

Projeto Básico Ambiental (PBA)

UHE Teles Pires

P.09 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

Equipe Responsável pela Elaboração do Programa			
Responsável	Registro Profissional	Cadastro Técnico Federal – IBAMA	Assinatura
Andréia Márcia Cassiano	CREA 5061740520	502601	
Alessandro Farinaccio	CREA 5060782999	285913	
Marlon Rogério Rocha	CREA 5061556731	460130	

Controle de Revisão			
Revisão	Data	Descrição	Responsável/ Empresa
00	03/03/2011	Revisão Técnica	Renata Cristina Moretti/ JGP Consultoria e Participações Ltda.
01	03/05/2011	Revisão Técnica	Andréia Márcia Cassiano/ JGP Consultoria e Participações Ltda.
02	21/07/2011 (Versão Final)	Revisão Técnica motivada pelo Parecer Técnico N° 60/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA	Andréia Márcia Cassiano/ JGP Consultoria e Participações Ltda.

P.09 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

1. Introdução / Justificativa

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA da Usina Hidrelétrica Teles Pires – UHE Teles Pires (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010), tendo sido referendado como condição de validade 2.1 da Licença Prévia N° 386/2010, concedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. O presente Programa também segue os itens h e i das exigências relativas aos Programas do Meio Físico do Ofício N° 1203/2010/DILIC/IBAMA de 13 de dezembro de 2010, além das recomendações apresentadas no item 9.6.1 do Parecer Técnico N° 111/2010/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 10 de dezembro de 2010.

De modo geral, a formação de lagos artificiais interfere no comportamento das águas subterrâneas, podendo propiciar o acréscimo da suscetibilidade a processos de instabilização de encostas, criação de áreas úmidas e alagadas, aumento da vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação, afloramentos e surgências d'água, acréscimo na disponibilidade das águas subterrâneas, interferências em estruturas enterradas e poços, bem como o afogamento radicular da vegetação adjacente.

Nas áreas do entorno do reservatório os aquíferos passíveis de sofrerem variações de nível e de qualidade da água correspondem aos aquíferos granulares constituídos por depósitos aluvionares e localmente por material de alteração de rochas cristalinas.

O aquífero granular representado pelos aluviões é constituído por sedimentos inconsolidados, apresentando, comumente, elevadas permeabilidades. O aquífero granular superior composto pelo manto de alteração das rochas cristalinas (regolito), aparece conformando quase toda a superfície do relevo. Ressalta-se que os termos mais argilosos do regolito podem funcionar como um aquífero. Desta forma, o regolito, nos domínios das rochas riolíticas, sendo mais argilosos, apresentam um comportamento hidráulico próximo de um aquífero, enquanto no domínio dos granitos, os regolitos mais arenosos funcionam como um aquífero de permeabilidade baixa a média.

A elevação permanente dos níveis d'água/cargas hidráulicas causada pela formação do reservatório terá influência significativa principalmente nos aluviões marginais, onde ocorrerá um acréscimo na disponibilidade das águas subterrâneas e também a formação de novas áreas úmidas. No entorno do futuro reservatório da UHE Teles Pires, as áreas previamente consideradas como de maior suscetibilidade à ocorrência do impacto potencial de formação de áreas úmidas permanentes incluem setores de vertentes próximos ao reservatório e planícies aluviais de córregos tributários.

Com a execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas será possível complementar a caracterização hidrogeológica da área de entorno do reservatório e avaliar as alterações do nível e qualidade das águas subterrâneas. Dessa forma, os resultados do Programa fornecerão dados e subsídios para a adoção de medidas preventivas, mitigadoras e/ou corretivas de problemas surgidos na vegetação, na estabilidade geotécnica das encostas, além daqueles relacionados à quantidade e qualidade da água subterrânea.

2. Objetivos

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas tem por objetivo monitorar o nível freático dos aquíferos livres, de forma a avaliar as variações na borda do reservatório e a jusante deste, antes, durante e após o enchimento. Serão monitoradas também possíveis alterações nos padrões de qualidade das águas subterrâneas, notadamente em locais de utilização desse recurso pela população local.

3. Metas

As metas principais do Programa são as seguintes:

- Verificar as condições dos poços existentes para monitoramento da qualidade da água;
- Caracterizar a qualidade das águas subterrâneas por meio da determinação de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos;
- Comparar os resultados dos parâmetros analisados com aqueles propostos pela Resolução CONAMA Nº 396/08 e Portaria Nº 318 do Ministério da Saúde, conforme enquadramento das águas subterrâneas e de acordo com usos preponderantes;
- Efetuar o monitoramento do nível do lençol freático antes, durante e após o enchimento do reservatório;
- Monitorar as variações sazonais da qualidade e nível das águas subterrâneas;
- Identificar as áreas sensíveis à desestabilização de encostas, vulneráveis à contaminação das águas subterrâneas, passíveis de maior disponibilidade das águas subterrâneas e locais que sofrerão outras interferências resultantes da elevação do nível d'água (perda de estruturas, desmoronamento de poços, afogamento radicular da vegetação adjacente, criação de áreas úmidas e alagadas, etc.);
- Identificar possíveis áreas/ações/atividades fontes de contaminação da água subterrânea, notadamente aquelas relacionadas ao empreendimento;
- Auxiliar na tomada de decisão quanto à implementação de ações e medidas de prevenção, mitigação, controle e potencializadoras, relacionadas aos impactos ambientais nas águas subterrâneas resultantes do empreendimento.

4. Área de Abrangência

O monitoramento abrangerá as áreas adjacentes ao futuro reservatório e a jusante do barramento, que incluem principalmente áreas diretamente afetadas pelo empreendimento.

