

# Projeto Básico Ambiental (PBA)

## UHE Teles Pires

### P.13 - Programa de Investigação de Contaminação de Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório

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

<b>Controle de Revisão</b>			
<b>Revisão</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>	<b>Responsável/ Empresa</b>
00	03/03/2011	Revisão Técnica	Renata Cristina Moretti/ JGP Consultoria e Participações Ltda.
01	03/05/2011	Revisão Técnica	Andréia Márcia Cassiano e Fernanda Teixeira Marciano/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.13 - Programa de Investigação de Contaminação de Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório**

### **1. Introdução / Justificativa**

O Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) da Usina Hidrelétrica Teles Pires – UHE Teles Pires, que subsidiará a solicitação da Licença de Instalação deste empreendimento ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O presente programa segue o item g da condição específica 2.2 disposta na Licença Prévia Nº 386/2010, concedida pelo IBAMA.

A exploração de ouro com utilização de mercúrio, nas décadas de 1980 e 1990, oriunda da atividade garimpeira e manifesta com maior intensidade nos municípios de Peixoto de Azevedo, Paranaíta e áreas ao sudoeste do Pará, deixou inúmeras cicatrizes nas margens do rio Teles Pires e no curso de vários de seus afluentes.

A disponibilidade e conseqüente toxicidade do mercúrio dependem da extensão da contaminação e de seu comportamento físico-químico e biológico, determinado por fatores ambientais do sistema terrestre e aquático. Quanto à extensão da contaminação devem ser consideradas não somente a existência de rejeitos de atividade garimpeira contendo mercúrio, mas também o mercúrio eventualmente depositado nos solos a partir da sua emissão atmosférica durante a sua queima para a recuperação do ouro.

Além disso, deve-se considerar a hipótese defendida por alguns autores de que os altos teores de mercúrio nos solos Amazônicos sejam oriundos de uma lenta acumulação a partir da deposição vagarosa ao longo de milhões de anos, ao invés de ter sua origem em ações antropogênicas, embora para a região do rio Teles Pires a contribuição antrópica não possa ser desconsiderada.

O mercúrio metálico, inerte, não é assimilado pelos organismos aquáticos. No solo, o tempo de retenção é longo, resultando em acúmulo desse elemento, o que pode acarretar seu lançamento nas águas, por meio de escoamento superficial e erosão. No meio aquático, o mercúrio pode ser encontrado na água propriamente dita e nos sedimentos. Ao atingirem os ambientes aquáticos, as espécies inorgânicas do mercúrio podem sofrer reações mediadas principalmente por micro-organismos. Sob condições de alta concentração de matéria orgânica e ausência de oxigênio, o metal pode ser ligado a um radical metil por ação bacteriana. Esse novo composto é assimilável pelos organismos e tem efeito cumulativo ao longo da cadeia trófica.

A construção dos reservatórios aumenta o risco de biodisponibilização de mercúrio no sistema, quando comparado com as condições ambientais originais, visto que a implantação do reservatório altera as condições e processos químicos e biológicos podendo conduzir a situações de hipoxia ou anoxia da coluna d'água durante o enchimento, e também estado trófico mais elevado, o que pode favorecer, ainda, o crescimento de macrófitas aquáticas.

Resumidamente a ação bacteriana que conduz à metilação é mais intensa quando feita em ambiente anaeróbico e, quando em presença de macrófitas aquáticas, a metilação pode ocorrer a uma taxa ainda superior devido à maior retenção de partículas nas raízes dessas plantas e elevada atividade microbiana encontrada nestas.

O tempo de residência da água é uma das variáveis importantes que influenciam os processos químicos e biológicos que ocorrem nos reservatórios. Dependendo da magnitude, o tempo de residência pode induzir condições favoráveis para a ciclagem dos nutrientes e para o desenvolvimento do fitoplâncton e de macrófitas aquáticas. Quanto maiores os tempos de residência, maior será a tendência de ocorrer alterações na qualidade da água do reservatório em relação às dos rios originais.

