

SUMÁRIO - 11.1.2 PROJETO DE MONITORAMENTO DE NÍVEIS E VAZÕES

11.	PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	11.1.2-1
11.1.	PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDRÁULICO, HIDROLÓGICO E HIDROSEDIMENTOLÓGICO.....	11.1.2-1
11.1.2.	PROJETO DE MONITORAMENTO DE NÍVEIS E VAZÕES	11.1.2-1
11.1.2.1.	INTRODUÇÃO	11.1.2-1
11.1.2.2.	RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	11.1.2-3
11.1.2.2.1.	RIO BACAJÁ.....	11.1.2-4
11.1.2.2.2.	RIO XINGU.....	11.1.2-13
11.1.2.2.3.	IGARAPÉS DA CIDADE DE ALTAMIRA	11.1.2-35
11.1.2.2.4.	MONITORAMENTO LIMNIMÉTRICO JUNTO ÀS BARRAGENS	11.1.2-47
11.1.2.3.	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO	11.1.2-48
11.1.2.4.	ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO.....	11.1.2-50
11.1.2.5.	ATIVIDADES PREVISTAS	11.1.2-52
11.1.2.6.	CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS	11.1.2-52
11.1.2.7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11.1.2-54
11.1.2.8.	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	11.1.2-54
11.1.2.9.	ANEXOS	11.1.2-55

11. PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

11.1. PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDRÁULICO, HIDROLÓGICO E HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

11.1.2. PROJETO DE MONITORAMENTO DE NÍVEIS E VAZÕES

11.1.2.1. INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento de Níveis e Vazões (PBA 11.1.2) tem como objetivo principal registrar as variações de níveis e vazões, tanto espaciais como temporais, no Reservatório do Xingu, nos Igarapés de Altamira, no Trecho de Vazão Reduzida (TVR) no rio Xingu e a jusante da Casa de Força Principal, após o Trecho de Restituição de Vazão (TRV). De acordo com o previsto no PBA 11.1.2, a análise comparativa entre os registros dos períodos pré e pós-enchimento dos reservatórios possibilitará a determinação das alterações na extensão e nível das superfícies inundadas e nos padrões das vazões afluentes em função da implantação e operação da UHE Belo Monte.

Para atendimento aos objetivos deste Projeto, em dezembro de 2011 foi concluída a implantação da rede prevista para o monitoramento de nível e vazão na região de influência do empreendimento, sendo que algumas estações foram antecipadamente instaladas, já a partir de outubro de 2010. A rede de monitoramento é composta por 12 (doze) estações fluviométricas e duas estações pluviométricas na região.

A caracterização e descrição das estações de monitoramento do Projeto são observadas no **Quadro 11.1.2 - 1**. Conforme indicado no 10º Relatório Consolidado (RC) de Andamento do Projeto Básico Ambiental (PBA) e Atendimento de Condicionantes, os nomes das estações foram ajustados para a denominação registrada junto à Agência Nacional de Águas (ANA).

A medição de vazão possui frequência mensal, tendo sido feita por meio de molinetes no período de outubro/2010 a janeiro/2012. A partir desta data, todas as medições de vazão no rio Xingu e no rio Bacajá passaram a ser realizadas por meio de medidores acústicos de efeito doppler (ADCP- *Acoustic Doppler Current Profiler*). Nos igarapés de Altamira, a medição de vazão é realizada por molinete devido às pequenas largura e profundidade das calhas dos cursos de água.

¹Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, setembro/2011. Planos, Projetos e Programas - Versão Final - Volume 4.

O monitoramento limnimétrico convencional é realizado por leitura e anotação de leiturista duas vezes ao dia (7:00 e 17:00 horas). Algumas estações ainda dispõem de monitoramento automático com registro de dados horários (24 registros diários) e sistema de telemetria para transmissão remota das informações em tempo real.

Destaca-se que as estações Igarapé Altamira e Igarapé Panelas foram relocadas em novembro e dezembro/2015 em decorrência da influência do remanso após o enchimento do reservatório do Xingu, conforme apresentado no **Quadro 11.1.2 - 1**.

Quadro 11.1.2 - 1 – Estações Fluviométricas de Monitoramento do Projeto de Monitoramento de Níveis e Vazões.

REGIÃO	ESTAÇÃO	LAT.	LONG.	DATA INSTALAÇÃO	FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO
Reservatório do Xingu	UHE Belo Monte Montante	351753	9603604	24/10/2010	F - h/d; Q - m
	Altamira	365432	9646219	Existente-ANA	F - d; Q - m
Igarapés de Altamira	UHE Belo Monte Igarapé Altamira	364917	9646179	11/10/2010	F - h/d; Q - m
	UHE Belo Monte Igarapé Altamira Realocada	362571	9646226	07/01/2016	F - h/d; Q - m
	UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé	362602	9655483	31/03/2011	F - h/d; Q - m
	UHE Belo Monte Vista Alegre	360886	9655210	14/02/2012	P - h/d
	UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba	363786	9651662	15/04/2011	F - h/d; Q - m
	UHE Belo Monte Igarapé Panelas	362652	9642200	13/10/2010	F - h/d; Q - m
	UHE Belo Monte Igarapé Panelas Realocada	350906	9640494	17/10/2015	F - h/d; Q - m
	UHE Belo Monte São Francisco	350185	9640319	08/02/2012	P - h/d
Trecho de Vazão Reduzida	UHE Belo Monte Mangueiras	392622	9618549	17/10/2010	F - h/d; Q - m
	Ilha da Fazenda	397332	9605798	18/10/2010	F - d; Q - m
Jusante	UHE Belo Monte Jusante (Tartarugas)	367656	9677566	20/12/2011	F - h/d; Q - m
Bacajá	Mrotidjã	455361	9436941	10/04/2012	F - h/d; Q - t
	Fazenda Cipaúba	436999	9587547	Existente-ANA 10/06/2005	F - d; Q - m
	UHE Belo Monte Foz do Bacajá	421694	9609429	19/04/2011	F - h/d; Q - m

F: Nível; Q: Vazão; P: Pluviometria; h: Horária; d: Diária; m: Mensal; t: Trimestral

A **Figura 11.1.2 - 1** apresenta a localização das estações de monitoramento do Projeto, com exceção da estação Mrotidjã, que fica junto à aldeia Mrotidjã, cerca de 200 km a montante da foz do rio Bacajá (fora do limite da figura).

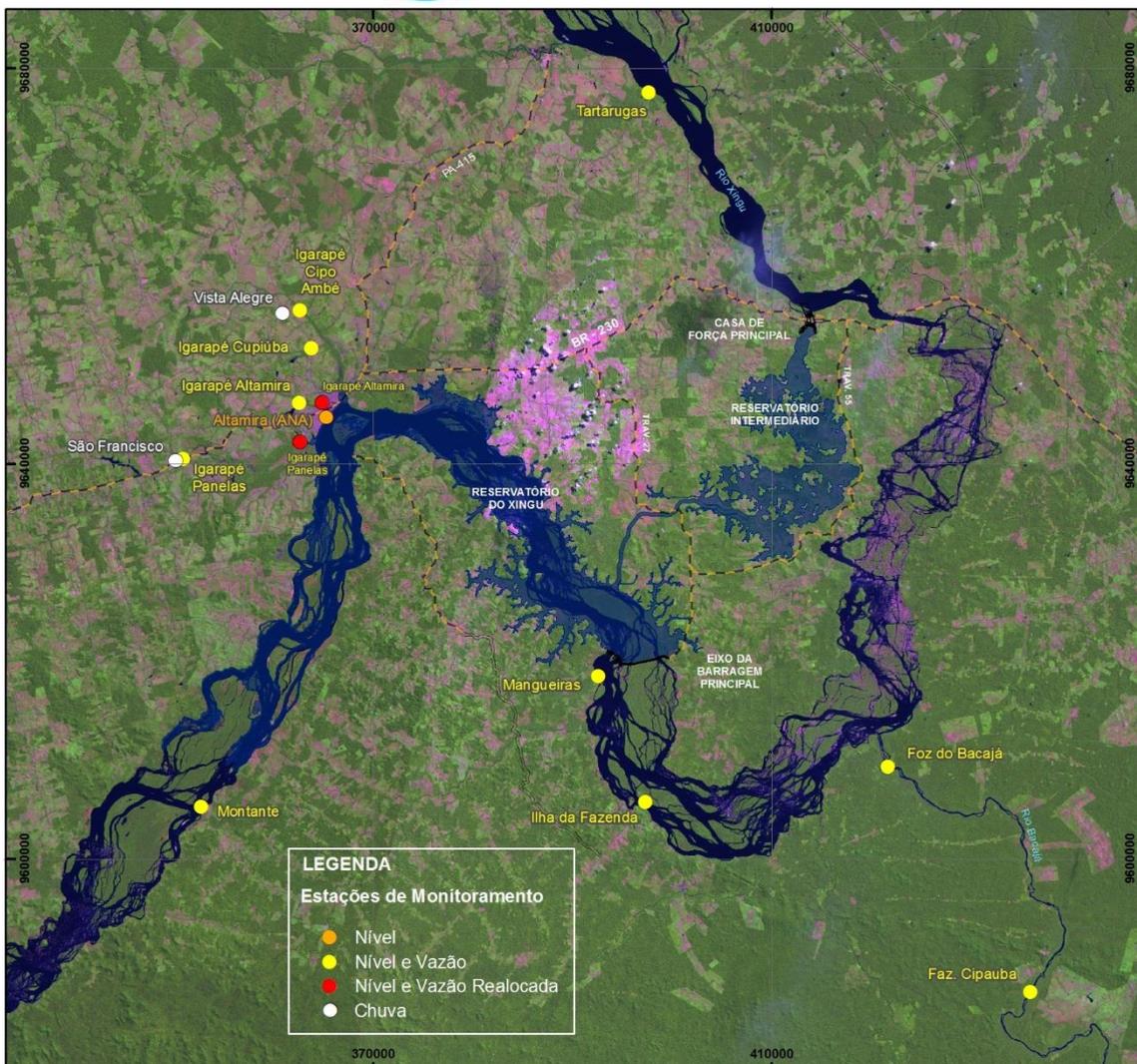


Figura 11.1.2 - 1 – Localização das Estações do Projeto de Monitoramento de Níveis e Vazões.

As atividades de monitoramento inerentes a este Projeto são contínuas após a instalação da rede de monitoramento. Os dados e resultados obtidos a cada semestre são apresentados e atualizados semestralmente nos RCs por meio de quadros (gráficos e tabelas), figuras e textos dissertativos, dentro de um mesmo padrão de apresentação, com o intuito de otimizar as análises de dados incrementais obtidos a cada período monitorado.

11.1.2.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS

Os resultados obtidos para o Projeto de Monitoramento de Níveis e Vazões são apresentados a seguir, considerando, separadamente por item, o monitoramento no rio Bacajá, no rio Xingu e nos igarapés de Altamira.

No presente relatório foi ampliado o intervalo de dados analisados, incorporando os resultados das campanhas realizadas no período de maio/2016 a novembro/2016.

Ressalta-se que para as estações hidrométricas que sofrem influência de remanso do Reservatório do Xingu ou que localizam-se no TVR, as relações cota x vazão foram ajustadas, considerando-se o período desde o início do monitoramento (**Quadro 11.1.2 - 1**) até novembro/2015, quando iniciou-se o enchimento do reservatório do Xingu. A seguir serão apresentadas as curvas-chave ajustadas com dados consolidados até novembro/2015 de campanhas de medição de vazão para cada uma das estações monitoradas, além da incorporação dos registros de medição até novembro/2016.

Adicionalmente, é fornecida a evolução diária das cotas altimétricas em cada seção durante todo o intervalo de monitoramento, de acordo com o **Quadro 11.1.2 - 1** acima, bem como as variações diárias médias. Os registros de níveis são apresentados em dois períodos distintos: (1) pré-enchimento e (2) enchimento e pós-enchimento. O período (1), pré-enchimento, abrange o início do monitoramento, em cada estação, até o dia 23/11/2015, correspondente à data anterior ao início do enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte. O período (2), enchimento e pós-enchimento, abrange todo o período de enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte (24/11/2015 a 13/02/2016) e o período pós-enchimento (de 14/02/2016 até 30/11/2016).

11.1.2.2.1. RIO BACAJÁ

A seguir são apresentados os dados consolidados de níveis e vazões nas estações que se localizam no rio Bacajá.

11.1.2.2.1.1. CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO E AJUSTE DE CURVAS-CHAVE - RIO BACAJÁ

No rio Bacajá são monitoradas três estações fluviométricas: estação Foz do Bacajá, Fazenda Cipaúba e estação Mrotidjã. As campanhas de medição de vazão têm periodicidade mensal, com exceção da estação Mrotidjã, que tem periodicidade trimestral.

A **Figura 11.1.2 - 2** mostra a bacia hidrográfica do rio Bacajá e as áreas de drenagem incrementais de cada estação. As áreas de drenagem das estações hidrométricas são: Estação Mrotidjã = 11.004 km²; Estação Fazenda Cipaúba = 24.527 km²; e Estação Foz do Bacajá = 25.569 km².

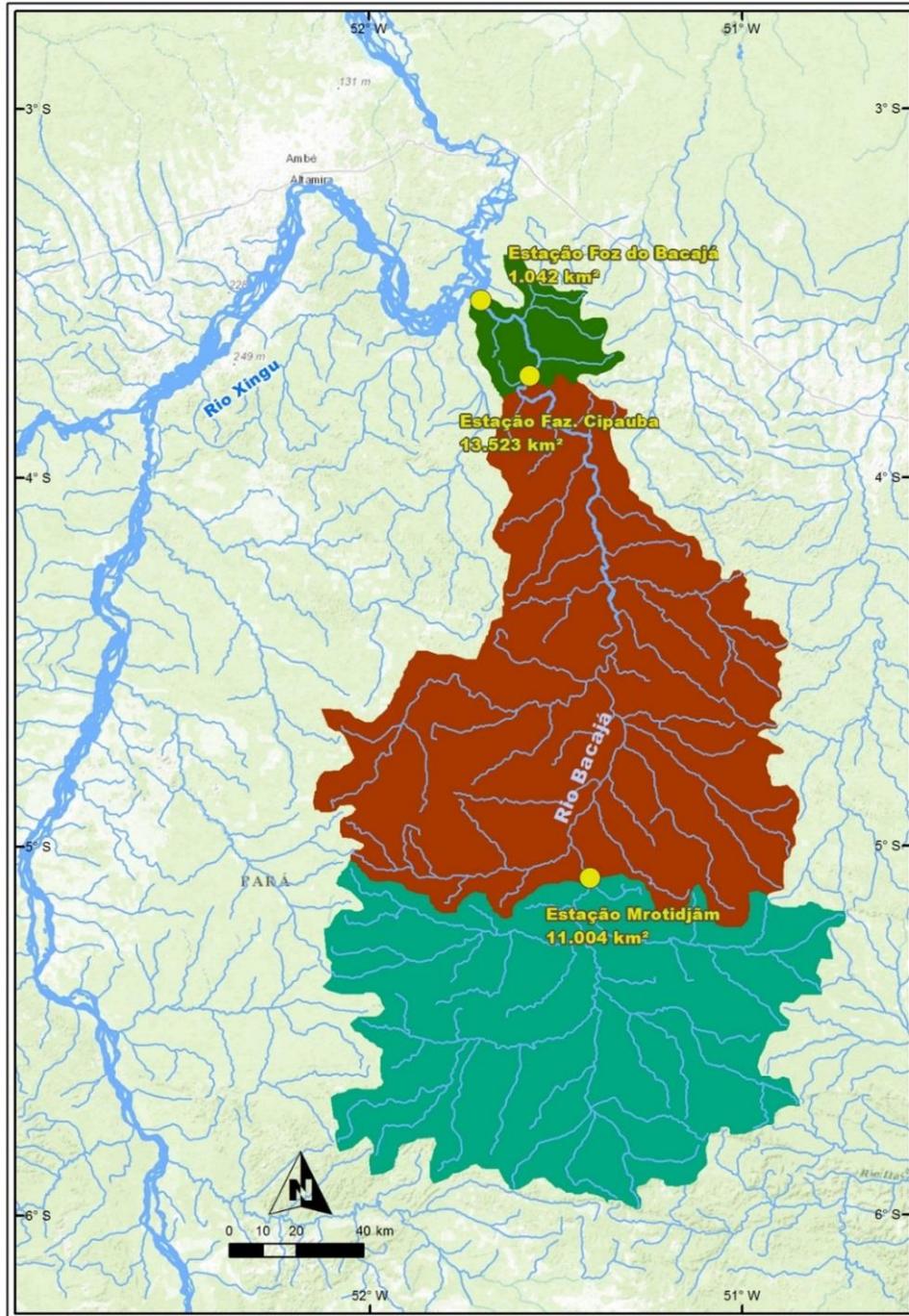


Figura 11.1.2 - 2 – Bacia do rio Bacajá e áreas de drenagem nas seções de monitoramento hidrométrico.

A representação das curvas-chave ajustadas para as seções de medição das três estações do rio Bacajá consta das **Figuras 11.1.2 - 3 a 11.1.2 - 5**.

visto que os dados incorporados pelos resultados das últimas campanhas mantiveram-se ajustados à curva-chave, conforme apresentados na **Figura 11.1.2 - 4**.

Tal como para as outras duas estações no rio Bacajá, a curva-chave ajustada para a seção de medição na estação Foz do Bacajá também apresenta boa aderência aos dados medidos no período de monitoramento abril/2011 a novembro/2016.

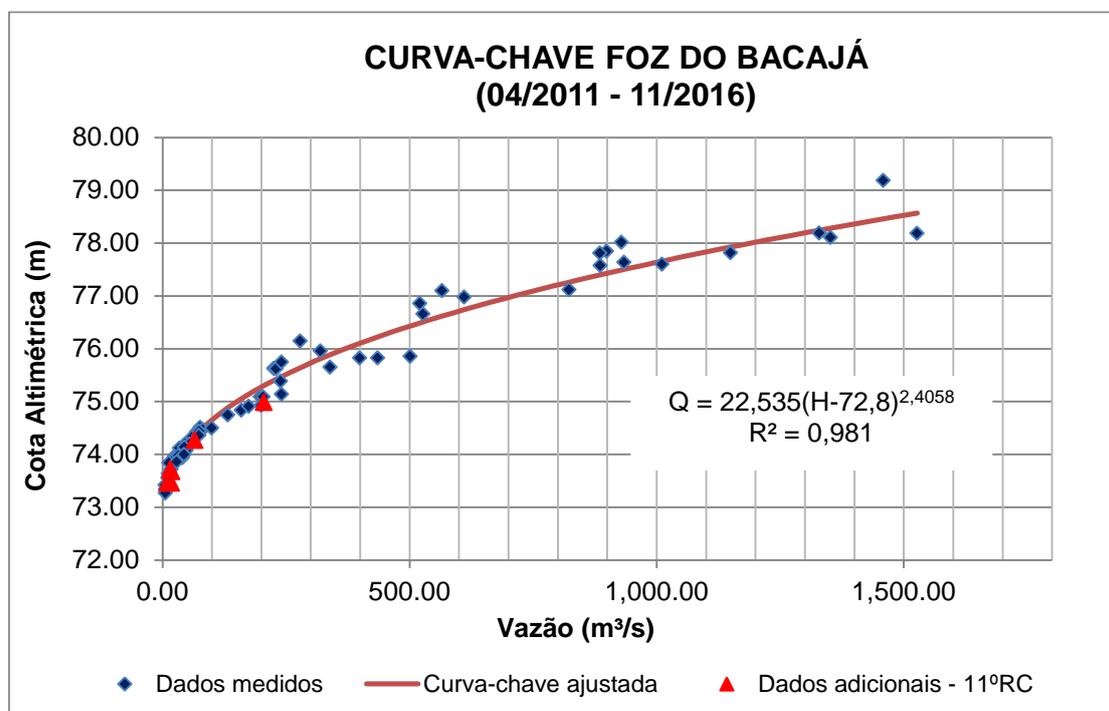


Figura 11.1.2 - 5 – Curva-chave – UHE Belo Monte Foz do Bacajá.

De forma geral, nota-se que as curvas-chave consolidadas das estações monitoradas no rio Bacajá possuem coeficientes de determinação (R²) bem próximos de 1 (um), que indicam ajustes de correlação adequados entre os valores observados de cota e vazão e os valores obtidos pela equação da curva-chave.

No **Anexo 11.1.2 - 1** são apresentados os dados de campanha de medição de vazão, no qual podem ser observados, separadamente, os dados de cotas e vazões utilizados na elaboração das curvas, bem como parâmetros hidráulicos coletados durante as campanhas.

11.1.2.2.1.2. MONITORAMENTO DE NÍVEIS - RIO BACAJÁ

A seguir é apresentada, nas **Figuras 11.1.2 - 6** e **11.1.2 - 7**, a evolução diária de cotas altimétricas na estação Mrotidjãm para dois períodos de monitoramento: (1) pré-enchimento (julho/2011 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (respectivamente, 24/11/2015 a 13/02/2016 e 14/02/2016 a 30/11/2016).

Ao longo do período de monitoramento na seção de medição da estação Mrotidjã, a cota altimétrica média diária máxima registrada continuou sendo 138,46 m (13/02/2013) e a cota altimétrica média diária mínima de 131,75 m ocorrida em 01/11/2015, anterior ao início do enchimento dos reservatórios.



Figura 11.1.2 - 6 – Evolução diária de cotas - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação Mrotidjã.