O Programa foi detalhado considerando os locais de maior criticidade para a elevação e rebaixamento do lençol freático dos aquíferos superficiais, bem como áreas com potencial risco de contaminação das águas subterrâneas. As áreas de maior sensibilidade aos fluxos verticais do lençol freático correspondem aos locais de distribuição dos aquíferos porosos e livres, relacionados principalmente aos terrenos situados ao longo das Planícies Fluviais dos rios, constituídos notadamente por sedimentos aluviais.

Serão monitoradas também possíveis alterações nos padrões de qualidade das águas subterrâneas, notadamente em locais de utilização desse recurso pela população local, sendo que esses pontos localizam-se na ADA/AID e proximidades.

5. Base Legal e Normativa

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, a fim de ter sua confiabilidade garantida, seguirá normas de procedimentos e legais em todas as etapas, incluindo planejamento, implantação dos monitores, realização de ensaios, coleta de amostras, análises laboratoriais e interpretação dos dados obtidos. Os documentos legais e normativos que têm relação com o presente Programa são citados a seguir:

Planejamento:

- ABNT NBR 9897:1987 – Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.

Amostragem, Análises e Ensaios:

- ABNT NBR 15495-1:2007 - Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção (em substituição à ABNT NBR 13895:1997 - Construção de poços de monitoramento e amostragem);
- ABNT NBR 15495-2:2008 - Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 2: Desenvolvimento (constitui a segunda parte da NBR 15495 e apresenta as técnicas para o desenvolvimento de poços de monitoramento de águas subterrâneas);
- ABNT NBR 9898:1987 - Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores;
- ABNT NBR 7181:1988 - Solo - análise granulométrica;
- ABNT NBR 6484:2001 - Solo - sondagens de simples reconhecimento com SPT - método de ensaio;
- ABGE: 1990 - Diretrizes para a execução de sondagens;
- ABGE: 1996 - Ensaios de permeabilidade em solos. Orientações para sua execução no campo;
- Norma CETESB 06.010:1988 - Construção de poços de monitoramento de aquífero freático - procedimento;
- CETESB: 1988 - Guia de Coleta e Preservação das Amostras de Água;

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2005).

Avaliação:

A legislação a ser adotada para avaliar os resultados obtidos nesse plano de monitoramento é disposta a seguir. Destaca-se que o enquadramento e/ou classificação de qualidade dos recursos hídricos em um trecho de um corpo d'água não significa, necessariamente, o nível de qualidade que este apresenta em um determinado momento, mas sim aquele que se busca alcançar ou manter por longo tempo, tendo em vista os usos preferenciais que se fazem das águas. Os principais diplomas que tratam da classificação e dos padrões de qualidade das águas superficiais e subterrâneas são:

Nível Federal

- Resolução CONAMA N° 396/08, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

A Resolução CONAMA N° 396/08 classifica as águas subterrâneas em cinco Classes (1 a 5), além da Classe Especial. A aplicação e disposição de efluentes e resíduos no solo deverão observar os critérios e exigências definidos pelos órgãos competentes, e não poderão conferir às águas subterrâneas características em desacordo com o seu enquadramento (art. 27°). A classe de enquadramento, bem como sua condição de qualidade, deverá ser divulgada periodicamente pelos órgãos competentes, por meio de relatórios de qualidade e placas de sinalização nos locais de monitoramento (art. 33°). Os padrões de Classe 1 a 4 deverão ser estabelecidos com base em Valores de Referência de Qualidade (VRQ), determinados pelos órgãos competentes, e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação Praticáveis (LQPs), apresentados no Anexo I da referida Resolução.

- Portaria N° 318 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004, que trata dos aspectos relacionados à potabilidade da água.

Estado de Mato Grosso

- Lei N° 8.097/04, que define sobre a administração e conservação das águas subterrâneas.

Estado do Pará

- Lei N° 6.105/98, regulamentada pelo Decreto N° 3.060/98, que dispõe sobre a conservação e proteção dos depósitos de água subterrânea do Estado do Pará e dá outras providências.

No Estado do Mato Grosso, a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas são regidas pelas disposições da Lei Estadual N° 8.097/04. No Estado do Pará, a Lei Estadual N° 6.105/98, regulamentada pelo Decreto Estadual N° 3.060/98,

dispõe sobre a conservação e proteção dos depósitos de água subterrânea do Estado do Pará. Basicamente, esses diplomas dispõem sobre medidas para evitar a poluição das águas subterrâneas e sobre a obrigatoriedade de autorização prévia para o seu uso (outorga), aspecto este, no entanto, só regulamentado mais recentemente.

6. Metodologia / Atividades a serem desenvolvidas

Para a avaliação da dinâmica e qualidade das águas subterrâneas em áreas críticas da AID do empreendimento, o presente Programa de Monitoramento avaliará a dinâmica e a qualidade das águas subterrâneas. Para tanto, estão previstas as seguintes atividades: definição da rede de monitoramento; execução das investigações de campo e de laboratório e instalação de poços de monitoramento; mapeamento geológico e hidrogeológico, acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações; execução das leituras de nível d'água; coletas de amostras e análises químicas das águas subterrâneas; interpretação dos resultados de medições do nível d'água e das análises das águas subterrâneas. Essas atividades são descritas a seguir:

6.1 Definição da rede de monitoramento

Para a definição da rede de monitoramento foram previamente considerados os poços existentes, identificados durante o desenvolvimento do EIA do empreendimento. Na AII da UHE Teles Pires foram identificados 14 pontos de captação ou surgência natural de águas subterrâneas. Os pontos de captação correspondem a cisternas e poços "semiartesianos". Na AID e proximidades foram identificadas apenas cacimbas ou cisternas, implantadas por meio de escavação manual, com diâmetro entre 0,90 m e 1,20 m e profundidade média de 15 m.

