

SUMÁRIO – 11.3.1 PROJETO DE MONITORAMENTO DA DINÂMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

11.3.	PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	11.3.1-1
11.3.1.	PROJETO DE MONITORAMENTO DA DINÂMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	11.3.1-1
11.3.1.1.	ANTECEDENTES	11.3.1-1
11.3.1.2.	EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES	11.3.1-2
11.3.1.2.1.	CRONOGRAMA GRÁFICO.....	11.3.1-2
11.3.1.3.	RESULTADOS E AVALIAÇÃO.....	11.3.1-4
11.3.1.3.1.	INVESTIGAÇÕES E INSTALAÇÕES DE MONITORES..	11.3.1-4
11.3.1.3.2.	ACOMPANHAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES	11.3.1-10
11.3.1.3.3.	LEITURA DE NÍVEIS D'ÁGUA	11.3.1-26
11.3.1.4.	ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS	11.3.1-34
11.3.1.5.	EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO	11.3.1-35
11.3.1.6.	ANEXOS	11.3.1-35

11.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

11.3.1. PROJETO DE MONITORAMENTO DA DINÂMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

11.3.1.1. ANTECEDENTES

O Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas tem como objetivo monitorar o nível freático dos aquíferos livres e as cargas hidráulicas dos aquíferos confinados, de forma a avaliar as variações na borda dos reservatórios e a jusante do sítio Pimental, antes, durante e após o enchimento do reservatório. Abrange a área urbana de Altamira e adjacências, regiões do Aquífero Maecuru e do Diabásio Penatecaua, além das margens de parte do trecho do TVR na região a jusante do Sítio Pimental, e das comunidades Belo Monte e Belo Monte do Pontal.

Durante o primeiro semestre de 2012, foram realizadas atividades fundamentais ao monitoramento das águas subterrâneas como, o inventário complementar dos poços, que subsidiou a análise das condições dos poços existentes e auxiliou na definição da rede de monitoramento.

Foram confeccionados mapas base para os mapeamentos geológico, pedológico e hidrogeológico realizados na AID, fundamentais para a caracterização do meio físico e conhecimento das características hidrodinâmicas da região, considerando-se a necessidade de se conhecer os aquíferos da região de forma que se possam avaliar as variações na borda dos reservatórios e a jusante do sítio Pimental, antes, durante e após o enchimento do reservatório. Foram realizados ainda ensaios de infiltração *in situ* para determinação da condutividade hidráulica vertical do solo.

Considerando a etapa de instalação dos poços de monitoramento da dinâmica e qualidade das águas subterrâneas, nos meses de março a julho/12 foi realizado acompanhamento dos níveis freáticos, de cisternas cadastradas em Altamira, bem como dos valores de precipitação (dados da estação Altamira – PA – OMM: 82353 – INMET), nível d'água e vazão (dados das estações Altamira e Pimental, encaminhados pela Norte Energia).

Analisando os dados das cisternas monitoradas entre março a julho/2012, observa-se que o rebaixamento do aquífero freático é bastante lento. Em função dessa análise, optou-se por começar a instalação dos poços no mês de setembro/12, visto que os níveis continuaram muito elevados nos meses anteriores.

Os níveis altos dificultam a construção dos poços, pois a perfuração acaba ocorrendo dentro da zona vadosa, o que é desaconselhável pelo fato de que os procedimentos

envolvidos nessa atividade devem interferir minimamente as paredes escavadas dos poços, diminuindo o risco de alterações nas dinâmicas hidrogeológicas dos aquíferos.

Considerando as características climáticas da região, tecnicamente a melhor época para essa construção seria nos meses de novembro e dezembro/12 quando os níveis estariam próximos ou nas médias mínimas da região.

11.3.1.2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES

O Projeto vem sendo desenvolvido de acordo com o cronograma apresentado e aprovado junto ao IBAMA por meio do Ofício Nº 411/2012/CGENE/DILIC/IBAMA de 12 de julho de 2012, permitindo a apresentação de dados e resultados das atividades realizadas para o desenvolvimento do monitoramento da dinâmica das águas subterrâneas, que incluem para os períodos T2 e T3 a instalação da rede de monitoramento (instalação dos poços de monitoramento) e avaliação dos dados das investigações de campo.

Conforme previsto, durante o segundo semestre de 2012, mais precisamente em setembro/2012, foram instalados os poços de monitoramento e foram desenvolvidas as campanhas para leituras de nível, na rede de monitoramento definida (26 cisternas/poços rasos existentes e 55 poços de monitoramento instalados especificamente para o monitoramento). Foram realizados, no âmbito de investigações, ensaios de recuperação, cujos resultados foram analisados em conjunto com os dados obtidos durante a etapa de mapeamento geológico, pedológico e hidrogeológico, bem como com os resultados dos ensaios de infiltração realizados durante o primeiro semestre.

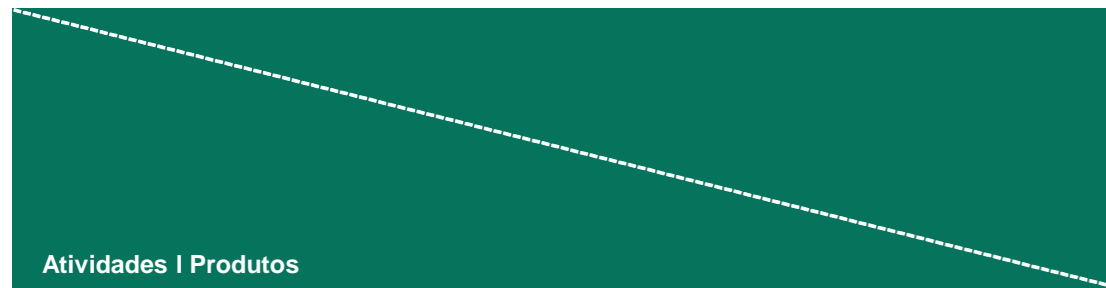
Foram elaborados ainda: modelo hidrogeológico conceitual para a cidade de Altamira, bem como mapa potenciométrico para Altamira e a região do lixão. Todas as atividades desenvolvidas visam subsidiar o acompanhamento e interpretação da variação dos níveis freáticos, identificação e avaliação de áreas críticas na cidade de Altamira, devido a riscos pela elevação do lençol freático e aos aspectos de vulnerabilidade à contaminação antrópica dos aquíferos subjacentes.

Os resultados das leituras de nível d'água são atividades constantes durante o monitoramento e estão dirigidos, principalmente, à proposição de modelos hidrogeológicos conceituais. A análise dos resultados incluirá a leitura de níveis das cisternas (cadastradas durante o inventário complementar) e dos poços instalados especificamente para o monitoramento.

11.3.1.2.1. CRONOGRAMA GRÁFICO

A seguir ilustra-se o desenvolvimento das atividades no cronograma atual. Ressalta-se que essas atividades têm se desenvolvido normal e continuamente, sem qualquer tipo de adequação ou alteração a ser implantada.

PACOTE DE TRABALHO: 11.3.1 Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas



Item	Descrição	2011				2012				2013				2014				2015				2016				
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	
CRONOGRAMA DO PACOTE DE TRABALHO																										
11	11. PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS																									
11.3.1	11.3.1 Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas																									
1	Inventário complementar de poços tubulares e definição da rede de monitoramento																									
1	Inventário complementar de poços tubulares e definição da rede de monitoramento																									
2	Investigações e instalação de monitores																									
2	Investigações e instalação de monitores																									
3	Mapeamento geológico e hidrogeológico																									
3	Mapeamento geológico e hidrogeológico																									
4	Acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações																									
4	Acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações																									
5	Leitura de nível d'água																									
5	Leitura de nível d'água																									
6	Acompanhamento e interpretação dos resultados das leituras de nível d'água																									
6	Acompanhamento e interpretação dos resultados das leituras de nível d'água																									
7	Relatórios Semestrais Consolidados																									
7	Relatórios Semestrais Consolidados																									

LEGENDA Informação do PBA Linha de Base - Aprovada pelo IBAMA Realizado Previsto até fim do produto

11.3.1.3. RESULTADOS E AVALIAÇÃO

11.3.1.3.1. INVESTIGAÇÕES E INSTALAÇÕES DE MONITORES

Definição da rede de monitoramento

Com base nos pontos sugeridos para o monitoramento no PBA, foi realizada vistoria *in loco* para avaliação da viabilidade locacional da instalação dos poços de monitoramento (piezômetros). A partir desta vistoria, foram definidos 55 pontos que estão devidamente listados no **Quadro 11.3.1 - 1**.

Foram avaliados os pontos sugeridos no PBA como locais potenciais para instalação dos poços de monitoramento, sendo substituídos os pontos que não apresentaram viabilidade locacional, devido principalmente à falta de acesso para as máquinas, existência de rede elétrica ou qualquer obstáculo para a perfuração dos mesmos. Porém, as relocações não apresentaram qualquer tipo de problema na dinâmica do programa, pois os novos locais apresentam o mesmo tipo de aquífero e topografia. Já os pontos adicionais, que compõem a rede de monitoramento e que não estavam previstos no PBA, foram estabelecidos pela equipe técnica com o objetivo de melhorar a qualidade do monitoramento da dinâmica das águas subterrâneas, a partir das características hidrogeológicas da região e das condições favoráveis de logística para as suas instalações.

O **Quadro 11.3.1 - 1**, apresenta os códigos, correlação com os pontos sugeridos no PBA, bem como as coordenadas dos poços de monitoramento instalados.

Quadro 11.3.1 1 – Tabela com códigos e coordenadas UTM dos poços de monitoramento instalados.

CÓDIGO DOS POÇOS INSTALADOS	CORRELAÇÃO COM OS PONTOS SUGERIDOS NO PBA	COORDENADA E	COORDENADA N
PZ_ALT1		365703	9647576
PZ_ALT2		366924	9646218
PZ_ALT3	PZ7	366155	9646258
PZ_ALT4	PZ8	365546	9646699
PZ_ALT5	PZ9	365164	9646324
PZ_ALT6	PZ10	364447	9645697
PZ_ALT7	PZ12	364914	9645310
PZ_ALT8	PZ13	364755	9645799
PZ_ALT9	PZ15	366074	9645613
PZ_ALT10	PZ16	365886	9645402
PZ_ALT11	PZ17	365603	9645007
PZ_ALT12	PZ18	367438	9647250

CÓDIGO DOS POÇOS INSTALADOS	CORRELAÇÃO COM OS PONTOS SUGERIDOS NO PBA	COORDENADA E	COORDENADA N
PZ_ALT13	PZ19	364607	9644011
PZ_ALT14	PZ20	364312	9643642
PZ_ALT15	PZ21	363711	9643712
PZ_ALT16	PZ22	364037	9644450
PZ_ALT17	PZ23	363791	9645436
PZ_ALT18	PZ24	364474	9644707
PZ_ALT19	PZ25	365449	9645794
PZ_ALT20		366332	9646023
PZ_ALT21		364555	9643552
PZ_ALT22		363917	9643325
PZ_ALT23		364787	9643865
PZ_ALT24		363537	9642950
PZ_ALT25		362608	9642342
PZ_ALT26		365422	9644816
PZ_ALT27		364208	9646257
PZ_ALT28		367087	9647836
PZ_ALT29		365083	9644487
PZ_ALT30		365714	9645189
PZ_ALT31		365974	9647100
PZ_ALT32		364417	9643295
PZ_LX_ALT1		363158	9646946
PZ_LX_ALT2		363051	9646848
PZ_LX_ALT3		362609	9647004
PZ_LX_ALT4		362961	9646780
PZ_LX_ALT5		362939	9647043
PZ_LX_ALT6		362889	9647025
PZ_RAPELD_7		413660	9640475
PZ_RX_2		358311	9621840
PZ_RX_3		361690	9628401
PZ_RX_4		364480	9639917
PZ_RX_5		373231	9645182
PZ_RX_6		382321	9645612
PZ_RX_7		382591	9641561
PZ_RX_8		385334	9639748
PZ_RX_9		387424	9636855
PZ_RX_10		400645	9621090
PZ_RI_1		408985	9630025
PZ_RI_2		406724	9644779
PZ_RI_3		404043	9636322
PZ_RI_4		417663	9642871
PZ_RI_5		414323	9648733