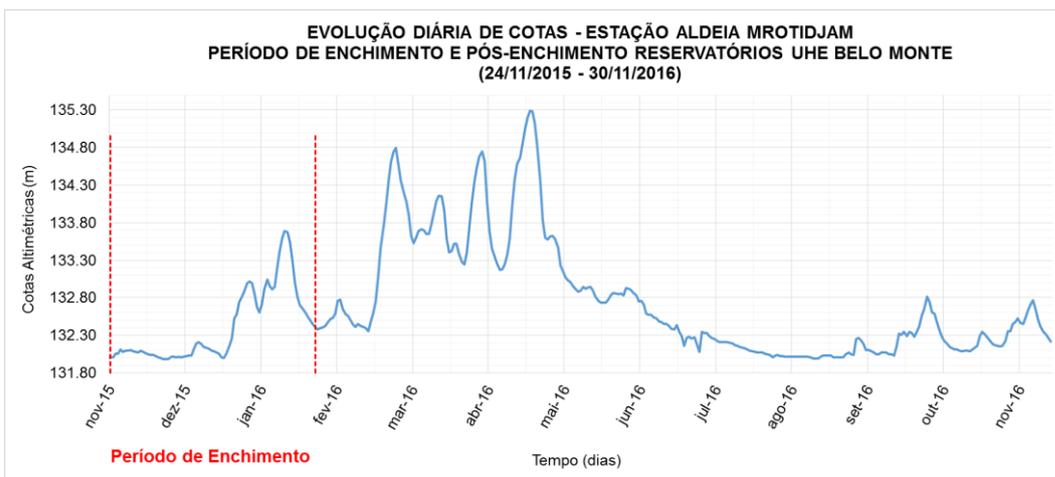


Figura 11.1.2 - 7 – Evolução diária de cotas - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação Mrotidjã.

A **Figura 11.1.2 - 8** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias, para o período de julho/2011 a novembro/2016.

A amplitude máxima anual no período de monitoramento continua sendo de 4,59 m (maior cota diária média: 136,34 m, registrada no dia 12/05/2015, e menor cota diária média: 131,75 m, registrada no dia 01/11/2015).

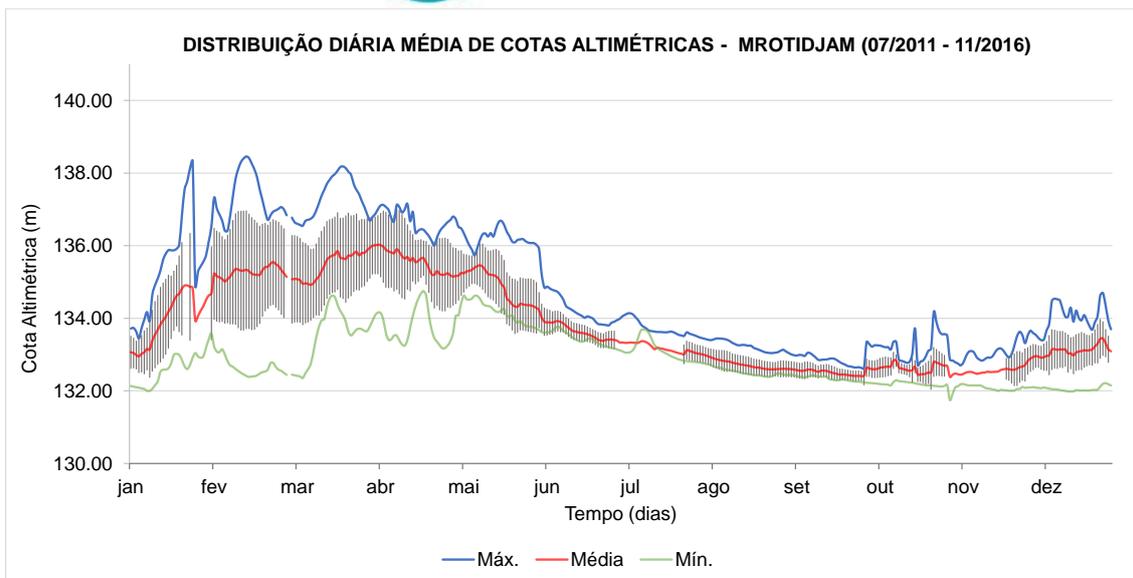


Figura 11.1.2 - 8 – Distribuição diária média de cotas - Estação Mrotidjãm.

Percebe-se uma considerável variabilidade natural do regime do rio Bacajá com reflexo nas cotas diárias, sobretudo na cheia, como indicado pelo registro de dispersão apontado pelo erro padrão na **Figura 11.1.2 - 8** (barras verticais em torno da média).

Nas **Figuras 11.1.2 - 9 e 11.1.2 - 10**, registra-se a evolução diária de cotas altimétricas na estação Fazenda Cipaúba para dois períodos de monitoramento: (1) pré-enchimento (janeiro/2012 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016).

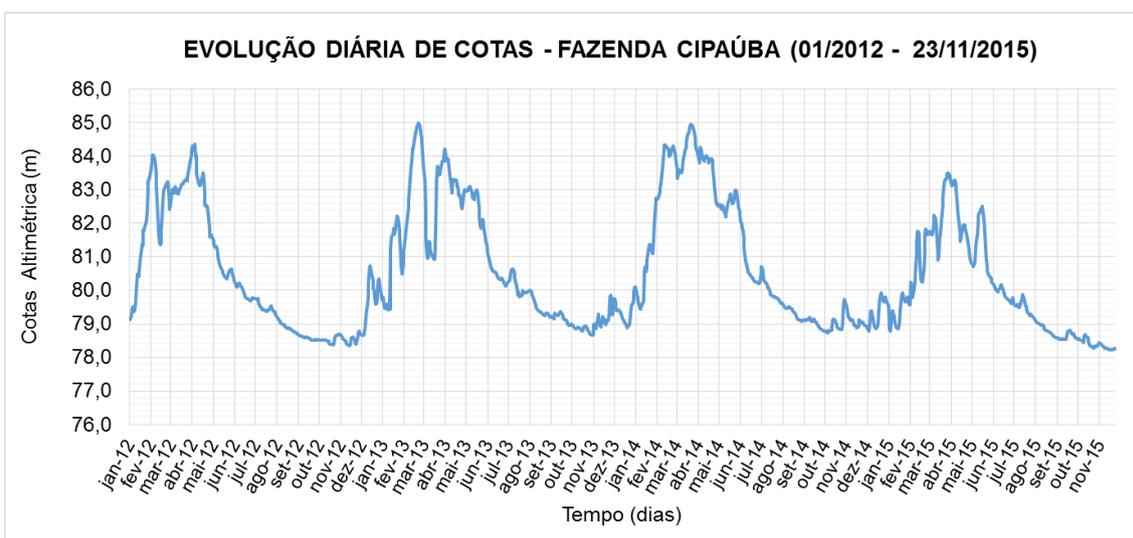


Figura 11.1.2 - 9 – Evolução diária de cotas - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação Fazenda Cipaúba.



Figura 11.1.2 - 10 – Evolução diária de cotas - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação Fazenda Cipaúba.

A **Figura 11.1.2 - 11** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias, para o período de janeiro/2012 a novembro/2016.

Na seção de medição da estação Fazenda Cipaúba, a maior cota altimétrica média diária observada no período de monitoramento continua sendo de 85,0 m (21/02/2013 e 21/03/2014) e a menor de 78,21m (13/12/2015).

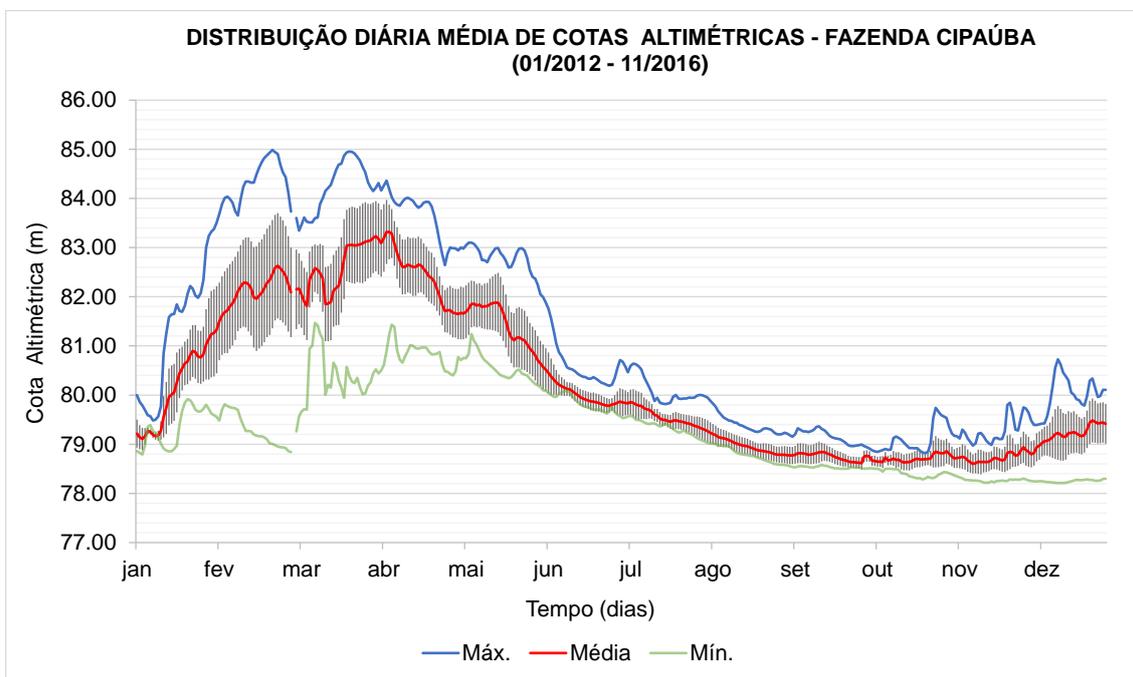


Figura 11.1.2 - 11 – Distribuição diária média de cotas - Estação Fazenda Cipaúba.

Analogamente ao que foi apresentado para a estação Mrotidjã, nota-se uma variabilidade considerável entre as cotas, sobretudo na cheia, como indicado no

registro de dispersão apontado pelo erro padrão na **Figura 11.1.2 - 11** (barras verticais em torno da média).

A seguir, é apresentada nas **Figuras 11.1.2 - 12** e **11.1.2 - 13** a evolução diária de cotas altimétricas na estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá para dois períodos de monitoramento: (1) pré-enchimento (abril/2011 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/04/2016).

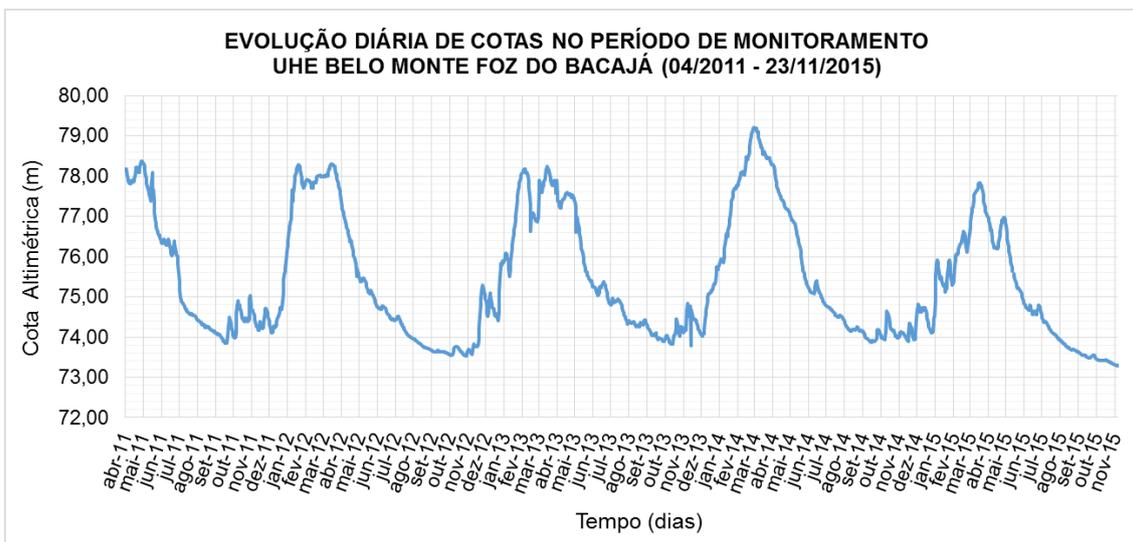


Figura 11.1.2 - 12 – Evolução diária de cotas - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá.

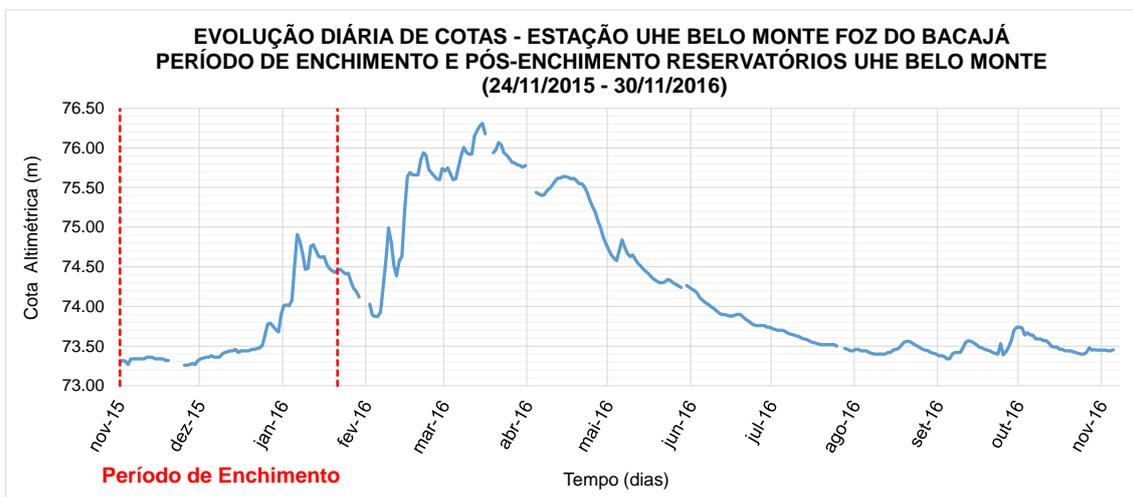


Figura 11.1.2 - 13 – Evolução diária de cotas - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá.

Na estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá, a maior cota altimétrica diária média observada continua sendo 79,2 m, registrada no período de cheia (18/03/2014), e a menor cota diária média 73,26 m, registrada, assim como as outras duas estações no rio Bacajá, no período de estiagem de 2015 (18/12/2015), antes do término do período de enchimento.

A **Figura 11.1.2 - 14** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias, para o período de abril/2011 a novembro/2016.

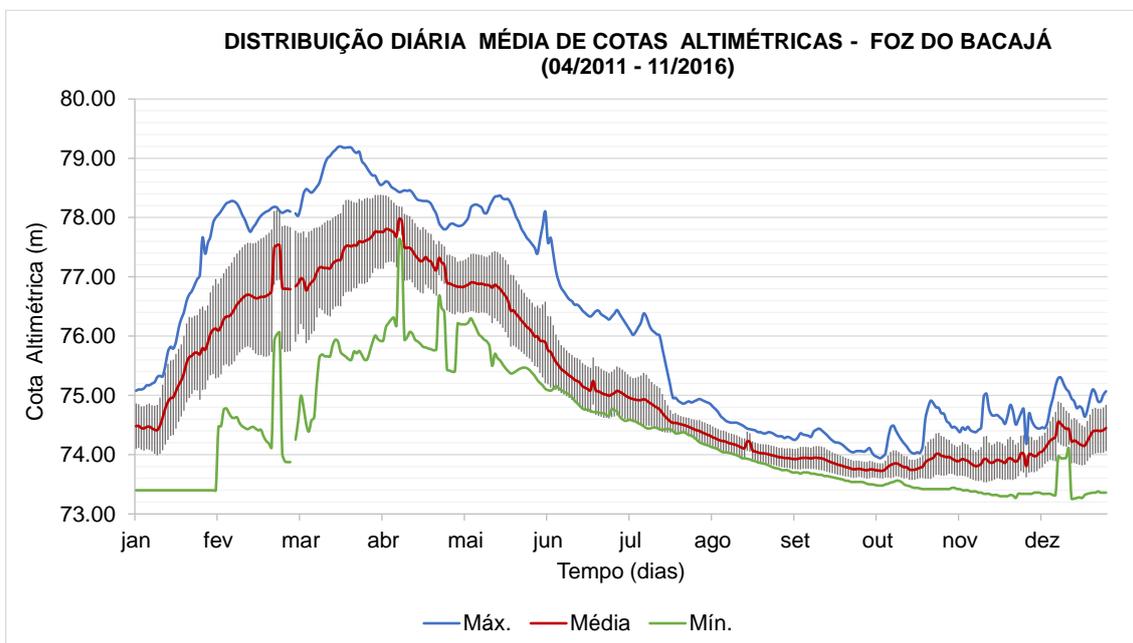


Figura 11.1.2 - 14 – Distribuição diária média de cotas - Estação UHE Belo Monte Foz do Bacajá.

Uma síntese do monitoramento da estação no rio Bacajá, realizado por meio de suas três estações, é expressa no **Quadro 11.1.2 - 2**.

Quadro 11.1.2 - 2 – Síntese do Monitoramento - Rio Bacajá

ESTAÇÃO	PERÍODO DO MONITORAMENTO	AJUSTE DA CURVA-CHAVE	MAIOR COTA DIÁRIA MÉDIA (m)	MENOR COTA DIÁRIA MÉDIA (m)
			DATA DO REGISTRO	
Mrotidjãm	07/2012 - 11/2016	$Q = 34,699(H-132)^{1,5918}$	138,46 (13/02/2013)	131,75 (01/11/2015)
Fazenda Cipaúba	01/2012 - 11/2016	$Q = 42,074(H-78)^{1,8734}$	85,0 (21/02/2013 e 21/03/2014)	78,21 (13/12/2015).
UHE BM Foz do Bacajá	04/2011 - 11/2016	$Q = 22,535(H-72,8)^{2,4058}$	79,2 (18/03/2014),	73,26 (18/12/2015)

Conforme discutido anteriormente, verificou-se que foram estabelecidas boas relações cota-descarga, com aderência satisfatória das curvas-chave aos dados medidos.

Com relação ao registro de níveis do rio Bacajá nas três estações de monitoramento, observa-se que o último período de seca (set/out/nov de 2016) não superou os registros de mínimos registrados na seca de 2015, conforme apresentado no **Quadro 11.1.2 - 2**. Entretanto, conforme apresentado no gráfico comparativo das cotas limnimétricas diárias (leituras de réguas) na **Figura 11.1.2 - 15**, para as três estações no rio Bacajá, o último ciclo hidrológico apresentou os menores registros de nível ao longo de todo o ano de 2016, com cotas abaixo da média principalmente nos períodos de cheia, caracterizando-se como um ano seco.

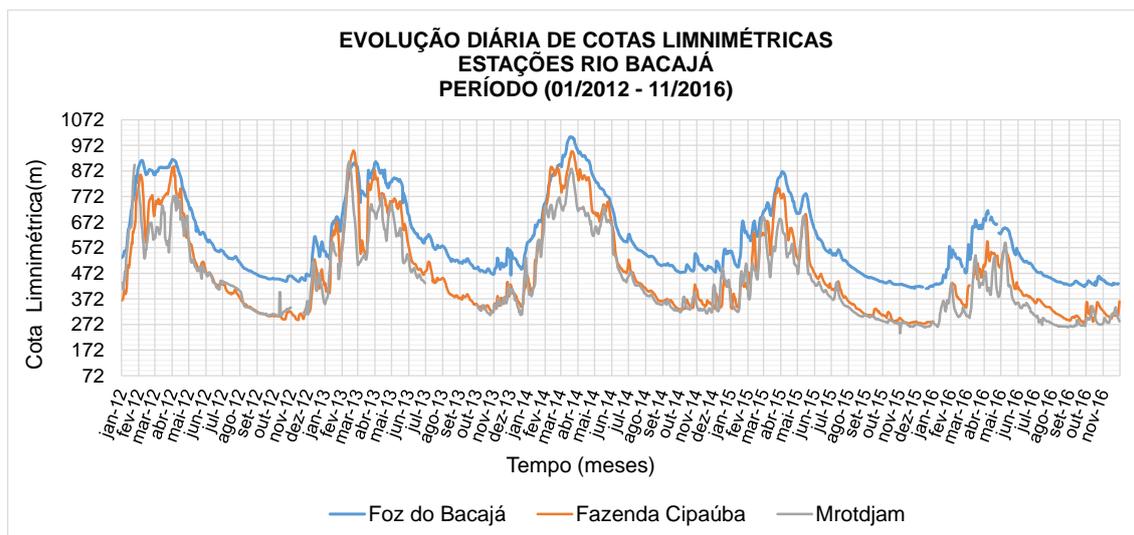


Figura 11.1.2 - 15 – Localização e área de drenagem das bacias hidrográficas a montante das estações fluviométricas do projeto.

Adicionalmente, observa-se que os picos, vales e demais contornos dos cotogramas ao longo do período de monitoramento (jan/2012 a novembro/2016) apresentam a mesma tendência para as três estações no rio Bacajá, diferenciando-se apenas pela profundidade do nível de água (cota limnimétrica), que cresce de montante para jusante ao longo do rio.

