



**NOTA TÉCNICA – NT**

**Diretoria Socioambiental**

**Brasília, Distrito Federal**

## **AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO LENÇOL FREÁTICO NA ÁREA URBANA DE ALTAMIRA**

### **11.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**UHE BELO MONTE**

**EMPRESA  
NORTE ENERGIA SA**

**NÚMERO/CÓDIGO DO DOCUMENTO  
NT\_SFB\_Nº21\_DINÂMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS\_210316**

**EMPRESAS PARTICIPANTES**



**MARÇO/2016**

## QUADRO DE CONTROLE DE REVISÕES

---

REV.	DATA	HISTÓRICO	NOME DO TÉCNICO	FUNÇÃO
00	17/03/2016	Criação	Joyce Fiori/AMBIENTAL	Geóloga
			José Eloi Guimarães Campos	Geólogo
01	18/03/2016	Revisão	Joyce Fiori	Geóloga
			José Eloi Guimarães Campos	Geólogo
02	18/03/2016	Revisão	Maria Kuller/NORTE ENERGIA	Gerente do Meio Físico

## SUMÁRIO

---

1. APRESENTAÇÃO .....	3
2. DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO ANALISADO.....	3
3. ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES .....	18
4. ANEXOS.....	20

## 1. APRESENTAÇÃO

Esta Nota Técnica apresenta avaliação comparativa do lençol freático na área urbana de Altamira, considerando os dados referentes ao Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas entre as fases pré e pós-enchimento do reservatório Xingu. Este Projeto é integrante do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, PBA 11.3 da UHE Belo Monte; em atendimento à solicitação do OF 02001.002265/2016-33 – COHID/IBAMA.

## 2. DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO ANALISADO

Considerando as metas do Projeto, para acompanhamento da dinâmica das águas subterrâneas, as leituras trimestrais são atividades contínuas e até o momento foram realizadas quinze (15) campanhas de campo: duas (2) durante o ano de 2012, quatro (4) em 2013, quatro (4) em 2014 e quatro (4) em 2015, caracterizando mais de três (3) ciclos hidrológicos completos de monitoramento antes do enchimento do reservatório do Xingu; e até o momento, uma (1) campanha em janeiro/2016.

A **Figura 1** apresenta a localização da rede de monitoramento na área urbana de Altamira. Os gráficos apresentados nas **Figuras 2 a 4** compilam todos os dados coletados, visando facilitar a visualização das variações de nível.

As leituras realizadas nas cisternas cadastradas para monitoramento na área urbana de Altamira são apresentadas na **Figura 2 e Quadro 1**. Os níveis mais baixos são observados no período inicial da enchente na região, pois os aquíferos, neste período, ainda refletem o período de déficit hídrico. Algumas variações aleatórias, possivelmente, estão associadas ao bombeamento da água das cisternas utilizadas para abastecimento doméstico, evidenciando a importância dos poços de monitoramento instalados, exclusivamente para fins de monitoramento na região urbana de Altamira.

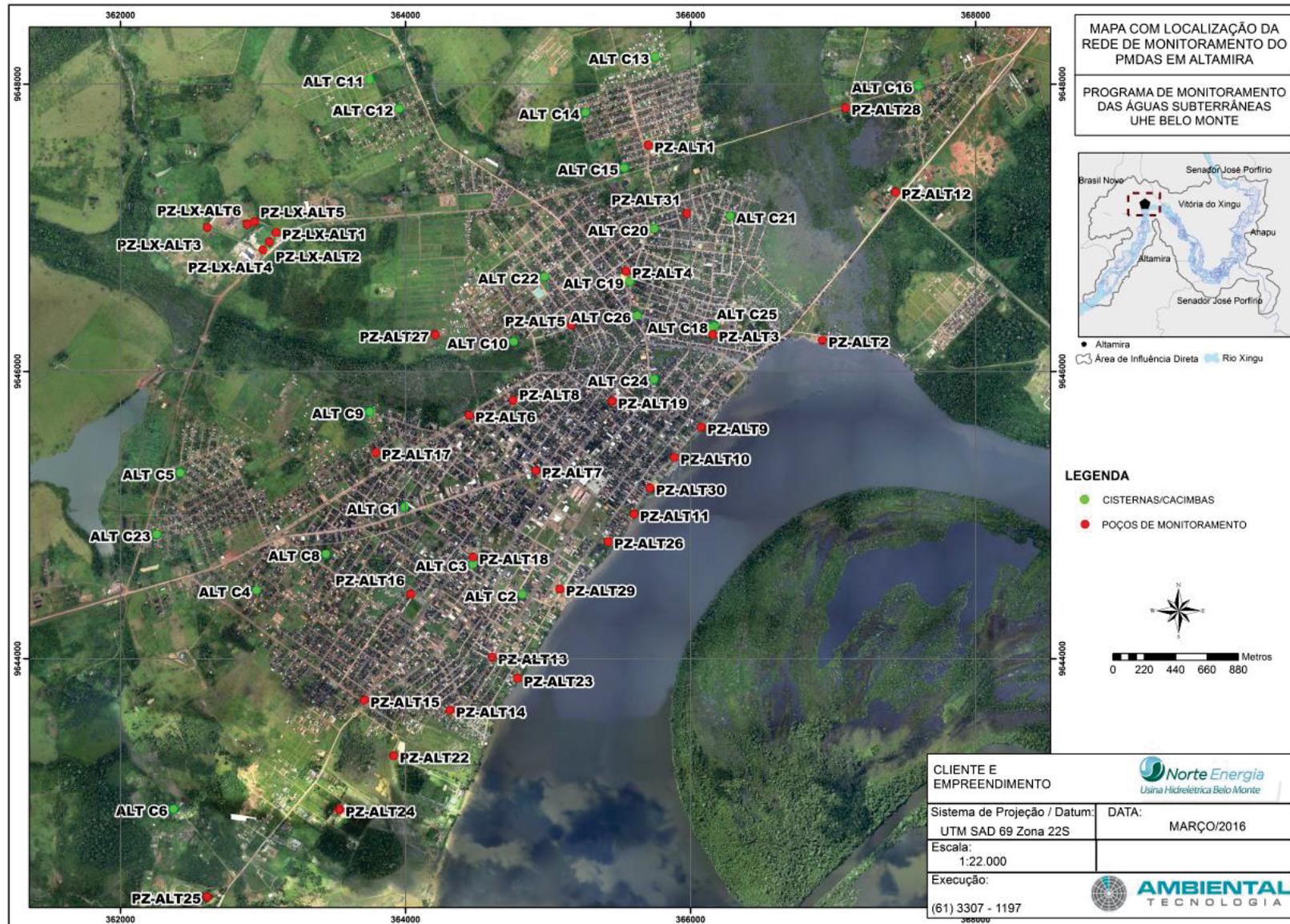
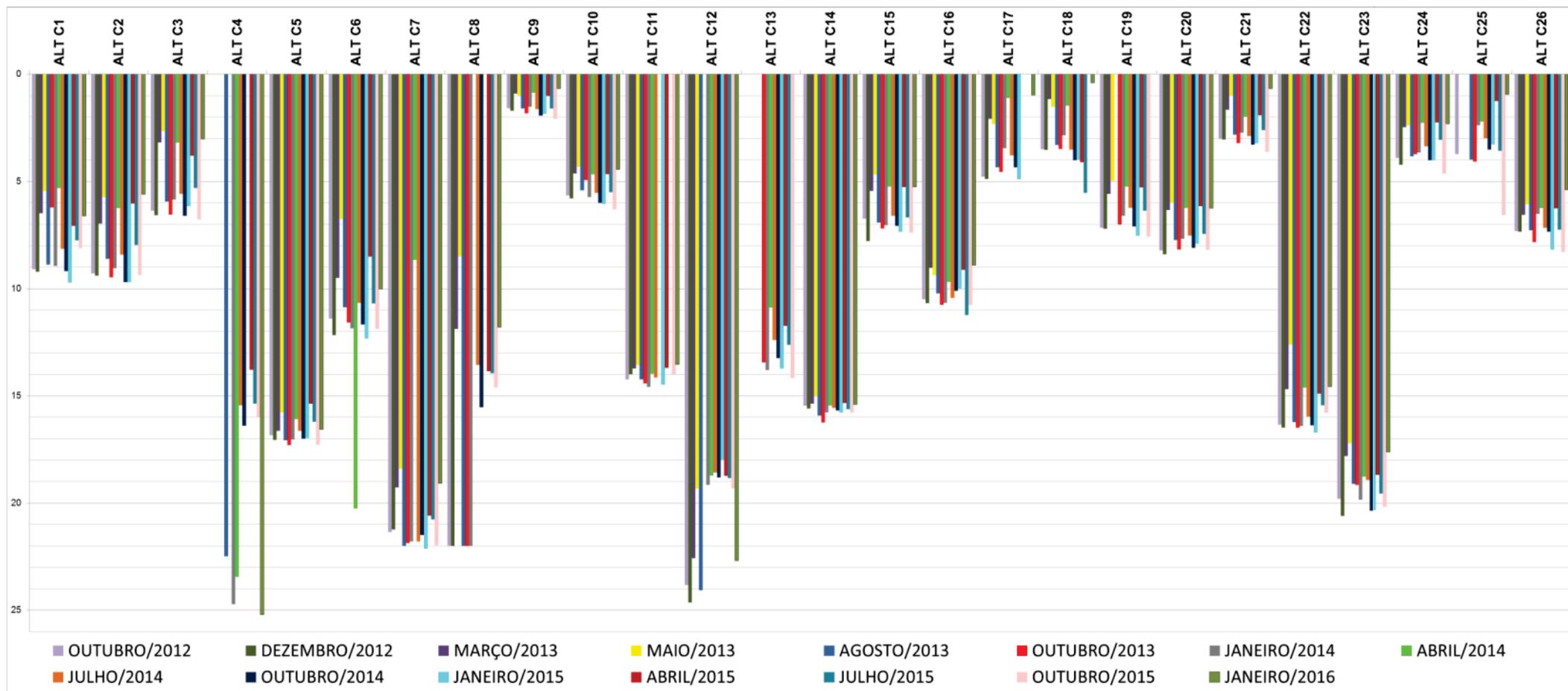


Figura 1 - Localização da rede de monitoramento na área urbana de Altamira.



**Figura 2 – Gráfico com variações dos níveis de água das cisternas existentes (em metros) monitoradas na área urbana de Altamira.**

Obs.: Para as cisternas secas, foi colocado no gráfico o valor de sua profundidade; é importante destacar que o nível freático é mais profundo do que a profundidade da cisterna seca.

