUIDA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO (t/dia)	CSS (mg/l)	CÁLCULO DA VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE - t/dia		
DATA	DIÂMETROS CARACTERÍSTICOS								ACKERS & WRITE (1973)	EINSTEIN & BROWN (1950)	ENGELUND & HANSEN (1967)
	D10	D35	D50	D65	D90						
02/02/12	0,25	0,33	0,39	0,57	0,90	426,77	-	-	369,77	866,55	579,16
18/04/12	0,29	0,51	0,79	1,20	2,60	369,15	-	-	274,03	424,32	319,49
14/09/12	0,29	0,44	0,56	0,69	0,97	12,20	87,93	-	-	-	0,01
24/11/12	0,20	0,33	0,39	0,48	0,81	11,46	5,35	5,40	0,00	0,00	0,01
26/01/2013	0,21	0,32	0,38	0,45	0,88	157,34	204,59	15,05	820,55	947,95	265,32
22/04/2013	0,31	0,54	0,69	0,89	1,58	90,62	301,72	13,31	0,00	0,01	8,28
25/01/2014	0,29	0,45	0,59	0,78	1,47	175,57	373,31		11,91	68,03	66,57
18/04/2014	0,31	0,57	0,71	0,87	1,48	391,58	210,00	6,21	53,91	448,38	369,08
31/07/2014	0,28	0,39	0,47	0,62	1,21	56,09	70,52	14,55	0,00	0,00	0,08
01/11/2014	0,37	0,70	0,93	1,18	1,72	25,14	43,60	20,07	0,00	0,01	0,04
01/02/2015	0,29	0,46	0,61	0,81	1,49	50,95	52,52	11,93	0,00	0,19	0,67
26/04/2015	0,29	0,50	0,68	0,92	1,58	147,635	165,06	12,94	0,00	8,85	18,47
01/08/2015	0,29	0,42	0,54	0,69	1,25	22,97	13,33	6,72	0,00	0,02	39,70
02/11/2015	0,28	0,43	0,58	0,83	1,53	2,65	2,12	9,25	0,00	0,03	1,20
Média						138,58	127,50	11,54	142,89		
01/02/2016*	0,32	0,59	0,77	0,99	1,61	82,25	335,48	47,21	-	3,58	2114,06
01/06/2016*	0,28	0,40	0,50	0,71	1,44	38,68	47,36	14,17	-	1,29	886,28
01/09/2016*	0,29	0,51	0,72	1,01	1,62	2,41	5,00	24,04	-	0,00	0,00
04/12/2016*	0,29	0,57	0,84	1,13	1,67	4,58	8,91	22,51	-	0,00	0,04
Média						31,98	99,19	26,98	375,66		

*Campanhas realizadas durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

O **Quadro 11.1.1 - 19** apresenta o resumo das vazões sólidas em suspensão e vazões sólidas de arraste (média entre os três métodos utilizados) para as quatro estações, juntamente com o percentual médio de correlação entre as respectivas vazões.

Quadro 11.1.1 - 19 – Estações no rio Bacajá - Comparativo de Vazões Sólidas Médias em Suspensão e por Arraste - Dados até novembro/2016

PERÍODO	ESTAÇÃO	VAZÃO LÍQUIDA MÉDIA (m ³ /s)	VAZÃO SÓLIDA EM SUSPENSÃO MÉDIAS (t/dia)	VAZÃO SÓLIDA DE ARRASTE MÉDIA (t/dia)
Antes do Enchimento	UHE Belo Monte Foz do Bacajá	361,42	398,62	485,41
	Fazenda Cipaúba	368,01	551,57	393,12
	Mrotidjãm	138,58	127,50	142,89
Enchimento e Pós-Enchimento	UHE Belo Monte Foz do Bacajá	396,85	466,39	2371,95
	Fazenda Cipaúba	35,31	55,87	110,67
	Mrotidjãm	31,98	99,19	375,66