Diante das diferenças apresentadas acima, percebe-se variação de nível ao longo de todo o trecho do rio Bacajá monitorado, inclusive na estação Mrotidjã, cerca de 200 quilômetros a montante da foz do rio Xingu. Portanto, é pertinente apontar que a redução dos níveis do rio Bacajá, observada após a formação do reservatório, não está relacionada à adoção do Hidrograma Ecológico de Consenso no TVR, sendo determinada pela própria redução de aflúências naturais da bacia do rio Bacajá, o que também foi observado nos registros mensais de vazão, principalmente nos meses de agosto a novembro dos dois últimos ciclos hidrológicos.

11.1.2.2.2. RIO XINGU

A **Figura 11.1.2 - 16** apresenta a localização e a área de drenagem das bacias hidrográficas a montante das estações fluviométricas do presente Projeto. Conforme demonstrado, as áreas de drenagem totais das estações hidrométricas do rio Xingu são: Estação Montante 2 = 445.605 km²; Estação Altamira = 446.573 km²; Estação

Mangueiras = 447.658 km²; Estação Ilha da Fazenda = 449.373 km²; e Estação Jusante (Tartarugas) = 479.336 km².

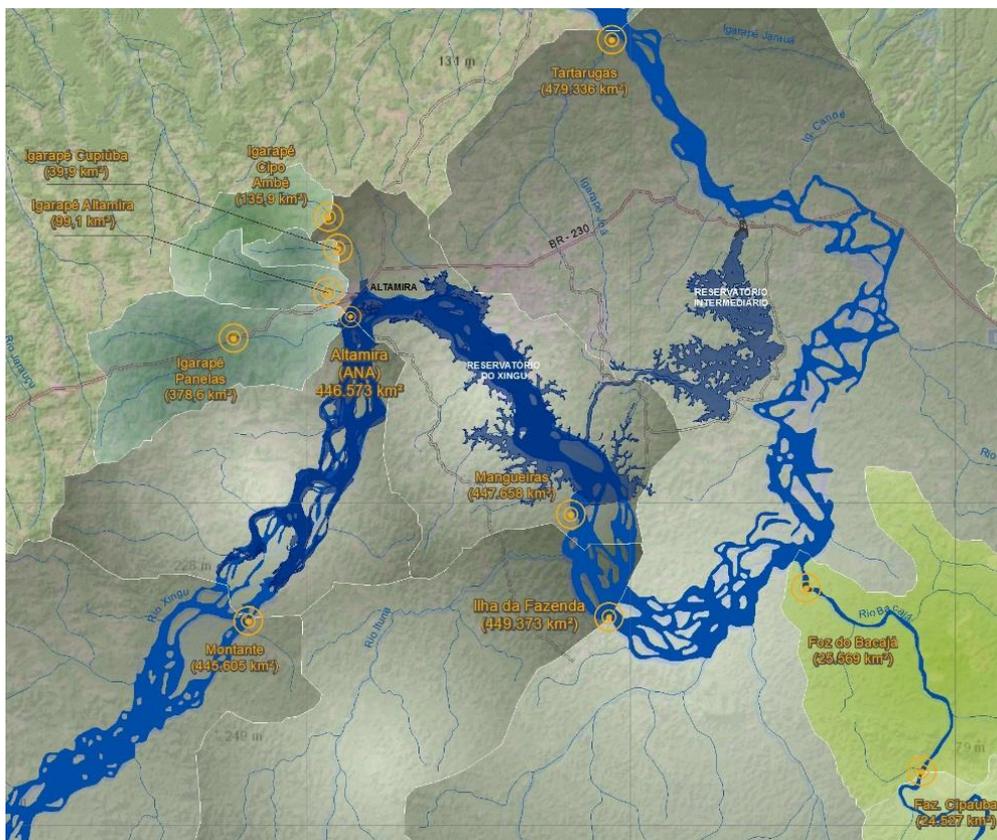


Figura 11.1.2 - 16 – Localização e área de drenagem das bacias hidrográficas a montante das estações fluviométricas do projeto.

11.1.2.2.2.1. CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO E AJUSTE DE CURVAS-CHAVE - RIO XINGU

As curvas-chave ajustadas para as seções de medição de vazão das estações do rio Xingu são apresentadas nas **Figuras 11.1.2 - 18 a 11.1.2 - 21**, delimitando-se o intervalo de cotas e vazões válidas para a relação cota-descarga estabelecida.

A estação UHE Belo Monte Montante está localizada a montante da área de influência do remanso do Reservatório do Xingu. Nesta estação, a medição de vazão vem sendo feita nas três seções apresentadas na **Figura 11.1.2 - 17**.

As referências de nível para a estação UHE Belo Monte Montante são realizadas a partir da leitura da régua limnimétrica localizada na Seção Margem Direita, conforme representado na **Figura 11.1.2 - 17**. Sendo assim, optou-se por considerar as informações da Seção Margem Direita para caracterização da variação de nível e de vazão (curva-chave) na estação UHE Belo Monte Montante.



Figura 11.1.2 - 17 – Vista das Seções Margem Direita, Margem Esquerda e Canal Central da Estação UHE Belo Monte Montante.

Conforme previsto no PBA, a partir do enchimento dos reservatórios, a estação UHE Belo Monte Montante passa a ser a estação de referência para a vazão afluenta à UHE Belo Monte.

Com o intuito de alinhar o entendimento quanto aos registros de vazões afluentes à UHE Belo Monte, e que é utilizado pela Diretoria de Construção (DC) da Norte Energia, é apresentada, na **Figura 11.1.2 - 18**, a curva-chave ajustada para a estação UHE Belo Monte Montante.

Conforme apresentado no 10º RC, a curva-chave ajustada para a estação UHE Belo Monte Montante foi dividida em dois tramos (baixo e alto), para melhor representar os pontos medidos, tendo sido desconsiderados apenas duas das 60 (sessenta) medições realizadas até agosto/2015.

Com a incorporação dos dados das campanhas mensais de medição de vazão realizadas após o ajuste da curva-chave da estação UHE Belo Monte Montante, observou-se que não ocorreram mudanças significativas que justificassem novo ajuste da curva.

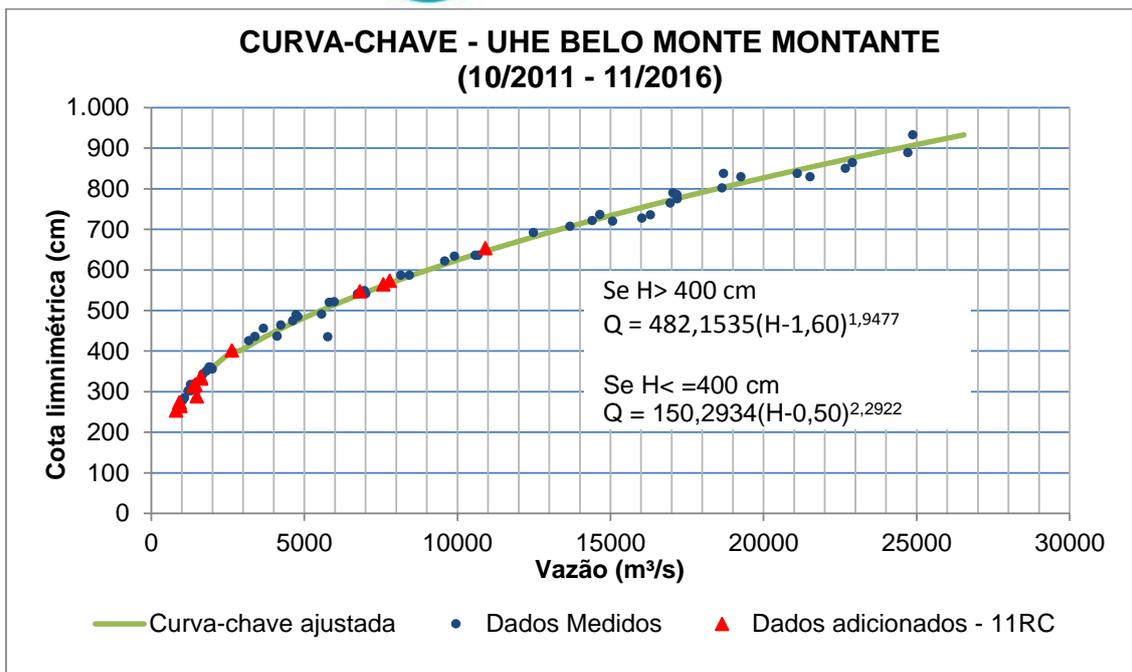


Figura 11.1.2 - 18 – Curva-chave Rio Xingu – UHE Belo Monte Montante.

Fonte: Adaptado de “Estudo da Curva-Chave da Estação Fluviométrica Montante-2” - Hidrocon/Norte Energia – dez/2015.

Já a estação UHE Belo Monte Mangueiras, conforme indicado na **Figura 11.1.2 - 16**, está localizada na margem direita do rio Xingu, no TVR, a jusante da Barragem Principal (Sítio Pimental).

Na **Figura 11.1.2 - 19** são apresentados os ajustes gráficos para a relação cota-vazão para seção de medição na estação UHE Belo Monte Mangueiras, considerando a consistência realizada pela equipe de Engenharia da DC da Norte Energia, analogamente ao que foi apresentado para a estação UHE Belo Monte Montante.

A análise foi realizada com base nas medições de descargas líquidas disponíveis no período, janeiro/2012 a janeiro/2016, e que se referem a medições efetuadas exclusivamente com ADCP.

Após análise dos pontos de medição, foi definida uma nova curva, denominada curva ajustada, desconsiderando-se os pontos fora da tendência geral. Na **Figura 11.1.2 - 19** apresenta-se a curva-chave utilizada nos estudos realizados no Projeto Básico Consolidado (PBC) e a nova curva-chave proposta pela equipe de Engenharia da DC da Norte Energia, conforme apresentado no 10º RC. No referido ajuste realizado, a curva-chave foi dividida em dois tramos, quais sejam: $H < 86,67$ m e $H \geq 86,67$ m, conforme equações indicadas na **Figura 11.1.2 - 19**.

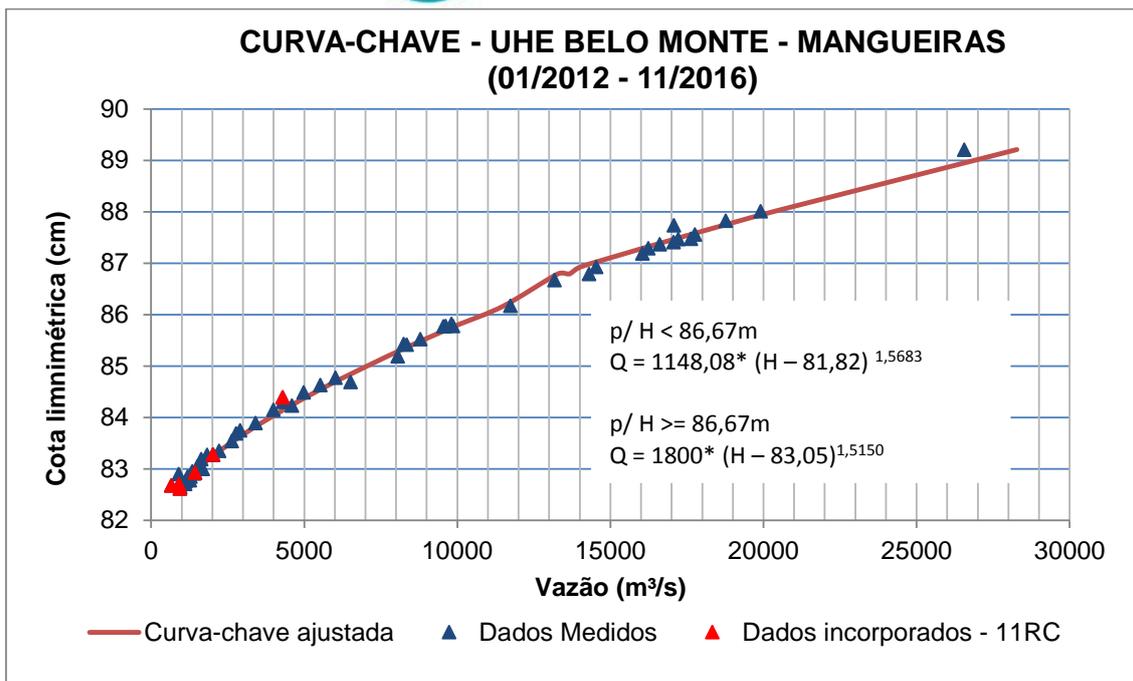


Figura 11.1.2 - 19 – Curva-Chave Rio Xingu - Mangueiras.

Fonte: Adaptado de Nota Técnica – NT-DC-2016-004-R0 - Atualização da Curva-Chave UHE Belo Monte Posto Mangueiras – fevereiro /2016.

Ainda em relação à estação UHE Belo Monte Mangueiras, observa-se que, com a incorporação dos dados das campanhas mensais de medição de vazão realizadas após o ajuste da curva-chave da estação UHE Belo Monte Montante, não ocorreram mudanças significativas que justificassem novo ajuste da curva apresentada acima (**Figura 11.1.2 - 19**).

Na **Figura 11.1.2 - 20** registra-se a curva-chave para a seção de medição da estação Ilha da Fazenda, considerando-se o período de monitoramento de novembro/2010 a novembro2016.

A estação Ilha da Fazenda também está localizada no TVR, a jusante do eixo da Barragem Principal (Sítio Pimental) e da estação UHE Belo Monte Mangueiras, na ilha que deu nome à estação, próxima à localidade denominada de Ressaca.

As campanhas mensais contemplaram a medição de vazão do braço à direita do rio Xingu neste local, braço este que é utilizado como caminho preferencial de navegação.

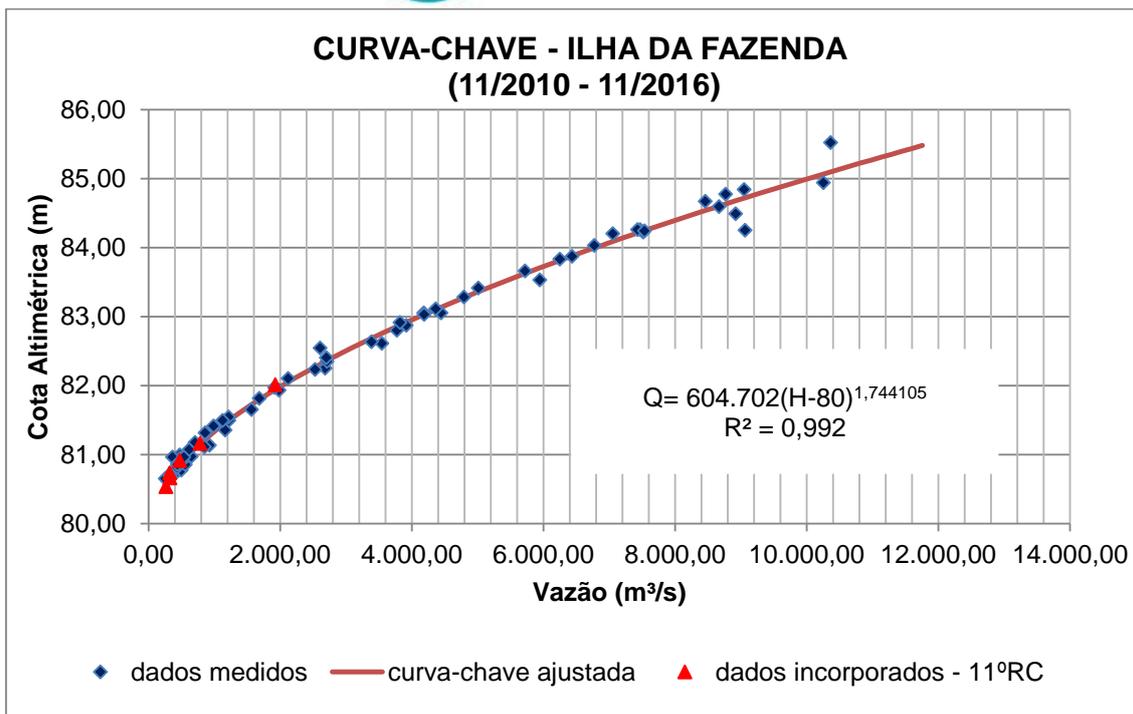


Figura 11.1.2 - 20 – Curva-chave Rio Xingu - Ilha da Fazenda MD.

A curva-chave obtida é aderente aos dados medidos, apresentando um bom coeficiente de determinação (R^2). Observa-se que os dados incorporados pelas campanhas do último período de monitoramento (maio a novembro/2016) não alteraram significativamente o ajuste da curva-chave.

A estação UHE Belo Monte Jusante (Tartarugas) está localizada no rio Xingu, cerca de 28 km a jusante da Casa de Força Principal, no sítio Belo Monte, e cerca de 10 km a montante da confluência com o igarapé Tucuruí, na cidade de Vitória do Xingu.

Na **Figura 11.1.2 - 21**, apresenta-se o ajuste da relação cota x vazão para a seção de medição na estação UHE Belo Monte Jusante, considerando-se o monitoramento realizado entre janeiro/2012 a novembro/2016.

A incorporação dos novos dados das campanhas de vazante e seca realizadas entre os meses de maio e novembro/2016, conforme apresentado na **Figura 11.1.2 – 21**, resultou em um novo ajuste da curva-chave para a estação UHE Belo Monte Jusante. Esta seção de medição, conforme já destacado nos relatórios consolidados anteriores, apresenta uma particular dificuldade quanto ao ajuste de sua curva-chave. Esta dificuldade é justificada pelo fato de a estação estar localizada em uma região do rio Xingu que sofre marcante influência do remanso do rio Amazonas e do efeito de marés, principalmente no período de vazões baixas, o que reflete em uma maior dispersão dos dados medidos.

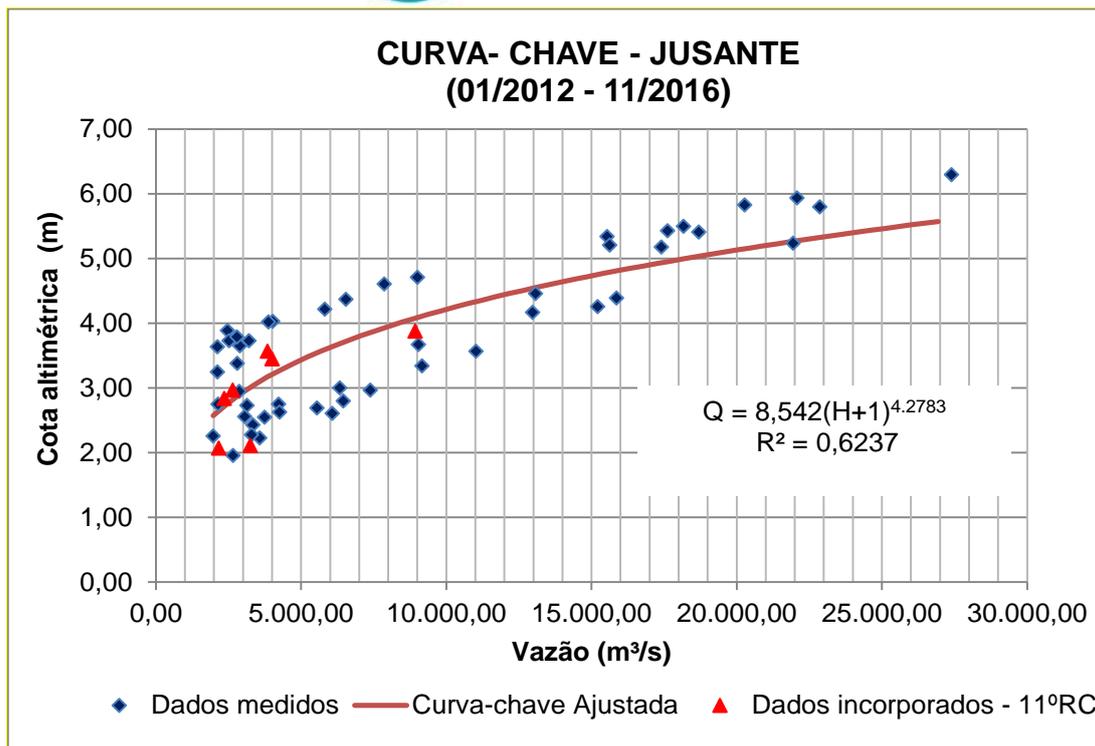


Figura 11.1.2 - 21 – Curva-chave Rio Xingu – UHE Belo Monte Jusante.

No **Anexo 11.1.2 - 1** estão registrados os dados de campanha de medição de vazão para as estações no rio Xingu, no qual podem ser observados os pares de dados de cotas *versus* vazões utilizadas na elaboração das curvas, bem como parâmetros hidráulicos coletados durante as medições, tanto por meio de medidores acústicos (ADCP), quanto por molinete.

11.1.2.2.2. MONITORAMENTO DE NÍVEIS - RIO XINGU

A seguir é apresentada, nas **Figuras 11.1.2 - 22 e 11.1.2 – 23**, a evolução diária de cotas altimétricas na estação UHE Belo Monte Montante para dois períodos de monitoramento: (1) pré-enchimento (outubro/2010 a 23/11/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016), medidos a partir do canal da margem direita.