**Quadro 1 - Dados das Leituras Trimestrais realizadas nas cisternas cadastradas para este Projeto.**

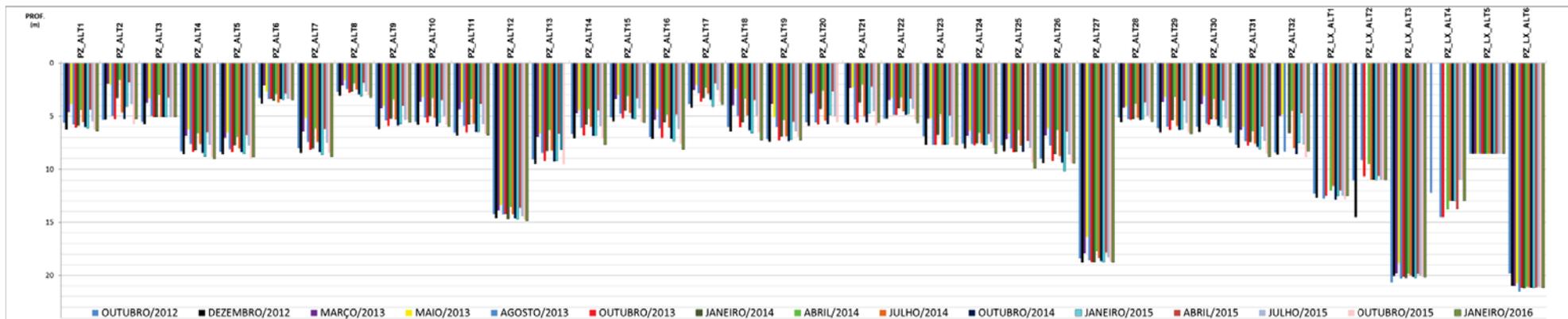
CISTERNA	OUTUBRO 2012	DEZEMBRO 2012	MARÇO 2013	MAIO 2013	AGOSTO 2013	OUTUBRO 2013	JANEIRO 2014	ABRIL 2014	JULHO 2014	OUTUBRO 2014	JANEIRO 2015	ABRIL 2015	JULHO 2015	OUTUBRO 2015	JANEIRO 2016
ALT C1	9,09	9,22	6,49	5,45	8,89	6,22	8,94	5,31	8,15	9,19	9,72	7,08	7,76	8,11	6,61
ALT C2	9,29	9,39	6,97	5,74	8,62	9,47	9,05	6,24	8,42	9,7	9,7	6,04	7,97	9,36	5,6
ALT C3	6,36	6,58	3,19	2,665	5,94	6,54	5,85	3,19	5,59	6,61	6,16	3,8	5,31	6,77	3,03
ALT C4	NC	NC	NC	NC	22,49	NC	24,71	23,44	15,44	16,39	NC	13,78	15,36	15,99	25,21
ALT C5	16,84	17,06	16,63	15,78	17,07	17,29	17,04	16,07	16,63	16,99	16,96	15,36	16,21	17,28	16,57
ALT C6	11,4	12,17	9,5	6,76	10,88	11,59	11,85	20,25	10,67	11,68	12,32	8,51	10,7	11,89	10,03
ALT C7	21,35	21,23	19,27	18,4	<b>SECO</b>	21,87	21,79	8,66	21,79	21,49	22,12	20,59	20,76	21,97	19,08
ALT C8	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	11,89	8,5	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	NC	13,56	15,54	NC	13,84	13,95	14,61	11,8
ALT C9	1,58	1,71	0,91	1	1,61	1,83	1,52	0,87	1,64	1,93	1,84	1,01	1,61	2,08	0,68
ALT C10	5,66	5,79	4,63	4,31	5,42	4,94	5,74	4,67	5,53	6,01	6,05	4,67	5,51	6,31	4,45
ALT C11	14,24	14	13,72	13,56	14,24	14,42	14,59	13,96	14,15	<b>SECO</b>	14,47	13,69	NC	<b>SECO</b>	13,53
ALT C12	23,82	24,64	22,57	19,32	24,06	NC	19,15	18,71	18,58	18,81	17,98	18,73	18,83	19,31	22,69
ALT C13	NC	NC	NC	NC	12,91	13,44	13,8	10,87	12,39	13,24	13,73	11,74	12,62	14,17	NC
ALT C14	15,46	15,6	15,36	15,04	15,93	16,24	15,78	15,44	15,57	15,68	15,78	15,34	15,63	15,77	15,41
ALT C15	6,75	7,78	5,44	4,68	6,93	7,2	7,04	5,24	6,61	7,07	7,34	5,26	6,69	7,39	5,26
ALT C16	10,5	10,68	9,03	9,36	10,23	10,76	10,66	9,69	10,43	10,11	10,01	9,13	11,24	10,77	8,9
ALT C17	4,79	4,89	2,08	2,32	4,34	4,55	3,45	1,1	3,79	4,34	4,9	NC	NC	NC	0,97
ALT C18	3,5	3,53	1,17	1,53	3,31	3,49	2,86	1,46	3,51	4,02	3,98	4,1	5,54	NC	0,4
ALT C19	7,16	7,21	5,58	4,97	NC	7,02	6,61	5,24	6,23	7,11	7,52	5,28	6,37	7,57	NC
ALT C20	8,22	8,4	6,33	6	7,74	8,18	7,68	6,23	7,52	8,1	7,91	6,15	7,45	8,19	6,25
ALT C21	3,02	3,05	1,67	1,02	2,83	3,21	2,73	1,98	2,88	3,29	3,22	1,92	2,61	3,63	0,68
ALT C22	16,34	16,49	14,69	12,61	16,22	16,48	16,41	14,62	15,97	16,38	16,71	14,9	15,44	15,79	14,58
ALT C23	19,8	20,6	17,81	17,2	19,1	19,15	19,84	18,76	18,93	20,35	20,32	18,69	19,56	20,17	17,62
ALT C24	3,91	4,23	2,47	2,38	3,83	3,73	3,65	2,27	3,37	4,01	4,01	2,25	3,07	4,64	2,32
ALT C25	3,73	NC	NC	NC	3,99	4,08	2,38	2,21	2,99	3,52	3,28	1,26	3,58	6,58	0,94
ALT C26	7,32	7,35	6,57	6,06	7,29	7,83	6,51	6,25	7,17	7,34	8,17	6,26	7,26	8,29	5,4

A **Figura 3** apresenta a variação dos níveis freáticos dos poços instalados exclusivamente para o monitoramento na área urbana de Altamira. Os dados mostram que os níveis são geralmente mais profundos no período final da seca e início da enchente (outubro a dezembro) e são mais rasos no final do período de cheia (maio), evidenciando a influência da sazonalidade climática na região.

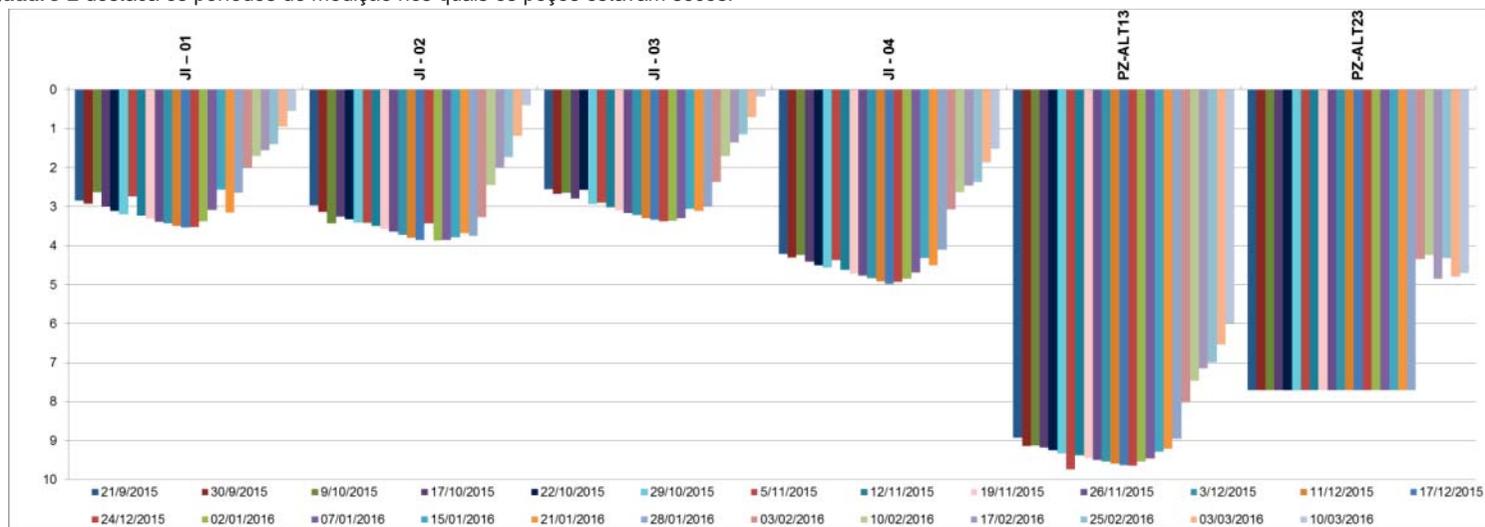
Em janeiro/2016, primeira leitura trimestral, na etapa final do enchimento do reservatório do Xingu, aproximadamente, 68% dos poços monitorados apresentaram níveis mais profundos em relação ao mesmo período nos anos de 2014 e 2015.

A flutuação dos níveis ocorre em função da sucessão de processos de recarga dos aquíferos no período chuvoso e de sua descarga gradual nas épocas de menor concentração de chuvas. Fato evidenciado pela menor concentração de precipitação no período de seca e início da enchente no final do ano de 2015 e, conseqüentemente, estabilização de níveis d'água mais profundos em janeiro/2016.

A **Figura 4 e Quadro 2** apresenta os dados das leituras realizadas, semanalmente, nos medidores de nível instalados pelo empreendedor no bairro Jardim Independente II (área de baixio topográfico), de modo a acompanhar com maior periodicidade quaisquer influências do enchimento do reservatório nesta região. De setembro a dezembro/2015 os dados evidenciam a influência da sazonalidade climática da região, os níveis mais profundos foram registrados entre 17-24/12/2015. A partir das medidas de 02/01/2016 os níveis iniciaram sua elevação, sendo registrados até o momento os níveis mais rasos em 10/03/2016. As comparações com mesmo período de anos anteriores serão abordadas em itens seguintes. No **Anexo 01**, apresentam-se gráficos com dados de vazão média mensal do rio Xingu e de precipitação total mensal em Altamira. No período de janeiro de 2011 a janeiro 2016 e evolução diária de cotas no período de enchimento do reservatório (01/11 a 13/02/2016).