A modelagem da qualidade da água no trecho de montante do eixo da barragem da UHE Teles Pires, e estudos subsequentes, efetuados a partir da divisão do reservatório em 19 compartimentos (10 ao longo do corpo principal do rio Teles Pires e 9 representativos dos braços tributários), forneceu um prognóstico acerca da hidrodinâmica e das alterações da qualidade da água após a implantação da UHE Teles Pires.

Assim, foi distinguido nos segmentos correspondentes à calha principal do rio Teles Pires tempos de residência da água no reservatório reduzidos em todas as épocas do ano, variando entre 2,1 (em março) e 13,0 dias (em setembro). Esses tempos de residência permitem caracterizar o corpo d'água, neste trecho, mais para condição de rio do que propriamente de reservatório. No rio Paranaíta o tempo de residência médio obtido foi de 2 dias no segmento 10, 18 dias no segmento 11, 2 dias no segmento 12 e 5 dias no segmento 13.

Já os segmentos correspondentes aos 05 braços laterais do reservatório foram prognosticados tempos de residência diferenciados. Trata-se de braços formados pela inundação de drenagens curtas, e que se estenderão por, pelo menos, quatro quilômetros. No rio Oscar Miranda o tempo de residência médio no segmento 16 será de 199 dias; e no segmento 17 de 285 dias. Os segmentos 08 e 14, localizados à direita e esquerda do rio Teles Pires apresentarão tempo de residência de 118,6 e 212,8 dias, respectivamente. O maior tempo de residência será no rio Vileroy (segmento 18) previsto para 341,1 dias.

O modelo matemático também previu desoxigenação até próximo da anoxia nesses segmentos (valores até o máximo de 1,5 mg/L no segmento 08). Nesses casos, as ocorrências de ambientes redutores podem favorecer, ainda, as formações de gases tóxicos e/ou mal cheirosos, assim como a autofertilização, devido à solubilização das formas adsorvidas de fósforo, além da metilação de mercúrio eventualmente encontrado nesses ambientes.

Ainda de acordo com a modelagem matemática, a recuperação da aerobiose nos segmentos laterais do reservatório da UHE Teles Pires seria alcançada em até 120 dias, considerando os segmentos mais críticos (segmentos 08 e 18). Quanto a essa recuperação lenta, foram consideradas as prováveis ausências de vazões afluentes que

renovem o volume desses compartimentos, que ocorreria somente por meio de correntes internas e movimentos advectivos promovidos pelo vento.

Ressalta-se, então, que nos cursos d'água correspondentes aos braços laterais do futuro reservatório, sobretudo nos segmentos 08, 14, 16, 17 e 18, o tempo de residência médio alto, variando entre 118,6 e 341,1 dias, e a profundidade média em torno de 10 m; apontam para a criação de um ambiente favorável à metilação do mercúrio, caso este elemento esteja presente.

Frente a esta possibilidade o Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório prevê a realização de campanhas de coleta de sedimentos e solos antes e após o enchimento do reservatório, visando verificar o estado destas áreas em relação à contaminação por mercúrio e outros elementos traços descritos na resolução CONAMA no 344/2004.

A partir dessa investigação o programa também fornecerá subsídios e diretrizes para as medidas a serem conduzidas no caso da obtenção de concentrações de contaminantes com potencial de causar danos à futura biota do lago formado pelo reservatório. Dentre essas possíveis ações, destacam-se a necessidade de estudos complementares, o monitoramento da área de disposição, a realização de ensaios ecotoxicológicos, etc.

Por fim, destaca-se que será conduzido monitoramento mensal de mercúrio em amostras de sedimento e água em 13 estações de coletas distribuídas ao longo dos rios Teles Pires e Paranaíta, em trechos inseridos na AID da UHE Teles Pires. Este monitoramento fará parte do Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água – P.12, conduzido nas fases de pré-instalação, instalação e operação, o qual fornecerá dados complementares ao presente programa.