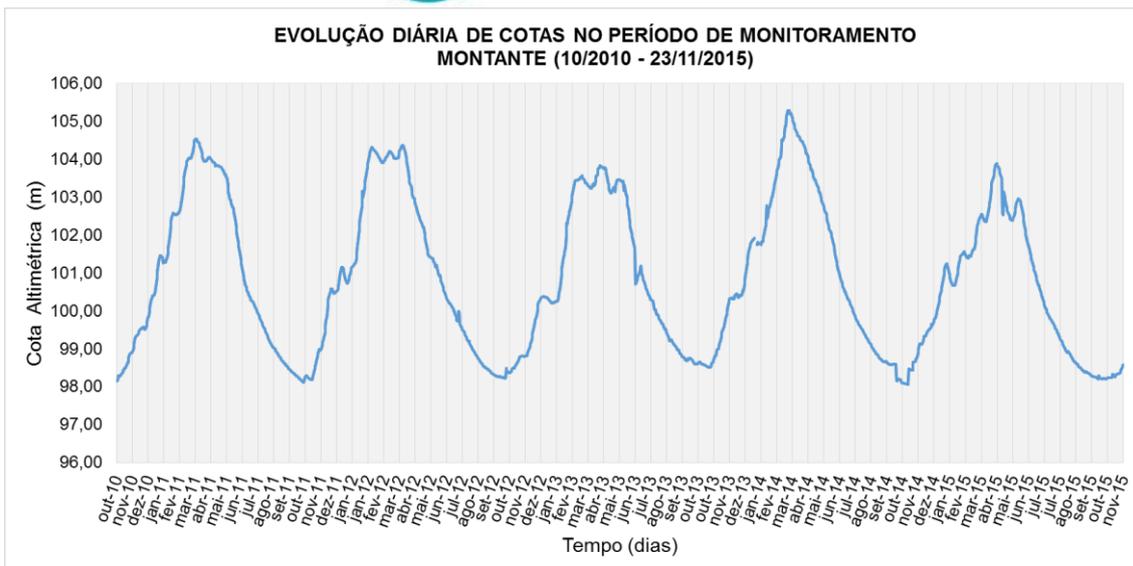


Figura 11.1.2 - 22 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Montante.

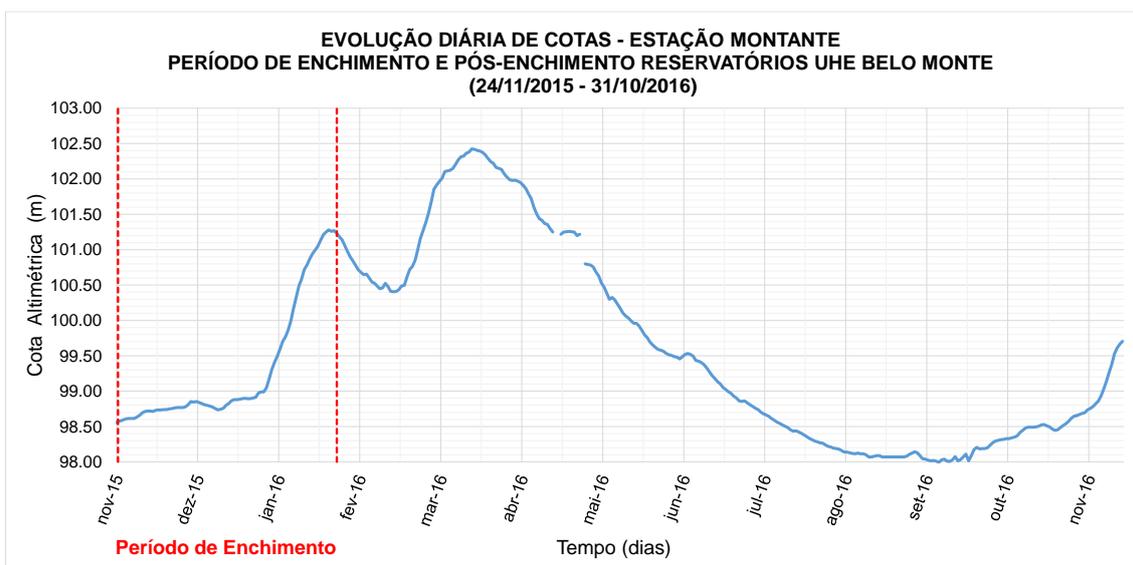


Figura 11.1.2 - 23 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Montante.

A **Figura 11.1.2 - 24** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas, em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias, para o período de outubro/2010 a novembro/2016.

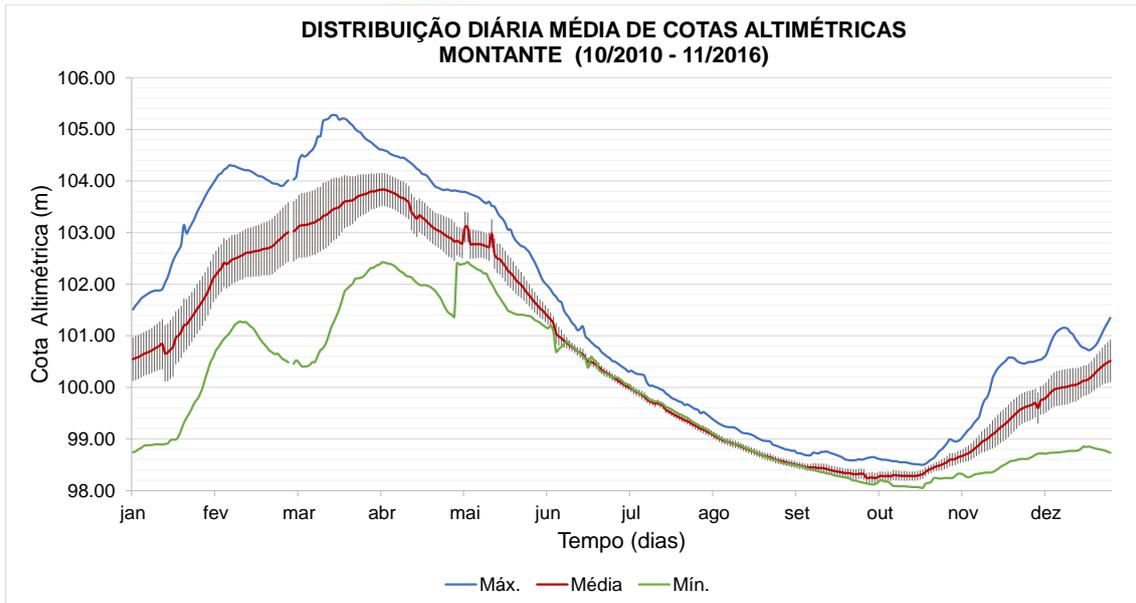


Figura 11.1.2 - 24 – Distribuição diária média de cotas - Estação UHE Belo Monte Montante.

Na estação UHE Belo Monte Montante, a maior cota altimétrica diária média observada no período de monitoramento continua sendo de 105,28 m, registrada no período de cheia (de 16/03/2014). A menor cota altimétrica registrada no período superou o registro até então de 98,06 m (22/10/2014), passando a mínima para 98,00 m em 27/09/2016.

A estação UHE Belo Monte Montante apresenta oscilações menores nas cotas altimétricas comparativamente às demais estações, com cotas mais homogêneas e sem muitos picos isolados, o que resulta em menor dispersão, como apontado pelo erro padrão na **Figura 11.1.2 - 24** (barras verticais em torno da média).

Nas **Figuras 11.1.2 - 25** e **11.1.2 - 26** apresenta-se a evolução diária de cotas altimétricas na estação UHE Belo Monte Mangueiras para dois períodos de monitoramento: (1) pré-enchimento (outubro/2010 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016).

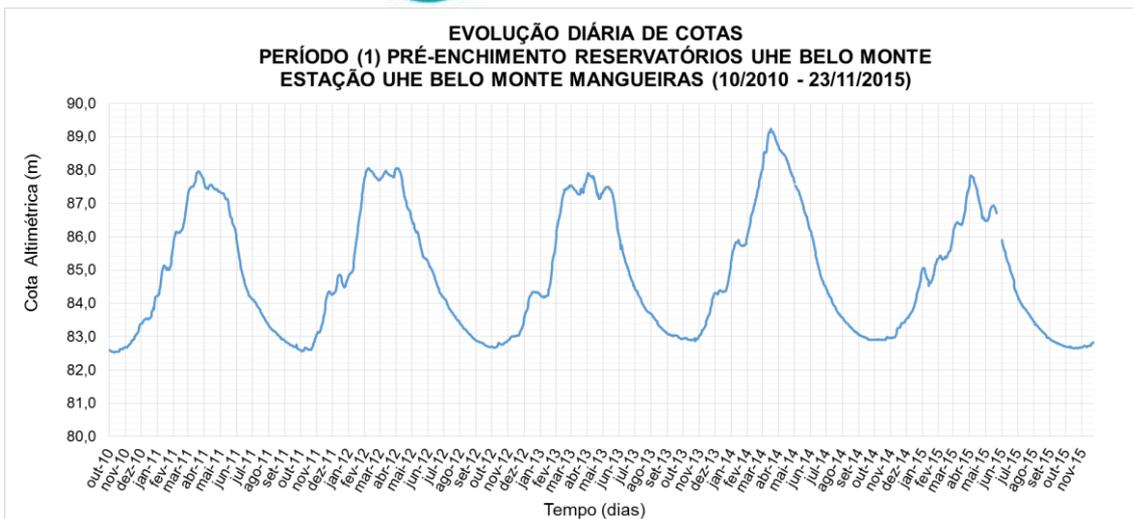


Figura 11.1.2 - 25 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Mangueiras.



Figura 11.1.2 - 26 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Mangueiras.

Na estação UHE Belo Monte Mangueiras, a maior cota diária média observada no período de monitoramento continua sendo de 89,23 m, registrada no período de cheia (17/03/2014), e a menor cota diária passou a ser de 82,47 m, registrada entre os dias 24 a 26 de setembro/2016, no último período de estiagem. Ressalta-se que neste período foram registradas as menores afluências de todo o período de monitoramento, assim como também estava sendo liberada na UHE Pimental (Casa de Força Complementar), para o TVR, toda a vazão afluente.

A **Figura 11.1.2 - 27** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas, em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias, para o período de outubro/2010 a novembro/2016.

A estação UHE Belo Monte Mangueiras apresenta uma distribuição similar à estação de UHE Belo Monte Montante, com curvas suaves e pouco picos. Similarmente, a maior dispersão é relativa às medições no período de cheia.

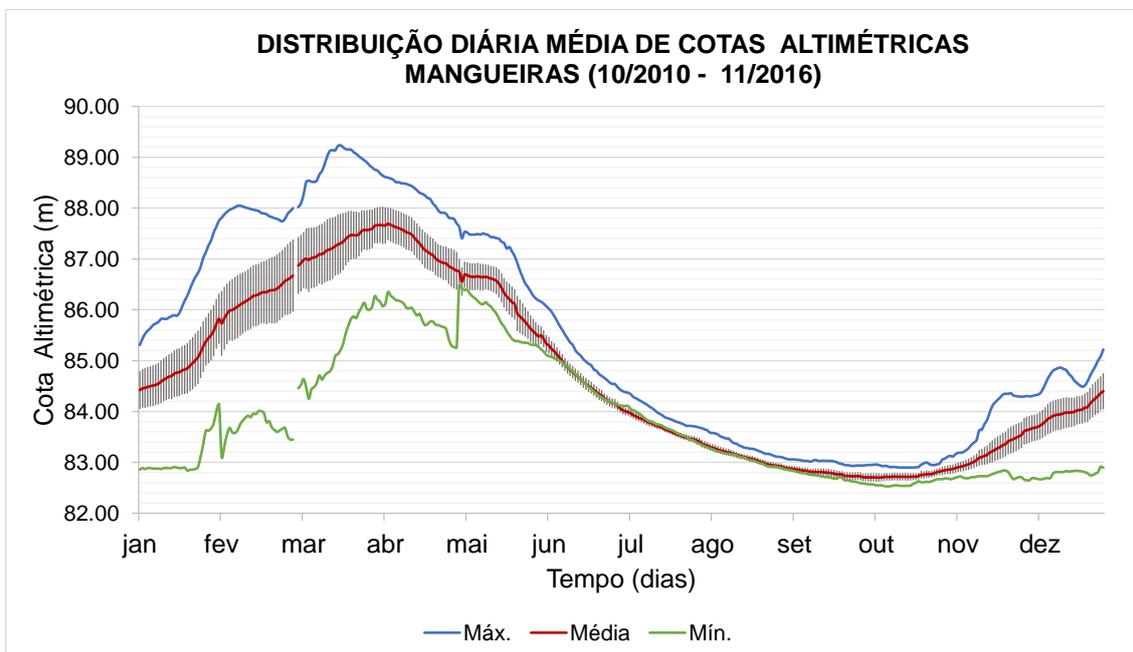


Figura 11.1.2 - 27 – Distribuição diária média de cotas - Estação UHE Belo Monte Mangueiras.

Nas **Figuras 11.1.2 - 28 e 11.1.2 - 29** apresenta-se a evolução diária de cotas altimétricas na estação Ilha da Fazenda para dois períodos de monitoramento: (1) pré-enchimento (outubro/2010 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016).

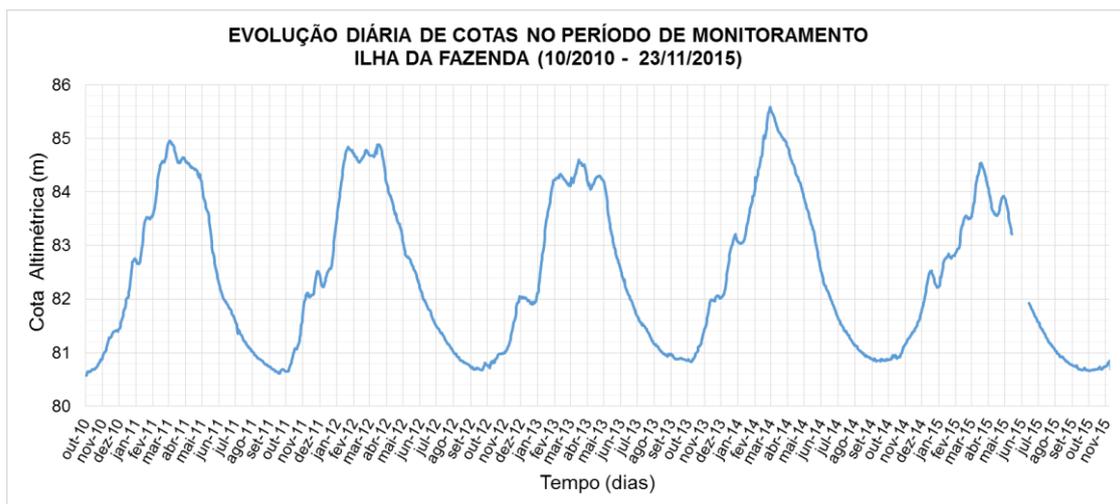


Figura 11.1.2 - 28 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (1) Pré-enchimento dos Reservatórios - UHE Belo Monte - Estação Ilha da Fazenda.

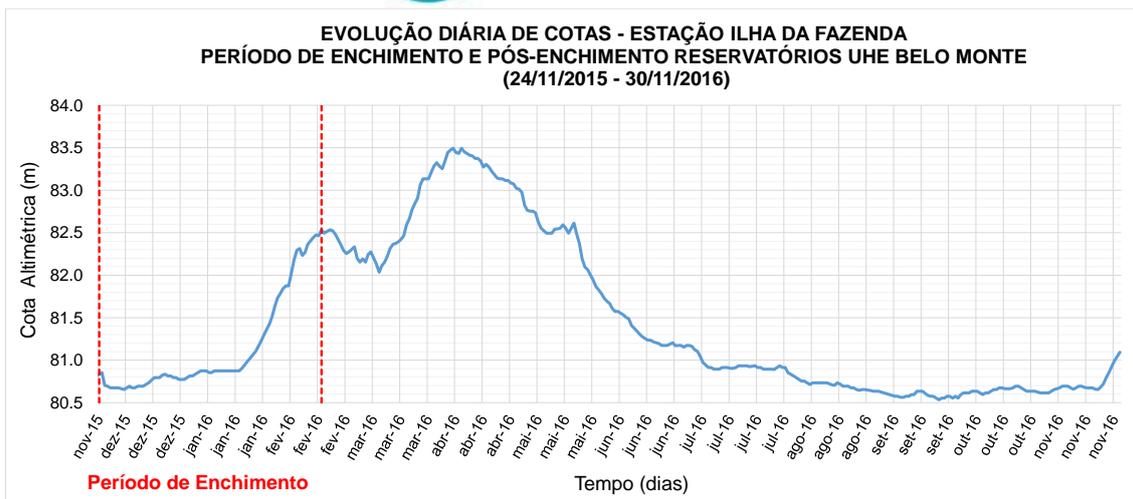


Figura 11.1.2 - 29 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação Ilha da Fazenda.

Na estação Ilha da Fazenda, a maior cota diária média observada no período de monitoramento (outubro/2010 a novembro/2016) continua sendo de 85,58 m, registrada no período de cheia (17/03/2014), e a menor cota registrada, 80,53 m, ocorreu em 25 de novembro/2016, sendo apenas 4 cm menor que a menor cota registrada no período de monitoramento anterior à formação do TVR. Este comportamento é similar ao apresentado para a estação UHE Belo Monte Montante, conforme será apresentado comparativamente na **Figura 11.1.2 – 29**.

A **Figura 11.1.2 - 30** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias para o período de outubro/2010 a novembro/2016. Analogamente às estações do rio Xingu, já abordadas, o comportamento limnimétrico da estação Ilha da Fazenda apresenta variações suaves, com pico de cheias em março/abril e menores níveis em outubro.

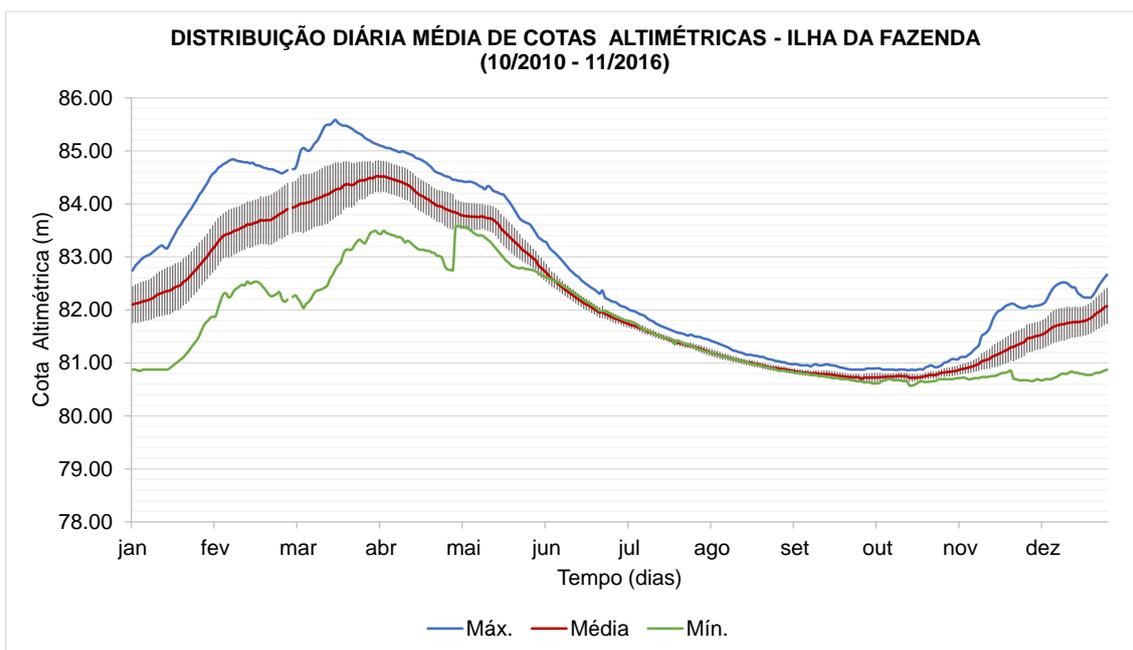


Figura 11.1.2 - 30 – Distribuição diária média de cotas - Estação Ilha da Fazenda.

A seguir, nas **Figuras 11.1.2 - 31** e **11.1.2 - 32** apresenta-se a evolução diária de cotas altimétricas na estação UHE Belo Monte Jusante para dois períodos de monitoramento: (1) pré-enchimento (dezembro/2011 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016).

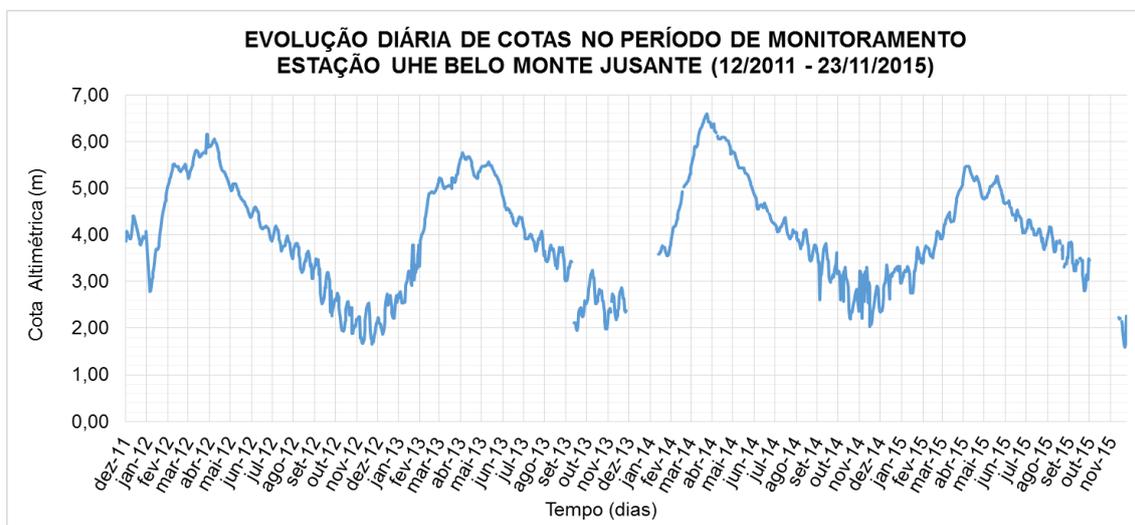


Figura 11.1.2 - 31 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Jusante.