CÓDIGO DOS POÇOS INSTALADOS	CORRELAÇÃO COM OS PONTOS SUGERIDOS NO PBA	COORDENADA E	COORDENADA N
PZ_RI_6		411625	9650373
PZ_RI_7		422695	9655291
PZ_RI_8		422222	9654323

Instalação dos Poços de Monitoramento

Conforme previsto foram realizadas sondagens para a instalação de poços de monitoramento (piezômetros), que têm como objetivo compor a rede de monitoramento da dinâmica e da qualidade das águas, no âmbito do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, e que serão utilizados para medição de níveis d'água e/ou coleta de amostras para análises químicas. Os poços de monitoramento foram instalados da seguinte forma:

Os poços foram perfurados com uso de sonda roto-pneumática com o diâmetro mínimo de 6" (seis polegadas). Os furos penetraram até uma profundidade de pelo menos 4 metros abaixo da superfície freática, para assim garantir a funcionalidade dos poços de monitoramento mesmo em períodos extremos de seca. Em alguns casos não foi possível a penetração na zona saturada em uma seção importante, pois alguns poços alcançaram material rochoso (rocha sã). Neste caso a perfuração não foi continuada uma vez que o objetivo dos estudos se limitam aos aquíferos freáticos intergranulares e os aquíferos relacionados às rochas não alteradas fazem parte do domínio fraturado.

O material de revestimento é constituído de PVC da linha geomecânico de material inerte com diâmetro de 2" (duas polegadas) o qual permitirá a inserção de amostradores (do tipo *bailers*) para a coleta de água para análise químicas. As diferentes seções de tubos de revestimentos e tubos de filtros são acopladas entre si por luvas de união rosqueáveis.

Os filtros também são de PVC da linha geomecânico, com diâmetro de 2" (duas polegadas), comprimento de 2 metros e ranhura de 0,25 milímetros. Na extremidade inferior do conjunto filtro/revestimento, com a finalidade de proteção contra contaminações, foi colocado um tampão de fundo. A seção de filtro nunca é instalada na base do poço para evitar entrada de lamas decorrentes de desmoronamentos na fase final da complementação do poço (antes do posicionamento do pré-filtro no espaço anelar entre a parede da perfuração e a porção externa da coluna filtro-revestimento).

Foi utilizado pré-filtro colocado de modo uniforme no espaço anelar existente entre o tubo de PVC e a parede do furo, permanecendo a uma profundidade de pelo menos 50 cm (cinquenta centímetros) acima da extremidade superior do filtro, evitando assim que o solo posteriormente reintroduzido adentre a porção interior do poço pelos filtros.

O material de selagem utilizado na parte superior do poço de monitoramento foi a bentonita, colocada em forma de pó, preenchendo aproximadamente 80 cm (oitenta centímetros) abaixo da superfície.

O material de selagem tem como objetivo prevenir a infiltração da água de chuva e de escoamento superficial pela parede do poço, evitando a possibilidade da diluição e contaminação da água subterrânea. No caso em questão, em cada furo, antes de utilizar o material de selagem apropriado para este fim, o espaço anelar do poço foi parcialmente preenchido com o solo retirado da própria perfuração do canal, e sobre este foi colocado o material de selagem.

Os poços foram protegidos por tubos metálicos providos de tampa com cadeado (1), além de estrutura com manilha e tampa de concreto (2), visando garantir a segurança da instalação dos mesmos.



Figura 11.3.1 - 1 – Exemplos de proteção dos poços instalados, composta por tubo metálico provido de tampa e cadeado.



Figura 11.3.1 - 2 – Exemplo de proteção externa dos poços instalados, composta por manilha e tampa de concreto.

Ensaio de Infiltração In Situ

Os ensaios de infiltração representam uma ferramenta para determinação da condutividade hidráulica vertical (k_v) do solo, medindo a quantidade de água infiltrada verticalmente na superfície do solo ou em profundidade (ABGE, 1996). Tal parâmetro permite uma análise mais específica das características hidrogeológicas de uma

região, pois influencia diretamente na recarga natural dos aquíferos e na dinâmica dos cursos d'água superficiais, além de, segundo Fiori *et al* (2010), ser importante para as avaliações no comportamento de plumas de contaminação, determinação de taxas de aspersão em sistemas de irrigação, caracterização da vulnerabilidade que cada tipo de solo apresenta quanto à contaminação das águas subterrâneas rasas ou freáticas, dentre outras aplicações.

Os ensaios foram realizados seguindo dois métodos; ambos direcionam a água na direção vertical, permitindo, assim, a estimativa dos potenciais de recarga, a qual é baseada na movimentação vertical das plumas de umidade nos períodos em que há superávit hídrico (Fiori *et al*, 2010).

A descrição da metodologia utilizada, bem como os dados e resultados dos ensaios de infiltração realizados foram contemplados no 2º Relatório Consolidado de Andamento do PBA e do Atendimento de Condicionantes (julho/2012).

Os resultados dos ensaios mostram, de forma geral, que os solos da região em estudo apresentam baixa condutividade hidráulica. Este resultado afeta diretamente os aquíferos, uma vez que os solos representam sua zona não saturada ou zona vadosa, responsável pelo controle da recarga da zona saturada.

Quanto aos ensaios em superfície, seus resultados apresentam a seguinte distribuição estatística: 26% na ordem de 10^{-6} m/s; 48% dos valores na ordem de 10^{-7} m/s e 26% dos resultados na ordem de grandeza de 10^{-8} m/s. Os valores com ordem de grandeza menor que 10^{-6} m/s agrupam cerca de 75% dos resultados, o que comprova a baixa condutividade hidráulica daqueles solos.

No caso dos ensaios em profundidade, esta tendência também fica evidente, uma vez que 68% dos resultados são inferiores a 10^{-6} m/s e, inclusive ocorre um ponto com valor da ordem de 10^{-9} m/s.

Estes resultados deverão ser considerados no momento em que forem realizadas as avaliações qualitativas dos aspectos de risco geotécnico. Processos erosivos lineares devem ser evitados, pois uma vez iniciados, seu desenvolvimento tenderá a ser muito rápido, devido à baixa permeabilidade dos solos em geral. Estes resultados são utilizados também na elaboração do modelo hidrogeológico conceitual da cidade de Altamira.

Com relação aos controles da recarga, os resultados indicam que a região como um todo, apesar de ter elevada precipitação pluvial, deverá ter recarga reduzida em função de perdas por fluxo interno. Parte das águas infiltradas deverá seguir para igarapés, a partir do fluxo concentrado ao longo das interfaces com condutividade hidráulica da ordem de 10^{-8} m/s ou menores.

Ensaio de Recuperação

Ressalta-se que os resultados dos ensaios de recuperação estão apresentados neste relatório no **Quadro 11.3.1 - 5** (página 17 deste relatório) subsidiando a caracterização da zona saturada dos aquíferos rasos existente na região estudada.

Os ensaios de recuperação têm como objetivo a determinação de parâmetros hidráulicos e caracterização das propriedades hidrogeológicas do aquífero. Para tanto, foram realizados, nos poços instalados especificamente para monitoramento, ensaios denominados *slug test*, ensaios realizados na zona saturada, que consistiram basicamente no lançamento de um volume conhecido de água no poço em estudo e a observação das condições de recuperação do nível estático inicial (**Figura 11.3.1 - 3**).

Os ensaios visam avaliar a elevação e o tempo para recuperação ou o rebaixamento e, o tempo e condições para retorno às condições originais (nível estático). Assim, é fundamental que o nível estático seja medido previamente ao início do ensaio. As medições durante os ensaios de recuperação foram realizadas com auxílio de um transdutor de pressão (acoplado a um computador).

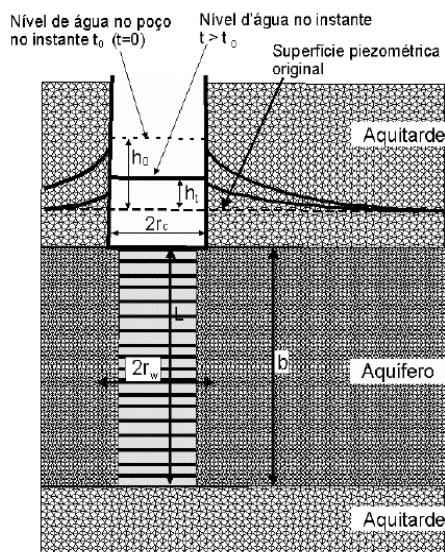


Figura 11.3.1 - 3 – Perfil esquemático de um poço hipotético mostrando a evolução de slug test. (onde “rw” é o raio de perfuração do poço, “rc” é o raio do revestimento do poço, “b” é a espessura do aquífero)

Os dados obtidos em campo são lançados nas fórmulas determinadas pelos métodos da vazão e de *Hvorslev*, que serão descritos a seguir.

Método da Vazão - A condutividade hidráulica segundo a “função da vazão” é obtida segundo a fórmula descrita a seguir (modificado de ABGE 1996): $K = \frac{Q}{5,5\Delta hr}$

Onde, K = condutividade hidráulica (m/s); Q = vazão medida a partir do volume de água lançado e tempo de ensaio, (m³/s), 5,5 = constante empírica obtida para normalizar a equação e adequação das unidades, Δh = variação da carga hidráulica inicial e final do teste e r = raio do revestimento do poço de observação testado (m).

Neste método, apenas o raio de revestimento do poço é considerado no tratamento dos dados. Este fato permite que este método seja aplicado para estudos em poços de monitoramento em que tais parâmetros não são conhecidos, entretanto resultados contrastantes podem ser gerados.

Método de Hvorslev - Método aplicado para aquíferos confinados e livres, homogêneos, isotrópicos, de espessura uniforme, baixo gradiente hidráulico. A fórmula

proposta por Hvorslev (1951) é descrita da seguinte forma:
$$K = \frac{r^2 \ln(L/R)}{2LT_L}$$

Onde: $T_L = \frac{\pi^2}{FK}$ e $FK = \pi^2 \frac{dr}{dt}$

Onde, r = raio do revestimento (m), L = comprimento da seção de filtro (m), R = raio contínuo de interferência do poço de observação e T_L = tempo para 37% de recuperação.

11.3.1.3.2. ACOMPANHAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES

Elaboração de Modelo Hidrogeológico Conceitual para a Cidade de Altamira

Para a elaboração do modelo hidrogeológico conceitual aplicado à cidade de Altamira e adjacências foram integrados todos os dados disponíveis que controlam o fluxo da água subterrânea, incluindo: relevo, pedologia, geologia e parâmetros hidrodinâmicos.

Na cidade de Altamira, é considerada a presença de três diferentes tipos de aquíferos superpostos os quais apresentam interdependência variável e contrastante entre si. Tais sistemas são atribuídos a diferentes domínios hidrogeológicos classificados em função do tipo de porosidade, incluindo os domínios Intergranular, Fraturado e de Dupla Porosidade (**Quadro 11.3.1 - 2**). O Domínio Intergranular é subdividido em diferentes sistemas em função dos tipos de materiais de cobertura.

