

PROJETO BÁSICO AMBIENTAL – UHE SÃO MANOEL

Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

CONTROLE DE REVISÃO		
CÓDIGO	REVISÃO	DATA
P00.SM-010/14	00	30/01/2014
P00.SM-010/14	01	30/04/2014
P00.SM-010/14	02	08/10/2014

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

SUMÁRIO

10	PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	1
10.1	Justificativa	1
10.2	Objetivos	2
10.3	Metas	3
10.4	Base Legal e Normativa	3
10.5	Área de Abrangência do Programa	6
10.6	Metodologia / Atividades a serem Desenvolvidas.....	9
10.6.1	Inventário Complementar e Definição da Rede de Monitoramento.....	9
10.6.2	Investigações de Campo e Instalação de Piezômetros Simples e Poços de Monitoramento	9
10.6.3	Mapeamento Geológico e Hidrogeológico.....	11
10.6.4	Campanhas de Campo – Leituras de Nível D'água e Coleta, Preservação e Análise Química de Amostras de Água	12
10.6.5	Interpretação dos Resultados - Processamento e Avaliação das Leituras de Nível D'água e das Amostras de Água.....	14
10.7	Indicadores	16
10.8	Produtos	16
10.9	Interface com Outros Planos e Programas.....	16
10.10	Parceria Recomendada.....	16
10.11	Equipe Técnica Envolvida	17
10.12	Referências Bibliográficas.....	17
10.13	Cronograma Gráfico.....	18

10 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

10.1 Justificativa

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas foi elaborado com base no Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) e nos Pareceres Técnicos PAR. 004510/2013 – COHID/IBAMA, de 02 de maio de 2013 e PAR. 007109/2013 – COHID/IBAMA, de 05 de novembro de 2013, que apresentam a análise técnica do EIA-RIMA e complementações advindas da análise do referido parecer e documentos entregues nas Audiências Públicas, com a finalidade de concluir sobre a viabilidade ambiental da UHE São Manoel.

O presente Programa atende à condicionante 2.1 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, e também à condicionante 2.2 da Licença de Instalação N° 1017/2014, de 14 de agosto de 2014, ao incorporar as recomendações técnicas presentes no Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA de 20 de junho de 2014.

Na formação de um reservatório, a elevação do nível das águas nesse corpo promovem uma nova pressão hidrostática, que atua sobre o sistema hidrogeológico próximo à bacia de inundação, desencadeando tanto reajustes passageiros, em curto prazo, como mudanças permanentes, em longo prazo. De modo geral, o resultado predominante é a elevação generalizada do nível freático.

Tais modificações, por um lado, podem provocar impactos positivos nas atividades de extração de água e beneficiar algumas culturas. Da mesma forma, também podem gerar impactos negativos quando comprometem a qualidade da água e o aproveitamento das terras. Em especial, nas faixas próximas ao reservatório, onde o nível da água subterrânea tende a aflorar ou quase aflorar, devido às alterações induzidas pela formação do novo lago, esses impactos tendem a produzir consequências negativas, principalmente nos terrenos já ocupados, com prejuízos de ordem geotécnica, sanitária e agrônômica. Os processos de instabilização das encostas marginais são favorecidos pela elevação da superfície freática proporcionada pelo advento do reservatório, e podem ser ocasionados naturalmente por fortes episódios pluviométricos.

A elevação do nível freático em decorrência da formação do reservatório da UHE São Manoel ficará restrita à Área de Influência Direta (AID), onde poderá ocorrer alteração no regime das águas subterrâneas dos aquíferos superficiais. Os aspectos morfológicos da AID mostram o rio Teles Pires encaixado num vale com configuração em “U”, com fundo chato, onde aparecem planícies aluviais.

As unidades hidroestratigráficas ocorrentes na região da UHE São Manoel são de natureza granular, fraturadas, instaladas nos aluviões e desenvolvidas em rochas magmáticas efusivas ou intrusivas. Na região, esses aquíferos apresentam baixo potencial de circulação e armazenamento de águas subterrâneas.

O aquífero de natureza granular apresenta maior vulnerabilidade; por outro lado, mostra maior facilidade à exploração de água subterrânea para abastecimento. No sistema Beneficente, as características hidrogeológicas indicam boas perspectivas para o aproveitamento das águas subterrâneas. Ao mesmo tempo, como apresentado no EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010), as intervenções nesta unidade geológico-geotécnica, principalmente na fase da implantação do empreendimento, devem ser muito bem planejadas para evitar a contaminação do aquífero, visto que seus sedimentos apresentam alta permeabilidade.

Os aluviões, dada sua localização restrita às planícies e calha do rio Teles Pires e de alguns de seus tributários, têm sua importância reduzida na medida da abundância de águas subterrâneas.

O aquífero instalado no manto de alteração, nos locais onde o saprolito mostra-se com uma relação areia/argila favorável, poderá se constituir numa fonte alternativa de abastecimento para a população da zona rural. O sistema fraturado, desenvolvido no domínio das rochas cristalinas sãs (riolitos e granitos), apresenta fluxo anisotrópico e heterogêneo. Nesse sistema, o escoamento e a reservação das águas subterrâneas ocorrem através de descontinuidades estruturais (fraturas, fendas e diáclases) das rochas cristalinas regionais.