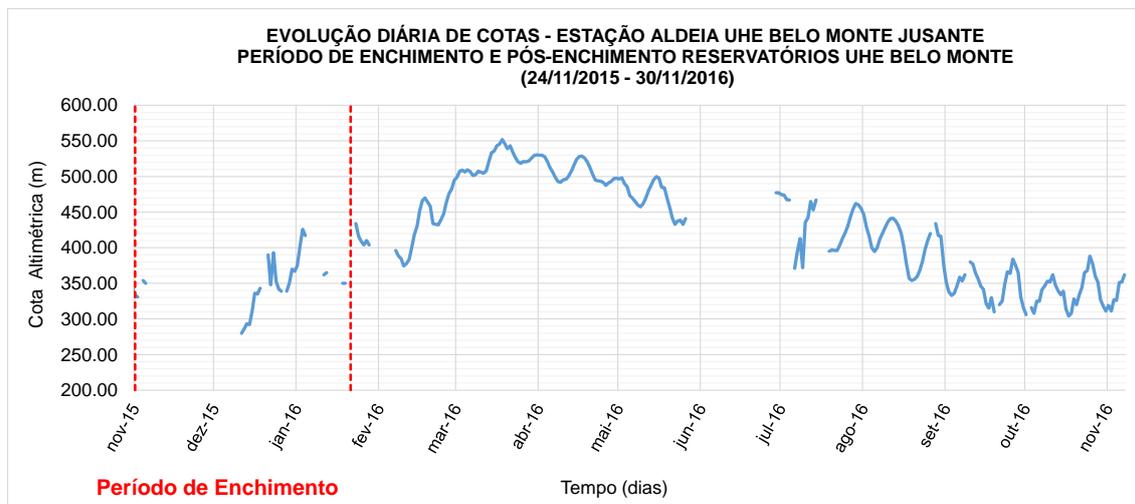


Figura 11.1.2 - 32 – Evolução diária de cotas limnimétrica Rio Xingu - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Jusante.

No período de monitoramento da estação UHE Belo Monte Jusante, a maior cota limnimétrica diária média observada continua sendo de 7,71 m, registrada no período de cheia (24/03/2014), e a menor foi registrada em 09/11/2016, com 3,04 m de leitura de régua, assim como nas demais estações, em virtude da baixa vazão afluente registrada no rio Xingu no período.

A **Figura 11.1.2 - 33** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias para o período de dezembro/2011 a novembro/2016.

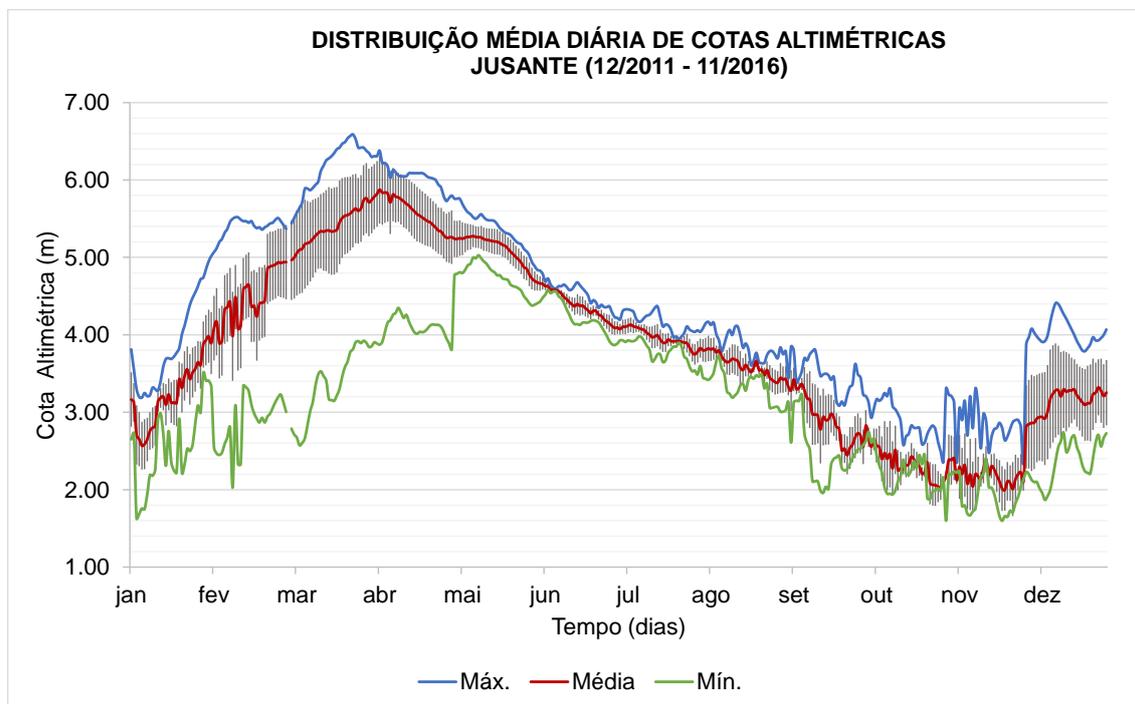


Figura 11.1.2 - 33 – Distribuição diária média de cotas - Estação UHE Belo Monte Jusante.

Na representação gráfica apresentada nas **Figuras 11.1.2 - 31 e 11.1.2 - 32**, assim como na **Figura 11.1.2 - 33**, para a variação do nível na seção de medição da estação UHE Belo Monte Jusante, observa-se grande variação nos níveis medidos em curto espaço de tempo, especialmente para o período de abril a dezembro. Isto é efeito da influência dos níveis do rio Amazonas nas cotas da estação UHE Belo Monte Jusante, o que ocorre ao longo de todo o ano.

A estação de Altamira apresenta histórico consolidado de dados hidrológicos e tem sido uma fonte principal de informações até o início do enchimento do reservatório do Xingu. Com a formação do reservatório do Xingu, os níveis de água registrados na estação Altamira não mais podem ser associados às vazões da curva-chave da estação, devido aos efeitos do remanso.

Registra-se, nas **Figuras 11.1.2 - 34 e 11.1.2 - 35**, a evolução de cotas altimétricas na estação Altamira para dois períodos de monitoramento: (1) pré-enchimento (janeiro/1971 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016).

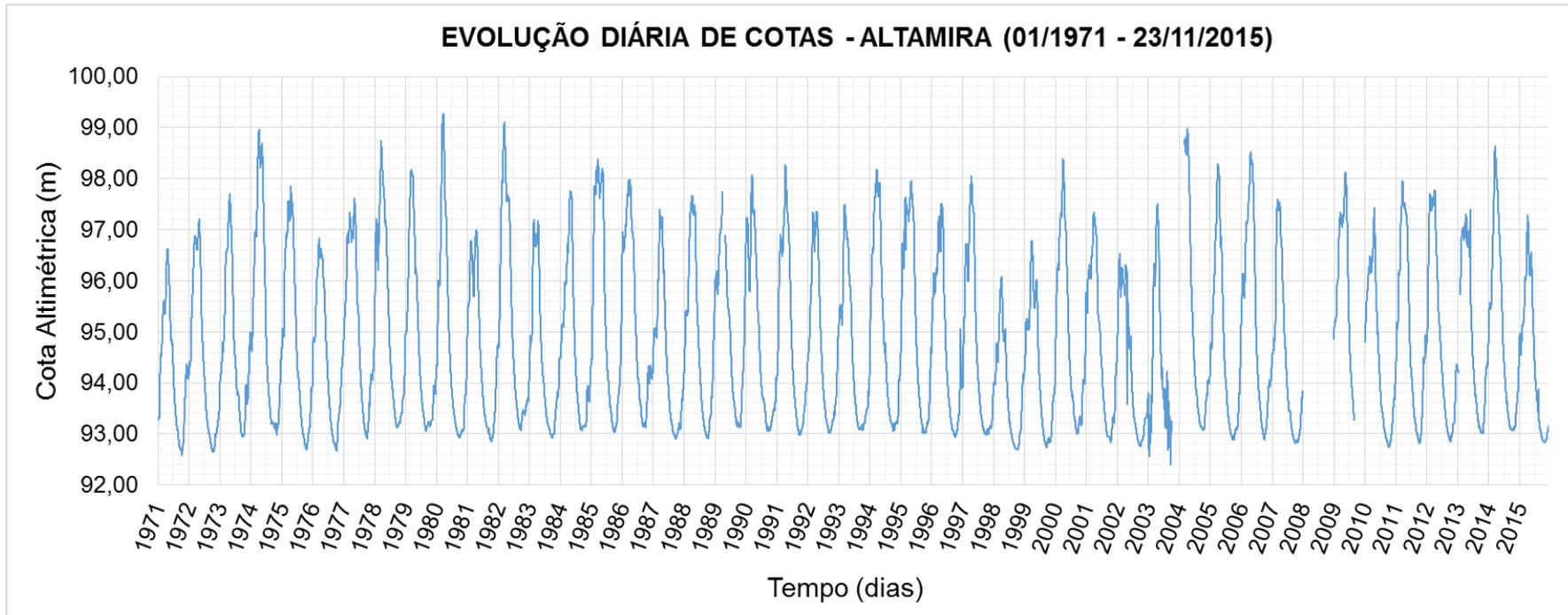


Figura 11.1.2 - 34 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação Altamira.

Na estação de Altamira, a maior cota diária média do histórico janeiro/1971 a novembro/2016 foi de 99,27 m, correspondente a uma vazão de 32.330 m³/s (17 a 19 de março/1980), e a menor cota diária foi de 92,40 m (20/09/2003), correspondente à vazão de 365 m³/s. Destaca-se que estes são registros diários pontuais. Em termos de médias mensais, tem-se que o mês de outubro/1972 apresenta o menor valor (641 m³/s) e o mês de março/1980 o maior valor médio (30.200 m³/s).

Durante o período de enchimento dos reservatórios (23 de novembro/2015 a 13 de fevereiro/2016), a cota na estação Altamira variou de 93,01 m até a cota nominal de operação da UHE Belo Monte de 97,00 m.

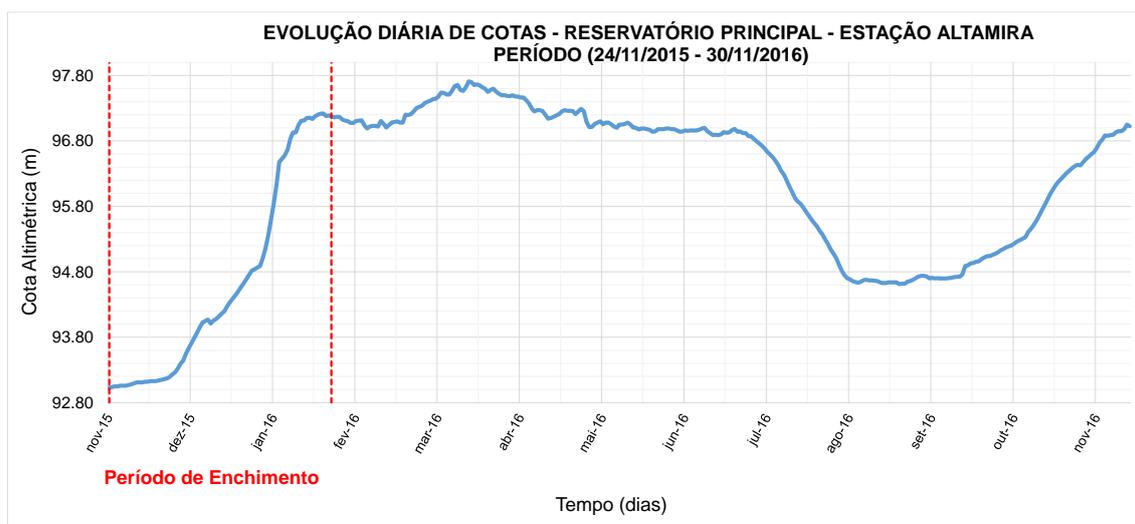


Figura 11.1.2 - 35 – Evolução diária de cotas Rio Xingu - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento dos Reservatórios UHE Belo Monte - Estação Altamira.

Especificamente no período de monitoramento da estação Altamira, no âmbito deste Projeto (outubro/2010 a novembro/2016), a maior cota diária média foi de 98,64 m, registrada nos dias 16 e 17/03/2014, e a menor foi de 92,74 m, de 12 a 18 de outubro/2010. Ressalta-se que os níveis apresentados para a estação Altamira a partir de 24 de novembro/ 2015 caracterizam a formação do Reservatório do Xingu.

A **Figura 11.1.2 - 36** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias, para o período de janeiro/1971 até o início do enchimento (novembro/2015).

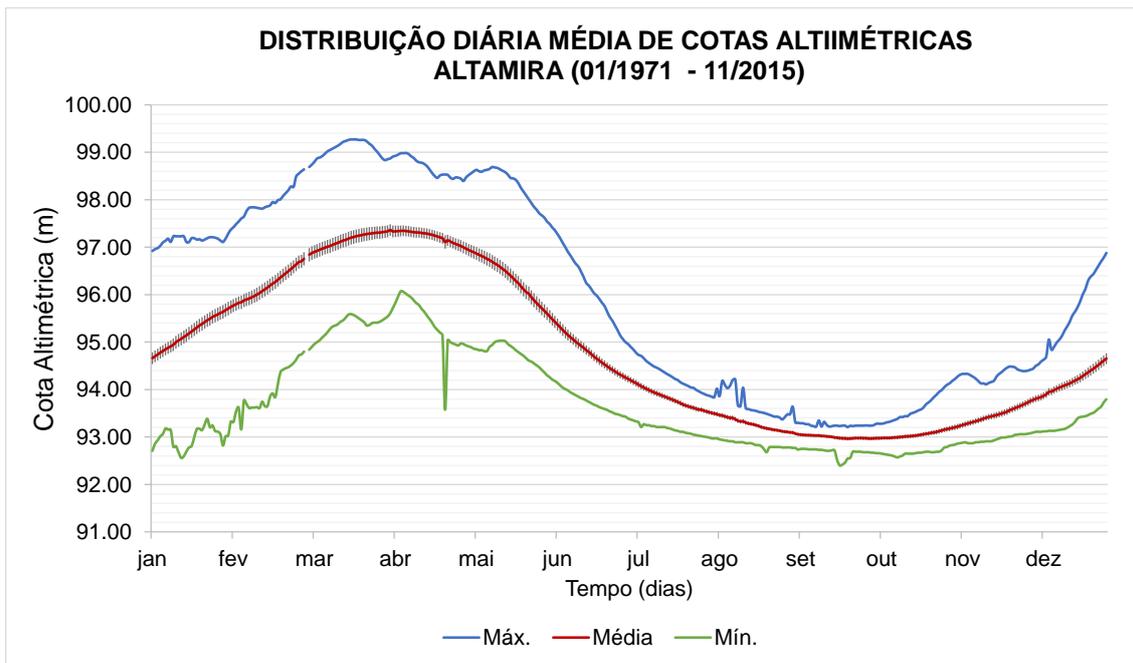


Figura 11.1.2 - 36 – Distribuição diária média de cotas - Estação Altamira.

A relação cota x vazão, válida até o início do enchimento dos reservatórios, é apresentada no gráfico da **Figura 11.1.2 - 37**.

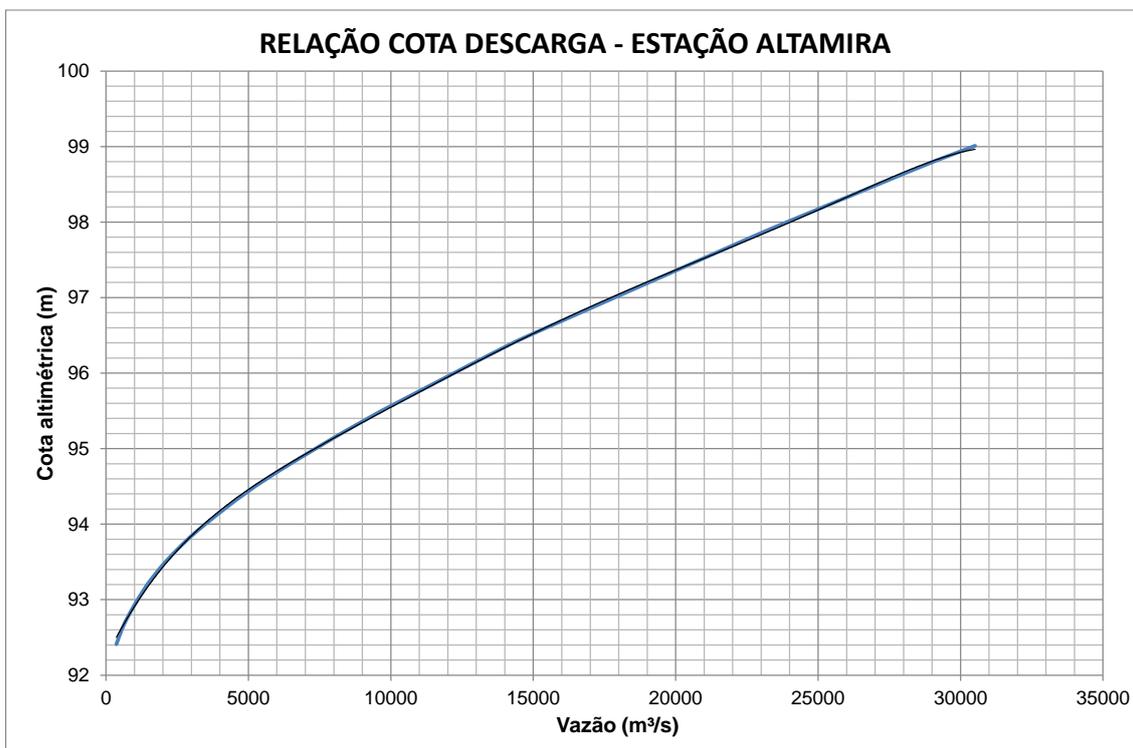


Figura 11.1.2 - 37 – Relação cota x vazão na estação Altamira entre vazões de 365 m³/s a 30.510 m³/s monitoradas no período de 1971 a 2015.

Na **Figura 11.1.2 - 38**, registram-se informações mensais de vazão e precipitação para o período de monitoramento de dezembro/2011 a novembro/2016, na estação de Altamira.

No gráfico pode ser observada a distribuição da precipitação total mensal calculada com base no monitoramento e na média histórica da estação, bem como a variação das vazões medidas.

Ressalta-se que os registros de precipitação mensal para quase todos os meses do último ano hidrológico superam a média histórica, assim como registros de precipitação correspondentes dos anos anteriores; entretanto, a vazão média mensal do rio Xingu nos referentes meses não acompanhou a alta da precipitação.

Estes dados exemplificam o fato de que as vazões no rio Xingu em Altamira são resultantes não só do volume de precipitação direta na região do entorno da UHE Belo Monte, mas refletem toda a condição do balanço hídrico da bacia do rio Xingu a montante do empreendimento. Em uma escala mais macro, é pertinente afirmar que os efeitos “El niño e La niña” na região Amazônica, particularmente a partir do final de 2014, tiveram um papel determinante na redução de vazão nos rios de toda a bacia hidrográfica, efeitos estes que superam a intensidade dos efeitos das ocorrências de chuva locais no entorno do empreendimento.