De acordo com a atualização das análises e consolidação das médias para o período de monitoramento anterior ao enchimento dos reservatórios (novembro/2015), as estações apresentam aumento de sua carga de sedimento por arraste de montante para jusante ao longo do rio Bacajá. Em uma avaliação preliminar, esta tendência não é observada para o período de enchimento e pós-enchimento, já que a estação Fazenda Cipaúba apresentou vazão de arraste média menor que a estação Mrotidjãm. Adicionalmente, observa-se uma vazão sólida de arraste média muito maior que as demais na estação do rio Bacajá. Resguardando o caráter preliminar das análises ora apresentadas, ressalta-se que a vazão sólida de arraste foi calculada a partir da média das formulações empíricas, sugeridas por Stevens & Yang (1989)⁵, **Quadros 11.1.1-16 a 18**, e que apresentaram uma grande dispersão de resultados. Portanto, aliada à necessidade de um maior número de dados para o período pós-enchimento, deverá ser reavaliada a média das formulações para o cálculo da vazão sólida de arraste considerando faixas de vazão líquida, assim como períodos sazonais correspondentes.

⁵ Stevens, H.H. Jr., Yang Chih Ted (1989) - *Summary and use of selected fluvial sediment-discharge formulas* - USGS Water-Resources Investigations Report –89-4026

11.1.1.2.3. LEVANTAMENTO TOPOBATIMÉTRICO NOS IGARAPÉS DE ALTAMIRA E A JUSANTE DA CASA DE FORÇA PRINCIPAL

11.1.1.2.3.1. IGARAPÉS DE ALTAMIRA

Os levantamentos topobatimétricos dos igarapés de Altamira objetivam a caracterização do formato da calha fluvial de cada igarapé, assim como as coletas de sedimentos em suspensão e no leito que possibilitam a avaliação da deposição de sedimentos que são carregados por estes igarapés e que podem contribuir para o agravamento das condições de cheias sazonais que atingem a cidade.

A **Figura 11.1.1 - 40** apresenta a localização das seções utilizadas para o levantamento topobatimétrico dos Igarapés de Altamira.



Figura 11.1.1 - 40 – Mapa de localização das Seções Topobatimétricas nos Igarapés de Altamira.

A periodicidade de execução desta atividade prevista originalmente no PBA foi modificada, passando de semestral para intervalos que levaram em consideração a execução e conclusão das obras de remanejamento da população e retificação dos igarapés, conforme descrito a seguir. Esta nova periodicidade foi apresentada ao IBAMA no 2º RC, tendo sido aprovada por meio do Parecer Técnico nº000291/2013 de 04/02/2013.

De acordo com a referida alteração da periodicidade aprovada, foram realizados, no âmbito do PBA, quatro levantamentos, sendo que os 3º e 4º levantamentos topobatimétricos dos igarapés de Altamira, previstos para ocorrerem no terceiro trimestre de 2014 e primeiro trimestre de 2015, respectivamente após a conclusão das obras de remanejamento da população e retificação dos igarapés, e logo após o enchimento do reservatório do Xingu, foram remanejadas para o terceiro trimestre de 2015 e segundo trimestre de 2016.

Portanto, o primeiro levantamento foi realizado no terceiro trimestre de 2011, o segundo no primeiro trimestre de 2013, o terceiro em novembro/2015 e o quarto em abril-maio/2016. Este último corresponde ao levantamento logo após o enchimento do Reservatório do Xingu, sendo que seus resultados foram apresentados como anexo no último relatório consolidado (10º RC), entregue ao IBAMA em julho/2016.

A partir de então, esses levantamentos terão periodicidade anual até o final do Projeto, conforme apresentado em seu cronograma, sendo que o próximo levantamento é previsto para o primeiro/segundo trimestre de 2017.

11.1.1.2.3.2. A JUSANTE DA CASA DE FORÇA PRINCIPAL

Os levantamentos topobatimétricos realizados a jusante da Casa de Força Principal no Sítio Belo Monte foram incorporados ao referido Projeto após as conclusões do estudo complementar hidrossedimentológico realizado nesta região para atendimento à Condicionante 2.8 da LI da UHE Belo Monte. Este estudo teve por objetivo analisar as condições de transporte de sedimento e as possibilidades de erosão do rio Xingu a jusante da Casa de Força Principal, além de avaliar a estabilidade de alguns bancos de areia que afloram no trecho da Ria do Xingu e que servem de nidificação para quelônios. A **Figura 11.1.1 - 41** mostra as seções dos levantamentos topobatimétricos realizados em duas etapas: 01/12/11 a 17/02/12 (época de enchente) e 20/04/12 a 10/05/12 (época de cheia).