No **Quadro 6.1.a** são apresentadas algumas informações acerca desses 4 poços existentes na AID e proximidades, os quais estão ilustrados na Figura do **Anexo 1**. Esses 4 poços foram previamente definidos como pontos de monitoramento da qualidade da água, identificados como PM. O ponto PM 1 corresponde a uma cisterna e localiza-se em lote do Assentamento Rural São Pedro, próximo à área de remanso do futuro reservatório, a cerca de 2,5 km da margem esquerda do rio Paranaíta. Apesar de estar localizado fora da AID do empreendimento e distante do reservatório, o monitoramento deste poço segue determinação (item i das determinações relativas aos Programas do Meio Físico) disposta no Ofício N° 1203/2010/DILIC/IBAMA, de 13 de dezembro de 2010. Durante os trabalhos de campo poderá ser verificada a existência de outros poços existentes na área desse assentamento, ou, ainda, ser instalado PM mais próximo da área do futuro reservatório.

O ponto PM 2 localiza-se próximo à intersecção da MT 206 com o rio Paranaíta, em área da propriedade Estância Rio Paranaíta. O ponto PM 3 localiza-se na sede da Fazenda Pontal do Paranaíta, próximo a afluentes da margem esquerda do rio Teles Pires. O ponto PM 4 localiza-se próximo à balsa do Cajueiro, na margem esquerda do rio Teles Pires.

Como a retirada da água pode alterar o nível d'água, serão implantados poços de monitoramento do nível d'água (piezômetros), identificados como PZ. Os piezômetros serão construídos com esse objetivo, e serão localizados a uma distância em que as medições sofram mínima alteração dos poços atualmente em uso.

Quadro 6.1.a

Localização dos pontos para monitoramento da qualidade da água sem necessidade de sondagem devido à utilização de poços existentes (PM 1 a PM 4)

Ponto	Referência EIA	Coordenadas UTM		Observações
PM 1	Poço 2 (EIA - AID)	538.163E (56° 39' 9"W)	8.925.444N (9° 43' 16"S)	Cisterna em lote do Assentamento Rural São Pedro, próximo à área de remanso do futuro reservatório na calha do rio Paranaíta, a cerca de 2,5 km da margem esquerda deste rio.
PM 2	Ponto 3 (EIA - AII)	530.725E (56°40'41" W)	8.946.507N (9°24'23" S)	Cisterna perfurada no saprolito, próximo à margem esquerda do rio Paranaíta.
PM 3	Fazenda Pontal do Paranaíta (sede), montante do Ponto 4 (EIA-AII)	535.335E (56°40'71"W)	8.960.192N (9°24'41"S)	Próximo a afluente da margem esquerda do rio Teles Pires, na sede da Fazenda Pontal do Paranaíta.
PM 4	Balsa Cajueiro, jusante do Poço 1 (EIA – AID)	555.785E (56°29'53"W)	8.954.736N (9° 27'3 9"S)	Localizado próximo à balsa do Cajueiro, na margem esquerda do rio Teles Pires

Nas proximidades do reservatório sugere-se a instalação de 15 poços de observação simples, localizados principalmente em aquíferos porosos rasos/freáticos. Esses pontos foram previamente escolhidos devido à sua localização em áreas com potencial de alta susceptibilidade à instabilização de encostas marginais do reservatório e áreas onde poderão ocorrer maiores elevações do nível d'água em função da topografia. Distribuem-se principalmente nas proximidades das áreas próximas às planícies das drenagens afluentes, bem como nas proximidades de áreas de vegetação que ocorrem nas cotas mais baixas dos terrenos que compõem a AID. No **Quadro 6.1.b** é apresentada a localização desses pontos de observação de nível d'água, identificados como PZ 1 a PZ 15.

Esses pontos de monitoramento do nível d'água foram distribuídos ao longo de todo o eixo do reservatório, tanto ao longo do rio Teles Pires, do rio Paranaíta e afluentes, como a montante e jusante da barragem para avaliar o comportamento da superfície potenciométrica. Na Figura do **Anexo 1** pode ser observada a distribuição de toda a rede de monitoramento de águas subterrâneas proposta para o presente programa.

Destaca-se que a localização prevista dos poços de monitoramentos poderá ser alterada e readequada em função de dificuldades de acesso ou devido a outros entraves para a sua implantação.

Quadro 6.1.b**Localização dos pontos potenciais para monitoramento do nível d'água (PZ)**

PZ	Coordenadas UTM		Observações
PZ 01	540.486,8E	8.925.552,1N	Próximo ao poço existente – PM 01
PZ 02	538.766,4E	8.937.401,2N	Margem esquerda do rio Paranaíta
PZ 03	531.308,5E	8.946.415,9N	Próximo ao poço existente – PM 02
PZ 04	529.320,1E	8.958.057,9N	Próximo à foz do rio Paranaíta, na margem esquerda do rio Teles Pires
PZ 05	535.380,8E	8.960.691,2N	Próximo ao poço existente – PM 03 (Fazenda Pontal do Paranaíta)
PZ 06	527.821,2E	8.962.416,0N	Próximo à foz do rio Paranaíta, na margem direita do rio Teles Pires
PZ 07	542956,9	8963762,3	Margem direita do rio Teles Pires
PZ 08	551206,9	8959089,3	Margem direita do rio Teles Pires, entre ilhas Dinorá e Itá e próximo a áreas de garimpo.
PZ 09	536.257,2E	8.965.436,6N	Margem direita do rio Teles Pires
PZ 10	547.848,3E	8.962.796,5N	Próximo a área de garimpo
PZ 11	548.868,1E	8.957.069,9N	Próximo a área de garimpo
PZ 12	556.157,1E	8.954.445,3N	Próximo a área de garimpo e poço existente – PM 04 (Fazenda Santo Agostinho)
PZ 13	562.222,3E	8.953.793,3N	Margem direita do rio Teles Pires, entre ilhas Leia e Lucia e próximo a áreas de garimpo.
PZ 14	567.858,5E	8.953.528,6N	Próximo a áreas agrícolas
PZ 15	569.973,3E	8.947.831,9N	Próximo a área de garimpo

A eventual implementação de poços adicionais e/ou a relocação de poços já instalados deverá ser previamente submetida ao IBAMA, para análise e aprovação.