**Figura 3 - Gráfico com variações dos níveis d'água dos poços (em metros) instalados para monitoramento, na área urbana de Altamira.** Obs.: Para os poços secos, foi colocado no gráfico o valor de sua profundidade; é importante destacar que o nível freático é mais profundo do que a própria profundidade do poço seco. O **Quadro 2** destaca os períodos de medição nos quais os poços estavam secos.



**Figura 4 - Gráfico com variações dos níveis, no período de 21/09 – 10/03/2016, dos medidores instalados no bairro Jardim Independente II (baixo).** Obs.: O PZ-ALT23 apresenta o valor de sua profundidade no gráfico, para as leituras nas quais o poço estava seco (21/09/2015 a 28/01/2016).

**Quadro 2 - Dados das Leituras Trimestrais realizadas nos poços de monitoramento/medidores, instalados para este Projeto.**

POÇO	OUTUBRO 2012	DEZEMBRO 2012	MARÇO 2013	MAIO 2013	AGOSTO 2013	OUTUBRO 2013	JANEIRO 2014	ABRIL 2014	JULHO 2014	OUTUBRO 2014	JANEIRO 2015	ABRIL 2015	JULHO 2015	OUTUBRO 2015	JANEIRO 2016
PZ_ALT1	5,64	6,265	4,62	3,84	5,8	6,12	5,86	4,38	5,56	6,03	6,16	4,36	5,5	6,29	6,42
PZ_ALT2	5,35	5,32	1,97	2,05	4,98	5,26	3,27	1,58	4,65	5,25	4,08	1,8	3,86	5,73	5,25
PZ_ALT3	5,54	5,73	3,75	3,32	4,98	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	3	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	3,255	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>
PZ_ALT4	8,3	8,555	6,85	6,24	7,61	8,36	8,22	6,59	7,62	8,45	8,82	6,52	7,69	8,87	9,02
PZ_ALT5	8,35	8,585	7,07	6,54	8,11	8,37	7,74	6,95	8,05	8,37	8,52	6,78	7,77	8,96	8,86
PZ_ALT6	3,28	3,815	2,1	2,645	3,38	3,37	3,5	2,91	3,73	3,4	3,44	2,89	3,36	3,41	3,46
PZ_ALT7	8,03	8,47	6,46	5,15	7,44	8,17	8,04	6,15	7,43	8,37	8,64	6,22	7,51	8,455	8,83
PZ_ALT8	2,7	3,07	2,1	1,59	2,45	2,8	2,67	1,92	2,5	2,95	3,1	1,86	2,67	3	3,24
PZ_ALT9	5,99	6,21	4,25	4,03	5,42	5,91	5,19	3,41	5,33	5,87	5,72	4,02	5,34	5,33	5,59
PZ_ALT10	5,54	5,82	3,65	3,215	5,12	5,6	4,95	3,28	5,17	5,94	5,63	3,48	5,02	5,81	6
PZ_ALT11	6,56	6,81	4,35	3,73	5,89	6,52	5,77	3,38	5,7	6,51	6,5	3,85	5,75	6,66	6,77
PZ_ALT12	14,22	14,58	13,89	13,34	14,27	14,21	14,68	13,54	14,24	14,62	14,73	13,635	14,39	14,71	14,87
PZ_ALT13	9,08	9,52	6,97	6,64	8,46	9,2	8,26	6,33	8,26	9,29	9,22	6,655	8,19	9,55	9,86
PZ_ALT14	6,7	7,08	4,74	4,42	6,13	6,8	5,77	4,32	6,01	6,85	6,82	4,47	5,93	7,11	7,67
PZ_ALT15	5,11	5,5	3,4	2,965	4,8	5,19	4,47	3,09	4,68	5,22	5,25	3,31	4,28	5,55	5,63
PZ_ALT16	7	7,155	5,34	4,34	6,15	7,05	5,57	4,85	6,12	7,13	7,36	4,85	6,22	7,59	8,12
PZ_ALT17	3,86	4,185	2,54	2,08	2,87	3,62	3,28	2,32	2,88	3,44	4,1	1,905	2,55	3,65	3,91
PZ_ALT18	6,03	6,445	3,98	2,41	4,99	6,06	5,58	3,33	4,94	6,34	6,59	3,46	4,97	6,53	7,27
PZ_ALT19	7,2	7,41	3,83	5,08	6,04	7,27	6,91	5,36	6,91	7,37	7,21	5,52	6,42	6,92	7,26
PZ_ALT20	5,58	5,9	2,88	2,84	5,62	5,78	4,29	2,6	5,44	5,74	4,88	2,64	4,97	5,55	NC
PZ_ALT21	5,65	5,79	2,35	2,3	5,29	5,64	3,73	2,05	5,02	5,59	4,75	2,23	4,56	5,87	5,62
PZ_ALT22	5,22	5,22	3,46	3,28	4,87	4,88	4,24	3,23	4,57	4,87	4,77	3,34	4,32	5,31	5,65
PZ_ALT23	6,9	<b>SECO</b>	5,22	5,19	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	6,73	4,82	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	7,63	4,95	6,98	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>
PZ_ALT24	7,58	8,05	6,84	6,37	7,62	7,74	7,55	6,57	7,59	7,72	7,71	6,68	7,44	8,03	8,5

POÇO	OUTUBRO 2012	DEZEMBRO 2012	MARÇO 2013	MAIO 2013	AGOSTO 2013	OUTUBRO 2013	JANEIRO 2014	ABRIL 2014	JULHO 2014	OUTUBRO 2014	JANEIRO 2015	ABRIL 2015	JULHO 2015	OUTUBRO 2015	JANEIRO 2016
PZ_ALT25	7,75	8,3	7,18	6,61	8,07	8,4	8,35	6,33	7,79	8,36	NC	7,34	8,01	9,35	9,93
PZ_ALT26	8,99	9,4	6,8	6,15	7,76	9,19	8,55	6,31	8,78	9,36	10,15	6,48	8,61	9,39	9,46
PZ_ALT27	18,42	18,78	17,9	16,35	18,56	18,74	18,75	17,72	18,37	18,64	18,74	17,83	18,31	18,68	18,77
PZ_ALT28	5,13	5,55	4,18	4,11	5,27	5,35	5,23	3,82	5,17	5,38	5,28	3,73	4,96	5,21	5,51
PZ_ALT29	6,16	6,54	3,69	3,19	5,97	6,32	5,39	3,17	5,91	6,32	6,26	3,52	5,67	6,53	6,67
PZ_ALT30	5,99	6,5	3,86	3,11	5,68	5,83	5,26	3,36	5,31	5,89	6,07	3,49	5,22	6,07	6,53
PZ_ALT31	7,7	7,98	6,32	5,99	7,37	7,78	7,41	6,43	7,58	7,9	8,1	5,98	7,35	8,515	8,84
PZ_ALT32	8,43	8,62	5,01	4,84	8,32	NC	6,57	4,51	8,03	8,56	7,52	4,73	7,67	8,87	8,29
PZ_LX_ALT1	12,28	12,67	NC	NC	12,77	<b>SECO</b>	NC	11,97	11,58	12,85	<b>SECO</b>	11,97	12,51	12,825	<b>SECO</b>
PZ_LX_ALT2	11,04	<b>SECO</b>	NC	NC	9,15	10,67	NC	9,51	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	10,65	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>
PZ_LX_ALT3	20,63	20,06	19,78	18,84	20,30	20,14	20,22	19,8	20,01	20,16	20,23	19,84	20,01	20,16	20,17
PZ_LX_ALT4	12,24	NC	NC	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	NC	13,77	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	13,74	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>
PZ_LX_ALT5	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>	<b>SECO</b>
PZ_LX_ALT6	19,79	20,97	20,99	20,74	<b>SECO</b>	21,15	21,19	21,09	21,11	21,16	21,18	21,13	21,08	21,14	21,17

Para se ilustrar a situação comparativa do lençol freático na área urbana de Altamira nos diferentes períodos do ano, são apresentadas as figuras a seguir, de acordo com o processamento dos dados (por interpolação não linear) obtidos nos poços de monitoramento da área urbana de Altamira.

### **Período de Enchente**

A **Figura 5** ilustra a potenciometria para o período de enchente em 2014, 2015 e 2016, no qual se inicia a recarga dos aquíferos na região, a partir das chuvas acumuladas nos meses anteriores. São observados níveis mais profundos nas áreas de relevo mais acidentado. Observa-se, também, que em janeiro/2014, o intervalo com cotas potenciométricas entre 86-100 metros avança um pouco em direção às regiões com cotas mais elevadas, tendo em vista a influência de maior precipitação ocorrida entre 2013-2014.

A análise da **Figura 5**, principalmente comparando os períodos de enchente dos anos de 2014 e 2015 (antes da formação do reservatório Xingu e posteriormente à formação do reservatório em janeiro/2016), mostra que não há variação significativa, até este momento.

### **Período de Cheia**

A **Figura 6** apresenta a potenciometria para o período de cheia em 2014 e 2015. Na maioria dos pontos monitorados, os níveis mais elevados são observados entre os meses de março e maio, período no qual a recarga é bastante acentuada, recebendo toda influência das chuvas acumuladas desde o início das chuvas em outubro do ano anterior. Esta recarga se dá pelo modelo de fluxo em pistão (*piston flow model*) com as sucessivas chegadas das plumas de umidade até a zona saturada do aquífero.