As condições de contorno dos aquíferos, suas características hidrogeológicas, os fatores e parâmetros que influenciam as alterações do nível freático com o enchimento e presença dos reservatórios são bastante variáveis. Assim, uma avaliação quantitativa das alterações do nível freático depende da implantação de um programa de monitoramento sistemático e contínuo, a ser priorizado e concentrado principalmente nas áreas críticas.

De forma geral, a influência dos reservatórios sobre os aquíferos do entorno do reservatório da UHE São Manoel deverá ser pouco significativa, podendo ser sentida apenas nos aluviões da área de remanso. Porém, na maior parte da área prevalecem os aquíferos/aquitardos instalados em manto de alteração em rochas cristalinas onde a influência, positiva ou negativa, deverá ser pouco significativa. Dessa forma, o Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da UHE São Manoel possibilitará a avaliação qualidade e da disponibilidade da água subterrânea que poderão sofrer alterações pela formação do reservatório.

10.2 Objetivos

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas tem por objetivo monitorar o nível freático dos aquíferos livres e a qualidade da água subterrânea na área de influência direta (AID) da UHE São Manoel, de forma a avaliar as variações no entorno do reservatório, antes, durante e após seu enchimento e operação.

Especificamente, os objetivos desse Programa são:

- Instalar a rede de monitoramento dos níveis de água nos aquíferos na área diretamente afetada pelo enchimento e operação do reservatório da UHE São Manoel;
- Dentre os poços a serem instalados, instalar pelo menos 02 (dois) poços de monitoramento do nível de água e da qualidade da água subterrânea na área do canteiro de obras da UHE São Manoel;
- Determinar os níveis de referência de água dos aquíferos na fase de implementação do empreendimento aos quais os níveis de água nos aquíferos das áreas diretamente afetadas serão balizados durante as fases de enchimento e operação do reservatório da UHE São Manoel;
- Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais dos níveis de água dos aquíferos na Área de Influência Direta (AID) devido ao enchimento e operação do reservatório da UHE São Manoel fornecendo subsídios para o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos; e,
- Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais da qualidade da água dos aquíferos na Área de Influência Direta (AID) devido ao enchimento e operação do reservatório da UHE São Manoel ou a possíveis fontes de contaminação, notadamente aquelas relacionadas ao empreendimento.

10.3 Metas

As metas principais do Programa são as seguintes:

- Implantação de sete (07) piezômetros e três (03) poços de monitoramento – dez (10) no total a serem instalados;
- Realização de quatro (04) medições de nível d'água por ano em cada piezômetro/poço instalado - 40 medições por ano;
- Realização de quatro (04) coletas de água subterrânea em cada poço de monitoramento por ano - três (03) poços instalados e dois (02) poços já existentes - 20 amostragens por ano; e,
- Análise de 100% das variáveis de qualidade de água subterrânea propostas.

10.4 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.

Para a fase de planejamento, será seguida a norma ABNT NBR 9897:1987 – Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores, que fixa as condições exigíveis para a elaboração de planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos de águas receptores.

Para o período de amostragem, análises e ensaios serão seguidas as seguintes normas: ABNT NBR 15495-1:2007 Versão Corrigida 2:2009 – 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, que fixa as condições exigíveis para a coleta e a preservação de amostra e de efluentes líquidos domésticos e industriais e de amostra de água, sedimentos e organismos aquáticos dos corpos receptores interiores superficiais; ABNT NBR 7181:1984 – Solo: Análise Granulométrica, que prescreve o método para análise granulométrica de solos realizada por peneiramento ou por combinação de sedimentação e peneiramento; ABNT NBR 6484:2001 – Solo: Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT, método de ensaio, esta norma prescreve o método de execução de sondagens de simples reconhecimento de solos, com SPT, cujas finalidades, para aplicações em Engenharia Civil; ABGE: 1990 – Diretrizes para a Execução de Sondagens; ABGE: 1996 – Ensaio de Permeabilidade em Solos: Orientações para sua Execução no Campo; Norma CETESB O6.010:1988 – Construção de Poços de Monitoramento de Aquífero Freático - Procedimento; CETESB: 2011 – Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos; e, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

A legislação aplicável à avaliação dos resultados obtidos nesse Programa é elencada 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 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

A Lei Nº 9.433/97, a qual institui a Política Nacional de Recursos Hídricos que tem por objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, inclusive as subterrâneas, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário,

com vistas ao desenvolvimento sustentável; e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A Resolução CONAMA Nº 396/08, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Esta Resolução 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. 27º). A classe de enquadramento, bem como sua condição de qualidade, deverá ser divulgada periodicamente pelos órgãos competentes (art. 33º). 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.

A Portaria Nº 2.914/11 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Basicamente, os diplomas estaduais (apresentados a seguir) 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.

Estado do Mato Grosso

A Lei Nº 6.945/97, regulamentada pelo Decreto Nº 336/07, que dispõe sobre a Lei de Política Estadual de Recursos Hídricos, definindo como uma das diretrizes básicas desta política o gerenciamento dos recursos hídricos levando em conta todos os processos do ciclo hidrológico, particularmente a integração das águas superficiais e subterrâneas, em seus aspectos quantitativos e qualitativos. Ademais, aponta a elaboração de programas de gestão de águas subterrâneas, compreendendo a pesquisa, o planejamento e o monitoramento como um dos aspectos a ser abordado pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos.