6.2 Execução das investigações de campo e de laboratório e instalação dos poços de monitoramento

Os trabalhos de campo compreenderão os levantamentos topográficos de situações específicas, mapeamento geológico-geotécnico, amarração e nivelamento da boca de poços e de sondagens, sondagens manuais e mecânicas, coleta de amostras para ensaios de laboratório e a instalação de poços de monitoramento para fins de coleta e acompanhamento dos níveis d'água.

Os poços deverão ser nivelados na superfície do terreno e no tubo interno, sendo que, no caso da utilização de poços de abastecimento de água do tipo cacimbas e do tipo tubular existentes, selecionados para as leituras dos níveis d'água, esses também deverão ser nivelados.

Apesar da prévia definição dos pontos, apresentada nos **Quadros 6.1.a e 6.1.b** e **Anexos 1**, a localização dos pontos poderá sofrer ajustes em função de dados levantados por inspeções de campo, sejam aqueles efetuados como parte do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos, principalmente da fase de investigações de superfície, seja pelos trabalhos efetuados pela equipe de topografia para localização dos poços. Em função dessas informações,

obtidas durante as vistorias de campo realizadas previamente à implantação dos poços, o desenho da rede de monitoramento poderá ser ajustada e também incluir outros poços.

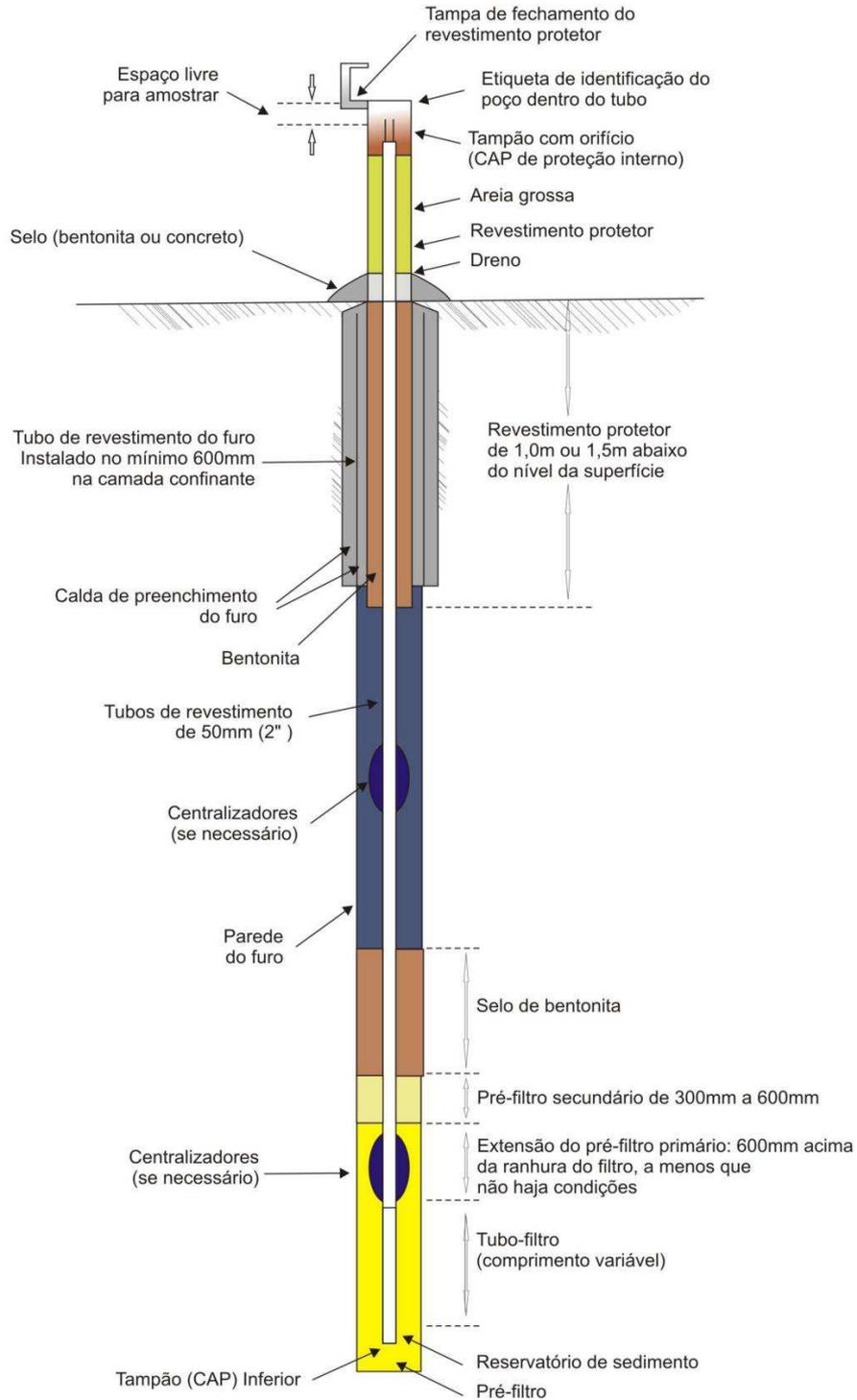
As sondagens a percussão deverão ser efetuadas no diâmetro de 4 polegadas quando previstas para a instalação de monitores com diâmetro de 1 polegada, no caso de poço para observação de nível d'água. Já as sondagens programadas para instalação de monitores com diâmetro de 2 polegadas, previstas para a medição de nível d'água e de coleta de amostras de água subterrânea, deverão ser efetuadas no diâmetro de 6 polegadas. Os tubos-filtros dos monitores (poços de monitoramento e piezômetros) deverão ser instalados abaixo do nível d'água registrado comumente na seca, no trecho mais permeável, conforme indicações da análise das amostras das sondagens e ensaios efetuados previamente à instalação.