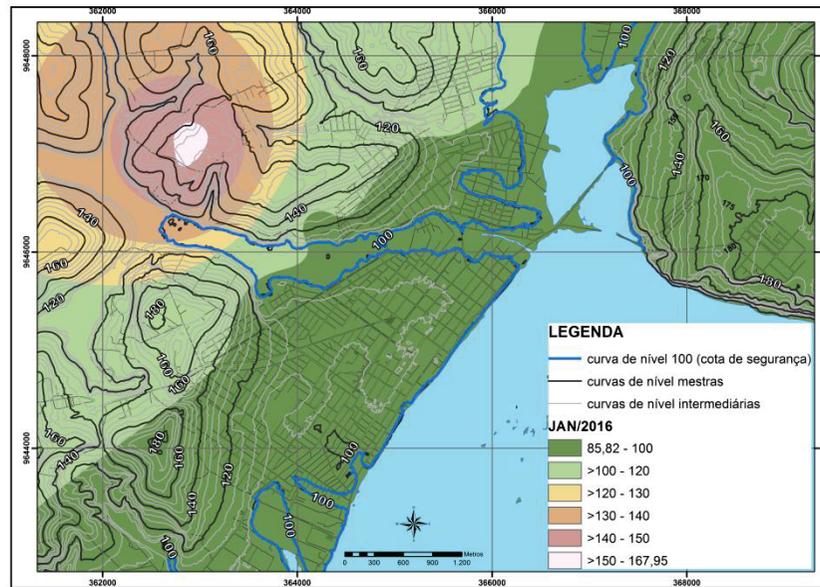
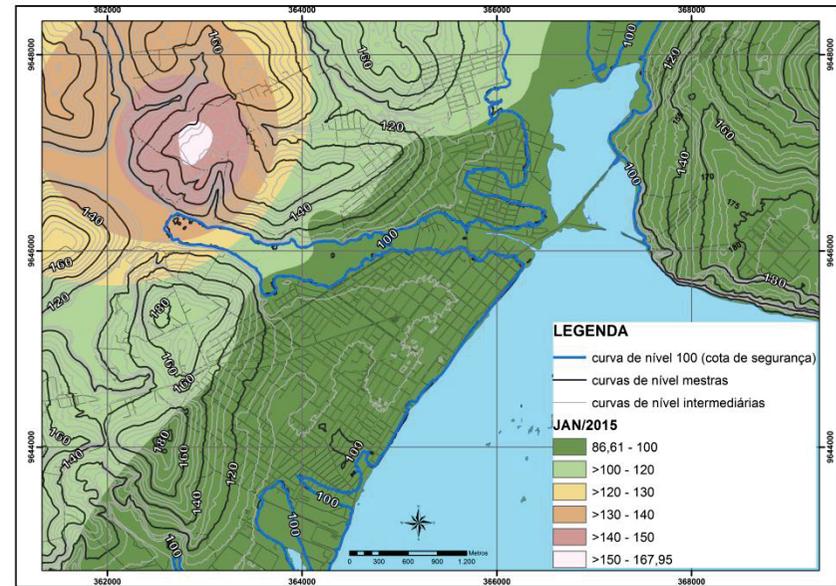
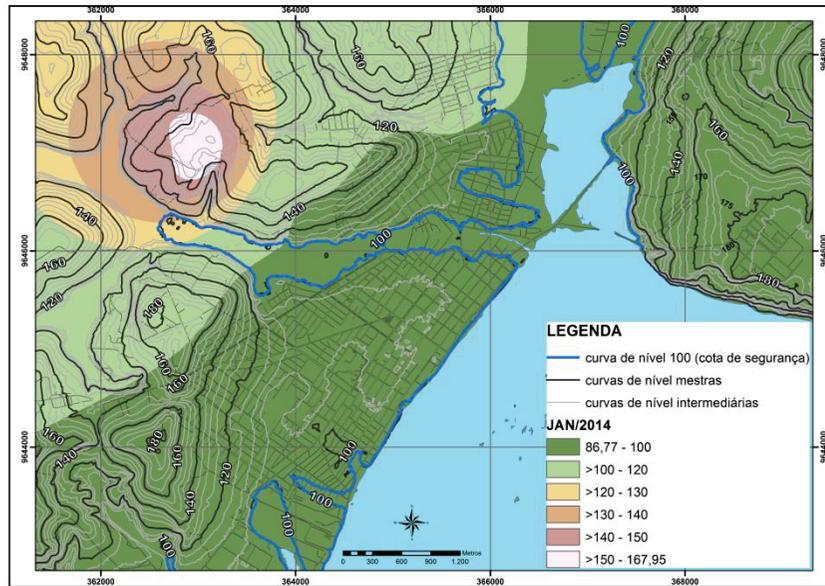


Figura 5 - Mapas potenciométricos para o período de enchente (meses de janeiro dos anos de 2014-2015-2016), em Altamira.

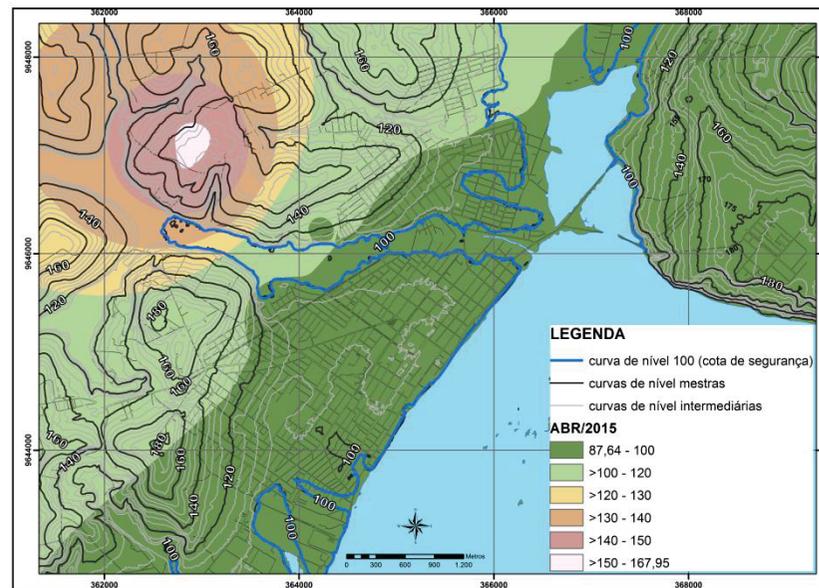
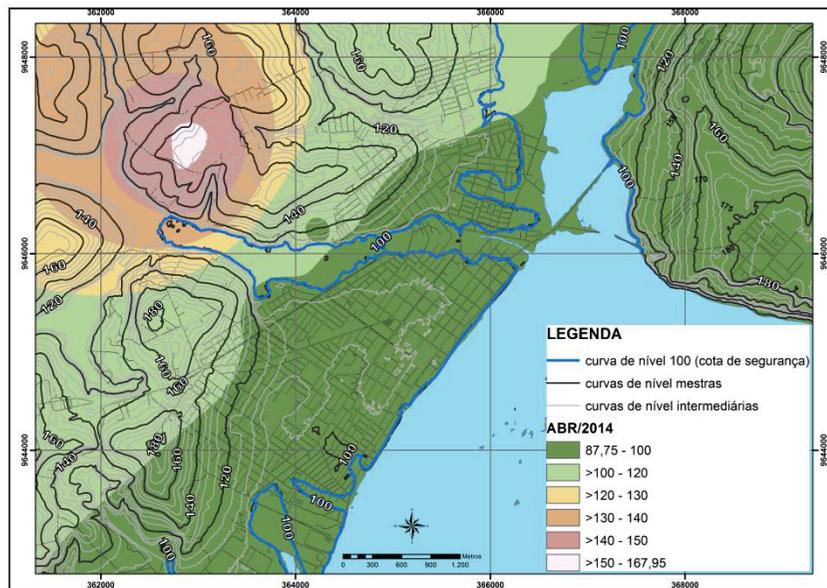


Figura 6 - Mapas potenciométricos para o período de cheia (2014-2015), em Altamira.

## Período de Vazante

A **Figura 7** ilustra a potenciometria para o período de vazante do rio Xingu nos anos de 2014 e 2015.

## Período de Seca

A **Figura 8** ilustra a potenciometria para o período de seca nos anos de 2014 e 2015.

Na área urbana de Altamira, as regiões com cotas topográficas localizadas abaixo da cota de 100 metros são as que mais apresentaram variações dos níveis nos diferentes períodos do ano. Essas áreas seguem a orla do rio Xingu, adentrando a cidade, seguindo os igarapés e indicam os locais mais favoráveis à influência da subida do lençol freático. Nos locais com declividade menos acentuada, espera-se que a influência da elevação do nível freático seja mais acentuada.

Nas porções topograficamente mais elevadas e recobertas por solos com elevada condutividade hidráulica (latossolos), a recarga do aquífero é maior, fato evidenciado pela flutuação dos níveis medidos.

A formação do reservatório do Xingu pode acarretar impactos positivos e negativos. Como impactos positivos podem-se esperar: subirrigação (quando o lençol freático é mantido a certa profundidade, capaz de permitir um fluxo de água adequado à zona radicular da planta), notadamente na Área de Preservação Permanente (com aumento da biomassa nesta faixa); aumento da disponibilidade e facilidade de acesso à água subterrânea (em função da maior proximidade da zona saturada à superfície) e maior circulação e recarga da água subterrânea (que deverá infiltrar a partir do reservatório em direção à zona saturada).

Como possíveis impactos negativos podem ser citados: risco de contaminação das águas dos aquíferos; aumento do risco de contaminação pela infiltração de poluentes, pois haverá a diminuição da espessura da zona não saturada que representa a principal proteção dos aquíferos; eventual risco geotécnico às fundações e baldrames de obras civis (em geral a partir da subida capilar na zona não saturada) e formação de áreas alagadas ou brejos que podem contribuir com o desenvolvimento de insetos e mau cheiro, em caso de não ser possibilitada drenagem destas áreas. Ressalta-se, porém, que tais impactos já estão sendo minimizados ou até mesmo controlados, com a

execução de atividades desenvolvidas no âmbito do PBA e relacionadas a outros projetos e programas de cunho social, conduzidos pela Norte Energia, tais como: relocação da população habitante das áreas atingidas, demolição de edificações e estruturas e desinfecção de fontes de contaminação, no entorno dos igarapés de Altamira e na orla abaixo da cota 100, e mais recentemente nas áreas de baixio do Bairro Independente II. Os habitantes dos igarapés encontram-se atualmente, instalados em Reassentamentos Urbanos Coletivos - RUCs que dispõem de sistema de saneamento adequado e operando.