Quadro 11.3.1 2 – Quadro síntese dos aquíferos presentes na área urbana de Altamira e adjacências

DOMÍNIO	SISTEMA	Solo / Tipo Petrográfico Predominante
Intergranular	Freático I	Solos Profundos: latossolos, argissolos, e nitossolos.
	Freático II	Solos rasos: cambissolos e neossolos litólicos.
	Freático III	Sedimentos descritos como Quaternário Aluvionar e neossolos flúvicos
Fraturado	Penatecaua	Diabásio.
Dupla Porosidade	Maecuru	Arenitos puros e maturos ocasionalmente com cimentação silicosa.

A maior parte dos poços tubulares construídos na cidade de Altamira intercepta rochas básicas da Formação Penatecaua (**Quadro 11.3.1 3**). Entretanto o cadastro de pontos d'água mostra que a ampla maioria dos poços não conta com dados coerentes e confiáveis, sendo que as empresas que atuam no mercado local de construção de captações subterrâneas não contam com responsáveis técnicos e apresentam obras com baixo nível técnico, o que compromete a geração de dados para o conhecimento dos aquíferos e ainda resulta em grave risco de contaminação destes reservatórios.

Quadro 11.3.1 3 – Principais informações geológicas de poços construídos na cidade de Altamira. Notar que a maior parte dos poços perfura rochas básicas do Sistema Aquífero Penatecaua (fonte – SIAGAS/CPRM)

DENOMINAÇÃO	Coordenadas		PROPRIETÁRIO	UNIDADE GEOLÓGICA
POÇO ALT-01	368670	9648465	PREF. MUN. DE ALTAMIRA	Diabásio Penatecaua (0-130m) Fm. Maecuru (130-140m)
POÇO ALT-02	362839	9646831	SERAFIM VANCERLADING	Diabásio Penatecaua (0-140m)
POÇO ALT-03	368086	9646683	ROBERTO JOSÉ DE OLIVEIRA	Diabásio Penatecaua (0-142m)
POÇO ALT-04	378734	9648200	FABIO	Diabásio Penatecaua (0-192m) Fm. Maecuru (192-217m)
POÇO ALT-05	364168	9645112	SEC DE OBRAS	Aluviões (0-15m)
POÇO ALT-06	368270	9648096	PREF. MUN. DE ALTAMIRA	Diabásio Penatecaua (0-115m)
POÇO ALT-07	379474	9648784	ROD BR 230_KM 15	Diabásio Penatecaua (0-182m) Fm. Maecuru (182-204m)
POÇO ALT-08	363795	9647469	IGREJA CATÓLICA	Diabásio Penatecaua (0-138m)
POÇO ALT-09	368454	9648649	DR. GILBERTO MELO	Diabásio Penatecaua (0-180m) Fm. Maecuru (180-197m)
POÇO ALT-10	364010	9647661	IGREJA CATÓLICA	DIABÁSIO PENATECAUA (0-146m)
POÇO ALT-11	345623	9638700	PREF. MUN. DE ALTAMIRA	Diabásio Penatecaua (0-156m)
POÇO ALT-09	710231	9080276	HOTEL NOSSA SENHORA APARECIDA	Suíte Intrusiva Parauari (0-32m)
FRIGORÍFICO ALTAMIRA	368609	9648158	FRIGORÍFICO ALTAMIRA	Diabásio Penatecaua (0-142m) Fm. Curuá (142-180m)
REDENÇÃO AUTO DIESEL	362964	9644804	REDENÇÃO AUTO DIESEL	Diabásio Penatecaua (0-164m)
TV ALTAMIRA	368118	9646530	TV ALTAMIRA	Fm. Curuá (0-170m)

DENOMINAÇÃO	Coordenadas		PROPRIETÁRIO	UNIDADE GEOLÓGICA
FAZENDA JASON	346550	9638671	DR. JASON	Diabásio Penatecaua (0-90m)
COMUNIDADE PAIXÃO DE CRISTO	365121	9648215	PREF. MUN. DE ALTAMIRA	Diabásio Penatecaua (0-220m)
FRIGORÍFICO ALTAMIRA	368547	9648127	FRIGORÍFICO ALTAMIRA	Diabásio Penatecaua (0-160m)
POÇO 5] BATALHÃO DO EXÉRCITO	368704	9645763	5º BATALHÃO DO EXÉRCITO	Diabásio Penatecaua (0-140m)
POÇO HOSP. REGIONAL	365156	9645052	HOSPITAL REGIONAL DE ALTAMIRA	Diabásio Penatecaua (0-86m)
POÇO POSTO MAVERICK	289600	9617319	AUTO POSTO MAVERICK	Diabásio Penatecaua (0-120m)
POÇO IPÊ	362655	9645449	PREF. MUN. DE ALTAMIRA	Diabásio Penatecaua (0-112m)
POÇO HOTEL GLOBO	364815	9645359		Diabásio Penatecaua (0-32m)

Inicialmente, os aquíferos presentes serão descritos de forma isolada e posteriormente será apresentada a interrelação entre eles.

Pedologicamente, os sistemas freáticos são classificados como se segue:

- Sistema F1: inclui todas as classes de latossolos (Vermelho e Vermelho-amarelo) e de Nitossolos (Vermelho e Háplico), os quais são dominantes na região de Altamira;
- Sistema F2: associado a cambissolo e neossolo litólicos, que são bastante raros na região de Altamira e adjacências;
- Sistema F3: inclui os materiais não litificados enquadrados como Quaternário Aluvionar, e parte dos neossolos flúvicos associados a ilhas e margens do rio Xingu;
- As áreas associadas à gleissolos não são consideradas aquíferos, mas sim zonas de exutórios dos três sistemas freáticos e de sistemas profundos.

AQUÍFEROS RASOS

Sistema Aquífero Freático I - F1

Sistema representado por classes de solo que apresentam uma feição marcante relacionada à presença de estruturas do tipo granular ou grumosa, o que faz com que todos os latossolos, independente de sua textura (muito argilosa, argilosa, franca, siltosa, etc.), e os nitossolos resultem em materiais com funcionamento hídrico similar. A condutividade hidráulica da zona não saturada é baixa (com ordem de grandeza variável de 10^{-7} a 10^{-8} m/s na maior parte dos pontos estudados, **Quadro 11.3.1 - 5**) e porosidade eficaz elevada (não inferior a 10%, podendo alcançar 16%). A **Figura**

11.3.1 - 4 mostra típico perfil de material que representa este tipo de sistema aquífero freático.



Figura 11.3.1 - 4 – Topo de perfil de Latossolo Vermelho, com textura muito argilosa e estrutura grumosa/granular, típico representante do Sistema Freático F1.

As espessuras totais dos regolitos associados ao Sistema F1 são da ordem de 20 metros, incluindo a soma dos horizontes A + B + C, os quais respondem ao fluxo do tipo laminar.

Compõem aquíferos intergranulares, contínuos, livres de grande distribuição lateral, com importância hidrogeológica principalmente relacionada às funções filtro e reguladora.

Sistema Aquífero Freático II - F2

De forma geral este sistema apresenta restritas espessuras do pedum, em geral inferiores a 1 metro, entretanto, considerando a associação com os horizontes saprolíticos, a espessura pode alcançar mais de 10 metros. O Cambissolo Háplico é o principal tipo de solo que compõe este sistema aquífero (**Figura 11.3.1 - 5**).

A espessura saturada deste sistema intergranular é considerada, em média, de 10 metros, mas comumente está ausente (principalmente em cambissolos localizados em áreas com elevada declividade). Em função da dificuldade de penetração do trado não foram realizados ensaios de infiltração neste sistema freático, contudo os valores de condutividade hidráulica são estimados na ordem de grandeza de 10^{-8} m/s em todos os horizontes, uma vez que apresentam textura silto-argilosa a franca.

Esses aquíferos, em geral, sobrepõem sistemas fraturados representados por rochas gnáissicas e graníticas e, mais raramente sedimentos da Bacia do Amazonas. Quando os solos apresentam-se ricos em fragmentos rochosos (rochosidade e/ou

pedregosidade), a condutividade hidráulica pode ser incrementada, melhorando as características gerais deste sistema aquífero raso.

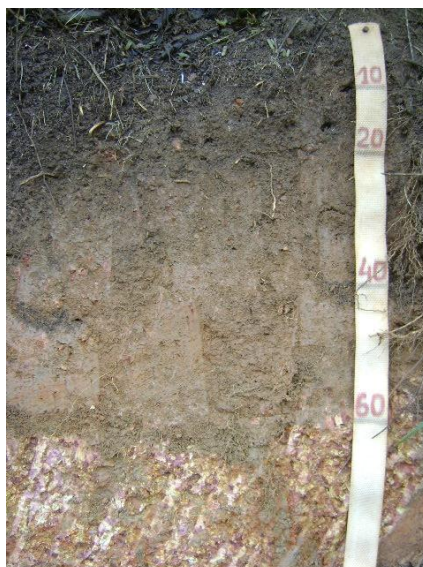


Figura 11.3.1 - 5 – Perfil de Cambissolo Háplico que representa o material mais comum representante do Sistema Freático F2.

Este sistema está distribuído sobre relevo ondulado a forte ondulado, sendo bastante restrito na área urbana de Altamira e suas adjacências.

O Sistema F2 define aquíferos intergranulares, livres, descontínuos e com distribuição lateral ampla. Apresenta pequena importância hidrogeológica relativa à função reservatório, sendo aproveitado apenas para abastecimento de pequenas propriedades rurais. Do ponto de vista das funções de recarga, filtro e reguladora, apresenta ampla importância hidrogeológica, uma vez que os horizontes mais ricos em argila funcionam como depuradores de cargas contaminantes e retardam o fluxo, ampliando a possibilidade de regular as descargas de base e interfluxo.

Sistema Aquífero Freático III - F3

Nesse sistema os materiais apresentam espessuras variadas e misturas mal selecionadas de areia fina, silte e argila e, apenas localmente, cascalhos ricos em clastos de quartzitos.

Em função da ampla heterogeneidade dos materiais, os aquíferos do Sistema F3 são classificados como livres, heterogêneos, anisotrópicos, e com condutividade hidráulica muito variável. Como ocorrem nas menores cotas topográficas, são considerados exutórios dos sistemas F1 e F2. Na área urbana de Altamira, ocorre essencialmente na orla do rio Xingu e ao longo de igarapés contribuintes.

A espessura da zona não saturada deste sistema intergranular é muito reduzida e sofre ampla variação anual, pois como está em contato com o rio Xingu, respondem às variações dos níveis d'água do curso fluvial, isto é, este sistema tem forte conexão hidráulica com o sistema fluvial principal da região.

Condutividade Hidráulica - Aquíferos Rasos

Zona Não Saturada

O método e a técnica empregados para a realização dos ensaios de infiltração apresentados no **Quadro 11.3.1 - 4** foram apresentados no 2º Relatório Consolidado. Uma observação importante quanto à técnica utilizada é que se trata de um procedimento que pode destruir a estruturação dos solos e, portanto, poderá reduzir a condutividade hidráulica do material ensaiado.