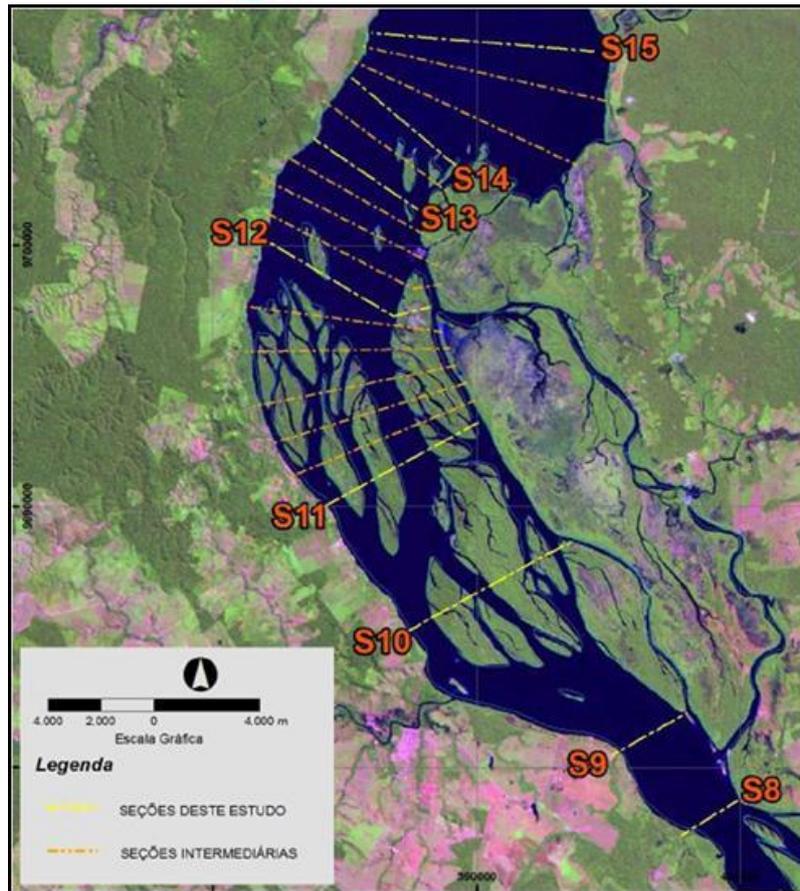


Figura 11.1.1 - 41 – Seções Topobatimétricas a Jusante da Casa de Força Principal.

De acordo com o previsto no cronograma do PBA, o levantamento topobatimétrico a jusante da Casa de Força Principal tem periodicidade a cada cinco anos, portanto o próximo levantamento está previsto para ser realizado no segundo trimestre de 2017, nas mesmas seções realizadas nos levantamentos anteriores.

11.1.1.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO NA ETAPA DE IMPLANTAÇÃO

A planilha de atendimento aos objetivos do Projeto é apresentada na sequência.

11.1.1 - ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PLANO / PROGRAMA / PROJETO