Durante a perfuração serão acompanhadas as variações do nível de água e mantido o controle das amostras do solo escavado. A correta descrição do solo e sua correlação com a profundidade são requisitos para a avaliação da profundidade ideal e da melhor forma de acabamento do poço.

Nas operações de sondagem também deverão ser coletadas amostras do sedimento e da rocha para a caracterização geológica, geotécnica e hidrogeológica dos materiais atravessados, possibilitando a identificação dos tipos de materiais, das unidades aquíferas e das barreiras impermeáveis, suas distribuições, espessuras e parâmetros hidrogeológicos. Parâmetros de condutividade hidráulica deverão ser determinados a partir de ensaios de infiltração. As amostras coletadas deverão ser submetidas a ensaios de laboratório, principalmente ensaios de caracterização granulométrica e de determinação de índices físicos.

Durante a execução das sondagens a percussão deverão ser efetuados ensaios SPT a cada metro e com coleta de amostras do material atravessado a cada metro ou sempre que ocorrer mudança de material, de acordo com os procedimentos para execução desses ensaios. Com relação aos ensaios de caracterização granulométrica completa e determinação de índices físicos, deverão ser coletadas amostras de poços de sondagens à percussão selecionados, considerando-se as diferentes unidades aquíferas homogêneas atravessadas.

A instalação dos poços de monitoramento deverá ser realizada conforme a norma ABNT NBR 15495-1 (2009). Na **Figura 6.2.a**, a seguir, é apresentado um esquema de poço de monitoramento, de acordo com as diretrizes dessa norma. Os ensaios citados anteriormente deverão ser conduzidos de acordo com as diretrizes da ABGE (1990, 1996), ABNT NBR 15495-1 (2009), ABNT NBR 7181 (1988) e ABNT NBR 6484 (2001).

Figura 6.2.a**Poço de monitoramento de acordo com a Norma da ABNT NBR 15495-1: 2007**

6.3 Mapeamento geológico-geotécnico e hidrogeológico, acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações

O mapeamento geológico-geotécnico e hidrogeológico das áreas de interesse será obtido concomitantemente aos trabalhos de investigação de subsuperfície realizados durante a instalação dos poços de monitoramento, e de superfície obtidos nos Programas de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e de Monitoramento Hidrossedimentológico.

A partir da instalação dos poços de monitoramento e das leituras efetuadas nos mesmos e nos demais poços existentes e selecionados para acompanhamento, será obtida uma caracterização detalhada dos aspectos geológico-geotécnicos de interesse e hidrogeológicos da área.

Todas as informações levantadas serão apresentadas em Relatório consolidado, contendo os resultados do acompanhamento, análise e interpretação dos resultados, ilustrados com mapas e perfis de observação. Nestes também deverão ser previamente indicadas possíveis áreas críticas relacionadas aos aspectos de instabilização de encostas e contaminação da água subterrânea, além de modelos conceituais que sintetizam as unidades presentes na área e suas características de interesse para a elevação do nível de água subterrânea.

6.4 Execução das leituras de nível d'água

Serão medidas as profundidades do nível d'água em todos os poços de monitoramento previamente indicados (PZ 1 a PZ 15). As profundidades medidas serão transformadas em cotas para fornecimento das cargas hidráulicas dos aquíferos, as quais serão utilizadas na composição dos mapas potenciométricos.

As campanhas de medição deverão ocorrer a partir do início da implantação do empreendimento, de forma que a leitura dos níveis d'água abranja um período antes do enchimento, todo o período de enchimento e prossiga após o enchimento, na etapa de operação, pelo período de 4 anos. Caso não ocorra a estabilização do nível freático nos 4 primeiros anos de operação, o programa deverá se estender por mais tempo, até que o nível se estabilize.

Os resultados das campanhas de medição, previstas para serem realizadas mensalmente, serão consolidados em relatórios semestrais contendo as profundidades e as cotas dos níveis d'água de todos os monitores instalados e dos poços existentes, apresentados em tabelas, gráficos e mapas. A campanha anterior ao enchimento do reservatório será feita pouco antes do fechamento da barragem.

A partir dos dados obtidos previamente ao enchimento do reservatório, serão selecionados alguns poços para o monitoramento semanal durante o enchimento do mesmo. Nesse período os resultados do monitoramento obtidos serão divulgados semanalmente, conforme recomendação 9.6.1 do Parecer Técnico N° 111/2010/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 10 de dezembro de 2010. A divulgação

será feita para o IBAMA e autoridades locais, por meio de Ofícios contendo as tabelas de resultados, e também à população da AID, por meio de divulgação na mídia local, incluindo informe em rádio. Após o enchimento será elaborado relatório específico com a apresentação destes dados, o qual fará parte do primeiro relatório semestral consolidado.

Após o enchimento e durante a operação do reservatório, por um período de 4 anos (ou por mais tempo, caso não haja estabilização do nível freático nos primeiros 4 anos), haverá continuidade do acompanhamento com frequência mensal nos primeiros dois anos e trimestral a partir do terceiro ano. A análise dos dados obtidos permitirá avaliar a necessidade de continuidade do Programa e o estabelecimento das diretrizes para o prosseguimento das atividades.

Todos os dados obtidos constituirão um banco de dados informatizado em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo que os resultados farão parte de relatórios consolidados, a serem apresentados semestralmente.