Quadro 11.3.1 - 4 – Valores de condutividade hidráulica vertical da zona não saturada de diferentes tipos de Aquíferos Freáticos. Em vermelho, Sistema F1; em azul, materiais considerados não aquífero

PONTO	EM SUPERFÍCIE (m/s)	EM PROFUNDIDADE (m/s)			
	Kv	Kv ₅₀	Kv ₁₀₀	Kv ₁₅₀	Kv ₂₀₀
BM-E5	2,41 * 10 ⁻⁷	1,88 * 10 ⁻⁸	1,75 * 10 ⁻⁸	1,21 * 10 ⁻⁸	7,79 * 10 ⁻⁹
	0 – 59 cm: solo argiloso, avermelhado; 60 – 200 cm: solo vermelho amarelado com areia fina.				
BM-E9	1,07 * 10 ⁻⁶	9,35 * 10 ⁻⁸	3,85 * 10 ⁻⁷	1,32 * 10 ⁻⁷	9,92 * 10 ⁻⁹
	Argiloso, avermelhado, homogêneo até 2 m (cemitério fora da cidade).				
BM-E11	1,11 * 10 ⁻⁷	2,20 * 10 ⁻⁷	3,04 * 10 ⁻⁷	5,57 * 10 ⁻⁸	1,98 * 10 ⁻⁸
	Solo marrom argiloso com pequena fração areia fina				
BM-E12	1,53 * 10 ⁻⁷	1,95 * 10 ⁻⁷	2,21 * 10 ⁻⁷	2,82 * 10 ⁻⁷	8,09 * 10 ⁻⁸
	Marrom argiloso. Após 50 cm mais seco e amarelo				
BM-E13	1,15 * 10 ⁻⁶	3,48 * 10 ⁻⁷	1,64 * 10 ⁻⁷	8,56 * 10 ⁻⁷	5,70 * 10 ⁻⁸
	Marrom claro, areno-argiloso, homogêneo até 2 m				
BM-E18	4,79 * 10 ⁻⁷	9,85 * 10 ⁻⁷	3,99 * 10 ⁻⁸	1,76 * 10 ⁻⁶	2,19 * 10 ⁻⁶
	Marrom claro, argiloso, com pequena fração areia fina a média				
BM-E19	3,68 * 10 ⁻⁸	9,69 * 10 ⁻⁸	5,84 * 10 ⁻⁷	3,94 * 10 ⁻⁷	2,47 * 10 ⁻⁸
	Marrom escuro. Após 70 cm cinza escuro				
BM-E20	5,49 * 10 ⁻⁸	1,74 * 10 ⁻⁶	1,17 * 10 ⁻⁶	4,93 * 10 ⁻⁸	2,67 * 10 ⁻⁷
	Marrom, argiloso com pequena fração areia fina, homogêneo.				
BM-E21	2,14 * 10 ⁻⁸	1,76 * 10 ⁻⁶	3,35 * 10 ⁻⁷	2,08 * 10 ⁻⁷	4,87 * 10 ⁻⁷
	Marrom, areno-argiloso, homogêneo até 2 m				
BM-E22	4,26 * 10 ⁻⁷	2,44 * 10 ⁻⁶	9,01 * 10 ⁻⁷	1,15 * 10 ⁻⁶	1,96 * 10 ⁻⁶
	0 – 40 cm: escuro, argiloso. 41 – 180 cm: avermelhado, argiloso com areia fina				
BM-E23	3,68 * 10 ⁻⁷	3,82 * 10 ⁻⁸	1,90 * 10 ⁻⁸	1,33 * 10 ⁻⁸	5,87 * 10 ⁻⁹
	0 – 20 cm: solo avermelhado, argiloso a muito argiloso, nível com seixos, concreções escuras. 20 – 180 cm: vermelho argiloso, muito argiloso. Aos 1,8 m, água e areia, fina a média, concreções, nível conglomerático				
BM-E1	2,04 * 10 ⁻⁸	2,42 * 10 ⁻⁸	1,25 * 10 ⁻⁸	5,33 * 10 ⁻⁸	2,95 * 10 ⁻⁷

PONTO	EM SUPERFÍCIE (m/s)	EM PROFUNDIDADE (m/s)			
	Kv	Kv ₅₀	Kv ₁₀₀	Kv ₁₅₀	Kv ₂₀₀
	Latossolo vermelho-amarelo. Área de pastagem degradada.				
BM-E2	$1,42 * 10^{-7}$	$1,42 * 10^{-8}$	$1,83 * 10^{-8}$	$1,68 * 10^{-8}$	$9,35 * 10^{-9}$
	Latossolo vermelho-amarelo (textura argilosa, pasto degradado, margem da estrada).				
BM-E3	$3,46 * 10^{-6}$	$4,02 * 10^{-9}$	$7,15 * 10^{-9}$	$6,15 * 10^{-9}$	$9,38 * 10^{-10}$
	Latossolo vermelho argiloso com textura arenosa no A e argilosa no Bw (borda de mata preservada).				
BM-E4	$8,67 * 10^{-8}$	$7,70 * 10^{-7}$	$9,92 * 10^{-7}$	$2,40 * 10^{-7}$	$4,37 * 10^{-7}$
	Latossolo vermelho-amarelo com textura arenosa no A e areno-argilosa no B e estrutura grumosa em todo o perfil.				
BM-E8	$1,08 * 10^{-6}$			$2,62 * 10^{-7}$	$3,07 * 10^{-7}$
	Latossolo Amarelo argiloso, homogêneo até 2 m, com estruturação grumosa e granular.				
BM-E10	$7,13 * 10^{-8}$	$4,83 * 10^{-7}$	$4,07 * 10^{-6}$	$9,31 * 10^{-7}$	
	Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso com pequena fração areia fina.				
BM-E24	$1,18 * 10^{-6}$	$1,79 * 10^{-6}$	$6,52 * 10^{-7}$	$1,27 * 10^{-6}$	$4,09 * 10^{-8}$
	Latossolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa, desenvolvido de arenitos ou com significativa contribuição de arenitos.				
BM-E25	-	$2,51 * 10^{-6}$	$2,03 * 10^{-6}$	$3,62 * 10^{-6}$	$3,31 * 10^{-7}$
	Latossolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa a muito argilosa, homogêneo até 2 m e com forte estruturação granular e grumosa.				
BM-E28	$2,61 * 10^{-6}$	$1,83 * 10^{-6}$	$2,02 * 10^{-6}$	$2,70 * 10^{-6}$	$1,36 * 10^{-6}$
	Latossolo Vermelho-amarelo, argiloso a arenoso, com estrutura grumosa, homogêneo até 2 m.				
BM-E26	$1,71 * 10^{-7}$	$8,85 * 10^{-7}$	$1,37 * 10^{-8}$	$9,98 * 10^{-8}$	$4,19 * 10^{-6}$
	Plintossolo. 0 – 80 cm: marrom avermelhado, cascalhento. 80 – 180 cm: mais amarelo e argiloso com areia média a fina. 181 – 200 cm: nível com concreções.				
BM-E6	$2,06 * 10^{-7}$	$3,75 * 10^{-8}$	$3,53 * 10^{-8}$	$1,24 * 10^{-8}$	$4,61 * 10^{-8}$
	Solo cinza escuro até 70 cm, depois amarelo argiloso com níveis de areia fina.				
BM-E7		$3,89 * 10^{-8}$	$5,19 * 10^{-8}$	$4,93 * 10^{-7}$	$5,39 * 10^{-8}$
	Gleissolo cinza escuro argiloso. Após 1,37 m solo amarelo argiloso, úmido. E próximo aos 2 m, apenas lama (atingindo o lençol freático).				
BM-E16	Solo encharcado	-	$6,68 * 10^{-7}$	-	$1,21 * 10^{-6}$
	Gleissolo acinzentado, homogêneo, argiloso, aos 2 m provável nível concrecionário.				
BM-E17	$1,42 * 10^{-7}$	$7,94 * 10^{-7}$	$4,31 * 10^{-8}$	$2,45 * 10^{-8}$	$2,97 * 10^{-8}$
	Gleissolo silto-argiloso, gradando para argiloso, cinza escuro.				

A avaliação dos dados apresentados no **Quadro 11.3.1 - 4** mostra que de forma geral a condutividade hidráulica da zona não saturada é baixa refletindo a textura argilosa e a muito argilosa dos materiais de coberturas. Os solos derivados de rochas básicas (diabásios da Formação Penatecaua) e de rochas pelíticas (folhelhos e siltitos argilosos das formações Trombetas e Alter do Chão) são sempre bastante argilosos.

Este dado pode ser avaliado de duas formas contrastantes. Por um lado é pouco favorável, pois indica uma possível redução da recarga, mas por outro lado amplia a proteção natural dos aquíferos sotopostos.

Zona Saturada

A condutividade hidráulica da zona saturada dos sistemas aquíferos foi obtida com auxílio da técnica denominada *Slug Test* cuja metodologia foi apresentada anteriormente em item específico deste relatório (Ensaio de Recuperação – páginas 11.3.1-9 e 11.3.1-10). A síntese dos valores obtidos é reproduzida no **Quadro 11.3.1 - 5**.

Quadro 11.3.1 - 5 – Síntese dos resultados da condutividade hidráulica da zona saturada dos aquíferos freáticos. Todos os poços de monitoramento foram perfurados em 6 polegadas e revestidos com tubo de 2 polegadas. Condutividade hidráulica obtida a partir do tratamento dos dados de campo com auxílio do Método de Hvorslev

Poço	L	N	Profundidade (m)	Seção de Filtro (m)	Volume inserido (litros)	K (m/s)
PZ_ALT1	365703	9647576	11,70	4	15	$2,13 * 10^{-5}$
PZ_ALT2	366924	9646218	9,45	4	10	$4,56 * 10^{-6}$
PZ_ALT4	365546	9646699	11,65	4	5	$7,60 * 10^{-7}$
PZ_ALT5	365164	9646324	11,60	4	5	$1,45 * 10^{-6}$
PZ_ALT7	364914	9645310	11,65	4	5	$1,60 * 10^{-6}$
PZ_ALT8	364755	9645799	10,40	4	35	$6,39 * 10^{-6}$
PZ_ALT9	366074	9645613	11,15	4	20	$5,81 * 10^{-6}$
PZ_ALT10	365886	9645402	7,70	2	5	$5,86 * 10^{-6}$
PZ_ALT11	365603	9645007	11,10	4	15	$1,39 * 10^{-5}$
PZ_ALT12	367438	9647250	23,60	6	20	$4,69 * 10^{-6}$
PZ_ALT13	364607	9644011	12,60	4	20	$5,32 * 10^{-6}$
PZ_ALT14	364312	9643642	11,30	2	40	$1,76 * 10^{-5}$
PZ_ALT15	363711	9643712	7,10	4	5	$6,39 * 10^{-6}$
PZ_ALT17	363791	9645436	10,00	2	20	$5,86 * 10^{-5}$
PZ_ALT19	365449	9645794	10,81	4	10	$1,88 * 10^{-5}$
PZ_ALT20	366332	9646023	9,60	4	20	$1,88 * 10^{-6}$
PZ_ALT21	364555	9643552	8,35	4	20	$8,11 * 10^{-6}$
PZ_ALT22	363917	9643325	12,00	2	10	$1,05 * 10^{-5}$
PZ_ALT24	363537	9642950	15,20	4	5	$1,69 * 10^{-4}$
PZ_ALT25	362608	9642342	23,70	4	5	$3,99 * 10^{-6}$
PZ_ALT26	365422	9644816	10,30	2	20	$1,82 * 10^{-5}$
PZ_ALT27	364208	9646257	31,60	6	5	$5,87 * 10^{-7}$
PZ_ALT28	367087	9647836	10,00	4	15	$3,55 * 10^{-6}$
PZ_ALT29	365083	9644487	11,65		20	$1,32 * 10^{-4}$

Poço	L	N	Profundidade (m)	Seção de Filtro (m)	Volume inserido (litros)	K (m/s)
PZ_ALT30	365714	9645189	9,00	4	5	$1,10 * 10^{-6}$
PZ_ALT31	365974	9647100	10,55	2		$2,11 * 10^{-5}$
PZ_ALT32	364417	9643295	11,65	4	10	$1,88 * 10^{-5}$
PZ_LX_ALT3	362609	9647004	22,49	2	10	$1,49 * 10^{-7}$
PZ_RX_2	358311	9621840	12,00	2	5	$7,12 * 10^{-7}$
PZ_RX_7	382591	9641561	9,75	2	10	$1,65 * 10^{-5}$
PZ_RX_9	387424	9636855	11,13	2	2	$7,53 * 10^{-6}$
PZ_RX_10	400645	9621090	8,60	4	2	$4,50 * 10^{-7}$
PZ_RI_5	414323	9648733	23,00	4	5	$2,46 * 10^{-6}$

Ao contrário do que foi observado para a zona não saturada, a condutividade hidráulica da zona saturada dos aquíferos freáticos apresenta valores moderados com ordem de grandeza de 10^{-5} a 10^{-6} m/s. Este resultado é coerente com os materiais amostrados durante a perfuração para instalação dos poços, os quais incluem solos estruturados e materiais arenosos de aluviões do rio Xingu. Os valores mais reduzidos são associados às poços perfurados em materiais mais argilosos.