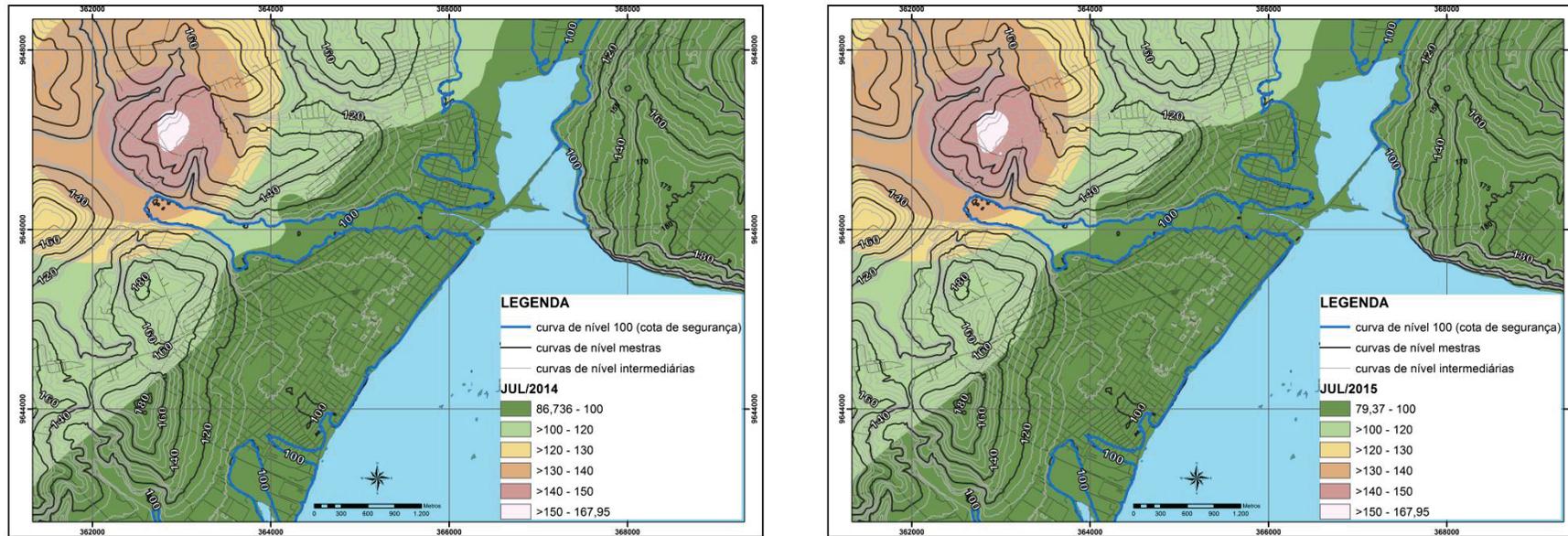


Figura 7 - Mapas potenciométricos para o período de vazante (2014-2015), em Altamira.

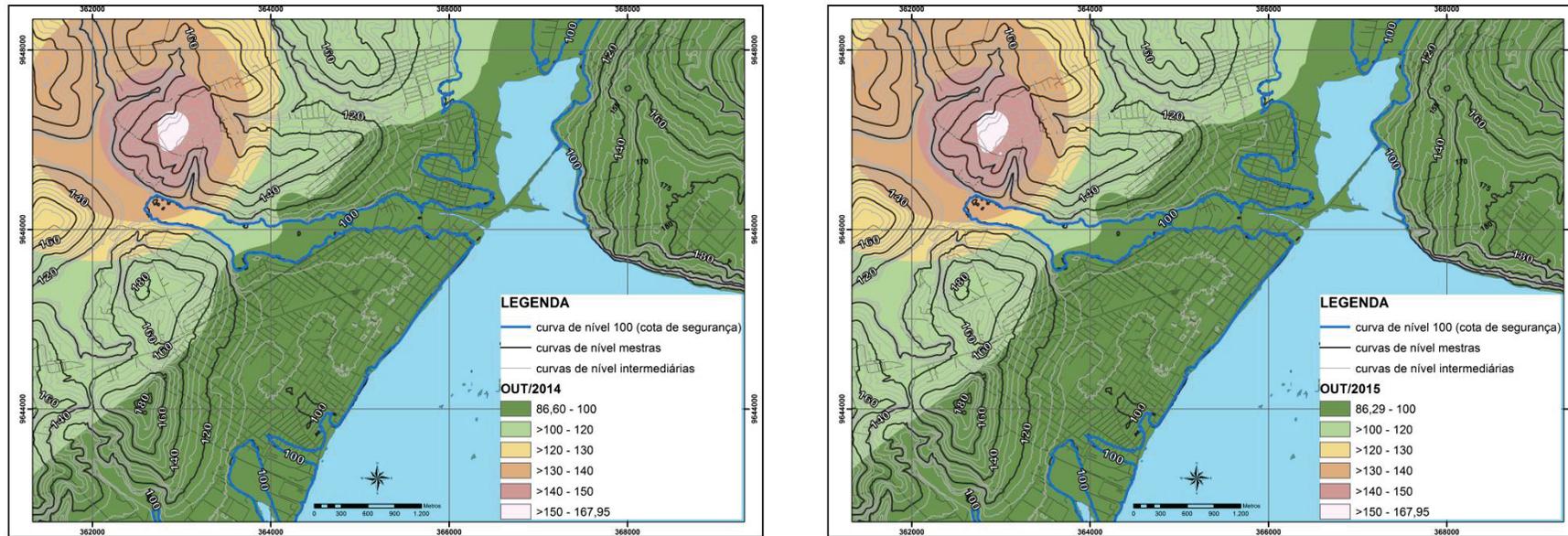


Figura 8 – Mapas potenciométricos para o período de seca (2014-2015), em Altamira.

### 3. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS BAIXIOS DE ALTAMIRA

Quanto às análises específicas realizadas pela Norte Energia afetas ao Bairro Independente II, tem-se o seguinte: na CE 037/2015-DS, de 12/02/2015 apresenta-se a Nota Técnica NT\_Nº005\_PMDAS\_PMQAS\_04\_02\_2015 (Anexo II). Nesta Nota há extensa abordagem sobre a situação das áreas do Jardim Independente I (Área 1) e do Jardim Independente II (Área 2). Em relação à Área 2, outras Notas Técnicas foram emitidas para a DILIC/IBAMA-Brasília após fev/2015, as quais apresentaram informações técnicas específicas relacionadas ao possível comportamento todo lençol freático na região em questão. Vale esclarecer novamente que, no que diz respeito ao Jardim Independente 1 (Área 1), destaca-se o enunciado na Nota Técnica supra citada: “A Área 1 (...) representa porções de aquíferos suspensos, e por isto apresenta zona saturada próximo à superfície do terreno, mesmo quando o nível freático regional ocorre em maiores profundidades. Este tipo de aquífero é muito comum na região amazônica, principalmente nas planícies de inundação de grandes rios e são formados pela presença de camadas argilosas pouco permeáveis que mantêm uma zona de saturação acima da superfície freática da descarga regional. A existência de aquífero suspenso (*perched aquifer*) em muitos casos resulta na formação de áreas úmidas ou alagadas em baixios da planície fluvial, exatamente o que ocorre neste caso em estudo. A acumulação da água, mesmo no mês de julho (considerado de baixa taxa de chuvas) é o indicador mais evidente deste fato”. Ou seja: no Jardim Independente I, o lençol de água subterrânea está relacionado a aquífero suspenso, que não tem relação com o nível da água do corpo hídrico principal (rio Xingu) e sim está diretamente relacionado a precipitações pluviométricas.

### 4. ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES

Os dados de monitoramento da dinâmica das águas subterrâneas, obtidos até o momento, evidenciam a influência sazonal típica da região. Os dados coletados em janeiro/2016, período de enchimento do reservatório, não apresentaram mudanças significativas nos níveis, inclusive na área urbana de Altamira. Aproximadamente 68% dos poços monitorados apresentaram níveis mais profundos em relação ao mesmo período nos anos de 2014 e 2015, evidenciando a influência das precipitações para a

recarga dos aquíferos. Destaca-se que janeiro de 2016 foi um mês atípico em relação ao nível de precipitação pluviométrica, sendo bem inferior aos anos de 2014 e 2015.

Na área urbana de Altamira, as áreas que apresentam maiores variações de níveis nos diferentes períodos do ano, e indicam os locais mais favoráveis à influência da elevação do lençol freático, são as que se encontram em cotas topográficas menores que 100 metros, como já dito anteriormente.

O que se espera, em toda a área de influência, em relação à elevação dos níveis freáticos, é que qualquer interferência seja observada em uma restrita faixa marginal aos futuros reservatórios ou ao longo de faixas marginais de igarapés que contribuem diretamente com o reservatório do Xingu, os quais hoje já não mais apresentam moradias em suas margens.

Conforme explicitado no EIA/RIMA, as condições iniciais e de contorno dos aquíferos existentes na área de influência do empreendimento, suas características hidrogeológicas, os fatores e parâmetros que influenciam as alterações do nível freático com o enchimento e presença do reservatório são muito variáveis. Assim, o monitoramento da dinâmica das águas subterrâneas na região será contínuo, conforme já especificado no cronograma do Projeto, o que possibilitará comparar os dados dos próximos períodos de cheia, vazante e seca (pós-enchimento) com os dados do período de pré-enchimento. Somente após esta série de dados, será possível estabelecer um prognóstico efetivo sobre os possíveis impactos relacionados à formação do reservatório. O efeito das cheias ocorridas nos anos de 2013-2014, que foram acima da média, será importante para as análises de elevação máxima do nível freático (NF), pois os níveis às margens do futuro reservatório deverão permanecer mais profundos do que os observados no fim de 2013 e início de 2014.

No entanto, medidas para controlar, mitigar e compensar os impactos, que uma possível elevação do lençol freático da área do baixio do Bairro Independente II possam acarretar à população residente, já estão sendo tomadas pela Norte Energia. Conforme indicado no 9º RC, em 22/10/2015 por meio da CE 375/2015-DS foi encaminhado para o IBAMA a Nota Técnica NT\_SFB\_nº40\_Ações-Elev-Lençol-Freático\_211015, com a apresentação do planejamento e caracterização das principais ações a serem executadas para o tratamento das famílias residentes em locais que possam sofrer eventuais impactos decorrentes da elevação do lençol freático nas áreas urbanas de Altamira, após a configuração do Reservatório do Xingu.