OBJETIVOS GERAIS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>O monitoramento hidrossedimentológico tem por finalidade acompanhar a evolução da deposição de sedimentos e avaliar os aportes das descargas sólidas ao reservatório de Belo Monte. Para o monitoramento do aporte de sedimentos ao reservatório será estabelecida uma seção de medição de vazão sólida a montante da área de remanso do reservatório.</p>	<p>Em atendimento. A estação Montante 2, atualmente denominada estação UHE Belo Monte Montante, localizada a montante da área de remanso do reservatório principal, possui monitoramento mensal com medição de vazão líquida, coleta de sedimento de fundo e sedimento em suspensão desde outubro de 2010 para a avaliação do aporte e caracterização das descargas sólidas. Ressalta-se que originalmente no PBA 11.1.1, foram recomendadas quatro campanhas de coleta de sedimento anuais.</p>
<p>Associado ao acompanhamento do aporte de descargas sólidas será feito um acompanhamento da deposição de sedimentos nos igarapés de Altamira por meio de levantamento de seções topobatimétricas que serão reavaliadas após as alterações hidráulicas que ocorrerão nos igarapés.</p>	<p>Em atendimento. A periodicidade de execução desta atividade, prevista originalmente no PBA, foi modificada passando de semestral, para intervalos que levaram em consideração a execução e conclusão das obras de remanejamento da população e retificação dos igarapés, conforme descrito a seguir. Esta nova periodicidade foi apresentada ao IBAMA no 2º Relatório Consolidado, tendo sido aprovada por meio do Parecer Técnico nº000291/2013 de 04/02/2013. De acordo com a referida alteração da periodicidade aprovada foram realizados, no âmbito do PBA, quatro levantamentos, sendo que o 3º e 4º levantamento topobatimétrico dos igarapés de Altamira, previstos para ocorrerem no T3 de 2014 e T1 de 2015, respectivamente, após a conclusão das obras de remanejamento da população e retificação dos igarapés e logo após o enchimento do reservatório do Xingu, foram remanejadas para o T3 de 2015 e T2 de 2016.</p> <p>Portanto, o primeiro levantamento foi realizado em no T3/2011, o segundo em T1/2013, o terceiro em novembro/2015 e o quarto em abril-maio/2016, cumprindo portanto a execução dos levantamentos previstos.</p>
<p>A jusante da Casa de Força Principal, o objetivo é monitorar o aporte de sedimentos e a evolução do leito do rio no trecho logo a jusante até a região de nidificação das Tartarugas Amazônicas.</p>	<p>Em atendimento. O monitoramento do aporte de sedimento que chega à região do Tabuleiro do Embaubal vem sendo realizado, desde dezembro/ 2011, por meio de coletas e análises mensais do sedimento do leito e em suspensão na estação Tartarugas, atualmente denominada estação UHE Belo Monte Jusante. Com relação a evolução do rio no referido trecho à jusante da UHE Belo Monte, avaliações hidrossedimentológicas foram realizadas e apresentadas como anexo a este Projeto nos relatórios consolidados (3º, 4º, 5º e 6º RC) subsidiadas por estudos anteriores, levantamentos topobatimétricos, estudos de granulometria e deposição a jusante, modelagem matemática e monitoramento do tráfego de embarcações. De acordo com o previsto no cronograma do PBA, os levantamentos topobatimétricos a jusante da Casa de Força Principal tem periodicidade a cada 5 anos, portanto o próximo levantamento deverá ser realizado no T2/2017 nas seções realizadas nos levantamentos anteriores.</p>
<p>Já para o trecho da Volta Grande do Xingu, o monitoramento visa acompanhar os possíveis locais com potencial de erosão e sedimentação, o que será feito pelo levantamento de morfologia da calha. Os locais para a Volta Grande, em princípio, serão logo à jusante do Vertedouro e Casa de Força Auxiliar, e deverão coincidir com alguma seção topobatimétrica já levantada.</p>	<p>Em atendimento. A estação hidrossedimentométrica Mangueiras, em operação desde outubro/2010 possui monitoramento mensal com medição de vazão líquida, coleta de sedimento do leito e sedimento em suspensão, além do monitoramento horário do nível. Seções transversais para levantamento periódico da morfologia da calha do rio Xingu na região do TVR encontram-se detalhados no Programa de Monitoramento da Largura, Profundidade e Velocidade para as Seções do TVR (PBA 11.1.3)</p>

11.1.1 - ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PLANO / PROGRAMA / PROJETO

OBJETIVOS GERAIS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>No curso do rio Bacajá será monitorada uma seção junto a sua foz e uma seção coincidente com o posto fluviométrico Fazenda Cipaúba, situado a aproximadamente 42 km de sua foz. Desta forma será possível quantificar a carga sólida transportada pelo principal contribuinte da margem direita do rio Xingu, no trecho da Volta Grande e os possíveis efeitos de erosão na foz.</p>	<p>Em atendimento. O monitoramento hidrossedimentológico no rio Bacajá é realizado em 3 estações: mensalmente na estação Foz do Bacajá desde abril/2011 e trimestralmente nas estações Fazenda Cipaúba e Aldeia Mrot djam desde abril/2012, esta última estação incluída por demanda específica indígena.</p>

11.1.1.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO NA ETAPA DE IMPLANTAÇÃO

A planilha de atendimento às metas do Projeto é apresentada na sequência.