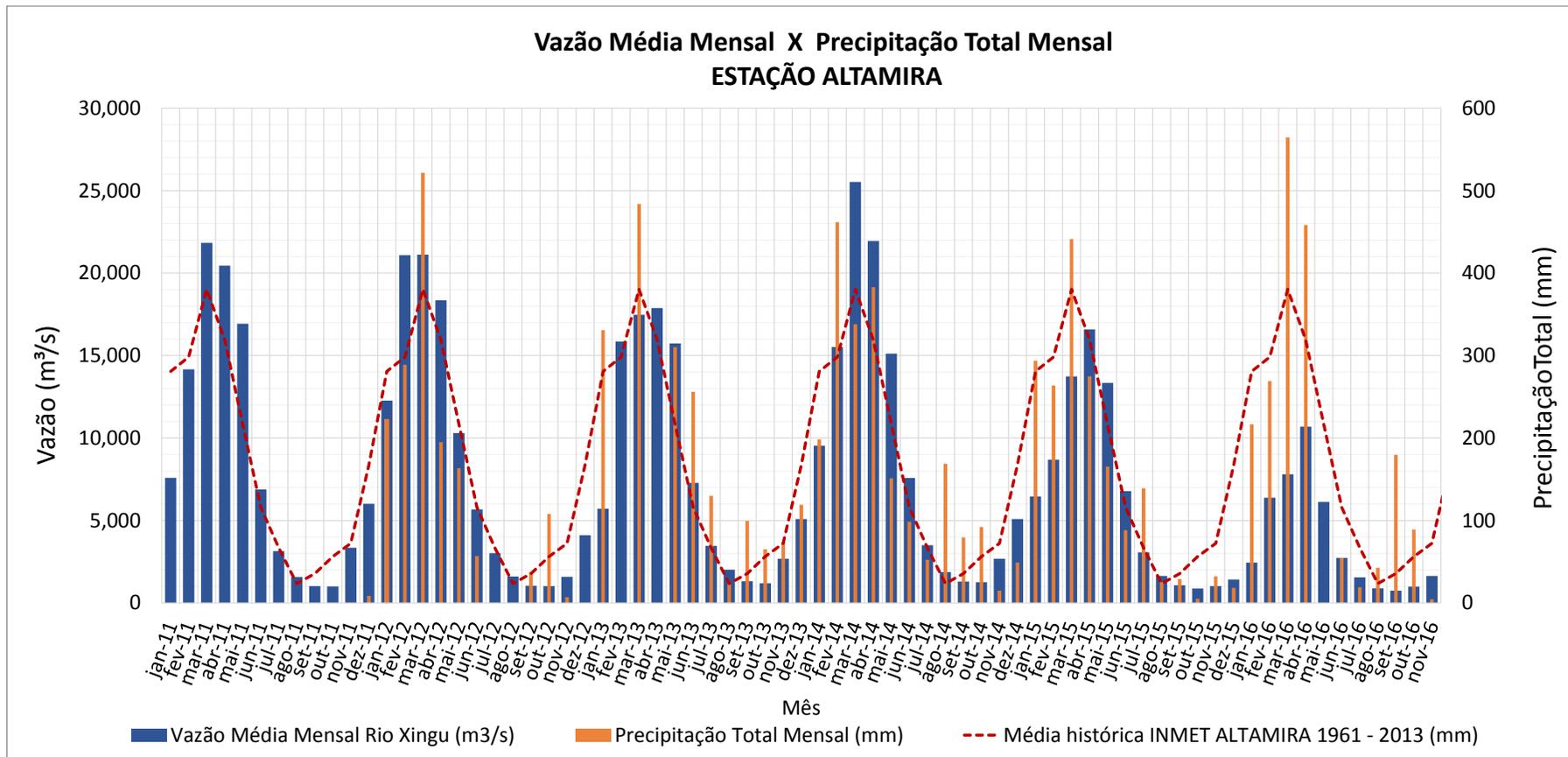


Figura 11.1.2 - 38 – Dados mensais da estação de Altamira de 12/2011 a 11/2016.

O **Quadro 11.1.2 - 3** apresenta os valores do gráfico da **Figura 11.1.2 - 38**. Os meses de agosto/2012, dezembro/2012, fevereiro/2013, abril/2013 e maio/2016 apresentaram falhas diárias e, por isso, não foi somado o total de precipitação mensal para os referidos meses, conforme metodologia discutida no Programa de Monitoramento do Microclima Local (PBA 11.5).

Quadro 11.1.2 - 3 – Dados mensais da estação de Altamira de 12/2011 a 11/2016.

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m³/s)	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL(mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1961 - 2013 (mm)
dez-11	6.008,7	8,6	167,1
jan-12	12.271,5	222,4	280,9
fev-12	21.093,1	288,9	298,2
mar-12	21.114,9	521,6	380,3
abr-12	18.358,7	194,9	319,2
mai-12	10.301,1	163,4	216,5
jun-12	5.675,4	56,8	115,9
jul-12	3.016,8	33,4	66,6
ago-12	1.606,5	-	23,4
set-12	1.042,7	37,5	35,7
out-12	1.022,6	112,3	56,2
nov-12	1.580,6	19,8	72,4
dez-12	4.099,6	-	167,1
jan-13	5.714,6	330,9	280,9
fev-13	15.856,2	-	298,2
mar-13	17.472,3	483,9	380,3
abr-13	17.886,7	-	319,2
mai-13	15.728,6	310,2	216,5
jun-13	7.277,1	256,1	115,9
jul-13	3.456,0	129,9	66,6
ago-13	2.016,9	22,9	23,4
set-13	1.322,0	99,5	35,7
out-13	1.194,0	65,0	56,2
nov-13	2.683,9	76	72,4
dez-13	5.087,5	119	167,1
jan-14	9.533,6	198,2	280,9
fev-14	15.521,1	461,7	298,2
mar-14	25.524,6	337,9	380,3
abr-14	21.950,1	382,8	319,2
mai-14	15.122,0	151,2	216,5
jun-14	7.581,1	98,4	115,9

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m ³ /s)	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL(mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1961 - 2013 (mm)
jul-14	3.498,7	52,3	66,6
ago-14	1.871,5	142,3	23,4
set-14	1.302,4	79,4	35,7
out-14	1.256,1	92,2	56,2
nov-14	2.684,0	14,9	72,4
dez-14	5.087,0	48,9	167,1
jan-15	6.452,0	293,8	280,9
fev-15	8.687,0	263,7	298,2
mar-15	13.735,0	441,3	380,3
abr-15	16.580,0	274,8	319,2
mai-15	13.342,00	165,2	216,5
jun-15	6.779,00	88,2	115,9
jul-15	3.064,81	139,0	66,6
ago-15	1.632,39	25,4	23,4
set-15	1.069,73	29,0	35,7
out-15	880,48	5,1	56,2
nov-15	1.023,00(*)	32,30	72,4
dez-15	1.425,00(*)	18,30	167,1
jan-16	2.442,00(*)	216,70	280,9
fev-16	6.379,00(*)	269,2	298,2
mar-16	7.798,00(*)	564,5	380,3
abr-16	1.0693(*)	458,2	319,2
mai-16	6.127,00	-	216,5
jun-16	2.732,00	54,4	115,9
jul-16	1.550,00	19,0	66,6
ago-16	890,00	42,5	23,4
set-16	745,00	179,7	35,7
out-16	991,00	89,0	56,2
nov-16	1.635,44	4,50	72,4

(*) As vazões médias a partir de novembro/15 são regidas pela adoção do Hidrograma de Consenso B para as vazões defluentes ao TVR.

No **Quadro 11.1.2 - 4** é apresentada a síntese das análises quanto à relação cota *versus* vazão e amplitude de variação limnimétrica das seções no rio Xingu monitoradas no âmbito do presente Projeto.

Quadro 11.1.2 - 4 – Síntese do monitoramento - Rio Xingu

ESTAÇÃO	PERÍODO DO MONITORAMENTO CONSIDERADO	AJUSTE PRELIMINAR DA CURVA-CHAVE	MAIOR COTA ALTIMÉTRICA DIÁRIA MÉDIA (m)	MENOR COTA ALTIMÉTRICA DIÁRIA MÉDIA (m)
			DATA DO REGISTRO	
Montante	10/2010 a 11/2016	$Q = 150,2934(H-0,50)^{2,2922}$ p/ $H \leq 4m$ $Q = 482,1535 (H-1,60)^{1,948}$ $H > 4m$	105,28 (16/03/14)	98,00 (27/09/16)
Altamira	01/1971 a 11/2015	$Q = 1170,08(H-92)^{1,6798}$	98,64 (16 e 17/03/14)	92,74 (12 a 18/10/10)
Mangueiras	01/2012 a 01/2016	$Q = 1148,08(H - 81,82)^{1,5683}$ p/ $H < 86,67m$ $Q = 1800(H - 83,05)^{1,5150}$ p/ $H \geq 86,67m$	89,23 (17/03/14)	82,47 (24 a 26/09/16)
Ilha da Fazenda	10/2010 a 11/2016	$Q = 604,702(H-80)^{1,744105}$	85,58 (17/03/14)	80,53 (25/11/16)
Jusante	10/2012 a 11/2016	$Q = 8,542(H+1)^{4,2783}$	6,59 (24/03/14)	1,24 (09/11/16)

Com relação ao registro de níveis do rio Xingu nas três seções limnimétricas a jusante do barramento principal, observa-se, conforme apresentado no gráfico comparativo das cotas limnimétricas (leituras de réguas), na **Figura 11.1.2 - 39**, que o último ciclo hidrológico apresentou os menores registros dos últimos cinco anos de monitoramento, assim como também registrado na estação de UHE Belo Monte Montante.

Adicionalmente, observa-se que os picos, vales e demais contornos dos cotogramas ao longo do período de monitoramento (jan/2012 a novembro/2016) apresentam a mesma tendência para as três estações comparadas, com exceção dos trechos de vazante e seca da estação UHE Belo Monte Jusante (Tartarugas), que sofre influências da maré e do remanso do rio Amazonas, particularmente mais acentuada nesses períodos. Portanto, apesar da atenuação dos picos do hidrograma e escassez hídrica da bacia do rio Xingu como um todo nos últimos dois anos, as estações refletem que foram mantidas as variações sazonais do rio Xingu no primeiro ano após a formação do reservatório da UHE Belo Monte. Ressalta-se que tais variações também são regidas pela adoção do Hidrograma Ecológico de Consenso B para o TVR.

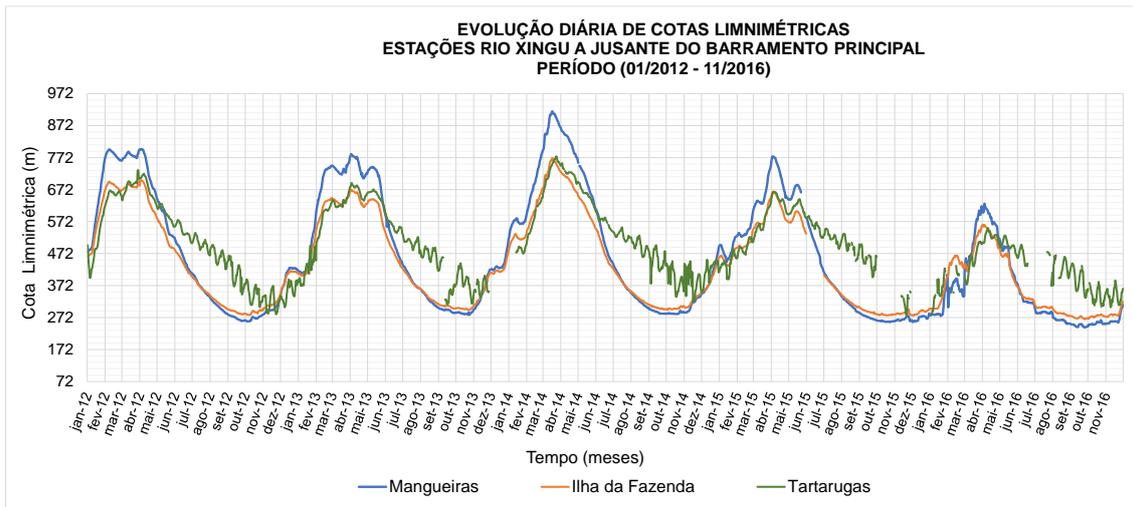


Figura 11.1.2 - 39 – Evolução diária comparativa das cotas limnimétricas nas estações do rio Xingu a jusante do barramento principal.

11.1.2.2.3. IGARAPÉS DA CIDADE DE ALTAMIRA

A seguir são apresentados os resultados do monitoramento até novembro/2016 de níveis e vazões em quatro estações localizadas nos igarapés no entorno de Altamira: igarapés Altamira, Ambé (Cipó Ambé e Cupiúba) e Panelas.

As estações de monitoramento de nível e vazão nas estações UHE Belo Monte Igarapé Altamira e UHE Belo Monte Igarapé Panelas foram realocadas para montante, para pontos no mesmo igarapé, em decorrência da influência do remanso após o enchimento do reservatório do Xingu.

A **Figura 11.1.2 - 40** apresenta as áreas de drenagem das estações dos igarapés de Altamira. Conforme mostrado, as áreas de drenagem totais das estações hidrométricas dos igarapés são: Igarapé Panelas (realocada) = 262,5 km²; Igarapé Altamira (realocada) = 91,7 km²; Igarapé Cupiúba = 39,9 km²; e Igarapé Cipó Ambé = 135,9 km².

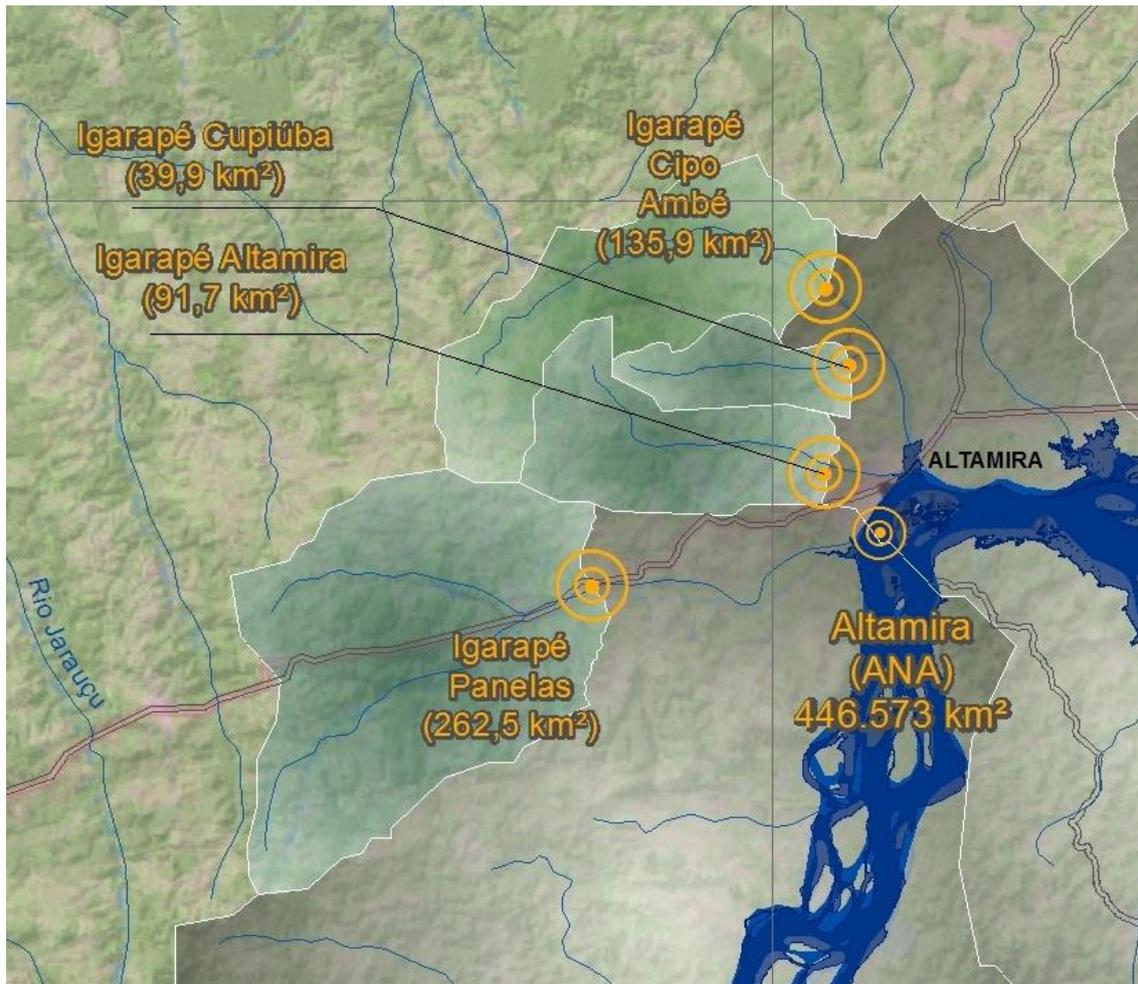


Figura 11.1.2 - 40 – Área de Drenagem a Montante das Estações dos Igarapés de Altamira.

11.1.2.2.3.1. CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO E AJUSTE DE CURVAS-CHAVE – IGARAPÉS DE ALTAMIRA

As curvas-chave ajustadas para as quatro seções de medição nos igarapés de Altamira são apresentadas nas **Figuras 11.1.2 - 41 a 11.1.2 - 44**, juntamente com suas equações.

A curva-chave ajustada para a estação UHE Belo Monte Igarapé Panelas é apresentada na **Figura 11.1.2 - 41**, para a qual foram utilizados os dados das campanhas até o início do enchimento do reservatório do Xingu, quando esta estação foi relocada para montante para evitar o efeito do remanso.

Conforme já apresentado no RC anterior, optou-se por segregar os pares cota x vazão em faixas de vazão características, possibilitando um melhor ajuste das curvas.

Os dados das campanhas de medição de vazão da UHE Belo Monte Igarapé Panelas incorporados, realizados após o ajuste da curva (realizado para o período pré-enchimento), foram plotados no gráfico em vermelho e apresentam uma tendência

similar aos dados anteriores, deslocados no eixo “y” devido à relocação da estação para uma seção a montante do Igarapé.

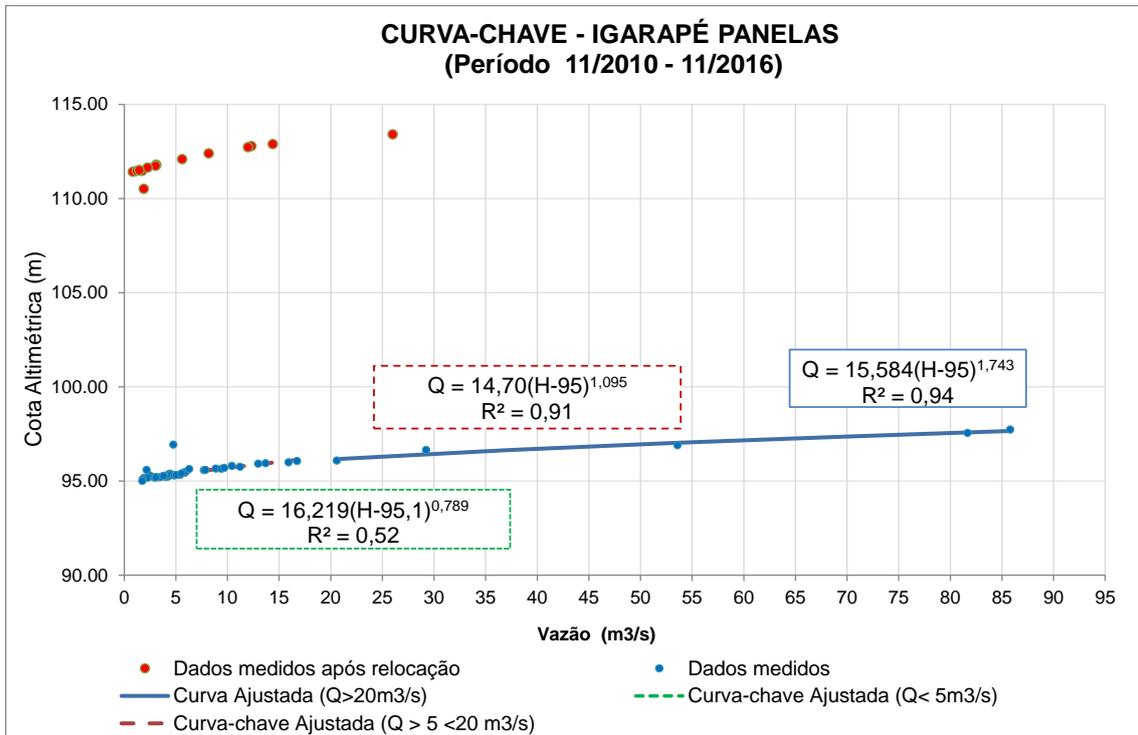


Figura 11.1.2 - 41 – Curva-chave – Estação UHE Belo Monte Igarapé Panelas.

A curva-chave ajustada para a estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira, considerando-se os registros de medição de vazão até novembro/2015, é apresentada na Figura 11.1.2 - 42.

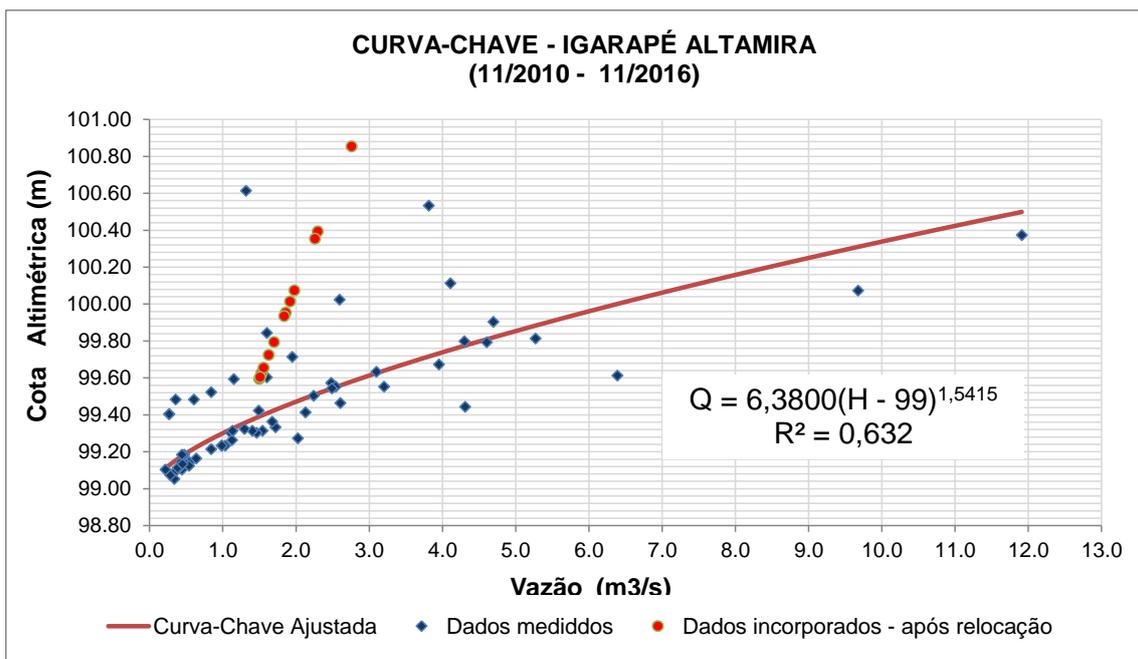


Figura 11.1.2 - 42 – Curva-chave – Estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira.