A Lei Nº 9.612/11, que dispõe sobre a administração e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado, estabelecendo que a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado são regidas pelas disposições desta lei e das normas dela decorrentes e, no que couber, pela legislação relativa a recursos hídricos.

Estado do Pará

A Lei Nº. 6.381, que dispõe Sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, reservando o seu Título III

especificamente para as águas subterrâneas, regulamentada pelo Decreto Nº 3.060/98, que dispõe sobre a conservação e proteção dos depósitos de água subterrânea do Estado do Pará.

10.5 Área de Abrangência do Programa

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas contempla a realização de sondagens na área de influência direta da UHE São Manoel para a investigação de campo e complementação do mapeamento geológico e hidrológico realizado no EIA (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) para auxílio na definição das regiões de maior permeabilidade do manto de alteração.

As nove regiões preferenciais para as sondagens e posteriormente instalação dos poços (**Quadro 10 - 1** e **Figura 10 - 1**) foram estabelecidas com base no mapeamento geológico do EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010), priorizando a formação de possíveis transectos com a malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água e do Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório. Nessas regiões preferenciais, poços serão instalados em locais com potencial de baixa susceptibilidade à instabilização de encostas marginais do reservatório, regiões onde poderão ocorrer maiores elevações do nível d'água em função da topografia, próximas às planícies das drenagens afluentes, bem como nas proximidades de vegetação que ocorrem nas cotas mais baixas dos terrenos que compõem a AID. A rede de medidores localizados nas regiões R5, R6 e R8, R7 possibilitará as análises pareadas entre as margens esquerda e direita do rio Teles Pires.

O EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010), relata a preocupação quanto ao risco de contaminação ao mercúrio proveniente da atividade garimpeira, entretanto, observa-se atualmente que os garimpos estão quase que integralmente paralisados na região (região R3, **Figura 10 - 1**). A unidade aquífera desenvolvida em sedimentos aluvionares apresenta uma expressiva distribuição na ADA da UHE São Manoel, notadamente no trecho compreendido entre o eixo do barramento e a ilha da Perdição.

Ressalta-se que não existem núcleos urbanos na AID/ADA da UHE São Manoel, sendo que as cidades mais próximas do empreendimento, Paranaíta e Alta Floresta, têm seus abastecimentos de água supridos por mananciais superficiais (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010).

A implantação da rede de pontos de controle do nível e da qualidade da água subterrânea será realizada nas regiões preferenciais na área de influência do empreendimento (**Quadro 10 - 1** e **Figura 10 - 1**) conforme as diretrizes abaixo:

- a) Locais com maior potencial de elevação do nível d'água subterrânea, devido à formação do reservatório, definidos em função do conhecimento da geologia e hidrogeologia locais; e,

- b) Locais com maior potencial para impactos ambientais negativos em áreas sensíveis, seja devido à flora, seja por tratar-se de áreas com uso de pecuária e cultivos agrícolas. Também está inserida neste contexto, a área de implantação do canteiro de obras e acampamentos.

Os pontos de controle serão georreferenciadas com aparelho de GPS - Sistema de Posicionamento Global, com dados precisos de topografia e sondagem de cada PZ/PM instalado ou cadastrado, utilizando as mesmas referências de base. Os marcos utilizados no Programa serão verificados para que as cotas das bocas dos furos sejam correlacionadas (seções topográficas, topobatimétricas, etc.).

Quadro 10 - 1 – Regiões preferenciais para instalação da rede de pontos de controle do nível e da qualidade da água subterrânea (PZ/PM) na área de influência do reservatório da UHE São Manoel

REGIÃO		CARACTERÍSTICAS
1	R1	Região localizada a aproximadamente 5 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel . Após inspeção, será avaliada a instalação de um piezômetro simples nesta área.
2	R2	Região localizada a aproximadamente 15 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel . Após inspeção, será avaliada a instalação de um piezômetro simples nesta área.
3	R3	Região localizada na região de garimpos ativos e desativados na área, inclusive o Garimpo do Aragão. Após inspeção, será avaliada a instalação de um poço de monitoramento nesta área.
4	R4	Região localizada na área alagada na margem esquerda do rio Teles Pires, adjacente à “Lagoa dos Tucunarés”. Após inspeção, será avaliada a instalação de um piezômetro simples nesta área.
5	R5	Região localizada a aproximadamente 40 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel , na margem esquerda do rio Teles Pires. Após inspeção, será avaliada a instalação de um piezômetro simples nesta área.
6	R6	Região localizada a aproximadamente 40 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel , na margem direita do rio Teles Pires. Após inspeção, será avaliada a instalação de um piezômetro simples nesta área.
7	R7	Região localizada a aproximadamente 800 m a montante do eixo do futuro reservatório de São Manoel , na margem esquerda do rio Teles Pires. Após inspeção, será avaliada a instalação de um piezômetro simples nesta área.
8	R8	Região localizada a aproximadamente 1 km a montante do eixo do futuro reservatório de São Manoel , na margem direita do rio Teles Pires. Após inspeção, será avaliada a instalação de um piezômetro simples nesta área.
9	R9	Região do Grupo Beneficente (unidades de arenito), próxima à área do canteiro de obras da UHE São Manoel . Área sujeita a ocorrência de plumas de contaminação, em função da implantação do empreendimento. Após inspeção, será avaliada a instalação de dois poços de monitoramento nesta área.