6.5 Coleta de amostras e análises químicas das águas subterrâneas

A coleta de água subterrânea e análises químicas a serem realizadas em amostras dos pontos de monitoramento (PM) apresentados na Figuras do **Anexo 1** serão efetuadas em **campanhas quadrimestrais**. Essas campanhas ocorrerão durante e após a implantação do empreendimento, abrangendo um período de até quatro anos após o enchimento do reservatório ou até a estabilização do novo nível freático. Destaca-se que o período compreendido entre uma campanha e outra será inferior a um quadrimestre entre o pré e o pós-enchimento do reservatório, quando serão realizadas pouco antes e pouco depois do enchimento.

Os parâmetros a serem analisados abrangem os grupos de parâmetros inorgânicos (físico-químicos e metais pesados), orgânicos, agrotóxicos e microorganismos (coliformes). Os parâmetros a serem analisados são apresentados no **Quadro 6.5.a**, bem como os métodos analíticos utilizados. Destaca-se que foram definidos parâmetros que possibilitam a caracterização da hidrogeoquímica natural das águas subterrâneas, assim como parâmetros de efeitos antrópicos, a fim de dar subsídios para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas e para as ações de prevenção e controle. Assim, foram considerados os parâmetros dispostos pela Resolução CONAMA N° 396, de 2008 e Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade.

Quadro 6.5.a

Parâmetros e Metodologias Analíticas Utilizadas no Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea

Parâmetro	Unidade	Métodos Analíticos (baseado em APHA/AWWA/WEF (2005))
pH	Uph	In situ
Temperatura	°C	In situ
Condutividade Elétrica	µS/cm	In situ
Turbidez	UNT	In situ

Quadro 6.5.a
Parâmetros e Metodologias Analíticas Utilizadas no Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea

Parâmetro	Unidade	Métodos Analíticos (baseado em APHA/AWWA/WEF (2005))
Oxigênio Dissolvido	Mg/L	In situ
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	Sólidos Dissolvidos a 103-105°C gaviometria Método 2540 D
Sólidos Totais	mg/L	Sólidos totais a 103-105°C gaviometria Método 2540 B
Dureza Total		Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio-icp/oes (método 3120-b)
Alcalinidade Total	mg/L	Potenciometria com eletrodo combinado Método 2320
Alumínio	mg/L	Espectrometria de absorção atômica-forno de grafite Método 3113
Arsênio	mg/L	Espectrometria de absorção atômica-forno de grafite Método 3113
Cálcio Total	mg/L	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio-ICP/OES Método 3120-B
Cádmio total	mg/L	Espectrometria de absorção atômica-forno de grafite Método 3113
Chumbo total	mg/L	Espectrometria de absorção atômica-forno de grafite Método 3113
Cloreto Total	mg/L	Colorimetria automática com tiocianato de mercúrio Método 4500-Cl, Ítem G
Cobalto		
Cromo total	mg/L	Espectrometria de absorção atômica-forno de grafite Método 3113
Cobre total	mg/L	Espectrometria de absorção atômica-forno de grafite Método 3113
Ferro Total	mg/L	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio-ICP/OES Método 3120-B
Manganês total	mg/L	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio-ICP/OES Método 3120-B
Mercurio total	mg/L	Espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio Método 3112
Níquel total	mg/L	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio-ICP/OES Método 3120-B
Nitrogênio Amoniacal		Determinação colorimétrica automática com ácido dicloro isocianídrico (ISO 11732)
Nitrogênio Nitrato	mg/L	Cromatografia Iônica (Método 4110 C)
Nitrogênio Nitrito	mg/L	Cromatografia Iônica (Método 4110 C)
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	Digestão ácida e determinação colorimétrica automática com ácido dicloro isocianídrico (ISO 11732 e APHA-1998 4500-Norg, item b)
Potássio Total	mg/L	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio-ICP/OES Método 3120-B
Sódio Total	mg/L	Espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio-ICP/OES Método 3120-B
Sulfato Total	mg/L	Cromatografia iônica (Método 4110 C)
Coliformes termotolerantes	Presente/Ausente	Métodos baseados na 20a edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" – APHA-AWWA-WEF 1998 (Seções 9215B e 9223B)
Benzeno *	mg/L	SW 846 – Test Methods for Evaluating Solid Waste (1998).
Etilbenzeno *	mg/L	EPA Método 8260 A/B Volatile Organics By Gas

Quadro 6.5.a**Parâmetros e Metodologias Analíticas Utilizadas no Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea**

Parâmetro	Unidade	Métodos Analíticos (baseado em APHA/AWWA/WEF (2005))
Tolueno *	mg/L	Chromatography / Mass Spectrometry (CG/MS) Ver. 2.
Xileno *	mg/L	
Aldicarb **	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
Carbofuran **	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
Pentaclorofenol **	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

* parâmetros a serem monitorados devido à possível influência do uso de combustíveis.

** parâmetros a serem monitorados, devido à possível influência de uso intensivo do solo.

Ressalta-se que em função da hidrogeoquímica natural da água, do uso e ocupação do solo e dos usos preponderantes da água subterrânea, esse conjunto de parâmetros previamente estabelecido poderá ser aperfeiçoado.

No período de enchimento serão monitorados semanalmente os parâmetros de: pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, cloretos, nitritos, nitratos, alcalinidade total, ferro total e sólidos totais dissolvidos nos poços existentes (PM 01 a PM 04). Conforme recomendação 9.6.1 do Parecer Técnico N° 111/2010/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 10 de dezembro de 2010, os resultados obtidos neste período serão divulgados semanalmente, juntamente com os dados de nível d'água.

Os procedimentos técnicos adotados para obtenção das amostras serão baseados no Guia de Coleta e Preservação das Amostras de Água (CETESB, 1988) e na Norma ABNT NBR 9898 (ABNT, 1987), que trata da Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.