AQUÍFEROS PROFUNDOS

Os conjuntos de aquíferos profundos presentes na área urbana de Altamira apresentam poucos dados quantitativos disponíveis e desta forma serão descritos principalmente de forma qualitativa. Não há dados de ensaios de bombeamento disponíveis de forma que não é possível estimar os parâmetros dimensionais destes aquíferos na região de Altamira.

Sistema Aquífero Penatecaua

O Sistema Aquífero Penatecaua na cidade de Altamira é exclusivamente representado por rochas básicas (diabásios microcristalinos ou microporfíricos) que ocorrem expostos ou mais comumente sob exposto manto de intemperismo. Estas rochas ocorrem na forma de soleiras intrudidas de forma concordante com formações paleozóicas da base da bacia sedimentar do Amazonas. As unidades paleozóicas podem ser representadas pela Formação Trombetas e Maecuru.

Nos diabásios desta unidade, a circulação da água subterrânea está condicionada às anisotropias devidas a fraturas tectônicas. Assim o aquífero é classificado como do tipo fraturado com forte anisotropia, apresentando grande variabilidade lateral dos parâmetros hidrodinâmicos principalmente da condutividade hidráulica. O potencial relativamente elevado deste sistema aquífero depende do grau de desenvolvimento, interconexão, abertura, densidade e continuidade das fraturas.

A vazão dos poços varia desde zero até valores da ordem de $40 \text{ m}^3/\text{h}$, com média em torno $10 \text{ m}^3/\text{h}$. A maior parte dos poços que exploram exclusivamente este sistema

aquífero apresenta vazão entre 5 e 8 m³/h. A experiência na exploração do Sistema Aquífero Penatecaua na região de Altamira mostra a ampla anisotropia do meio, com poços de grande profundidade de baixa vazão e outros com menor profundidade atingindo maiores descargas.

Sistema Aquífero Maecuru

O Sistema Aquífero Maecuru engloba as rochas psamíticas da unidade homônima e no caso da cidade de Altamira pode também incluir ocorrências locais de arenitos vinculados à Formação Trombetas. Neste caso não é possível diferenciar qual dos arenitos foi interceptado em função da má qualidade da descrição das amostras de calha durante a construção dos poços.

O Sistema Maecuru ocorre em porções isoladas por blocos rebaixados por falhas, sendo litologicamente representado pelos arenitos da Formação Maecuru. A média das vazões é elevada, mas na região de Altamira, como ocorre de forma local sem a incidência de poços com baixas vazões.

Além da porosidade matricial, o sistema de fraturamento nos locais em que o arenito está cimentado gera um aquífero do tipo dupla porosidade. Este quadro gera um favorecimento à infiltração de águas pluviométricas, melhorando as características do aquífero como armazenador e transmissor de água. Com isso, as áreas de recarga são ampliadas para toda a porção coberta por regolitos. Em situações onde há latossolos como parte das coberturas, as condições dos aquíferos de dupla porosidade sotopostos são otimizadas. Este tipo de exposição não foi observado na área da cidade de Altamira, mas é relativamente comum a sul e a nordeste da cidade e mesmo compondo paredões às margens do rio Xingu (**Figura 11.3.1 - 6**).

A recarga deste sistema se processa de duas formas: diretamente por infiltração de águas de precipitação (em áreas de exposição) ou por drenança, por gotejamento a partir do Sistema Penatecaua sobreposto (nas áreas em que os diabásios recobrem os arenitos).

É representado por aquíferos intergranulares, descontínuos, livres ou confinados, e com condutividade hidráulica alta. As melhores condições hídricas são condicionadas a zonas de intersecção de fraturas, com regiões em que os arenitos ainda mantêm porosidade intergranular.

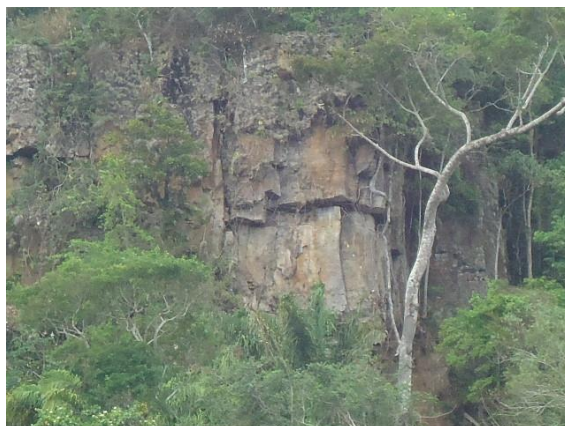


Figura 11.3.1 - 6 – Arenito paleozóico exposto em parede vertical na margem esquerda do Rio Xingu na área de remanso do futuro Reservatório Principal (cerca de 12 km a montante de Altamira). O fraturamento vertical em associação com o acamamento horizontal ampliam a condição de circulação hídricas deste sistema aquífero.

Este sistema apresenta importância hidrogeológica relativa moderada a elevada. Quanto à qualidade das águas e sua proteção, este sistema é considerado o mais protegido na cidade de Altamira, uma vez que qualquer carga contaminante deverá infiltrar pela zona não saturada e pelas zonas saturadas nos sistemas freáticos e no Sistema Penatecaua. Entretanto, a péssima qualidade construtiva dos poços pode comprometer a qualidade destas águas na poligonal urbana, pois cargas contaminantes podem ser infiltradas diretamente através do espaço anelar entre o revestimento e o conduto da perfuração.

SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A **Figura 11.3.1 - 7** mostra de forma esquemática o modelo conceitual aplicado à circulação das águas na região de Altamira. Nesta ilustração é possível se verificar a componente subterrânea do ciclo hidrológico local incluindo os seguintes elementos:

- Precipitação Pluvial - corresponde ao *input* de água no sistema, com valores médios anuais da ordem de 1800 mm.
- Infiltração - corresponde à parcela da água de chuva que percola na porção superior da cobertura de solos ou dos sistemas aquíferos freáticos F1 e F2. Este componente apresenta volume variável em função das diferentes perdas por interceptação (natural e artificial) e evapotranspiração. A interceptação artificial é elevada na área urbana de Altamira devido à compactação e impermeabilização.
- Interfluxo - corresponde à parcela da água infiltrada que não segue o fluxo vertical e migra lateralmente em direção a um exutório local que pode ser uma nascente de igarapé, uma área úmida ou manchas de gleissolos presentes nas adjacências da cidade. Na maior parte dos casos esta componente é elevada, pois a condutividade hidráulica da zona não saturada apresenta valores reduzidos o que limite o fluxo vertical da água.

- Drenança vertical - corresponde à passagem de água armazenada em aquíferos superiores em direção aos reservatórios inferiores. Esta drenagem pode ser a partir dos sistemas freáticos em direção ao Sistema Penatecaua ou a partir do Sistema Penatecaua em direção ao Sistema Maecuru. Estima-se que o maior volume de drenança ocorra a partir dos sistemas freáticos.
- Fluxo regional – corresponde à descarga das águas armazenadas nos aquíferos profundos diretamente para o exutório regional representado pelo próprio rio Xingu.

Com relação à proteção natural, os diferentes conjuntos de reservatórios subterrâneos apresentam comportamento contrastante, sendo que de forma geral as águas são progressivamente mais protegidas com o aumento da profundidade e do grau de confinamento. Assim as águas freáticas são as mais susceptíveis aos agentes poluidores gerados na superfície pela ação humana (principalmente: presença de cemitério, postos de combustíveis, aterros de resíduos sólidos, infiltração de efluentes domésticos).

Os sistemas Penatecaua e Maecuru apresentam maior proteção natural, contudo, se observa que os poços na região são mal construídos e podem funcionar como canais para a contaminação. Esta observação é válida inclusive para os poços tubulares recentemente construídos, os quais não apresentam isolamento sanitário suficiente e sequer fornecem informações para o estudo dos aquíferos, uma vez que não têm perfis litológicos ou construtivos disponíveis. As empresas que atuam na região de Altamira não disponibilizam dados de ensaios de bombeamento, pois via de regra estes não são desenvolvidos.

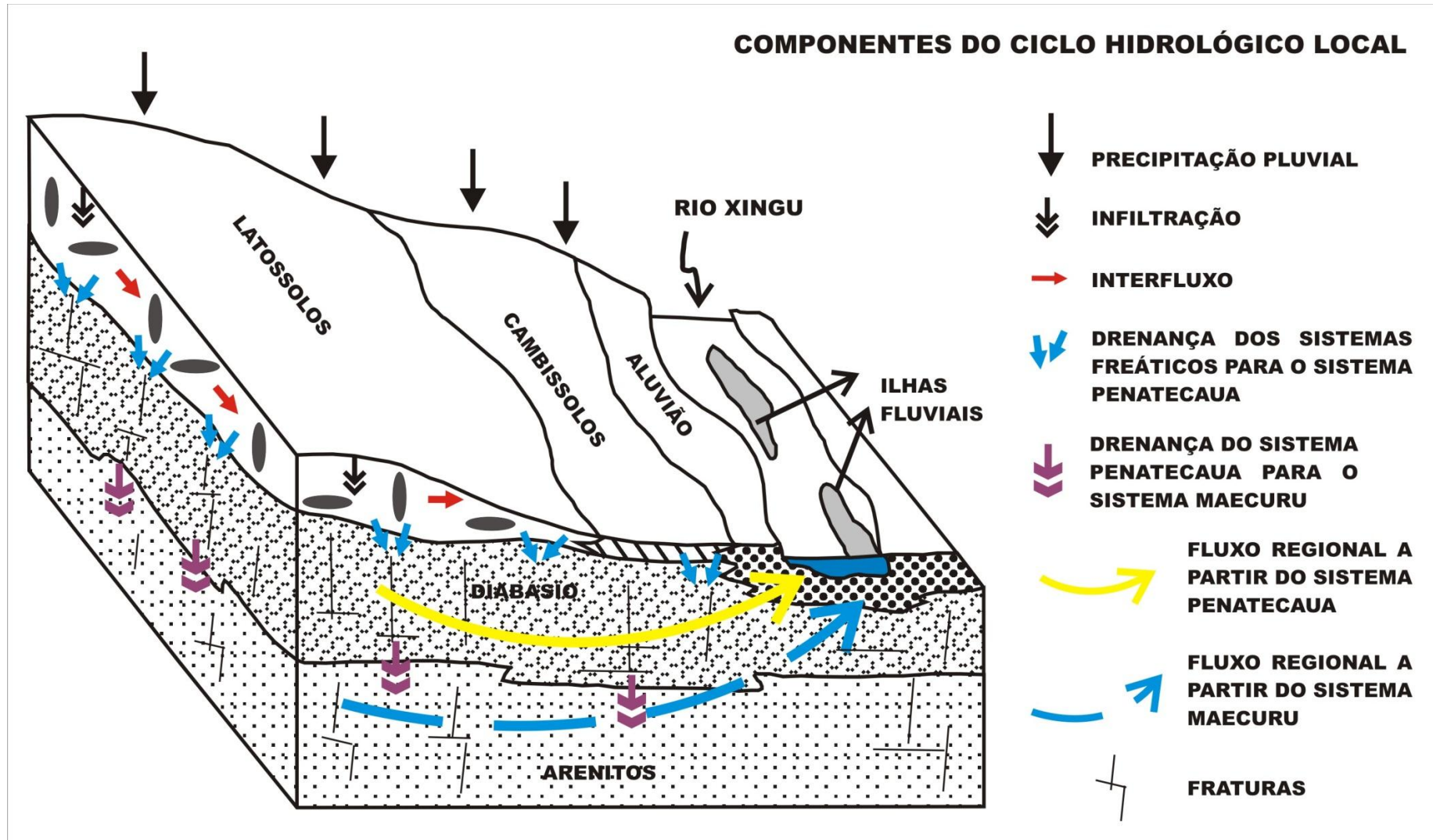


Figura 11.3.1 - 7 – Forma esquemática o modelo conceitual aplicado à circulação das águas na região de Altamira.