11.1.1 - ATENDIMENTO ÀS METAS DO PLANO / PROGRAMA / PROJETO

META	STATUS DE ATENDIMENTO
Medições de descargas líquidas/sólidas: como a frequência das medições é mensal, recomenda-se no máximo uma falha por ano;	Em atendimento.
Levantamentos batimétricos: frequência semestral, com início 1 ano antes do enchimento do reservatório;	Em atendimento.
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;	Em atendimento.
Amostra de Fundo: recomenda-se como meta no máximo a ausência de uma medição por ano;	Em atendimento.
Análise de Laboratório: com as amostras coletadas por medição recomenda-se no máximo a ausência de uma amostra por ano.	Em atendimento.
Anexo 11.1.1 - Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico na Região dos Bancos de Areia (Ria do Xingu)	
Monitorar o aporte de sedimentos que ocorre naturalmente à região dos tabuleiros antes da implantação da UHE Belo Monte e após a sua entrada em operação	Em atendimento. O monitoramento do aporte de sedimento que chega à região do Tabuleiro do Embaubal vem sendo realizado, desde dezembro/ 2011, por meio de coletas mensais do sedimento do leito e em suspensão na estação Tartarugas, atualmente denominada estação UHE Belo Monte Jusante. As amostras do materiais coletados nas campanhas são mensalmente analisadas quanto à composição da granulometria do sedimento do leito e do sedimento em suspensão. As análises dos dados do monitoramento vem sendo apresentadas semestralmente. No presente Relatório Consolidado (11º RC) são apresentados os resultados atualizados das campanhas mensais até novembro/2016 (Anexo 11.1.1 - 4).

11.1.1 - ATENDIMENTO ÀS METAS DO PLANO / PROGRAMA / PROJETO

META	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Conhecer a geometria e morfologia das praias utilizadas pelos quelônios.</p>	<p>Atendidas. Nos Pareceres nº 02001.003622/2015-08 COHID/IBAMA que analisou o relatório de solicitação da Licença de Operação da UHE Belo Monte e no Parecer nº 02001.000402/2017-86 COHID/IBAMA, 13/32 que analisou o 10º Relatório de Atendimento as Condicionantes, o IBAMA registra que estas três metas encontram-se concluídas.</p>
<p>Avaliar a periodicidade de inundação das praias utilizadas pelos quelônios.</p>	<p>Adicionalmente, no Parecer nº 02001.000402/2017-86 COHID/IBAMA, é registrado que a Norte Energia não vem apresentando nos relatórios semestrais atualizações anuais da modelagem sedimentológica do trecho à jusante da Casa de Força Principal, especificamente da região da Ria do Xingu. Esclarece-se, entretanto, que tal atividade está correlacionada ao atendimento do objetivo de se caracterizar a geometria e morfologia das praias que são utilizadas como sítio de desova para os quelônios. A integração entre as equipes dos Programas de Monitoramento Hidrossedimentológico e de Ecologia e Manejo de Quelônios resultou na avaliação conjunta da correlação dos resultados hidrossedimentológicas obtidos com eventuais impactos sobre a população de quelônios na região do Tabuleiro do Embaubal. Tal avaliação identificou que os levantamentos hipsométricos e análises granulométricas específicas nas praias de desova de quelônios no Tabuleiro do Embaubal, realizadas nos períodos reprodutivos de 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016, apresentaram-se como uma metodologia mais eficiente para atendimento do objetivo e meta específica, não justificando a realização da modelagem sedimentológica. As análises dos resultados obtidos pelos levantamentos dos períodos reprodutivos de 2013/2014 e 2014/2015 foram apresentadas no Anexo 11.1.1- 5 do 9º Relatório Consolidado, no qual foram correlacionados com os dados de manejo de quelônios. Neste 11º Relatório Consolidado são apresentados no Anexo 11.1.1- 4 os resultados dos levantamentos hipsométricos e das análises granulométricas do sedimento realizado em novembro/2016 em 13 (treze) praias localizadas na região do Tabuleiro do Embaubal e que foram identificadas pelo Projeto de Ecologia e Manejo de Quelônio (PBA 13.5.3) como sítios de desova para os quelônios.</p>
<p>Caracterizar a navegação nesse trecho e seus impactos sobre os quelônios durante a construção e operação da UHE.</p>	<p>Adicionalmente, no Parecer nº 02001.000402/2017-86 COHID/IBAMA, é registrado que a Norte Energia não vem apresentando nos relatórios semestrais atualizações anuais da modelagem sedimentológica do trecho à jusante da Casa de Força Principal, especificamente da região da Ria do Xingu. Esclarece-se, entretanto, que tal atividade está correlacionada ao atendimento do objetivo de se caracterizar a geometria e morfologia das praias que são utilizadas como sítio de desova para os quelônios. A integração entre as equipes dos Programas de Monitoramento Hidrossedimentológico e de Ecologia e Manejo de Quelônios resultou na avaliação conjunta da correlação dos resultados hidrossedimentológicas obtidos com eventuais impactos sobre a população de quelônios na região do Tabuleiro do Embaubal. Tal avaliação identificou que os levantamentos hipsométricos e análises granulométricas específicas nas praias de desova de quelônios no Tabuleiro do Embaubal, realizadas nos períodos reprodutivos de 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016, apresentaram-se como uma metodologia mais eficiente para atendimento do objetivo e meta específica, não justificando a realização da modelagem sedimentológica. As análises dos resultados obtidos pelos levantamentos dos períodos reprodutivos de 2013/2014 e 2014/2015 foram apresentadas no Anexo 11.1.1- 5 do 9º Relatório Consolidado, no qual foram correlacionados com os dados de manejo de quelônios. Neste 11º Relatório Consolidado são apresentados no Anexo 11.1.1- 4 os resultados dos levantamentos hipsométricos e das análises granulométricas do sedimento realizado em novembro/2016 em 13 (treze) praias localizadas na região do Tabuleiro do Embaubal e que foram identificadas pelo Projeto de Ecologia e Manejo de Quelônio (PBA 13.5.3) como sítios de desova para os quelônios.</p>