Para cada ponto de coleta de amostra serão preenchidas fichas de coleta, sendo na sequência preparados os equipamentos de coleta, os frascos para colocação das amostras e os reagentes de preservação. As fichas de campo serão preenchidas com dados de horário, temperatura do ar e demais informações relevantes. Em cada ponto de coleta de água serão levantadas informações a respeito do uso da água e aspectos que possam interferir em sua qualidade, tais como presença de fossa, criação de animais (cães, galinhas, porcos etc), vasilhames utilizados para retirada da água, cultivos próximos com aplicação de agrotóxicos, etc. Essas informações deverão ser obtidas na primeira coleta e, se alteradas, anotadas nas demais campanhas de amostragem.

Para a coleta das amostras serão usadas luvas cirúrgicas pelos coletores, sendo que os materiais, equipamentos e frascos para coleta não entrarão em contato com o solo. Para a retirada de amostras dos poços serão empregadas garrafas coletoras (tipo Van Dorn, Kemmerer ou garrafa específica para coletas em poços tubulares). A coleta de amostras deverá seguir a seguinte sequência: amostras para determinação de substâncias voláteis;

amostras para medição in situ utilizando sonda tipo Horiba (parâmetros de temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e turbidez); e, por último, amostras para determinação dos demais parâmetros selecionados.

Após a colocação das amostras em frascos, estes não serão expostos à luz solar, fumaças, gases e outros contaminantes e serão mantidos refrigerados a 4°C. No **Quadro 6.5.b** são apresentadas as recomendações de frascos, preservação, volume necessário e prazo de validade das amostras de água, para alguns parâmetros a serem analisados (CETESB, 2007). Afim de que as amostras sejam analisadas dentro do seu prazo de validade, os percursos seguidos para as coletas serão planejados considerando-se a logística para o envio e chegada até o laboratório.

Quadro 6.5.b

Requisitos Gerais para coleta de amostras de águas subterrâneas por parâmetro

Parâmetro	Frasco	Preservação	Volume	Prazo de Validade
Alcalinidade,	P, V	Refrigerar a 4 ± 2 °C	250 mL	24 horas
Cor, Turbidez, pH*	P, V	Refrigerar a 4 ± 2 °C	250 mL	48 horas e 15 minutos no caso de pH)
Condutividade*	P, V	Refrigerar a 4 ± 2 °C	250 mL	28 dias
Metais (em geral), Arsênio, Mercúrio, Dureza	P, V ₍₁₎	Adicionar HNO ₃ até pH<2	250 mL	6 meses, 28 dias no caso de mercúrio
Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio orgânico, Nitrogênio kjeldahl	P, V	Adicionar H ₂ SO ₄ até pH 1,5, Refrigerar a 4 ± 2 °C	500 mL	7 dias
Nitrato, Nitrito, Sulfato, Cloreto, Fluoreto,	P, V	Refrigerar a 4 ± 2 °C	250 mL	48 horas
Sólidos	P, V	Refrigerar a 4 ± 2 °C	500 mL	7 dias
Sólidos sedimentáveis	P, V	Refrigerar a 4 ± 2 °C	1500 mL	24 horas
Substâncias Orgânicas voláteis (varredura)	P, V ₍₂₎	Refrigerar a 4 ± 2 °C	2 frascos de 60 mL	14 dias

P = polietileno ou polipropileno e V = vidro borosilicato

(1) = Lavar com solução a 10% de HNO₃ e enxaguar com água destilada ou osmose reversa

(2) = O frasco deve estar totalmente preenchido, sem volume morto. O frasco deve ter tampa rosqueável com septo de silicone faceado com teflon. Alternativamente pode ser utilizado frasco com tampa de vidro esmerilhado. Utilizar papel alumínio para envolver o frasco.

Os valores indicados na coluna volume (ml) correspondem às quantidades mínimas necessárias para análise segundo os métodos hoje empregados nos Laboratórios da CETESB.

Parâmetros Não Listados: Observar disposição de APHA/AWWA/WEF (2005)

Fonte: CETESB (2007).

As análises serão realizadas por laboratórios de análises de água acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO para os parâmetros de interesse, sendo as análises conduzidas de acordo com os métodos da 21ª Edição do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” - APHA/AWWA/WEF (2005).

6.6 Interpretação dos resultados da medição do nível d'água e das análises das águas subterrâneas

Conforme destacado, serão gerados relatórios consolidados semestrais que apresentarão a interpretação dos resultados obtidos. A interpretação dos resultados deverá considerar, além dos dados do presente Programa, aqueles obtidos com a execução do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, tais como os níveis dos rios e do futuro reservatório, bem como aqueles do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e de Processos Erosivos.

No caso do monitoramento piezométrico, o acompanhamento do Programa e a interpretação dos resultados serão apresentados na forma de gráficos e mapas potenciométricos, permitindo o acompanhamento da variação do nível do freático no entorno do reservatório. A definição das condições iniciais do nível d'água nas épocas de cheia e de seca, também permitirá uma previsão da variação desses níveis nas unidades aquíferas durante e após o enchimento.

Da mesma forma, a interpretação dos resultados das análises das amostras de água será apresentada nos relatórios consolidados semestrais por meio de gráficos e mapas. Esses resultados permitirão o acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas e a identificação de ocorrências de parâmetros em desacordo com os limites propostos pela Resolução CONAMA N° 396/2008, conforme o enquadramento das águas em classes, definido em função dos usos predominantes e características hidrogeológicas dos aquíferos.

Ainda nesses relatórios e à luz da interpretação de todos esses dados obtidos, deverão ser identificados os locais de riscos de contaminação e de submersão de estruturas pela elevação do nível d'água, além de risco instabilização de encostas. Além disso, deverão ser propostas ações direcionadas para essas questões, incluindo proposições de interdições de poços ou de fontes poluidoras dos aquíferos.

7. Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho do Programa correspondem ao número de poços perfurados, número de ensaios efetuados, número de amostragens de água subterrânea e de medições de nível d'água, com relação ao número total previsto e de acordo com a frequência estipulada.

Destaca-se que a anotação das ocorrências de resultados de parâmetros de qualidade da água subterrânea não conformes com o enquadramento das mesmas constitui indicador do desenvolvimento do Programa.

A identificação de áreas (m², ha) onde ocorrerão afogamento radicular da vegetação adjacente e criação de áreas úmidas alagadas, bem como a identificação de locais de perda de estrutura e de desmoronamento de poços também constitui indicador da execução do Programa.

8. Etapas / Prazos

O presente Programa abrangerá as etapas do empreendimento correspondentes à Implantação da Infraestrutura de Apoio (1 relatório consolidado semestral), à Construção da Obra Principal (4 relatórios consolidados semestrais) e à Operação da UHE e do Reservatório (8 relatórios semestrais a serem apresentados num período de quatro anos. Caso não ocorra a estabilização do novo nível freático, o programa se estenderá por mais tempo, até que ocorra a estabilização).

O encerramento do Programa depende da anuência do IBAMA. Para isso, o empreendedor deverá encaminhar ao órgão um requerimento, justificando o cumprimento dos objetivos e metas do Programa.

O cronograma de desenvolvimento das atividades do Programa relacionadas às etapas do empreendimento encontra-se exposto no final do presente Programa.

9. Relatórios

Após a etapa de mapeamento geológico-geotécnico e hidrogeológico, conduzida concomitantemente aos trabalhos de investigação de subsuperfície realizados durante a instalação dos poços de monitoramento e de superfície obtidos nos Programas de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e de Monitoramento Hidrossedimentológico, serão feitas interpretações. Esse conjunto de dados e informações gerado será apresentado em Relatório Consolidado, ilustrado com mapas e perfis de observação, a ser apresentado ao IBAMA na fase de Implantação da Infraestrutura de Apoio, antes da Construção da Obra Principal.

A partir da leitura de dados dos monitores, serão elaborados os Relatórios Semestrais, contendo a descrição das atividades desenvolvidas e os resultados das medições mensais de nível d'água dos poços e trimestrais de qualidade de água. Durante a construção da Obra Principal serão elaborados 4 relatórios consolidados semestrais e, durante a Operação da UHE e do Reservatório, 8 relatórios semestrais consolidados, a serem apresentados ao IBAMA. Estes últimos serão elaborados dentro de um período de quatro anos. Caso não ocorra a estabilização do nível freático neste período de 4 anos, o programa terá continuidade e serão emitidos os relatórios semestrais seguintes.

Os resultados do monitoramento semanal, efetuado durante o enchimento do reservatório conforme exposto na Seção 6.4 deste documento, serão apresentados em relatório específico, o qual fará parte do primeiro relatório semestral consolidado a ser apresentado após a conclusão do enchimento.

No caso do monitoramento piezométrico, o acompanhamento do Programa e a interpretação dos resultados serão apresentados na forma de gráficos e mapas potenciométricos, permitindo o acompanhamento da variação do nível do freático no entorno do reservatório. Da mesma forma, a interpretação dos resultados das análises químicas de água será apresentada Relatórios Consolidados Semestrais por meio de gráficos e mapas, permitindo o acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas.

10. Recursos Humanos e Materiais Necessários

A implementação e o desenvolvimento do Programa são de responsabilidade do empreendedor. A equipe técnica deverá ser composta por hidrogeólogos, geólogos, limnólogos e técnicos especializados em trabalhos de sondagens, ensaios de campo, instalação de poços de monitoramento e piezômetros, medidas de níveis de água subterrânea, coleta e análise da água subterrânea. Para tanto, deverão ser contratados profissionais especializados e equipe técnica para a execução dos trabalhos de campo, além de laboratórios para a realização de análises e ensaios.

11. Parcerias Recomendadas

Recomenda-se a parceria com instituições que desenvolvam pesquisas e levantamentos na área de águas subterrâneas, tais como a Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT e Universidade Federal do Pará – UFPA, Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA); bem como a interação com proprietários das terras, associações de garimpeiros, casas de agricultura e prefeituras, para obtenção de informações mais localizadas e para divulgação dos resultados do Programa.

12. Interface com outros Planos, Programas e Projetos

O Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas possui interface com o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos, Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, Programa de Investigação de Contaminação de Solo por Mercúrio nas áreas dos futuros segmentos laterais do reservatório, Programa de Recomposição Florestal, Programa de Implantação da Área de Preservação Permanente do Reservatório, Programa de Reforço à Infraestrutura e aos Equipamentos Sociais, Programa de Interação e Comunicação Social e Programa de Educação Ambiental.

13. Referências Bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION/AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION/WATER ENVIRONMENT FEDERATION. APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th ed. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Diretrizes para execução de sondagens**. São Paulo, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Ensaio de permeabilidade em solos. Orientações para sua execução no campo**. 3a ed. São Paulo, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15495-1 - Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção**. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimentos.** 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484 – Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaios – Comitê Brasileiro de Construção Civil.** 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica.** Comitê Brasileiro de Construção Civil. Versão corrigida 1988.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água.** São Paulo: CETESB, 1988.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas.** CETESB, GTZ. 2.ed. São Paulo: CETESB, 2001.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo 2004-2006.** São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios Secretaria de Estado do Meio Ambiente).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. **Estudo de Impacto Ambiental da Usina Hidrelétrica Teles Pires.** 2010.

Anexo 1
Distribuição de toda a Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas
Proposta para o Presente Programa