Elaboração de Mapa Potenciométrico para a Cidade de Altamira e da Região do Lixão de Altamira com Avaliação da Direção de Fluxo

A caracterização hidráulica de um aquífero é baseada no estudo da potencimetria. Segundo Silva (2008), os estudos potenciométricos são essenciais para a compreensão do funcionamento dos aquíferos e para que se possa efetuar qualquer comparação posterior de métodos ou técnicas de prospecção empregada nas pesquisas hidrogeológicas. Os mapas potenciométricos possibilitam a visualização bidimensional da direção do fluxo subterrâneo principal, o que permite a identificação das zonas de recarga, circulação e descarga.

A superfície potenciométrica, de acordo com Feitosa *et al.* (1997), é o lugar geométrico dos pontos que marcam as alturas potenciométricas de um aquífero, referidas a uma dada profundidade. Já Rebouças *et al.* (2006), definem um mapa potenciométrico como um mapa que apresenta linhas de contorno da superfície da zona saturada do aquífero livre ou potenciométrica do aquífero confinado. Estes últimos autores relatam que as linhas de fluxo são perpendiculares às tangentes das equipotenciais e o gradiente hidráulico representa a variação de potencial ao longo das linhas de fluxo considerado.

Para a confecção do mapa potenciométrico é necessária à obtenção da carga hidráulica para um conjunto de poços localizados em um mesmo aquífero e que ocorra variação desses valores. A carga hidráulica é obtida através da diferença entre a cota da boca do poço (em relação a um datum, que geralmente é o nível do mar) e a profundidade do nível estático dos poços instalados na região de Altamira, cujos níveis estáticos foram medidos. Os mapas potenciométricos para a cidade de Altamira e para a região do lixão são apresentados no **Anexo 11.3.1 – 2 – Mapa potenciométrico da área urbana de Altamira** e **Anexo 11.3.1 – 3 – Mapa potenciométrico da área do lixão de Altamira**.

O depósito de resíduos sólidos (lixão) da cidade de Altamira está situado na porção central de uma rampa longa a partir de onde há a divisão natural do fluxo subterrâneo. Para a determinação das direções e sentido do fluxo da água subterrânea foram consideradas as seguintes premissas:

- A direção e sentido são apenas verificados para os aquíferos freáticos (não envolve o fluxo para o Sistema Aquífero Penatecaua);
- Os aquíferos freáticos são considerados do tipo homogêneos e isotrópicos. Tal condição é perfeitamente possível, pois estes aquíferos são relacionados a solos espessos e estruturados;
- Não há exploração intensiva dos aquíferos nas adjacências, mesmo porque a maior parte da área de montante é representada por áreas rurais atualmente ocupadas por pastagens;

- A água subterrânea migra de um ponto de carga hidráulica maior para regiões de carga hidráulica menor;
- A superfície potenciométrica é livre e mantém o padrão do relevo, contudo de forma mais suavizada;
- As linhas de fluxo são perpendiculares às linhas equipotenciais.

Desta forma, o fluxo subterrâneo será representado por vetores constituídos por linhas perpendiculares às curvas de nível (que são paralelas às equipotenciais) apontadas de locais mais elevados para locais mais rebaixados topograficamente. Em geral, as linhas de fluxo tendem para os cursos d'águas superficiais que são os exutórios naturais dos aquíferos freáticos.

No caso da migração da pluma de chorume produzida pelo lixão estima-se que a maior parte ou a totalidade do efluente migre em direção a sul – sudeste, uma vez que os resíduos sólidos foram depositados na porção leste da elevação que compõe a rampa **Figura 11.3.1 - 8**.

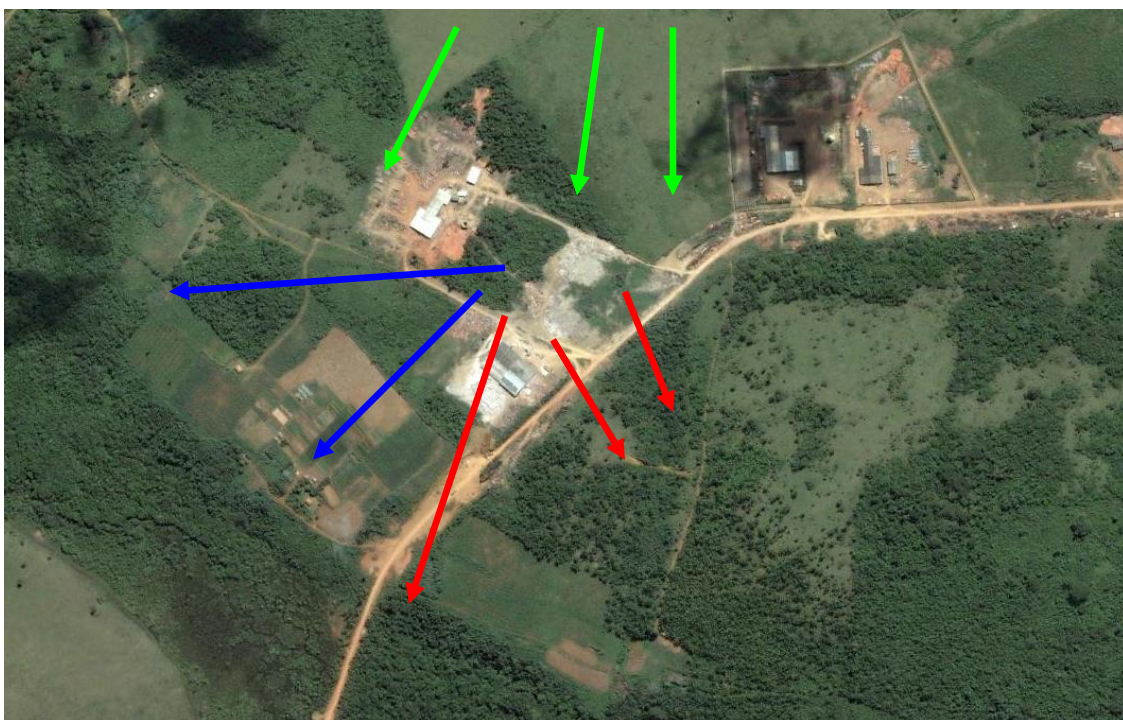


Figura 11.3.1 - 8 – Determinação qualitativa do sistema de fluxo subterrâneo a partir da área do lixão da cidade de Altamira, que se encontra em processo de remediação ambiental. As linhas vermelhas representam fluxo de águas possivelmente contaminadas por chorume. As linhas azuis representam fluxo de água não contaminada / poluída. As linhas de fluxo representadas em verde indicam o fluxo intermediário / regional oriundo da porção mais elevada do relevo.

O mapa potenciométrico da região do lixão apresentado no **Anexo 11.3.1 – 3** foi construído com base nos dados de nível d'água dos poços situados nas adjacências da área do aterro de resíduos sólidos em associação com outros poços mais afastados.

Este mapa apresenta total concordância com o esquema apresentado na **Figura 11.3.1 7** e ampla coerência com a realidade do terreno local. A área funciona como um divisor do fluxo subterrâneo sendo que o fluxo local se distribui de forma radial. Não se deve ignorar que o sistema de fluxo apresentado na forma de setas representa apenas o sistema de fluxo local, mas que na região ainda devem ocorrer sistemas de fluxo hidrogeológicos intermediário e regional, os quais devem ocorrer em maiores profundidades.

O mapa potenciométrico da cidade de Altamira é apresentado no **Anexo 11.3.1 – 2** e de forma geral apresenta alta coerência entre a topografia e o tipo de aquífero predominante (sistema freático intergranular) em que a água flui de pontos com maior carga hidráulica para pontos com menor carga hidráulica.

Da mesma forma do que foi apresentado no mapa potenciométrico da região do lixão as setas indicam o padrão geral do sistema de fluxo local.

Na região centro-sul da cidade há um amplo rebaixamento da superfície freática. Este rebaixamento situa-se entre duas classes de potenciométrica, variando de cargas nos intervalos de 98 a 94 metros e de 94 a 90 metros. Desta forma, pode-se concluir que o bombeamento em regime permanente para o abastecimento da população da cidade de Altamira causa um cone de depressão regional variável entre 4 e 8 metros em toda a porção centro-sul da cidade. Este dado é coerente, uma vez que esta região urbana é a área de ocupação mais antiga e mais adensada em que o bombeamento ocorre há mais tempo.

Além do bombeamento em regime permanente, a impermeabilização da área urbana também é um fator que contribui para o rebaixamento da superfície potenciométrica na área urbana.

O cone de depressão regional observado ainda poderia ser maior, entretanto a presença do rio Xingu pode estar funcionando para a recarga induzida por inversão de fluxo o que a longo prazo funciona como uma fronteira hidráulica do tipo limite de recarga. Este tipo de limite é um fator favorável à exploração dos aquíferos, pois os sedimentos aluvionares e os solos funcionam como filtro das águas do rio que eventualmente sejam interceptadas pelo cone de rebaixamento regional.

Este mesmo tipo de comportamento é observado em dois pontos com área mais reduzida a norte do igarapé Altamira e a oeste do igarapé Ambé. Em ambos os casos o rebaixamento é atribuído ao bombeamento para abastecimento público. Estes cones são menores em área e em rebaixamento, mas já são indicadores do início de sobreexploração do aquífero nestes setores da cidade de Altamira.

11.3.1.3.3. LEITURA DE NÍVEIS D'ÁGUA

Conforme previsto no PBA as leituras de nível serão realizadas em cisternas (cadastradas durante o inventário complementar) e nos poços instalados especificamente para o monitoramento. As leituras dos níveis das cisternas cadastradas são apresentadas no **Quadro 11.3.1 - 6**.