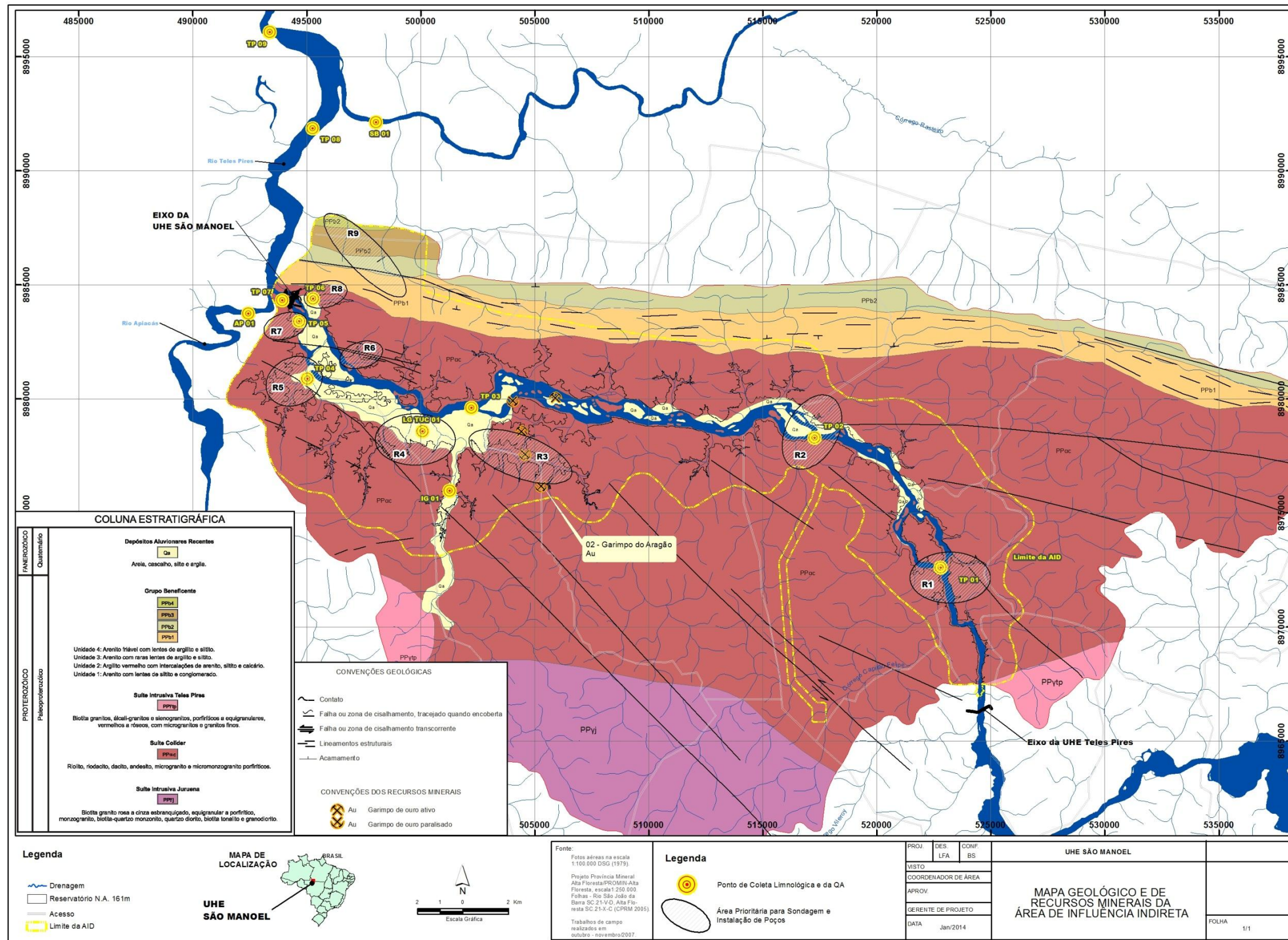


Figura 10 - 1 – Mapa geológico com a localização das regiões preferenciais para instalação de piezômetros simples e poços de monitoramento na área de influência do reservatório da UHE São Manoel, Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas. A malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água também está mostrada.

10.6 Metodologia / Atividades a serem Desenvolvidas

Para a avaliação da quantidade e qualidade das águas subterrâneas na área de influência do empreendimento, o presente Programa avaliará a evolução do nível e do padrão de potabilidade das águas subterrâneas.

Para tanto, estão previstas as seguintes atividades: elaboração de um inventário complementar de poços tubulares e cacimbas, definição da rede de monitoramento; investigações de campo e instalação de piezômetros simples e poços de monitoramento; mapeamento geológico e hidrogeológico; execução das leituras de nível d'água; coletas de amostras e análises químicas das águas subterrâneas; e, interpretação dos resultados.

10.6.1 Inventário Complementar e Definição da Rede de Monitoramento

O inventário complementar de poços tubulares, cacimbas *etc.*, na Área de Influência Direta (AID) da UHE São Manoel será feito através de consultas à CPRM e inspeção de campo, assim como por levantamentos já efetuados e catalogados pela UHE Teles Pires. Nesta etapa, serão levantadas as informações sobre o 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.*. A partir do inventário complementar e das informações obtidas, será avaliada a inclusão desses na rede de monitoramento. Todos deverão ser georreferenciados e ter a cota da boca definida, no mesmo sistema dos poços e sondagens que serão executadas. Em seguida, deverá ser estabelecida a rede de monitoramento do Programa.