## 5. ANEXOS

**Anexo 01** - Gráficos com dados de vazão média mensal do rio Xingu e de precipitação total mensal em Altamira.

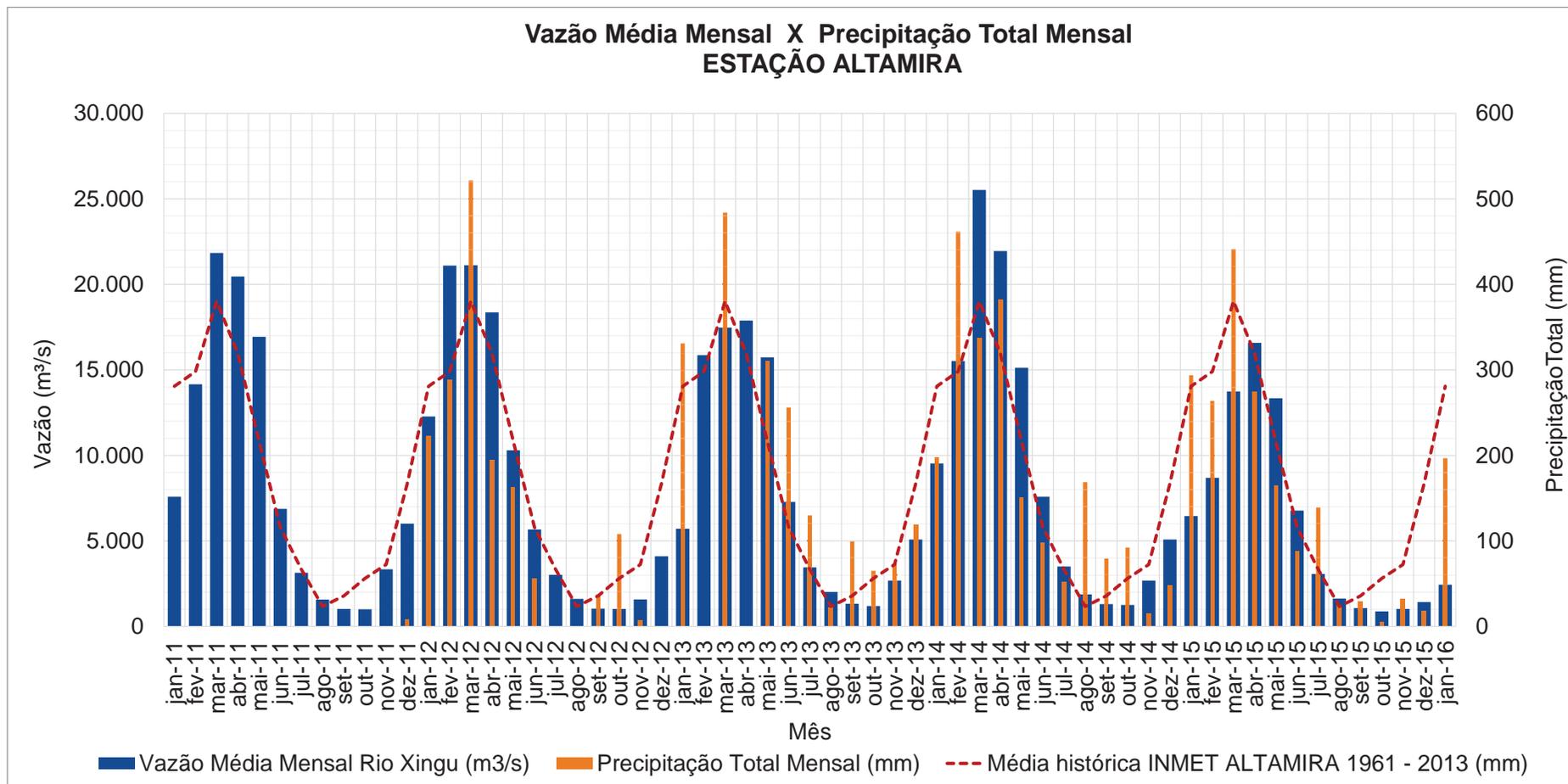
**Anexo 02** - Nota Técnica que apresenta as características hidrogeológicas do Bairro Independente II (NT\_SFB\_Nº005\_PMDAS\_PMQAS\_04-02-2015)

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO LENÇOL FREÁTICO NA  
ÁREA URBANA DE ALTAMIRA**

**11.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

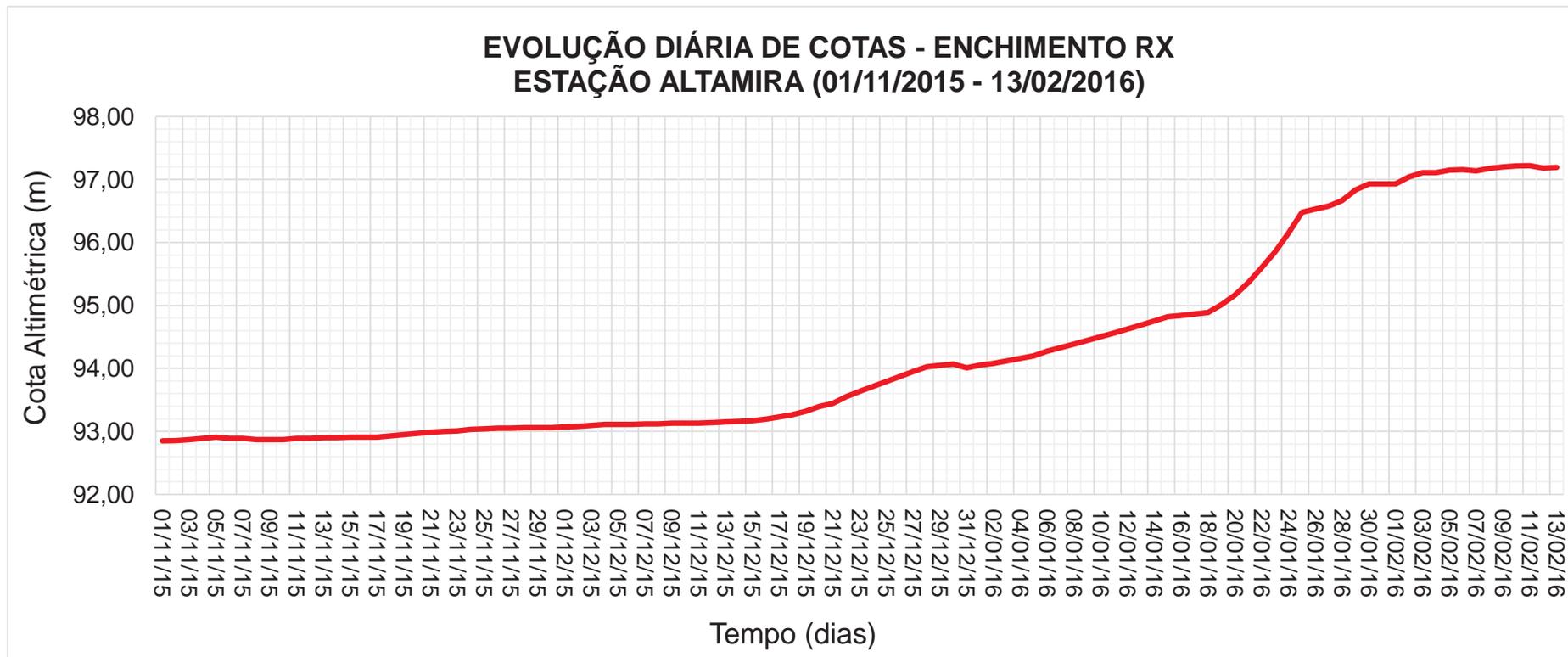
**Anexo 01 –**

**Gráficos com dados de vazão média mensal do rio Xingu e de precipitação total mensal em Altamira.**



**Vazão média mensal do rio Xingu (m³/s) e precipitação total mensal (mm) em Altamira (PA), de janeiro de 2011 a janeiro de 2016<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Crerios adotados para elaborao da figura: o total diário   igual   soma de registros horários (pluviógrafo); se o dia não tiver 24H de registros completos, o total diário   igual   soma dos registros de leitorista (pluvimetro); se registros de leitorista estiverem incompletos, decidiu-se pela exclusão do mês. A sugestão   a utilizao da média mensal histórica do respectivo mês de acordo com os dados do INMET da estao ALTAMIRA (1961 – 2013).



**Evolução diária de cotas no período de enchimento do Reservatório do Xingu (01 de novembro de 2015 a 13 de fevereiro de 2016) – Estação Altamira.**

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO LENÇOL FREÁTICO NA  
ÁREA URBANA DE ALTAMIRA**

**11.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**Anexo 02 –**

**Nota Técnica que apresenta as características  
hidrogeológicas do Bairro Independente II  
(NT\_SFB\_Nº005\_PMDAS\_PMQAS\_04-02-2015)**



**NOTA TÉCNICA – NT**

**Superintendência dos Meios Físico e Biótico**

**Diretoria Socioambiental**

**Brasília, Distrito Federal**

**11.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS**

**UHE BELO MONTE**

**EMPRESA  
NORTE ENERGIA SA**

**NÚMERO/CÓDIGO DO DOCUMENTO  
NT\_SFB\_Nº005\_PMDAS\_PMQAS\_04-02-2015**

**EMPRESAS PARTICIPANTES**



**JANEIRO/2015**

## QUADRO DE CONTROLE DE REVISÕES

---

REV.	DATA	HISTÓRICO	NOME DO TÉCNICO	FUNÇÃO
00	13/01/2015	Criação	José Eloi G. Campos	Geólogo
			Joyce Fiori	Geóloga
01	14/01/2015	Revisão	José Eloi G. Campos	Geólogo
			Joyce Fiori	Geóloga
02	14/01/2015	Revisão	Joyce Fiori	Geóloga

## SUMÁRIO

---

1. APRESENTAÇÃO .....	3
2. DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO ANALISADO.....	4
2.1.1. HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....	7
2.1.2. IMPACTOS POTENCIAIS .....	12
3. ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES .....	14
4. ANEXOS .....	16

## 1. APRESENTAÇÃO

O objetivo da presente Nota Técnica é atender ao Ofício 02001.014466/2014 DILIC/IBAMA que solicita a delimitação da área de proteção com cotas inferiores a 100 metros que se situam fora da envoltória de proteção na cidade de Altamira, nas áreas internas definidas como baixios. O referido ofício ainda solicita uma análise dos impactos potenciais relativos à elevação do lençol freático depois da formação do Reservatório Xingu sobre as populações e infraestruturas implantadas nesses baixios.

## 2. DESCRIÇÃO DO CONTEÚDO ANALISADO

Esta Nota Técnica foi elaborada a partir de dados de níveis d'água medidos em poços de monitoramento, no histórico de ocupação de áreas impróprias para urbanização e no conhecimento acumulado no decorrer da execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, cujas coletas iniciaram-se em outubro de 2012.

A **Figura 1** apresenta a delimitação (imagem cedida pela Norte Energia) das áreas de baixios, denominadas de Áreas 1 e 2. É importante salientar que a Área 2 tem cotas topográficas mais elevadas que 100 metros, de acordo com dados topográficos e altimétricos gerados por meio do imageamento a laser (**Figura 1**) e confirmadas no levantamento topográfico realizado em campo em 13/01/2014, pela Superintendência de Assuntos Fundiários da Norte Energia, conforme Planta topográfica anexa (**Anexo 01**).

A área urbana de Altamira é contemplada no Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas da UHE Belo Monte (PBA 11.3), a partir de uma rede de monitoramento definida para o Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas (PBA 11.3.1), cujos principais objetivos são:

- ✓ monitorar o nível de água dos aquíferos de forma a avaliar as variações na borda dos reservatórios, inclusive na zona urbana de Altamira, e
- ✓ identificar áreas críticas na cidade de Altamira, devido ao risco associado à elevação do lençol freático, tanto no que se refere aos aspectos de instabilização das encostas marginais, quanto aos aspectos de vulnerabilidade à contaminação.