11.1.1.5. ATIVIDADES PREVISTAS

Conforme cronograma do Projeto, o monitoramento hidrossedimentológico continuará se desenvolvendo até o segundo trimestre de 2017 por meio da rede hidrossedimentométrica instalada, composta por 11 (onze) estações fluviossedimentométricas para medições das descargas líquidas e sólidas dos corpos hídricos monitorados.

O próximo levantamento tobatimétrico nos igarapés de Altamira, conforme previsto no âmbito do PBA 11.1.1, será realizado no primeiro trimestre de 2017, um ano após o término do enchimento, correspondente ao último levantamento.

Ainda conforme previsto no PBA, no rio Xingu a jusante da Casa de Força Principal, os levantamentos têm periodicidade a cada cinco anos, portanto, o próximo e último levantamento está previsto para ser realizado no segundo trimestre de 2017.

Especificamente, a continuidade do monitoramento granulométrico e caracterização dos volumes de sólidos transportados pelo rio Xingu, igarapés de Altamira e rio Bacajá em locais predefinidos, aliada à compilação dos resultados dos levantamentos topobatimétricos ainda a serem executados, tanto nos igarapés de Altamira, quanto no rio Xingu a jusante da Casa de Força Principal, permitirão a análise comparativa mais assertiva entre as condições da calha dos cursos de água estudados nos períodos anterior e posterior à formação dos reservatórios e de operação da UHE Belo Monte.

11.1.1.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS

O cronograma gráfico é apresentado a seguir.

11.1.1.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Projeto, por meio da rede hidrometrômica implantada, composta por 11 (onze) estações localizadas no rio Xingu (trecho a montante do reservatório, TVR e TRV), Igarapés de Altamira e rio Bacajá, vem se desenvolvendo regularmente e em atendimento aos objetivos propostos, tanto para as etapas anterior, quanto posterior à formação do reservatório.

As campanhas para a medição de descarga líquida e sólida, previstas inicialmente no presente PBA 11.1.1 para serem iniciadas em outubro/2011, tiveram início um ano antes do programado para a maior parte das estações e vêm sendo cumpridas as metas estabelecidas.