10.6.2 Investigações de Campo e Instalação de Piezômetros Simples e Poços de Monitoramento

Para mensuração do nível da água, será implantada uma rede amostral contemplando, pelo menos dez pontos de controle nas regiões preferenciais acima descritas: sete piezômetros simples (PZ) para avaliação da variação do nível d'água e três poços de monitoramento (PM) tanto para avaliação da variação do nível d'água quanto da qualidade da água subterrânea. Para o acompanhamento da qualidade da água subterrânea, outros dois poços serão monitorados no Campo do Aragão, já existentes e avaliados no EIA (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010). Estes poços rasos, do tipo cisterna, estão localizados em propriedades rurais da margem esquerda do rio Teles Pires e se estiverem ainda em uso, serão monitorados. Como mencionado acima, a partir do inventário complementar, será avaliada a inclusão de outros poços na rede de monitoramento.

As sondagens para reconhecimento serão feitas no diâmetro 4" quando previstas para instalação de monitores com diâmetro de 1", para fins de medidas de nível d'água. As sondagens programadas para instalação de monitores com diâmetro de 2", com as finalidades de medidas de nível d'água e de coleta de amostras de água subterrânea, serão feitas no diâmetro 6". Os tubos-filtros dos monitores (piezômetros simples e poços

de monitoramento) serão instalados abaixo do nível d'água registrado comumente na seca, no trecho mais permeável, conforme indicações da análise das amostras das sondagens e ensaios feitos 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, serão 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 serão determinados a partir de ensaios de infiltração. As amostras coletadas serão submetidas a ensaios laboratoriais, principalmente de caracterização granulométrica e de determinação de índices físicos. Durante as sondagens para reconhecimento, serão coletadas amostras do material atravessado a cada metro ou sempre que ocorrer mudança de material. Caso os impenetráveis sejam obtidos a pequenas profundidades, serão feitos deslocamentos até que seja possível atravessar essa unidade geológica ou se conclua que a área tem solo resistente ao método.

Deverá ser dispensada atenção especial às leituras dos níveis d'água, devendo ser medidos quando atingidos, cinco minutos após, diariamente antes do prosseguimento das sondagens e após 24 horas da conclusão das sondagens. Com relação aos ensaios de caracterização granulométrica completa e determinação de índices físicos, serão coletadas amostras de poços de sondagens à percussão selecionados, considerando-se as diferentes unidades aquíferas homogêneas atravessadas.

A instalação dos poços de monitoramento será conforme a norma ABNT NBR 15495-1 (2007). Os ensaios geotécnicos serão feitos de acordo com as diretrizes da ABGE (1990, 1996), ABNT NBR 15495-1 (2007), ABNT NBR 7181 (1984). Os poços de monitoramento do nível da água dos aquíferos e da qualidade da água (**Figura 10 - 2**) serão construídos com os componentes definidos nas normas NBR 15495-1 e 15495-2 (ABNT, 2007 e 2008), conforme diretrizes.

As bocas dos PZ/PM serão objeto de locação e nivelamento topográfico, para a edição de mapa potenciométrico. A cota do nível d'água (ou carga hidráulica) será referenciada ao nível do mar; portanto, no perfil construtivo dos PZ/PM e nos boletins de medição da profundidade do nível d'água, será necessário os dados de cota do terreno, altura da boca do poço, profundidade do nível d'água e referência utilizada para a medição da profundidade.

Os PZ/PM serão do tipo simples, com profundidades de cerca de 10 a 20 metros ou mais, dependendo da profundidade do nível freático. A instalação dos poços de monitoramento deverá ser realizada preferencialmente na época de seca, quando o nível freático na região está mais profundo.