A **Figura 2** mostra a localização dos poços e cisternas monitorados no âmbito do Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas. A rede de monitoramento é considerada coerente e suficiente para a verificação dos impactos decorrentes da formação do reservatório.



Figura 1 - Áreas de baixo na área urbana de Altamira.

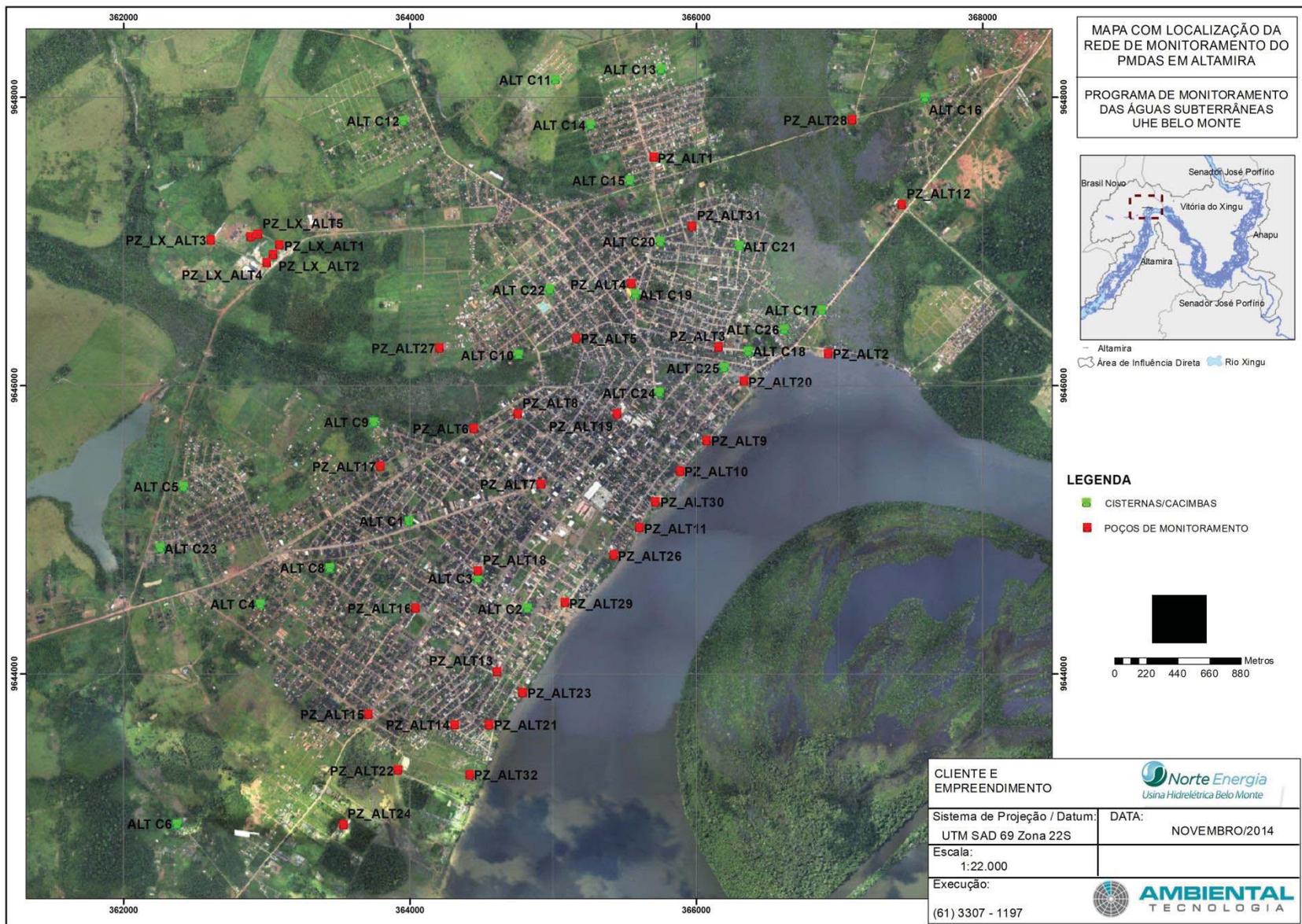


Figura 2 - Carta imagem com a distribuição dos pontos de monitoramento do Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas, na área urbana de Altamira.

### 2.1.1. HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

As áreas objeto desta Nota Técnica são compostas por terrenos com padrão de relevo plano a suave ondulado (com baixios), solos classificados como latossolos vermelhos (maior parte da área) e gleissolos (em porções localizadas), com clima amazônico típico (com maior precipitação entre dezembro e março) e com reservatórios subterrâneos rasos (aquíferos freáticos e aquíferos suspensos).

As áreas 1 e 2 (**Figura 1**) são áreas que, de acordo com relato de moradores antigos na região, eram alagadas em todos os períodos chuvosos, sendo que a Área 1 (oeste do campo de futebol), inclusive, era caracterizada há muitos anos como uma lagoa perene (com aumento de águas represadas no período de chuvas e diminuição no período de seca). Porém, com o avanço do crescimento urbano das áreas de recarga (situadas em porções topograficamente mais elevadas) e consequente aumento das edificações (com a impermeabilização e compactação da superfície) a região foi drenada, tornando-se uma lâmina d'água intermitente e, posteriormente, representando áreas aterradas e ocupadas.

As imagens apresentadas nas **Figuras 3 e 4** mostram como ocorreu a ocupação da área entre os anos de 2005 e 2014. A imagem de 2005 evidencia áreas com acúmulo de água comondo brejos, campos úmidos e até áreas alagadas no mês de julho do ano de 2005 (período de seca). Esta área composta por solos argilosos e hidromórficos são claramente inadequadas para ocupação, tanto que não havia sido ocupada antes do ano de 2005, por suas próprias limitações construtivas e de ordem técnica. Com o aumento da demanda por moradias, ocorreu a ocupação de parte da área, sendo que os aterros ocorrem das bordas para o centro da área que não deveria ser ocupada.



**Figura 3 - Imagem de satélite (Google Earth) de julho de 2005. No destaque observa-se a ausência de ocupação da área inundada a oeste do campo de futebol.**



**Figura 4 - Imagem de satélite (Google Earth) de agosto de 2014. No destaque observa-se a ampla ocupação urbana da área a oeste do campo de futebol.**

Na **Figura 4**, correspondente ao mês de agosto do ano de 2014 já se pode observar o adensamento urbano da área, sendo que ainda se verifica que as porções centrais, que exigem maior volume de aterramento ainda não eram ocupadas. Em janeiro de

2015, foram observadas edificações na forma de palafitas (**Figura 5**), evidenciando que as áreas 1 e 2 são alagadas, mesmo antes do enchimento do reservatório.



**Figura 5 - Exemplos de edificações na forma de palafitas, que são implantadas para minimizar a necessidade de aterros em área que sofre inundações periódicas naturais (pelo escoamento superficial e pela elevação da superfície freática).**

A imagem da **Figura 6** mostra a ocupação no mês de agosto de 2009, que evidencia o início dos aterramentos para ocupação da área a oeste do campo de futebol. Esta imagem mostra que a ocupação da área se deu nos últimos cinco anos.



**Figura 6 - Imagem obtida por técnica a laser em agosto de 2009. A oeste do campo de futebol nota-se o início dos aterramentos (áreas claras) para ocupação indevida da área.**

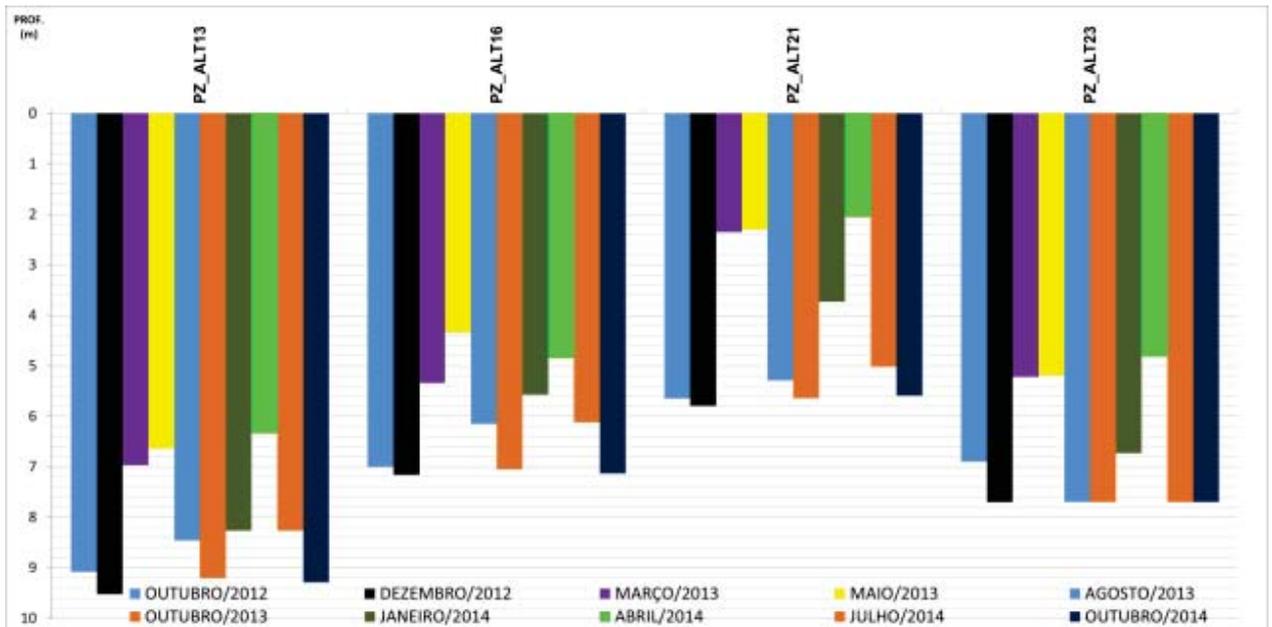
Considerando-se as imagens apresentadas nas **Figuras 3 e 4** observa-se, claramente, o adensamento das edificações ocorridas no período de 2005 a 2014 (e de forma mais

evidente entre 2009 e 2014), fato que resulta no aumento do escoamento superficial e diminuição considerável na infiltração das águas pluviais devido, principalmente, à compactação e impermeabilização da superfície do solo (de forma mais evidente nos primeiros 50 cm do perfil do solo).