Quadro 11.3.1 - 6 – Dados do monitoramento do nível freático de cisternas cadastradas em Altamira

Cisterna	Endereço	Coordenadas	Nível (m)				
			Março	Julho	Agosto	Setembro	Dezembro
ALT C1	Alacid Nunes, n° 2900. ES Transporte e Carga	363994 9645056	6,61	7,80	8,25	9,09	9,22
ALT C2	Acesso 2, n° 319. Iranzinho e Companhia	364820 9644448	5,60	Casa Fechada	8,95	9,29	9,39
ALT C3	Acesso 2, n° 689	364474 9644659	3,03	5,14	5,80	6,36	6,58
ALT C4	Rua Porto Alegre, n° 115	362868 9644360	25,21	Casa Fechada	Casa Fechada	Casa Fechada	Casa Fechada
ALT C5	Rua 15, n° 1816	362419 9645295	16,57	16,75	17,00	16,84	17,06
ALT C6	Estrada do Sanatório, n° 36	362373 9642955	10,03	10,22	10,30	11,4	12,17
ALT C7	Cemitério São Sebastião, Rod. Transamazônica.	360313 9643594	19,08	20,02	20,90	21,35	21,23
ALT C8	Acesso 3, n° 1636	9644692 363379	11,80	12,05	14,00	seco	seco
ALT C9	Bairro Vila Rica, Travessa Niterói, n° 1865	363748 9645740	0,68	1,51	1,73	1,58	1,71
ALT C10	Osório de Freitas, n° 2869	364760 9646208	4,45	5,07	5,63	5,66	5,79
ALT C11	Bairro Paixão de Cristo, Rua 02, n° 44	365016 9648115	13,53	13,77	14,00	14,24	seco
ALT C12	Castelo Branco, n° 407. Bairro Sta. Ana.	363956 9647831	22,69	22,88	23,20	23,82	24,64
ALT C13	Jd. França, Travessa 16, n° 2380	365798 9648317	Boca Lacrada	Boca Lacrada	Boca Lacrada	Boca Lacrada	Boca Lacrada
ALT C14	Mutirão, Rua 10, n° 3315.	365263 9647804	15,41	15,21	15,55	15,46	15,6
ALT C15	Bairro Mutirão, Rua 01, n° 1127	365535 9647418	5,26	6,41	6,55	6,75	7,78
ALT C16	Colinas, casa 101	367598 9647991	8,90	10,01	10,53	10,5	10,68
ALT C17	Ernesto Aciolly, n° 234 (Venda e sinuca)	366875 9646517	0,97	3,85	4,24	4,79	4,89

Cisterna	Endereço	Coordenadas	Nível (m)				
			Março	Julho	Agosto	Setembro	Dezembro
ALT C18	Abel Figueiredo, n° 1095	366364 9646233	0,40	2,80	3,50	3,5	3,53
ALT C19	Antônio Vieira, n° 238 (próximo à praça)	365574 9646627	Boca Lacrada	6,30	6,90	7,16	7,21
ALT C20	Rua Crisântemos, n° 1435	365746 9646994	6,25	7,20	8,00	8,22	8,4
ALT C21	Harmonia, n° 738.	366302 9646962	0,68	2,43	3,00	3,02	3,05
ALT C22	Lúcio Litiana, n° 397. Esquina com Joaquim Avelino	364976 9646660	14,58	15,35	16,00	16,34	16,49
ALT C23	Travessa Sta. Terezinha, n°359	362254 9644867	17,62	19,30	20,00	19,8	20,6
ALT C24	Comandante Castilho, n° 512. Lava jato Brilhante	365744 9645946	2,32	3,30	4,20	3,91	4,23
ALT C25	Fausto Pereira, n° 203	366271 9646152	0,94	3,21	3,90	3,73	Boca Lacrada
ALT C26	Abel Figueiredo, n° 1905 (ao lado do posto de combustíveis da BR)	365612 9646385	5,40	6,72	7,20	7,32	7,35

Os poços de monitoramento foram instalados no período de 15 a 29 de setembro e os mapas de localização dos mesmos são apresentados no **Anexo 11.3.1 - 4 - Mapa com Localização dos Poços de Monitoramento Instalados em Altamira; Anexo 11.3.1 - 5 - Mapa com Localização dos Poços de Monitoramento Instalados na Área do Reservatório Xingu e Anexo 11.3.1 - 6 - Mapa com Localização dos Poços de Monitoramento Instalados na Área do Reservatório Intermediário.**

Foram avaliados os pontos sugeridos no PBA como locais potenciais para instalação dos poços de monitoramento, sendo substituídos os pontos que não apresentaram viabilidade locacional, devido principalmente à falta de acesso para as máquinas, existência de rede elétrica ou qualquer obstáculo para a perfuração dos mesmos. Porém, as relocações não apresentarão qualquer tipo de problema na dinâmica do programa, pois os novos locais apresentam o mesmo tipo de aquífero e topografia.

No entorno dos futuros reservatórios também foram instalados poços de monitoramento, pois como se sabe, poços tubulares ou cisternas (cacimbas) utilizados para consumo podem não fornecer informações seguras, pois o bombeamento desses para uso da água pode gerar cones de rebaixamento locais, mascarando e/ou modificando os dados obtidos.

Conforme previsto foram realizadas duas leituras de nível, uma em setembro - Leitura Trimestral 1 e outra em dezembro – Leitura Trimestral 2, sendo os dados apresentados no **Quadro 11.3.1 - 7**.

Quadro 11.3.1 - 7 – Dados da Leitura Trimestral 1 (setembro/2012) e Leitura Trimestral 2 (dezembro/2012)

CÓDIGO DOS POÇOS INSTALADOS	CORRELAÇÃO COM OS PONTOS SUGERIDOS NO PBA	COORDENADA X	COORDENADA Y	SETEMBRO/2012 NÍVEL (m)	DEZEMBRO/2012 NÍVEL (m)
PZ_ALT1		365703	9647576	5,64	6,265
PZ_ALT2		366924	9646218	5,35	5,32
PZ_ALT3	PZ7	366155	9646258	5,54	5,73
PZ_ALT4	PZ8	365847	9646337	8,3	8,555
PZ_ALT5	PZ9	365164	9646324	8,35	8,585
PZ_ALT6	PZ10	364447	9645697	3,28	3,815
PZ_ALT7	PZ12	364888	9645267	8,03	8,47
PZ_ALT8	PZ13	364746	9645798	2,7	3,07
PZ_ALT9	PZ15	366074	9645613	5,99	6,21
PZ_ALT10	PZ16	365886	9645402	5,54	5,82
PZ_ALT11	PZ17	365603	9645007	6,56	6,81
PZ_ALT12	PZ18	367390	9647211	14,22	14,58
PZ_ALT13	PZ19	364607	9644011	9,08	9,52
PZ_ALT14	PZ20	364312	9643642	6,7	7,08
PZ_ALT15	PZ21	363711	9643712	5,11	5,5
PZ_ALT16	PZ22	363919	9644260	7	7,155
PZ_ALT17	PZ23	363791	9645436	3,86	4,185
PZ_ALT18	PZ24	364474	9644707	6,03	6,445
PZ_ALT19	PZ25	365449	9645794	7,2	7,41
PZ_ALT20		366332	9646023	5,58	5,9
PZ_ALT21		364555	9643642	5,65	5,79
PZ_ALT22		363917	9643325	5,22	5,22
PZ_ALT23		364787	9643865	6,9	seco
PZ_ALT24		363537	9642950	7,58	8,05
PZ_ALT25		362608	9642342	7,75	8,3
PZ_ALT26		365422	9644816	8,99	9,4
PZ_ALT27		364208	9646257	18,42	18,78
PZ_ALT28		367087	9647836	5,13	5,55
PZ_ALT29		365083	9644487	6,16	6,54
PZ_ALT30		365714	9645189	5,99	6,5
PZ_ALT31		365974	9647100	7,7	7,98
PZ_ALT32		364417	9643295	8,43	8,62
PZ_LX_ALT1		363158	9646946	12,28	12,67
PZ_LX_ALT2		363085	9646875	11,04	seco

CÓDIGO DOS POÇOS INSTALADOS	CORRELAÇÃO COM OS PONTOS SUGERIDOS NO PBA	COORDENADA X	COORDENADA Y	SETEMBRO/2012 NÍVEL (m)	DEZEMBRO/2012 NÍVEL (m)
PZ_LX_ALT3		363516	9646978	20,63	20,06
PZ_LX_ALT4		362961	9646780	12,24	Destruído ⁽³⁾
PZ_LX_ALT5		362939	9647043	seco ⁽¹⁾	seco
PZ_LX_ALT6		362609	9647004	19,79	20,97
PZ_RAPELD_7		413660	9640475	18,4	seco
PZ_RX_2		358311	9621840	5,92	6,41
PZ_RX_3		361690	9628401	5	Sem acesso ⁽⁴⁾
PZ_RX_4		364480	9639917	23,7	23
PZ_RX_5		373231	9645182	6,21	6,95
PZ_RX_6		382321	9645612	1,92	3,25
PZ_RX_7		382591	9641561	3,21	3,45
PZ_RX_8		385334	9639748	seco ⁽²⁾	Colapsado ⁽⁵⁾
PZ_RX_9		387424	9636855	6,49	7,22
PZ_RX_10		400645	9621090	8,3	2,98
PZ_RI_1		408987	9630027	13,4	Sem acesso ⁽⁶⁾
PZ_RI_2		406724	9644779	9,6	8,22
PZ_RI_3		404070	9636337	16,57	17,57
PZ_RI_4		417663	9642871	seco ⁽²⁾	seco
PZ_RI_5		414203	9648744	15,19	16
PZ_RI_6		411625	9650373	10,2	seco
PZ_RI_7		422682	9655253	14,14	seco
PZ_RI_8		422215	9654320	6,62	seco

(1) Poço perfurado na área do lixão, visando a execução de ensaio de traçador, que subsidiará a avaliação de direção de fluxo desta área;

(2) Poço perfurado até a rocha, sem alcançar o nível freático;

(3) Poço perfurado na área do lixão de Altamira, destruído pela manobra de máquinas e caminhões. O ideal deveria ser feita a obturação deste poço, porém não foi encontrado vestígio do “furo” no qual o poço foi instalado, devido à movimentação da área por máquinas e caminhões pesados;

(4) O proprietário da área não permitiu a coleta;

(5) Poço perfurado até a rocha, sem alcançar o nível freático, porém na última visita ao ponto constatou-se o colapso do mesmo (**Figura 11.3.1 - 9**);



Figura 11.3.1 - 9 – Ponto PZ_RX8, poço no qual houve colapso

- (6) O cadeado foi trocado, provavelmente pelo morador da propriedade, porém a residência estava fechada e não foi possível a troca do cadeado sem danificar a estrutura metálica, a equipe fará nova visita para coleta, no âmbito do Projeto de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas e buscará uma maneira de resolver a situação;

Considerando os resultados dos ensaios de infiltração para determinação de valores de condutividade hidráulica, bem como as leituras de nível realizadas; os resultados dos ensaios mostram que, de forma geral, os solos da região em estudo apresentam baixa condutividade hidráulica, fato que afeta diretamente os aquíferos, uma vez que os solos representam sua zona não saturada ou zona vadosa, responsável pelo controle da recarga da zona saturada.

Os dados obtidos nas cisternas monitoradas na região de Altamira indicam que as variações diversas podem ser decorrentes de eventos pluviométricos, ou que os pontos monitorados podem estar sofrendo alterações devido ao uso da água (bombeamento da cisterna/cacimba/poço raso). Este fato ressalta a importância da instalação dos poços de monitoramento, específicos para este fim instalados na região urbana de Altamira no âmbito do PBA, bem como no entorno dos reservatórios Xingu e Intermediário.

Como se pode observar na **Figura 11.3.1 - 10**, as variações do nível freático não apresentaram um padrão decrescente como esperado em função da sazonalidade. Em geral, esperam-se níveis rebaixados nos meses secos do ano e níveis elevados durante e logo após os meses chuvosos.