Observa-se uma grande dispersão dos dados em relação à curva de ajuste. A dispersão quanto aos dados de maior cota pode ser justificada pela maior influência do efeito do remanso do rio Xingu no período de cheia. Já com relação à dispersão dos dados com cotas inferiores, é razoável afirmar que esta tenha sido resultante das obras de reconformação realizadas nos igarapés que cortam a região urbana de Altamira.

Os dados das campanhas de medição de vazão na estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira incorporados após o ajuste da curva (realizado para o período pré-enchimento) foram plotados no gráfico em vermelho. Observa-se que os referidos dados apresentam um ajuste diferenciado em relação ao ajuste anterior, o que é justificado pela nova seção de medição ser mais encaixada, ou seja a variação da vazão resulta em maior variação na cota de medição.

A curva-chave ajustada para a estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba é apresentada na **Figura 11.1.2 - 43**.

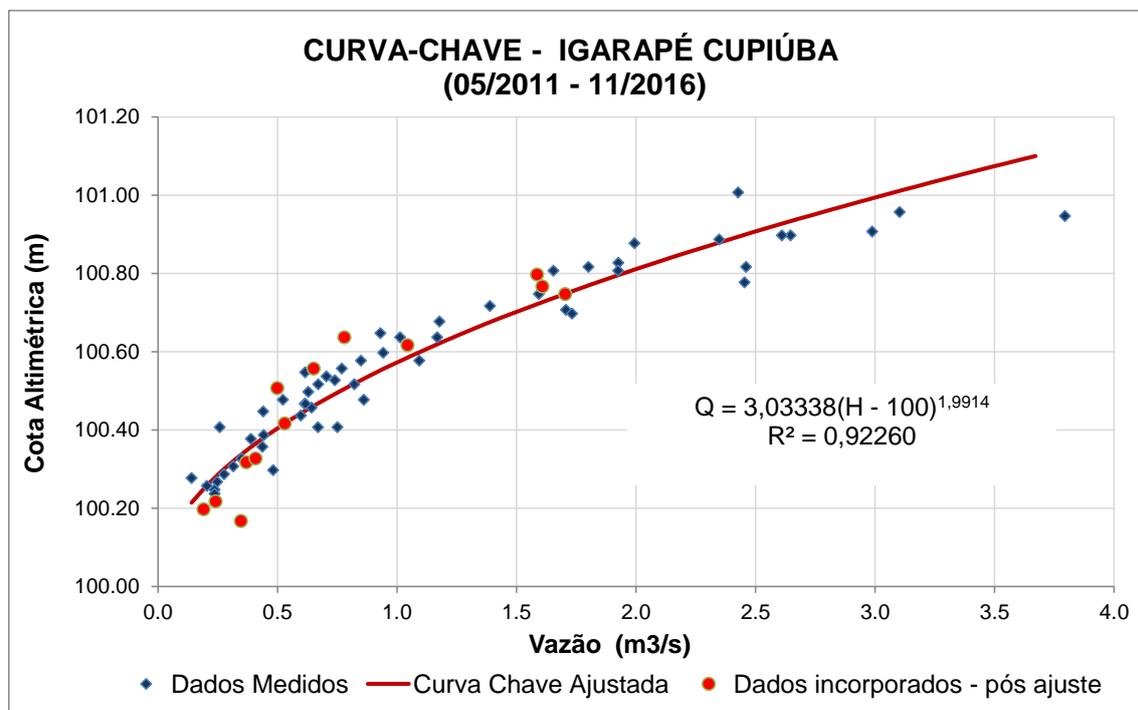


Figura 11.1.2 - 43 – Curva-chave - Igarapé Cupiúba.

O ajuste da curva-chave da estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba apresenta bom coeficiente de determinação.

Os dados das campanhas de medição de vazão na estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba incorporados após o ajuste da curva (realizado para o período pré-enchimento) foram plotados no gráfico em vermelho. Observa-se que os referidos dados apresentam uma boa adesão em relação ao ajuste anterior, não sendo, portanto, observadas alterações pós-enchimento do reservatório.

A curva-chave ajustada até o momento para estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé é apresentada na **Figura 11.1.2 - 44**.

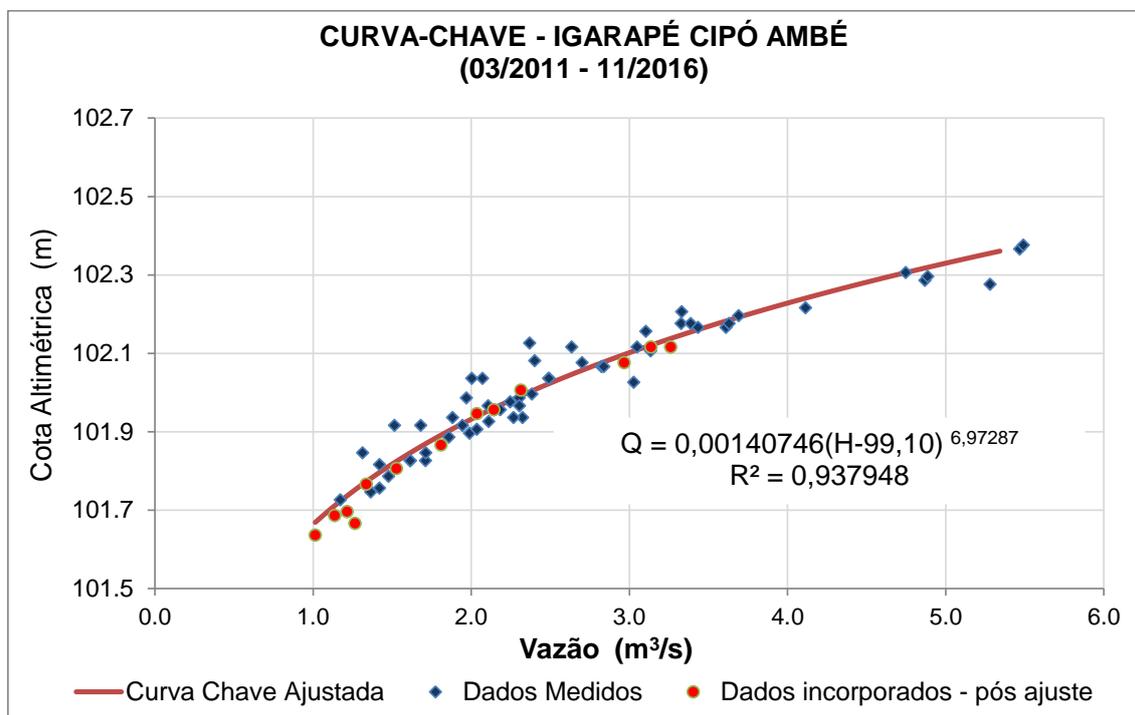


Figura 11.1.2 - 44 – Curva-chave - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé.

Conforme já evidenciado no relatório consolidado anterior, a curva-chave ajustada para a estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé é aderente aos dados medidos e apresenta coeficiente de determinação satisfatório.

Os dados das campanhas de medição de vazão na estação UHE Belo Monte Cipó Ambé incorporados após o ajuste da curva (realizado para o período pré-enchimento) foram plotados no gráfico em vermelho. Similarmente ao observado para os dados do Igarapé Cupiúba, estes apresentam uma boa adesão em relação ao ajuste anterior, não sendo, portanto, observadas alterações pós-enchimento do reservatório.

No **Anexo 11.1.2 - 1** são registrados os dados de campanhas mensais de medição de vazão para as seções monitoradas nos Igarapés de Altamira, no qual podem ser observados, separadamente, os dados de cotas e vazões utilizados na elaboração das curvas, bem como parâmetros hidráulicos coletados durante as medições.

11.1.2.2.3.2. MONITORAMENTO DE NÍVEIS – IGARAPÉS DE ALTAMIRA

A seguir, nas **Figuras 11.1.2 - 45 a 11.1.2 - 54**, apresenta-se a evolução diária de cotas altimétricas nas estações UHE Belo Monte Igarapé Pannels, UHE Belo Monte Igarapé Altamira, UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba e UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé, para dois períodos de monitoramento - (1) pré-enchimento e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016) -, além da distribuição média diária de

cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias.

A evolução diária de cotas altimétricas para a estação UHE Belo Monte Igarapé Painelas, para os dois períodos de monitoramento - (1) pré-enchimento (novembro/2010 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016) -, é apresentada nas **Figura 11.1.2 - 45** e **11.1.2 - 46**.

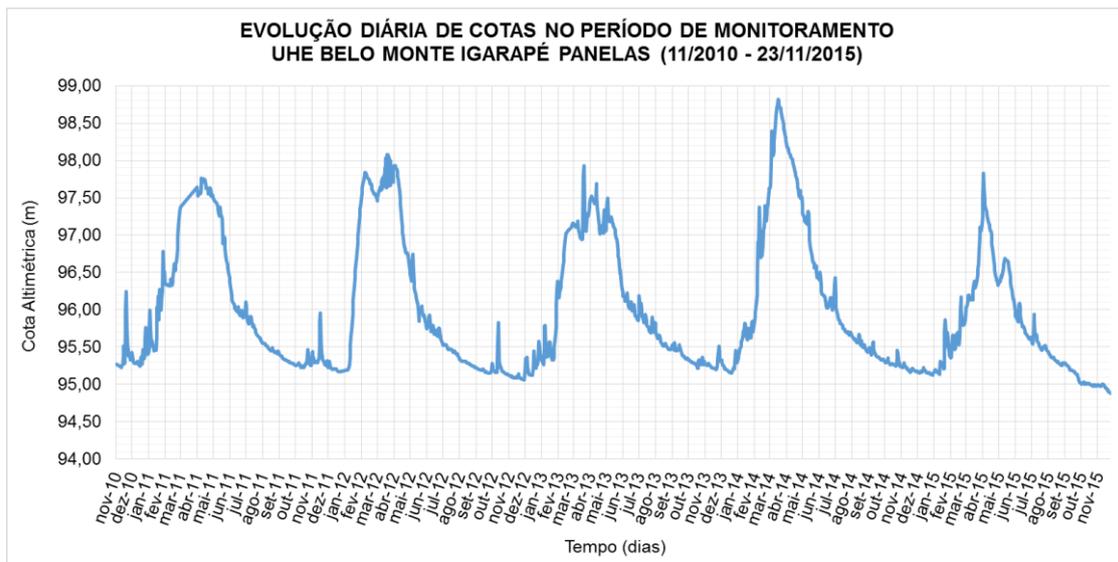


Figura 11.1.2 - 45 – Evolução diária de cotas - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Igarapé Painelas.

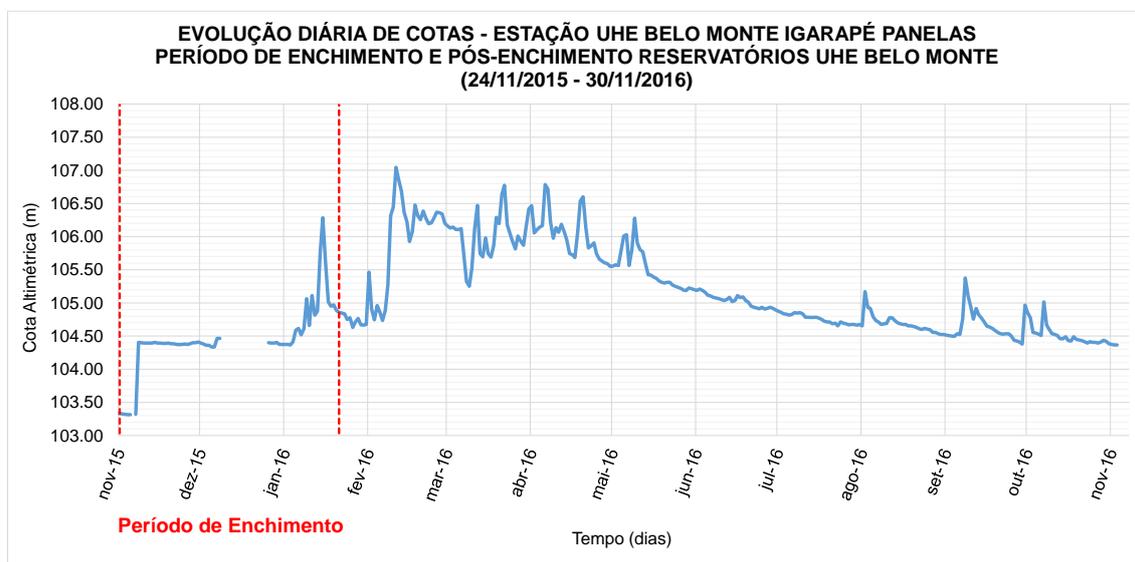


Figura 11.1.2 - 46 – Evolução diária de cotas limnimétricas- Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Igarapé Painelas.

No período de monitoramento da estação UHE Belo Monte Igarapé Painelas anterior à realocação da estação, a maior cota diária média registrada foi 98,82 m, em

16/03/2014, e a menor 95,0 m, em 07 a 17/10/2015, antes do início do enchimento do reservatório do Xingu.

Após o início do enchimento do reservatório, já considerando a relocação da estação da UHE Belo Monte Igarapé Pannels para montante, a maior cota diária média registrada foi 107,05 m, em 05/03/2016, e a menor 103,32,0 m, em 28 a 30/11/2015

A **Figura 11.1.2 - 47** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias da estação UHE Belo Monte Igarapé Pannels, para o período pré-enchimento.

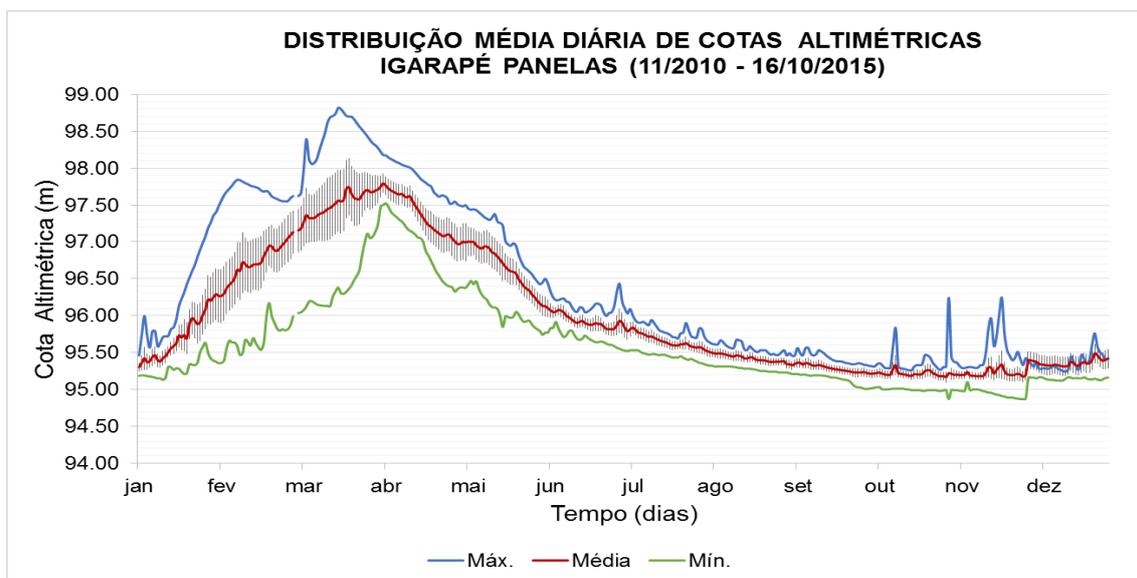


Figura 11.1.2 - 47 – Distribuição diária média de cotas - Estação UHE Belo Monte Igarapé Pannels.

A evolução diária de cotas altimétricas para a estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira, para os dois períodos de monitoramento - (1) pré-enchimento (novembro/2010 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016) -, é apresentada nas **Figuras 11.1.2 - 48 e 11.1.2 - 49**.

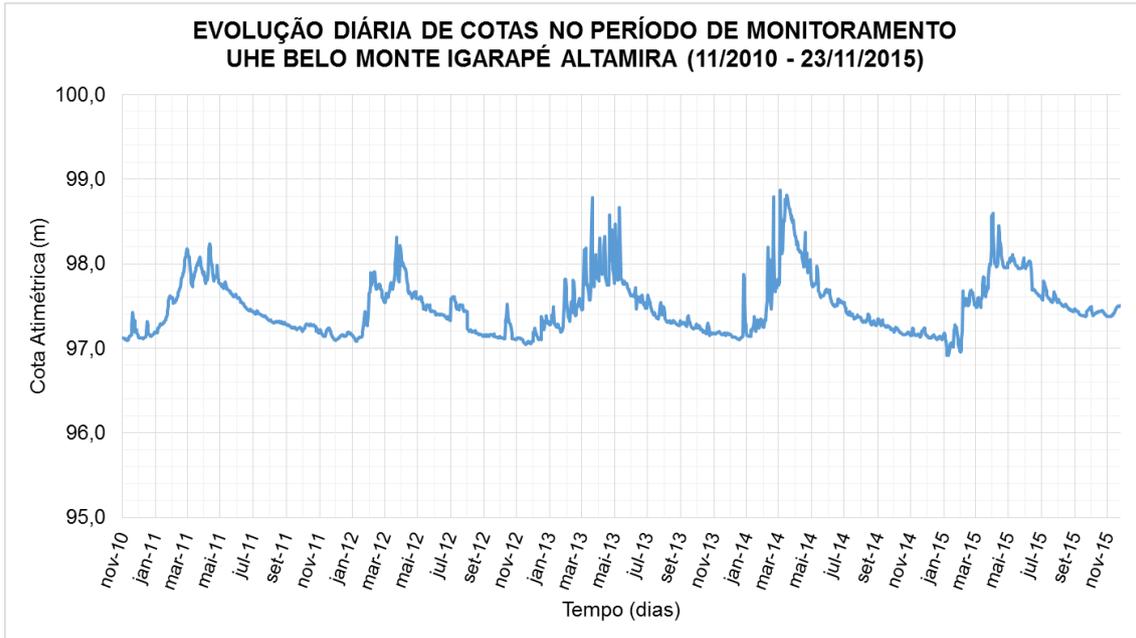


Figura 11.1.2 - 48 – Evolução diária de cotas - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira.

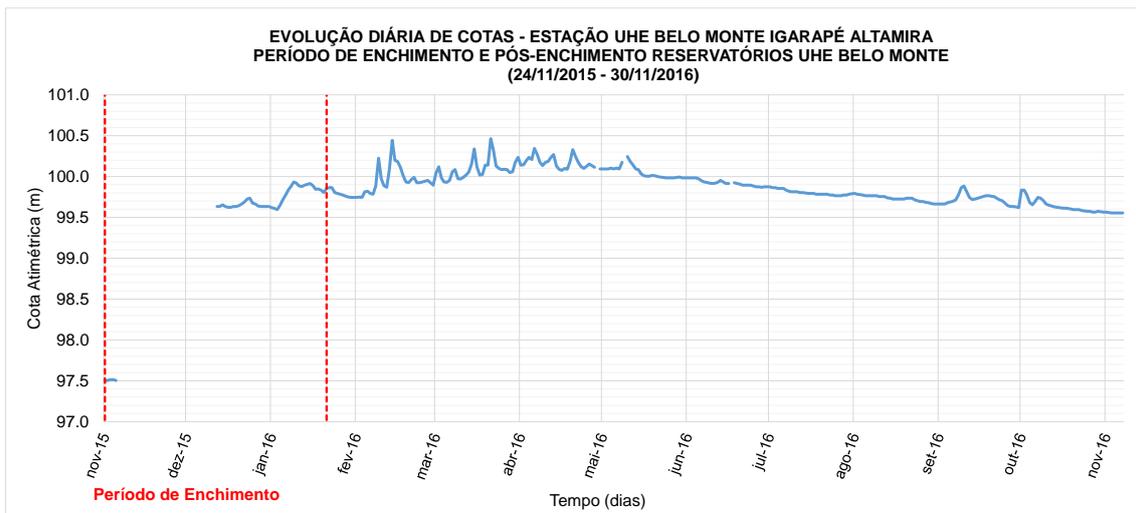


Figura 11.1.2 - 49 – Evolução diária de cotas - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira.

A maior cota diária média observada na estação da UHE Belo Monte Igarapé Altamira durante o período de monitoramento até a realocação da estação (28/11/2015) foi 98,87 m, em 04/03/2014, e a menor 96,92 m, em 10/01/2015.

Após o início do enchimento do reservatório, já considerando a realocação da estação da UHE Belo Monte Igarapé Altamira para uma seção a montante no igarapé, a maior cota diária média registrada foi 100,50 m, em 13/04/2016, e a menor 97,50 m, em 25 a 30/11/2015.

A **Figura 11.1.2 - 50** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias na estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira. Nesta estação, as cotas oscilam consideravelmente, com muitos picos diários, em uma distribuição menos homogênea, sobretudo na cheia.