A Área 1 destacada em amarelo nas **Figuras 1, 3 e 4** representa porções de aquíferos suspensos, e por isto apresenta zona saturada próximo à superfície do terreno, mesmo quando o nível freático regional ocorre em maiores profundidades. Este tipo de aquífero é muito comum na região amazônica, principalmente nas planícies de inundação de grandes rios e são formados pela presença de camadas argilosas pouco permeáveis que mantêm uma zona de saturação acima da superfície freática da descarga regional.

A existência de aquífero suspenso (*perched aquifer*) em muitos casos resulta na formação de áreas úmidas ou alagadas em baixios da planície fluvial, exatamente o que ocorre neste caso em estudo. A acumulação da água, mesmo no mês de julho (considerado de baixa taxa de chuvas) é o indicador mais evidente deste fato. O acúmulo de água naquela região é relatado por moradores mais antigos da região e pode ser corroborada sem questionamentos pelas imagens de satélites disponíveis em várias fontes, inclusive no *Google Earth*. Nestas imagens, as áreas muito escuras indicam presença de água limpa (sem particulados) oriunda do aquífero suspenso, que em função das propriedades espectrais absorvem a radiação e resulta neste aspecto nas imagens. Caso fossem águas de enxurradas das ruas o aspecto seria mais claro, uma vez que estas águas arrastam particulados que refletem a radiação.

Outro dado fundamental para se confirmar a presença de aquífero suspenso nas áreas em foco é representado pelos dados de potenciometria, os quais são obtidos a partir de monitoramento de poços na região, no contexto do PBA 11.3.1. A **Figura 7** mostra a variação dos níveis d'água medidos em poços de monitoramento, instalados especificamente para este fim. Estas medidas são obtidas do banco de dados do PBA 11.3.1, que inclui leituras trimestrais em cisternas cadastradas e em poços instalados especificamente para o monitoramento. Até dezembro de 2014 foram realizadas 10 campanhas trimestrais abrangendo dois anos e meio de monitoramento, que possibilitaram a caracterizaram de dois ciclos hidrológicos completos na região de influência do empreendimento.



**Figura 7 - Gráfico com variações dos níveis d'água dos poços de monitoramento instalados nas imediações das áreas em estudo.**

O Poço PZ-ALT16 está localizado no extremo norte do campo de futebol (Área 1) e, portanto, muito próximo à área alagada. O nível mais raso medido neste poço ocorreu em maio de 2013, e forneceu valor de nível freático maior que 4 metros. Este dado prova que a área saturada/inundada, que ocorre próximo a superfície, é vinculada a ocorrência de camada impermeável compondo um aquífero suspenso local. Os demais poços PZ-ALT13, PZ-ALT21 e PZ-ALT23 mostram o mesmo comportamento, sendo que o nível mais raso foi medido nos meses de março e maio de 2013 no poço PZ-ALT21, que está localizado mais próximo à orla do rio Xingu na área urbana de Altamira.

O PZ-ALT13 está localizado na extremidade leste da Área 2, em região mais elevada devido ao aterramento da via, por isso apresenta níveis mais profundos (nível mais raso – maior que 6 metros - também em maio/2013).

A percolação da água até a zona saturada é controlada pelas coberturas pedológicas; portanto a recarga dos aquíferos é diretamente influenciada pelos solos de baixa condutividade da região. Os dados obtidos até o momento mostram que os níveis mais profundos foram observados no mês de dezembro (início do período de enchente) e os mais elevados foram observados entre os meses de março a maio (período de cheia do rio Xingu); evidenciando a influência da sazonalidade climática nas variações naturais dos níveis freáticos, mesmo nos poços instalados sobre os solos de baixa condutividade.

Um dos pontos mais críticos da ocupação das áreas em estudo é o fato de se tratarem de terrenos cobertos por solos da classe dos gleissolos, **que têm sua ocupação vedada por lei** (Lei Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012) por se tratar de solo hidromórfico com elevada sensibilidade ambiental, em superfície coberta de forma periódica por águas, coberta originalmente por formas de vegetação adaptadas à

inundação. A **Figura 8** mostra aspectos dos gleissolos observados em campo (Área 1), incluindo cor cinza, enriquecimento em matéria orgânica, dificuldade de drenagem e sequência de horizontes. Mesmo que estas áreas não sejam associadas a cursos d'água perenes, não sendo necessário implantar uma Área de Preservação Permanente a partir de seus limites, de acordo com a legislação florestal em vigência (Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012) estes terrenos não podem ser ocupados.



**Figura 8 – Aspectos dos gleissolos observados em uma das áreas de ocupação em estudo. A cor cinza, enriquecimento em matéria orgânica, textura muito argilosa e perfil típico são as propriedades físicas que caracterizam estes solos.**

#### 2.1.2. IMPACTOS POTENCIAIS

A formação dos reservatórios pode gerar impactos positivos e negativos, conforme preconizado desde o EIA/RIMA da UHE Belo Monte. Como impactos positivos podem ocorrer: maior circulação e recarga da água subterrânea (que deverá infiltrar a partir do lago em direção à zona saturada); aumento da disponibilidade e facilidade de acesso à água subterrânea (em função da maior proximidade da zona saturada à superfície) e subirrigação na Área de Preservação Permanente.

Como possíveis impactos negativos citam-se: aumento de risco de contaminação das águas dos aquíferos livres, com aumento do risco de infiltração de poluentes, pois haverá a diminuição da espessura da zona não saturada que representa a principal proteção dos aquíferos; eventual risco geotécnico a fundações e baldramas de obras civis (em geral a partir da subida capilar na zona não saturada) e formação de áreas alagadas ou brejos que podem contribuir com o desenvolvimento de insetos vetores de doenças e mau cheiro.

O que se espera em relação à elevação dos níveis freáticos é que qualquer impacto seja observado em uma restrita faixa marginal aos futuros reservatórios ou ao longo de faixas marginais de igarapés que contribuem diretamente com o reservatório. Ressalta-se que a confirmação de possíveis impactos, relacionados à elevação do nível freático, só pode ser realizada após a formação e estabilização do reservatório.

Os dois ciclos hidrológicos completos de monitoramento já realizados, em associação com as medições a serem realizadas antes da formação do reservatório, serão fundamentais para separar os efeitos naturais (flutuação sazonal do nível freático local) e os efeitos antrópicos já existentes (impermeabilização da superfície, contaminação das águas freáticas, aterramento etc.), daqueles eventuais impactos vinculados à formação do Reservatório do Xingu.

Os dados, até então obtidos, são extremamente importantes para os diagnósticos relativos à dinâmica das águas subterrâneas, porém ainda não há informações suficientes para o estabelecimento de prognósticos sobre impactos ambientais relacionados à elevação do nível freático com a formação do reservatório do Xingu. Tais impactos só poderão ser caracterizados após o enchimento, formação e estabilização dos referidos reservatórios. O efeito das cheias ocorridas nos anos de 2013-2014, que foram acima da média, será importante para as análises de elevação máxima do nível freático (NF) devido ao remanso, pois, os níveis às margens do futuro reservatório deverão permanecer mais profundos que os observados no fim de 2013 e início de 2014.

### 3. ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES

Para a determinação de impactos devido à elevação dos níveis freáticos nas áreas urbanas de Altamira é importante comparar dados de níveis freáticos antes e depois da formação do reservatório. Desta forma, esta fase de estudos de diagnósticos, em relação à elevação dos níveis freáticos deverá ser iniciada após a formação e estabilização do reservatório do Xingu. Tais impactos potenciais deverão ser observados apenas nas proximidades da orla do reservatório e ao longo dos igarapés que descarregam diretamente no rio Xingu.

As áreas, com solos hidromórficos ou com aquíferos suspensos, situadas a mais de 500 metros da orla do remanso do reservatório, que correspondem à Área 1 em foco (a oeste do campo de futebol) não deverão sofrer impactos diretos ou indiretos, pois não se espera elevação de nível d'água, devido à formação do reservatório nestes locais.

As áreas de baixios (com cotas superiores a 100 metros), como por exemplo, a Área 1 do presente documento, que vêm sendo progressivamente ocupadas desde o ano de 2009 não deveriam ter qualquer uso urbano com edificações, em função de suas restrições técnicas e legais. Principalmente a região a oeste do campo de futebol, que apresenta área úmida e periodicamente inundada controlada pela presença de aquífero suspenso e solos hidromórficos não deveria ser ocupada por apresentar restrições de ordem geotécnica (solos muito plásticos), hidrogeológica (zona saturada próxima a superfície do terreno) e legal (compõe área de preservação por ser associada a solo hidromórfico e campo úmido), independentemente da formação do reservatório.

Considerando a dimensão da área e sua sensibilidade ambiental sua ocupação não deve ser permitida mesmo considerando-se a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA Nº 369, de 28 de março de 2006, que dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, **interesse social** ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP.

Do ponto de vista da análise técnica, não há qualquer necessidade de ampliar a poligonal de preservação acima da cota de 100 metros, como já determinado pelo IBAMA e já em processo de implantação pela Norte Energia.

A Área 2, que apresenta características similares à Área 1, está situada entre 225 e 450 metros da orla do reservatório, apresentando cotas abaixo de 100 m, e como pode ser observado nas imagens das **Figuras 3, 4 e 6**, apresenta ocupações mais antigas com vias consolidadas desde 2005. Assim como na Área 1, a ocupação desta região não deveria ter sido permitida pela gestão pública.

Nesta área, os dados do monitoramento da dinâmica das águas subterrâneas subsidiarão a análise de possível influência da elevação do nível freático após o enchimento do reservatório. Ressalta-se que devido à heterogeneidade do material

desta região, que apresenta intercalação de camadas arenosas e outras mais argilosas, a verificação de possíveis impactos relacionados ao empreendimento só poderá ser realizada após o enchimento e estabilização do reservatório do Xingu.

Até a formação do reservatório Xingu não há necessidade de remoção da população que ocupa a poligonal da Área 2, uma vez que os efeitos da elevação apenas poderão ser verificados depois da estabilização dos níveis ao novo cenário. Análises previsionais são difíceis de serem obtidas em virtude da ampla heterogeneidade dos materiais que formam os aquíferos freáticos que incluem argila, silte e areia em diferentes proporções e inclusive aterros constituídos de materiais heterogênicos.

No entanto, é importante verificar medidas que possibilitem o adequado escoamento das águas superficiais que se acumulam em função dos aterros descontrolados na Área 2, que originalmente correspondia a um corpo hídrico de pequenas dimensões, que servia também de escoamento pluvial, desaguardo direto no rio Xingu.

## 4. ANEXOS

- Anexo 1 – levantamento topográfico das áreas de baixo em Altamira (ÁREAS 1 e 2)