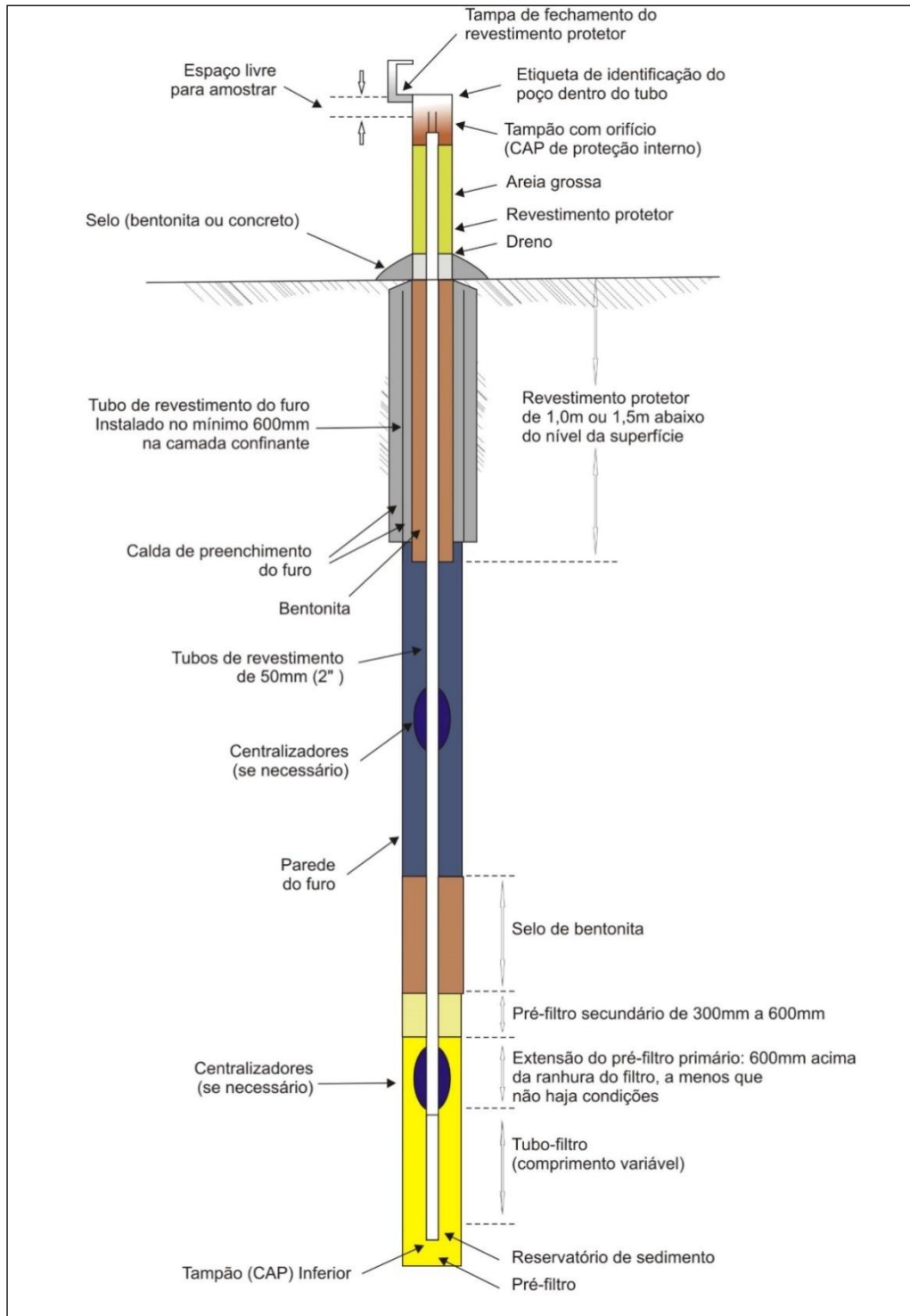


Figura 10 - 2 – Esquema de um poço de monitoramento (NBR 15495-1, ABNT – 2007).

10.6.3 Mapeamento Geológico e Hidrogeológico

Os mapeamentos geológico, geotécnico e hidrogeológico serão efetuados paralelamente às atividades de campo (sondagens) e instalação dos monitores.

Esta atividade será realizada tendo por base plantas topográficas e ortofotocartas referentes à região de estudo. Deverão ser identificadas as unidades geológico-geotécnicas e hidrogeológicas, ressaltando as características de interesse para este Programa.

10.6.4 Campanhas de Campo – Leituras de Nível D'água e Coleta, Preservação e Análise Química de Amostras de Água

O monitoramento do nível d'água e da qualidade da água subterrânea será trimestral durante a fase de instalação do empreendimento e realizado durante e após 4 (quatro) anos do enchimento do reservatório no âmbito deste PBA, quando após este período deverá ser feita uma avaliação dos resultados do Programa para definição da necessidade da sua continuidade ou não durante a fase de operação da UHE São Manoel.

O monitoramento da qualidade da água subterrânea (variáveis e a frequência de amostragem e medições a serem realizadas) durante o enchimento e estabilização do reservatório está apresentado no âmbito do Plano de Enchimento (atendimento à condicionante 2.27 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014 e à condicionante 2.15 da Licença de Instalação No 1017/2014, de 14 de agosto de 2014).

Deverão ser medidas as profundidades dos níveis d'água nos piezômetros simples e poços de monitoramento que comporão a rede amostral definida para o Programa, sendo que estas profundidades medidas deverão ser transformadas em cotas para fornecer as cargas hidráulicas dos aquíferos da região.

Para o monitoramento da qualidade da água, as coletas serão feitas mediante o uso de garrafas coletoras específicas. Em campo, serão determinadas as variáveis temperatura do ar, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, turbidez, potencial redox e temperatura da água com o auxílio de equipamentos portáteis e sonda multiparamétrica. As condições do tempo e a ocorrência de chuvas (nas 24 horas anteriores ou durante a coleta) também serão registradas.

Ainda, em campo, a área de entorno dos poços PZ/PM será caracterizada quanto à ocorrência de fontes pontuais ou difusas de poluição, à vegetação e à ocupação (vegetação natural, pastagem, agricultura, habitações e fossas, revestimento, criação de animais, desmatamento).

A metodologia para a preservação das amostras deverá ser fornecida pelo laboratório responsável pelas análises. Todos os procedimentos de campo que envolvem a coletas das amostras, transporte e preservação até o recebimento no laboratório deverão ser rastreáveis mediante a cadeia de custódia. O programa de qualidade analítica e garantia da qualidade (QA/QC) seguidos pelo laboratório acreditado pelo INMETRO responsável pelas análises devem estar disponíveis para consulta se requisitado.