Porém, alguns pontos (ALT_C5; ALT_C9; ALT_C14; ALT_C16; ALT_C23; ALT_C24 E ALT_C25) apresentam aumento da lâmina d'água na leitura realizada em setembro, quando se espera diminuição/manutenção da mesma. Este fato se deve provavelmente ao bombeamento de água das cisternas em questão, para uso doméstico. Já os níveis de dezembro/2012 apresentam o padrão esperado para o final do período de seca, com valores rebaixados em relação à todos os dados referentes ao ano de 2012.

A **Figura 11.3.1 - 11** apresenta os valores dos níveis freáticos obtidos nas leituras trimestrais realizadas em setembro e dezembro nos poços da rede de monitoramento deste Projeto. Pode-se observar que na maioria dos pontos os níveis encontram-se menores em dezembro, fato associado ao período de seca na região.

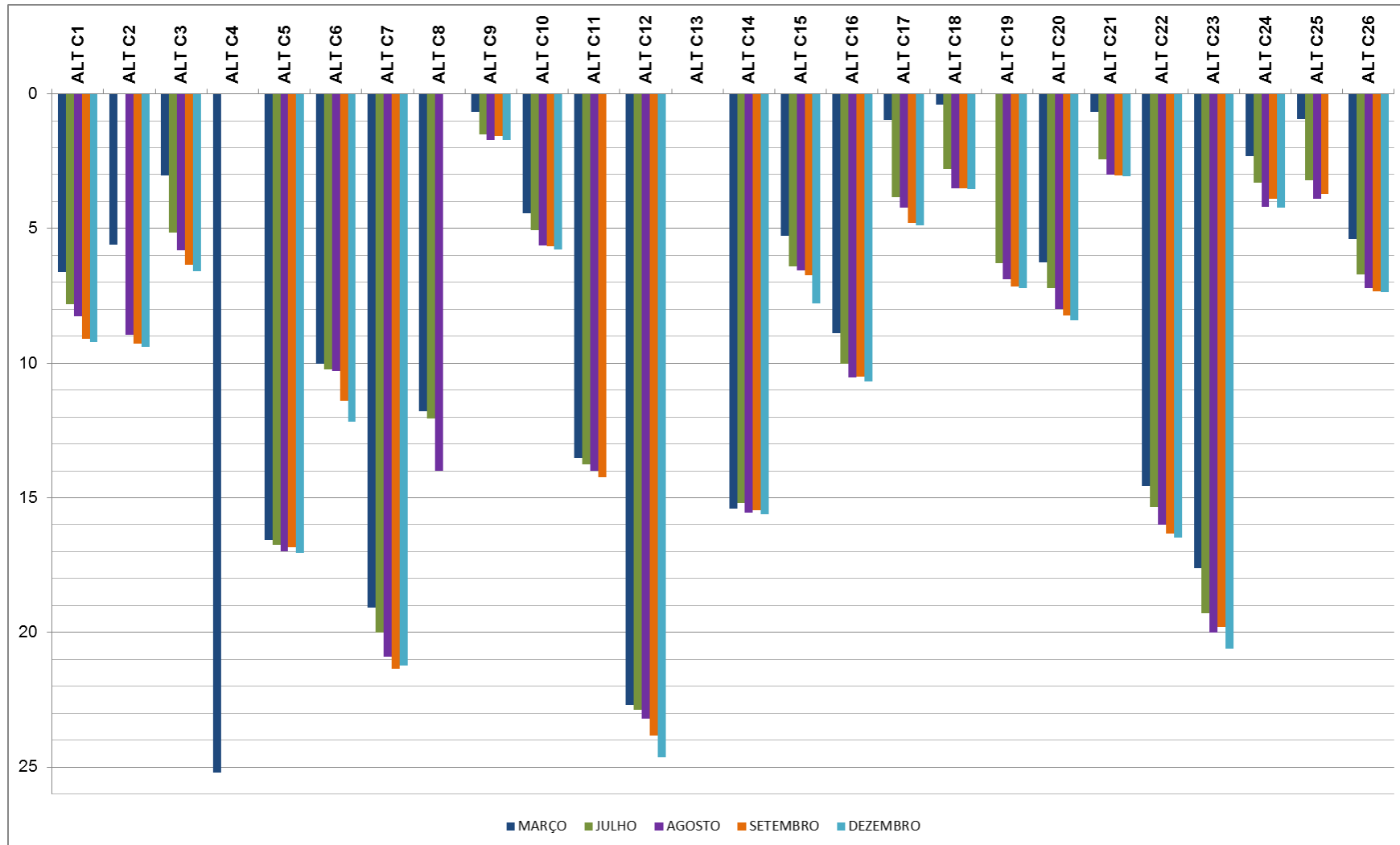


Figura 11.3.1 - 10 – Gráfico com variações dos níveis (em metros) das cisternas monitoradas em Altamira.

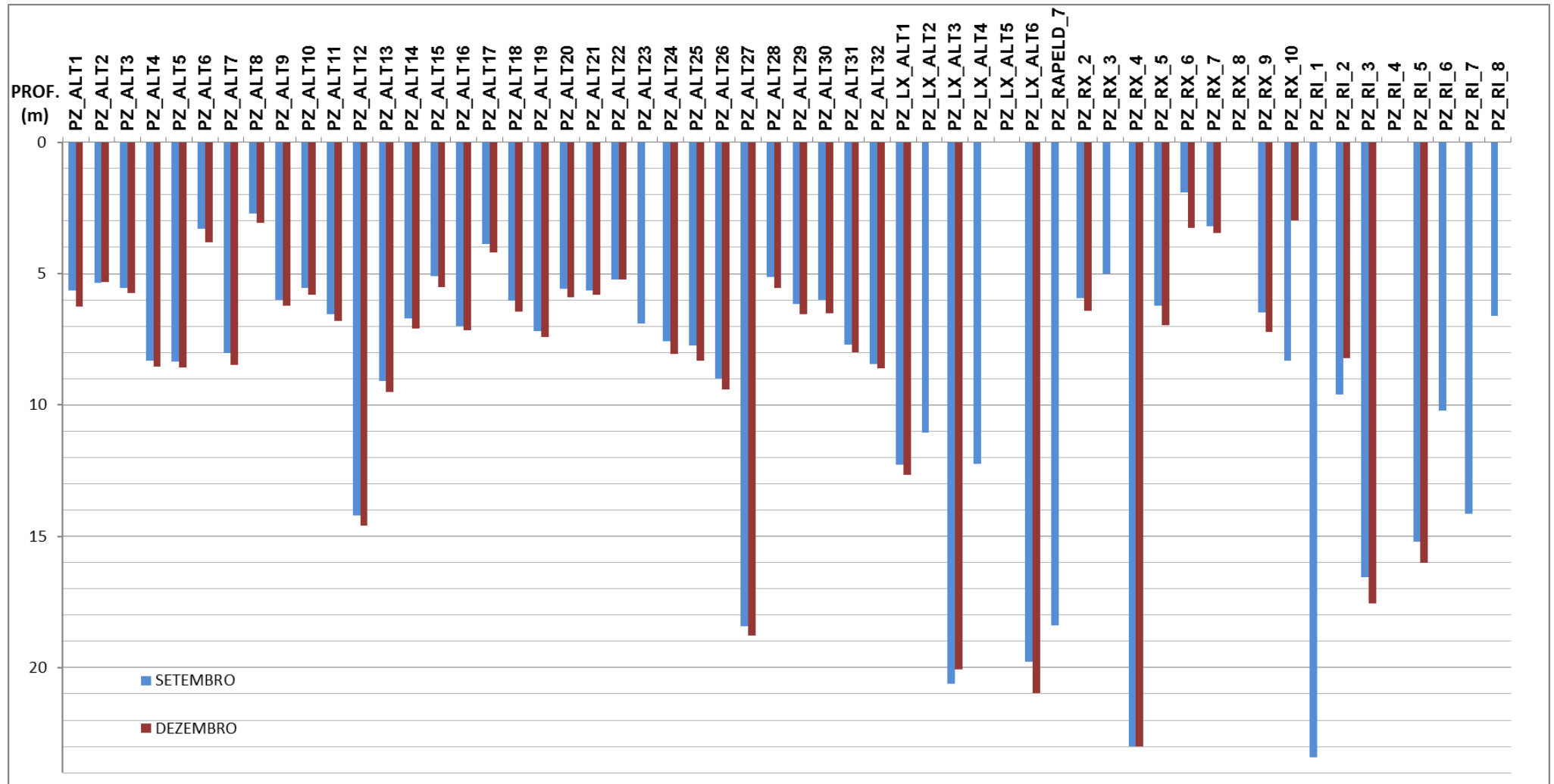


Figura 11.3.1 - 11 – Gráfico com Leitura de Trimestral de nível 1 e 2 (em metros) dos poços da rede de monitoramento.

As atividades desenvolvidas durante o segundo semestre de 2012 recuperaram defasagens temporais, principalmente em relação à instalação da rede de monitoramento, e não houve prejuízo às metas a serem atingidas tanto em termos de cronograma, quanto em relação às ações previstas para este Projeto.

11.3.1.4. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS

Com relação à continuidade das avaliações sobre o comportamento da alteração dos níveis freáticos no ano hidrológico, pelo menos três ações deverão ser desenvolvidas para o próximo período de monitoramento:

- Estimativa da recarga a partir do uso de equações para cálculo de reservas renováveis ou disponibilidades;
- Avaliação do comportamento da subida/descida dos níveis nos aquíferos freáticos situados às margens do rio Xingu na orla da cidade. Esta análise deverá subsidiar a verificação de risco geotécnico em função da manutenção dos níveis mais elevados de forma permanente depois da formação do lago;
- Validar a proposta do modelo conceitual dos aquíferos freáticos e seu funcionamento hídrico.

As medições realizadas nos períodos críticos do ano hidrológico deverão servir para se obter o quadro real da variação sazonal dos níveis d'água. Esta ação permitirá que as variações sazonais sejam mais facilmente separadas de eventuais variações devidas à formação dos reservatórios do Xingu e Intermediário).

É considerado fundamental realizar a avaliação da necessidade de construção de novos poços de monitoramento ou de substituição de poços que foram depredados ou inutilizados pela ação de vândalos ou por acidentes de modo a manter a atual rede amostral.

11.3.1.5. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF
Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos	Geólogo, Dr.	Coordenador Geral	7896/D CREA/DF	264969
Leonardo de Melo Santos	Geólogo	Diretor Executivo; responsável por coletas de campo, vistorias técnicas, confecção de relatórios.	12544/D CREA/DF	1698978
Joyce Pinheiro de Oliveira Fiori	Geóloga, M. Sc	Responsável por coletas de campo, vistorias técnicas, confecção de relatórios.	10699/D CREA/DF	293922
Thaís Becker	Geóloga	Responsável por coletas de campo, vistorias técnicas.	18421/D CREA/DF	512496
Veldson de Souza Pinto		Auxiliar de campo		

11.3.1.6. ANEXOS

Anexo 11.3.1 - 1 – Referências Bibliográficas;

Anexo 11.3.1 - 2 - Mapa potenciométrico da área urbana de Altamira;

Anexo 11.3.1 - 3 - Mapa potenciométrico da área do lixão de Altamira;

Anexo 11.3.1 - 4 - Mapa com Localização dos Poços de Monitoramento Instalados em Altamira;

Anexo 11.3.1 - 5 - Mapa com Localização dos Poços de Monitoramento Instalados na Área do Reservatório Xingu;

Anexo 11.3.1 - 6 - Mapa com Localização dos Poços de Monitoramento Instalados na Área do Reservatório Intermediário.