O monitoramento realizado após a formação dos reservatórios consistiu na compilação e análise dos resultados obtidos entre dezembro de 2015 a novembro de 2017.

Ao longo do presente documento foram estabelecidas, sempre que possível, análises comparativas preliminares entre os períodos anterior e posterior ao início da formação dos reservatórios. É pertinente afirmar que a maior parte das tendências e correlações consolidadas para o período anterior aparentemente vem sendo mantida após a formação dos reservatórios. Entretanto, algumas hipóteses ainda precisam ser melhor embasadas.

A continuidade do monitoramento, incorporando os resultados das próximas campanhas, aliada a uma abordagem estatística mais consolidada decorrente do maior número de resultados para o período pós-enchimento, permitirá uma análise comparativa entre os dados dos períodos pré e pós formação dos reservatórios, conforme previsto nos objetivos deste Projeto.

Cabe ainda registrar que, em atendimento ao Parecer Técnico 02001.003622/2015-08 COHID/IBAMA - *Análise do Relatório Final Consolidado e do requerimento de Licença de Operação*, encaminhado pelo OF 02001.010573/2015-51 DILIC/IBAMA em 22 de setembro de 2015, encarta-se, no **Anexo 11.1.1 - 4**, o relatório específico de andamento do Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico na Região dos Bancos de Areia (Ria do Xingu). Registra-se que, nesse **Anexo 11.1.1- 4**, são apresentados os resultados dos levantamentos hipsométricos e das análises granulométricas do sedimento realizados em novembro/2016 em 13 (treze) praias localizadas na região do Tabuleiro do Embaubal e que foram identificadas pelo Projeto de Manejo de Quelônios de Belo Monte (PBA 13.5.3) como sítios de desova para os quelônios.

Por fim, ainda com relação ao tema supra, destaca-se que a interação com os dados do citado Projeto 13.5.3 do PBA e consequentes análises da qualidade das praias de nidificação, em função da seleção feita pelos quelônios, considerando-se a qualidade

da areia e altura das praias, serão realizadas após a conclusão da campanha de monitoramento do último período reprodutivo 2016/2017 e apresentadas no próximo RC, a ser encaminhado ao IBAMA em julho de 2017.

11.1.1.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF
Cristiane Peixoto Vieira	Engenheira Civil, M. Sc.	Gerente de Meio Ambiente	CREA/MG 57.945 D	2.010.648
Alexandre Luiz Canhoto de Azeredo	Geólogo	Coordenador Meio Físico	CREA/RJ 100.015/4-D	567.608
Viviane Pinto Ferreira Magalhães	Engenheira Civil, Dr ^a	Análise e interpretação de dados	CREA/MG 94.502 D	5.883.844
Luciano Ferraz Andrade	Geógrafo	Geoprocessamento e design gráfico	CREA/MG 164.360 D	5.552.542
Carlos Chicarelli	Geógrafo	Apoio de campo	CREA/MG 120.924 D	4.963.386
Raimundo Nonato C. de Oliveira Filho	Engenheiro Civil	Supervisão de campo	CREA 4.028 D	-
Nildomar Jonck	Engenheiro Agrimensor	Supervisão de campo	CREA 30.985 D	-
Eduardo Enrique Romero Pinto	Engenheiro Agrimensor	Supervisão de campo	CREA 41.998 D	-
João Messias da Silva Oliveira	-	Coordenador de hidrometria	-	-
Juliana Argôlo Macedo	Técnica de Agrimensura	Hidrometrista	CREA 61.639	-
Milena Gomes da Cruz	Técnica de Saneamento	Laboratorista	CREA/PA 151.333.555 - 3	-

11.1.1.9. ANEXOS

Anexo 11.1.1 - 1 – Laudos de Granulometria do Sedimento do Leito.

Anexo 11.1.1 - 2 – Laudos de Concentração de Sedimentos em Suspensão.

Anexo 11.1.1 - 3 – Resultados do Programa WinTSR para Cálculo de Vazão Sólida de Arraste.

Anexo 11.1.1 - 4 – Projeto de Monitoramento Hidrossedimentológico na região dos Bancos de Areia (Ria do Xingu).