Posteriormente, as amostras (devidamente acondicionadas e preservadas com reagentes químicos e/ou congeladas/refrigeradas) deverão ser transportadas até ao laboratório, para que sejam efetuados os procedimentos analíticos. Além do método para a preservação das amostras, o laboratório responsável pelas análises deverá indicar o tipo de recipiente para o acondicionamento (vidro, ou polietileno, quantidade necessária, etc.). Em geral a preservação se dá de acordo com o preconizado no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005). As variáveis físicas e químicas do monitoramento da qualidade da água subterrânea estão apresentadas no **Quadro 10 - 2**. Ressalta-se que as variáveis hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX – benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno) serão monitoradas apenas nos poços de monitoramento alocados na região R9, do canteiro (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA de 20 de junho de 2014).

Quadro 10 - 2 – Variáveis do monitoramento trimestral da qualidade da água subterrânea nos poços de monitoramento na área de influência da UHE São Manoel

VARIÁVEIS		MÉTODOS/EQUIPAMENTOS
1	Alcalinidade total	Titulação com HCl padronizado
2	Alumínio dissolvido	Espectrometria atômica
3	Cádmio	Espectrometria atômica
4	Cálcio	Espectrometria atômica
5	Chumbo	Espectrometria atômica
6	Cloreto total	Cromatografia líquida
7	Cobre dissolvido	Espectrometria atômica
8	Coliformes totais e <i>E. coli</i>	Incubação em substrato definido Colilert®
9	Condutividade elétrica	Sonda multiparâmetros
10	Cor verdadeira	Método espectrofotométrico
11	Cromo	Espectrometria atômica
12	Dureza total	Titulometria com solução de EDTA
13	Ferro dissolvido	Espectrometria atômica
14	Fluoreto	Cromatografia líquida
15*	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)**	Cromatografia gasosa – detector de massas
16*	Hidrocarbonetos Monoaromáticos (BTEX – benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno)**	Cromatografia gasosa – detector de massas
17	Manganês total	Espectrometria atômica
18	Mercúrio	Espectrometria atômica
19	Níquel	Espectrometria atômica
20	Nitrato	Cromatografia líquida
21	Nitrito	Cromatografia líquida
22	Nitrogênio amoniacal	Cromatografia líquida
23	Nitrogênio Kjeldahl total	Espectrofotometria
24	Oxigenio dissolvido	Sonda multiparâmetros
25*	Pesticidas: Aldicarb, Carbofuran e Pentaclorofenol	Cromatografia gasosa – detector de massas

VARIÁVEIS		MÉTODOS/EQUIPAMENTOS
26	pH	Sonda multiparâmetros
27	Potássio	Espectrometria atômica
28	Potencial redox	Sonda multiparâmetros
29	Saturação de oxigênio	Sonda multiparâmetros
30	Sódio	Espectrometria atômica
31	Sólidos totais dissolvidos	Sonda multiparâmetros
32	Sulfato	Cromatografia líquida
33	Temperatura da água	Sonda multiparâmetros ou termômetro
34	Temperatura do ar	Sonda multiparâmetros ou termômetro
35	Turbidez	Sonda multiparâmetros

* Atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA

**Análises a serem realizadas apenas nos poços de monitoramento alocados na região R9 (do canteiro)

10.6.5 Interpretação dos Resultados - Processamento e Avaliação das Leituras de Nível D'água e das Amostras de Água

O acompanhamento dos resultados desse Programa permitirá identificar eventuais alterações e impactos nos aquíferos relacionados à formação do reservatório da UHE São Manoel no rio Teles Pires. A interpretação dos resultados na forma de gráficos e mapas potenciométricos permitirá o acompanhamento da variação do nível do lençol freático no entorno do reservatório, antes da sua formação. Nos mapas serão indicadas, previamente ao enchimento do reservatório, possíveis áreas críticas relacionadas aos aspectos de instabilização de encostas, contaminação da água subterrânea e as passíveis de maior disponibilidade das águas subterrâneas (indicação de locais que sofrerão interferências resultantes da elevação do nível d'água como perda de estruturas, desmoronamento de poços, afogamento radicular da vegetação adjacente e criação de áreas úmidas e alagadas).

Durante a execução do Programa serão gerados modelos conceituais que sintetizam as unidades presentes na área, suas características de interesse para a elevação do nível de água subterrânea, as condições iniciais de nível d'água subterrânea nos períodos hidrológicos do rio Teles Pires permitindo a previsão do comportamento do nível de águas nos meios aquíferos.

Considerando a permeabilidade dos sedimentos predominantes nas unidades geológicas pertencentes ao Grupo Beneficente, e que atuam como área de recarga de aquífero, o acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas amostradas nos PM permitirá avaliar possíveis alterações neste sistema associadas às intervenções previstas na implantação da UHE, tendo como objetivo principal a preservação da qualidade destas águas.

Banco de Dados e Georeferenciamento das Informações

Todas as informações geradas no Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas serão compiladas num banco de dados brutos, capacitado para armazenar dados de modo a facilitar o acesso aos dados obtidos pelo monitoramento. A base desse banco de dados constitui-se nos pontos amostrais georreferenciados, sobre uma base física, considerando as características planialtimétricas, edáficas, hidrológicas e climáticas. A partir desse banco de dados será possível padronizar as informações entre os diferentes locais de estudo, facilitar as análises estatísticas e gerar mapas com as localizações de todos os poços/cacimbas cadastrados e dos piezômetros simples e poços de monitoramento instalados.