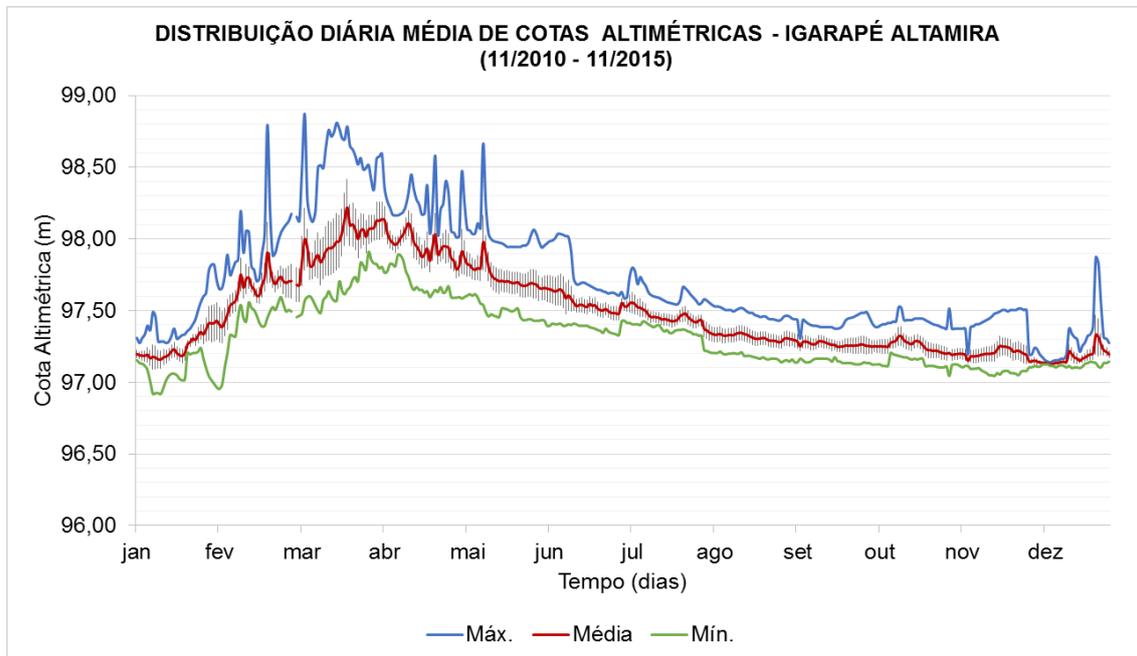


Figura 11.1.2 - 50 – Distribuição diária média de cotas - Estação UHE Belo Monte Igarapé Altamira.

A evolução diária de cotas altimétricas para a estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba, para os dois períodos de monitoramento - (1) pré-enchimento (abril/2011 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/04/2016) -, é apresentada nas **Figuras 11.1.2 - 51 e 11.1.2 - 52**.

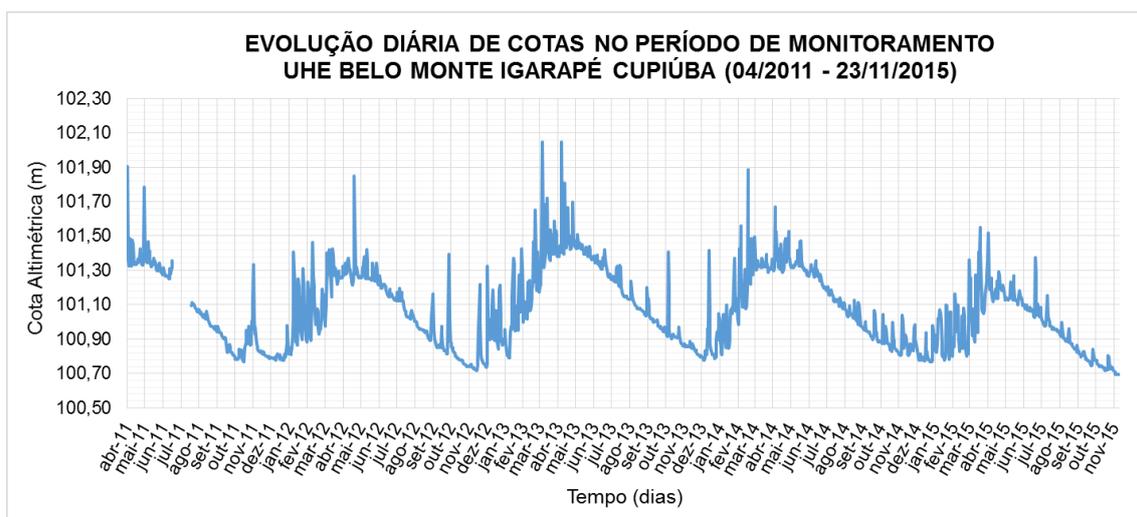


Figura 11.1.2 - 51 – Evolução diária de cotas - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba.

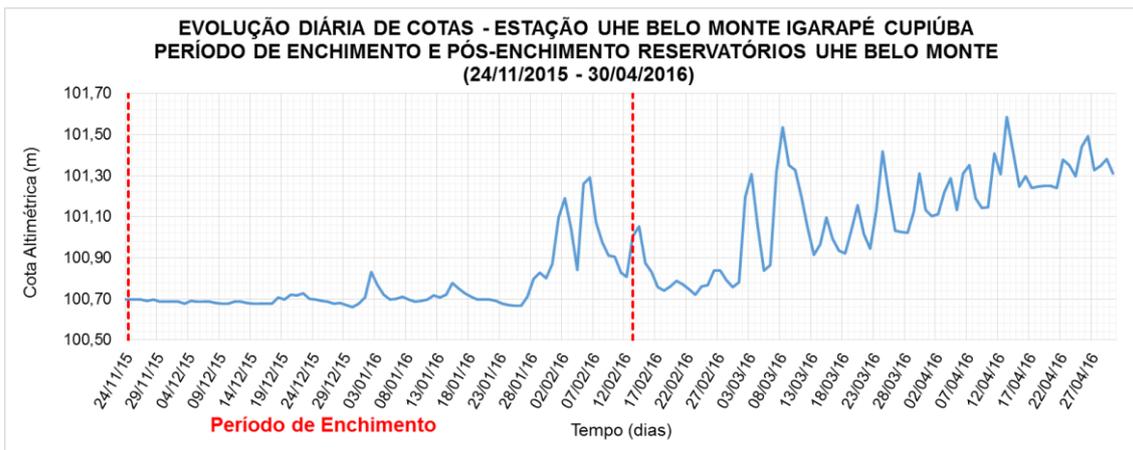


Figura 11.1.2 - 52 – Evolução diária de cotas - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba.

No período de monitoramento da estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba, de abril/2011 a novembro/2016, a maior cota diária média continua sendo 102,05 m, observada em 19/03/2013 e 21/04/2013, e a menor 100,66 m, observada em 30/12/2015.

A **Figura 11.1.2 - 53** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias da estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba.

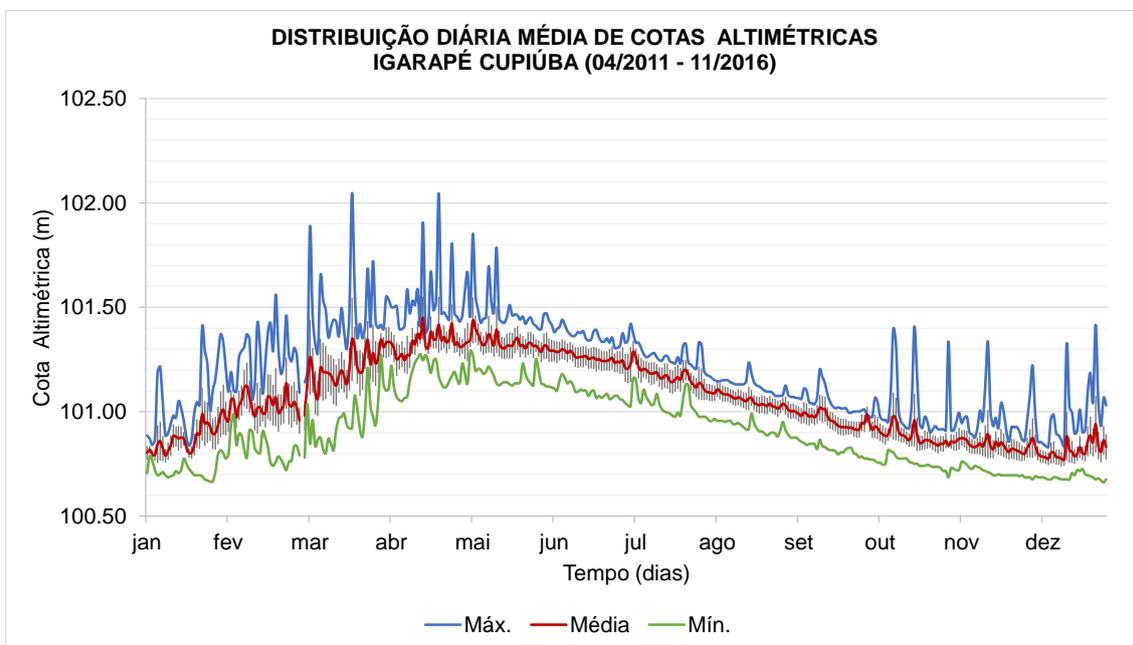


Figura 11.1.2 - 53 – Distribuição diária média de cotas - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba.

Com a incorporação dos novos registros após a formação do reservatório, ainda é possível observar uma variabilidade considerável entre as cotas na estação UHE Belo

Monte Igarapé Cupiúba, sobretudo nos períodos de enchente e cheia, conforme já sinalizado no relatório consolidado anterior. As cotas oscilam consideravelmente, com muitos picos diários, em uma distribuição menos homogênea, sendo a distribuição mais estável durante a vazante.

A evolução diária de cotas altimétricas para a estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé, para os dois períodos de monitoramento - (1) pré-enchimento (abril/2011 a novembro/2015) e (2) enchimento e pós-enchimento (24/11/2015 a 30/11/2016) -, é apresentada nas **Figuras 11.1.2 - 54 e 11.1.2 - 55**.



Figura 11.1.2 - 54 – Evolução diária de cotas - Período (1) Pré-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé.

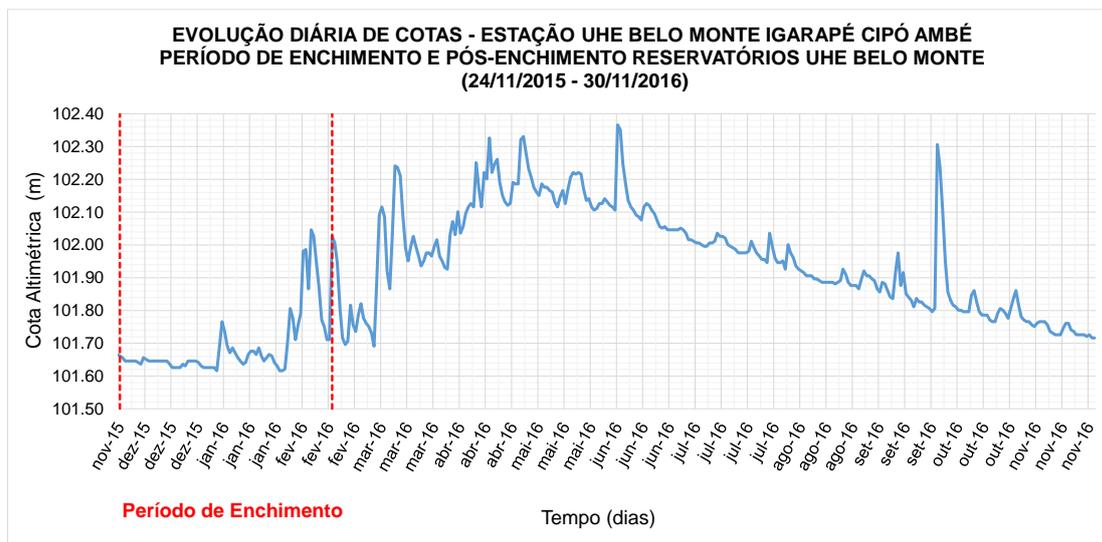


Figura 11.1.2 - 55 – Evolução diária de cotas - Período (2) Enchimento e Pós-enchimento Reservatórios UHE Belo Monte - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé.

No período de monitoramento compreendido entre abril/2011 a novembro/2016, a maior cota diária média observada na estação Cipó Ambé continua sendo de 103,61 m (25/04/2012) e a menor 101,62 m (31/12/2015).

A **Figura 11.1.2 - 56** apresenta a distribuição média diária de cotas máximas, médias e mínimas em conjunto com o erro padrão em torno das cotas médias da estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé.

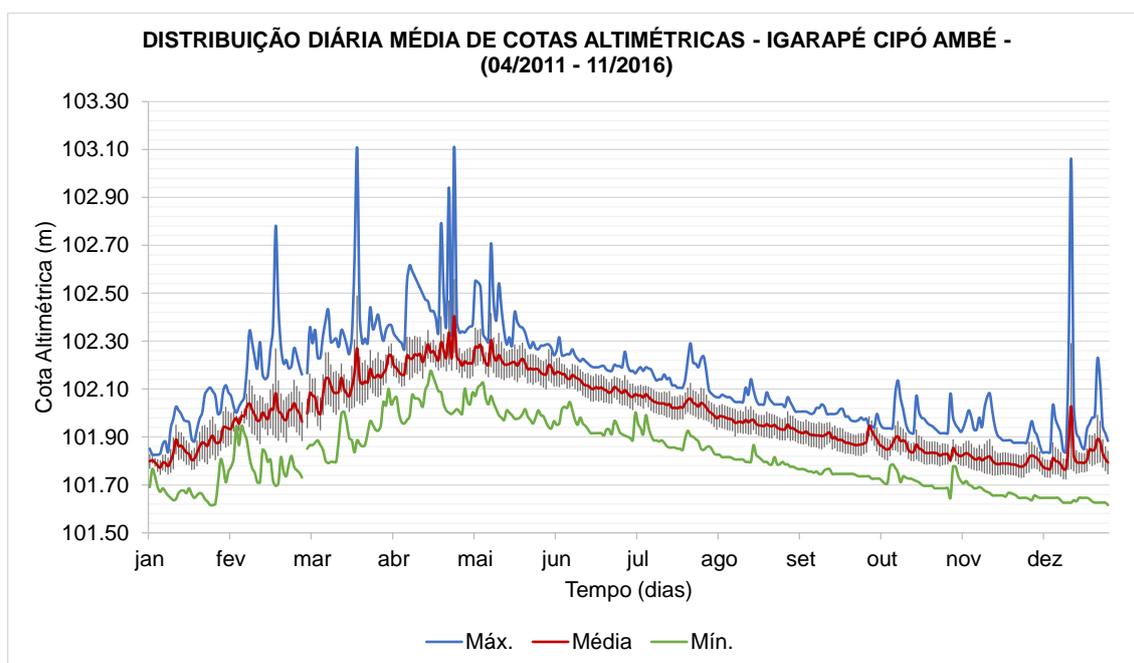


Figura 11.1.2 - 56 – Distribuição diária média de cotas - Estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé.

Comparativamente ao que foi descrito para a representação gráfica da estação UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba, nota-se uma variabilidade considerável entre as cotas na estação UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé, sobretudo nos períodos de enchente e cheia. As cotas continuam oscilando com picos diários, em uma distribuição menos homogênea, sendo a distribuição mais estável durante a vazante, padrão este já descrito na análise com dados anteriores ao enchimento do reservatório.

Uma síntese do monitoramento da relação cota-vazão e variação limnimétrica nas seções monitoradas nos igarapés de Altamira é apresentada no **Quadro 11.1.2 - 5**.

Quadro 11.1.2 - 5 – Síntese do Monitoramento dos Igarapés de Altamira

ESTAÇÃO	PERÍODO DO CONSIDERADO AJUSTE	AJUSTE DA CURVA-CHAVE	MAIOR COTA ALTIMÉTRICA DIÁRIA MÉDIA (m)	MENOR COTA ALTIMÉTRICA DIÁRIA MÉDIA (m)
			DATA DO REGISTRO	
UHE Belo Monte Igarapé Panelas	11/2010 a 11/2016	$Q = 16,22(H-95,1)^{0,789}$ (Q < 5m³/s) $Q = 14,70(H-95)^{1,095}$ (Q < 5 < 20 m³/s) $Q = 15,584(H-95)^{1,743}$ (Q > 20 m³/s)	107,05 (05/03/16)	103,32 (28 e 30/11/15)
UHE Belo Monte Igarapé Altamira	11/2010 a 11/2016	$Q = 6,38(H - 99)^{1,5415}$	100,50 (13/04/16)	97,50 (25 e 30/11/15)
UHE Belo Monte Igarapé Cupiúba	05/2011 a 11/2016	$Q = 3,033(H - 100)^{1,99}$	102,05 (19/03 e 21/04/2013)	100,66 (30/12/2015)
UHE Belo Monte Igarapé Cipó Ambé	03/2011 a 11/2016	$Q = 0,00140746(H-99,10)^{6,97287}$	103,61 (21 e 25/04/2013)	101,62 (31/12/2015)

11.1.2.2.4. MONITORAMENTO LIMNIMÉTRICO JUNTO ÀS BARRAGENS

Conforme informado no 9º RC, foram instaladas as réguas limnimétricas junto às estruturas de montante e de jusante da Barragem da Casa de Força Complementar, no Sítio Pimental, em 28/07/2015, e na Tomada de Água da Casa de Força Principal, no Sítio Belo Monte, em 15/04/2016, em atendimento à Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 3/2010.

Ressalta-se que o início da operação das réguas junto às estruturas das barragens atende ao recomendado pelo item 2.10.1.2 *Projeto de Monitoramento de Níveis e Vazões* do 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, que solicita, por parte da Norte Energia, o atendimento da Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº3/2010 quanto à instalação dos instrumentos de medição limnimétrica dentro do prazo estabelecido.

11.1.2.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO

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

11.1.2 - ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROJETO

OBJETIVOS GERAIS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Registrar as variações, tanto espaciais como temporais, que ocorrerão no reservatório, nos igarapés de Altamira, no rio Xingu, no TVR e a jusante da Casa de Força Principal em função da implantação e operação da UHE Belo Monte</p>	<p>Em atendimento (Rede de monitoramento implantada e execução dos levantamentos em andamento conforme previsto)</p>

11.1.2.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO

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

11.1.2 - ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROJETO

META	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Medição de níveis e vazões no rio Xingu, igarapés em Altamira e no rio Bacajá, monitorando ciclos hidrológicos completos, observando-se as seguintes metas:</p> <p>Níveis d'Água e Vazões: Observar a tolerância de 3 falhas no mês e no máximo 35 falhas ao ano; Precipitações: Observar a tolerância de 5 falhas no mês e no máximo 50 falhas ao ano.</p>	<p>Em atendimento . A operação das estações, coleta e processamento dos dados vem sendo aprimorado ao longo do período de monitoramento. Problemas pontuais no monitoramento, particularmente relacionados a falhas nos dados horários, que são coletados pelas estações automáticas (PCDs), foram ocasionados devido a furtos dos instrumentos e equipamentos que compõem a estação que posteriormente foram substituídos. Entretanto é importante destacar que tais falhas não prejudicaram a análise dos padrões de variação dos níveis e vazões nos cursos d'água monitorados, visto que concomitantemente são registrados dados diários por meio de leiturista.</p>

11.1.2.5. ATIVIDADES PREVISTAS

Conforme indicado no cronograma do Projeto, todas as atividades de monitoramento realizadas terão continuidade até o segundo ano após o enchimento dos reservatórios. Após este período de monitoramento, o levantamento de dados de níveis e vazões continuará sendo executado como uma atividade de rotina da operação da usina, regidos pelos termos da Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 3/2010, o que incluiu o monitoramento limnimétrico dos reservatórios junto ao corpo das barragens (Casa de Força Principal e Casa de Força Complementar).

Os dados e resultados obtidos e consolidados a cada semestre continuarão a ser apresentados e atualizados, por meio de quadros (gráficos e tabelas), figuras e textos dissertativos, dentro de um mesmo padrão de apresentação, com o intuito de otimizar as análises de dados incrementais obtidos a cada período monitorado.

11.1.2.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS

11.1.2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório apresenta a compilação e análise dos dados de níveis e vazões coletados durante todo o período de monitoramento, que corresponde a um período de quatro a cinco ciclos hidrológicos completos anteriores ao início da formação dos reservatórios, ocorrido em 23/11/2015, e, adicionalmente, dados até novembro/2016 também foram incorporados, correspondendo um ano de monitoramento após o enchimento.

As análises apresentadas indicaram que, com a incorporação dos dados das campanhas mensais de medição de vazão realizadas após o ajuste das curvas-chave das estações no rio Xingu, rio Bacajá e igarapés de Altamira, não foram observadas mudanças significativas nos padrões de dispersão dos dados que justificassem novos ajustes. Entretanto, conforme previsto no cronograma deste Projeto, o monitoramento realizado após a formação dos reservatórios, devido ao curto prazo decorrido até novembro/2016, ainda não permite uma análise comparativa mais assertiva 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.

Conclui-se, portanto, que o Projeto de Monitoramento de Níveis e Vazões (PBA 11.1.2) vem se desenvolvendo em cumprimento aos objetivos e metas previstos no PBA, visto que configurou-se plenamente o período anterior à formação do reservatório para todas as estações e se tem dado continuidade às atividades para a fase posterior ao enchimento.

Após o período de monitoramento previsto para o presente Projeto, o levantamento de dados de níveis e vazões continuará sendo executado como uma atividade de rotina da operação da usina, regido pelos termos da Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 003/2010.

11.1.2.8. 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 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

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF
Carlos Chicarelli	Geógrafo	Apoio de campo	CREA/MG 120.924 D	4963386
Raimundo Nonato C. de Oliveira Filho	Engenheiro Civil	Supervisão de campo	CREA 4.028 D	-
NildomarJonck	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	-

11.1.2.9. ANEXOS

Anexo 11.1.2 - 1 – Dados atualizados de campanhas de medição de vazão