Análise Estatística dos Dados

Inicialmente, será realizada análise exploratória de dados constituindo basicamente em resumir e organizar os dados coletados através de tabelas, gráficos ou medidas numéricas, e a partir dos dados resumidos procurar alguma regularidade ou padrão nas observações que permitam fazer interpretações iniciais nos dados coletados. A partir dessa interpretação inicial, é possível identificar se os dados seguem algum modelo conhecido, que permita estudar o fenômeno sob análise, ou se é necessário sugerir um novo modelo.

A análise dos resultados compreenderá a aplicação de testes estatísticos univariados e multivariados para comparações pareadas e estudos de correlação. A análise estatística será realizada, atentando-se para prerrogativas da análise como a normalidade dos dados. Considerando que o número de amostras inferiores ao número de variáveis analisadas ($n - p < 30$), será necessário avaliar a normalidade multivariada dos dados. O teste de Shapiro-Wilk será utilizado para verificar a normalidade dos dados seguidos da aplicação do teste-t e análise de variância para averiguar diferenças espaciais e temporais significativas em nível de 95% de confiança.

Análises multivariadas serão empregadas para explorar as informações obtidas no banco de dados, a fim de reduzir o volume de informações a serem interpretadas, testar as hipóteses levantadas com base nas matrizes bióticas e abióticas evidenciadas, e para obter as listagens de informações indicadoras de cada grupo.

Serão utilizados métodos de classificação e ordenação, presentes no programa PC-ORD. O uso das duas técnicas é recomendado porque um método complementa o outro, pois se há formação dos mesmos grupos nos dois métodos, é porque estes são realmente consistentes. A análise univariada não inclui as correlações entre as múltiplas variáveis avaliadas, entretanto a análise fatorial por técnica de Monte Carlo (considera as incertezas nos cálculos das cargas fatoriais), por componentes principais e por método da máxima verossimilhança será aplicada de acordo com as características do conjunto de dados a ser analisado. As cargas fatoriais serão importantes na determinação de grupos com características semelhantes e na redução do número de variáveis a serem aplicadas, assim como na identificação de possíveis fontes ambientais. Os valores dos fatores obtidos a partir das cargas fatoriais calculadas serão utilizados na produção de mapas e testes estatísticos aplicados a esses resultados na tentativa de facilitar a discussão.

10.7 Indicadores

Para o presente Programa, o indicador de desempenho será medido pelo:

- Número de poços perfurados;
- Número de medições de nível d'água;
- Número de amostragens de água subterrânea; e,
- Número de variáveis analisadas.

10.8 Produtos

A análise e interpretação dos dados e resultados obtidos nas campanhas de leitura de nível d'água e coleta de amostras de água subterrânea ao longo do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas serão apresentados para avaliação do órgão ambiental (IBAMA) na forma de relatórios com frequência semestral. Para estes relatórios semestrais, deverá ser enfatizado se os objetivos do referido Programa estão sendo devidamente desenvolvidos e atendidos.

Antes do enchimento do reservatório 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.

10.9 Interface com Outros Planos e Programas

A análise técnica dos resultados ambientais do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas será de forma sistêmica englobando dados do Programa de Monitoramento Limnológico e Qualidade de Água, Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório, Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitos a Processos Erosivos, Programa de Interação e Comunicação Social e Programa de Educação Ambiental.

10.10 Parceria Recomendada

As parcerias recomendadas contemplam a formação de uma rede de pesquisadores das instituições de ensino superior (Universidade Federal do Mato Grosso, Universidade do Estado do Mato Grosso e Universidade Federal do Pará) e de pesquisa (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), entre outros (Serviço Geológico do Brasil), com experiência em estudos geológicos e hidrológicos na região Amazônica.

10.11 Equipe Técnica Envolvida

A equipe técnica deverá ser alocada por empresa especializada na realização das ações previstas, e deve ser formada por hidrogeólogo e/ou geólogo, químicos e técnicos.

10.12 Referências Bibliográficas

APHA. (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. American Public Health Association, Washington. 1368 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. (1990) Diretrizes para execução de sondagens. São Paulo.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984) NBR 7181 – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987) NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimentos. Rio de Janeiro, 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987) NBR 9898 – Preservação e técnica de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 22 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2001) NBR 6484 – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaios. Rio de Janeiro, 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2007) NBR 15495-1 - Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e construção. Rio de Janeiro, 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2008) NBR 15495-2 - 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). Rio de Janeiro, 24 p.

BRASIL. (1997) LEI Nº 9.433 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2008) RESOLUÇÃO CONAMA Nº 396 - Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, 11 p.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. (2011) Portaria MS Nº 2.914/2011 Ministério da Saúde - Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, 08 p.

CETESB. (1988) Norma técnica O6.010. Construção de poços de monitoramento de aquífero freáticos: Procedimento. São Paulo. 36 p.

CETESB/ANA. (2011) Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. 326p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE/LEME-CONCREMAT. (2010) Estudo de Impacto Ambiental da Usina São Manoel.

ESTADO DO MATO GROSSO. (1997) Lei Estadual Nº 6.945, de 05 de novembro de 1997. Dispõe sobre de Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.

ESTADO DO MATO GROSSO. (2011) Lei Estadual Nº 9.612, de 12 de setembro de 2011. Dispõe sobre a administração e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado e dá outras providências.

ESTADO DO PARÁ. (2001) Lei Estadual Nº 6.381, de 25 de julho de 2001. Dispõe Sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

10.13 Cronograma Gráfico

As atividades do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da UHE São Manoel estão indicadas no cronograma físico a seguir.