## **2. Objetivos**

Efetuar investigação acerca da existência de contaminação do solo e sedimentos por mercúrio e outros elementos traços (As, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn e Ni) em segmentos laterais do futuro reservatório da UHE Teles Pires, antes e após o enchimento do reservatório.

## **3. Metas**

Mencionam-se as seguintes metas a serem alcançadas pelo Programa:

- Caracterizar a qualidade dos solos e sedimento nas áreas dos futuros segmentos laterais do reservatório por meio da determinação dos elementos-traço Hg, As, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn e Ni;
- Caracterizar os solos e sedimentos quanto à granulometria e conteúdo de matéria orgânica;
- Comparar os resultados dos parâmetros analisados com os valores orientadores das Resoluções CONAMA N° 344/2004 e N° 420/2009 a fim de verificar o nível de qualidade de sedimentos e a existência ou não de efeitos adversos à biota aquática, e a possível caracterização de solos contaminados, respectivamente;

- Identificar possíveis áreas/ações/atividades fontes de contaminação dos solos e sedimentos, ou ainda, ocorrência natural elevada dos elementos analisados;
- Propor diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de áreas com sedimentos com potencial de causar danos adversos à biota aquática do futuro lago e/ou contaminadas.

#### **4. Área de Abrangência**

A área de abrangência do presente programa inclui 5 segmentos do futuro reservatório da UHE Teles Pires onde os estudos de modelagem da água do reservatório apontaram para possíveis condições de metilação do mercúrio, no caso da ocorrência de contaminação dos sedimentos e solo por este metal, ou seja, com potencial para organificação de mercúrio. Estes segmentos, denominados de 8, 14, 16, 17 e 18, estão localizados na **Figura 4.a**. Localizam-se ao longo de afluente pela margem direita do rio Teles Pires e a montante do deságüe do rio Paranaíta (segmento 08); ao longo de afluente pela margem esquerda do rio Teles Pires, situado entre a foz do rio Paranaíta e rio Oscar Miranda (segmento 14); ao longo do rio Oscar Miranda (segmentos 16, a montante e 17, a jusante) e ao longo do rio Vileroy (segmento 18).

#### **5. Base Legal e Normativa**

O Programa ora apresentado, a fim de ter sua confiabilidade garantida, seguirá normas de procedimentos e leis em todas as etapas, incluindo planejamento, 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, Amostragem, Análises e Ensaios

- Resolução CONAMA N° 344 de 2004, dispõe sobre procedimentos para o planejamento, coleta de amostras e análises laboratoriais dos materiais a serem dispostos de forma subaquática.
- CETESB:2001 – Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, auxilia o planejamento da investigação confirmatória e identificação da contaminação, para posterior monitoramento e tomada de medidas de recuperação
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2005);
- UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA *Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, and soils*. 1998;
- Resolução CONAMA N° 420, de 28 de dezembro de 2009, dispõe que as análises para caracterização e monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea devem ser realizadas em laboratórios acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO para os parâmetros de interesse;
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise do Solo, 2a ed.1997.

## Avaliação

No Brasil não há normas legais a respeito da qualidade dos sedimentos subaquáticos, exceto a Resolução CONAMA N° 344 de 2004, que estabelece diretrizes e procedimentos para avaliação de material a ser dragado e disposto de forma subaquática. Nesta resolução são utilizados os valores estabelecidos pelo Canadá (ENVIRONMENTAL CANADA, 2002) para a classificação de material a ser dragado no caso de alguns elementos-traço. Esta classificação considera concentrações limites para a definição de dois níveis: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota (nível 1) e limiar abaixo do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota (nível 2). Estes dois níveis correspondem aos chamados TEL (Threshold Effect Level) e PEL (Probable Effect Level), respectivamente.

No Estado de São Paulo a COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB, 2009) definiu para os sedimentos presentes em águas doces, uma classificação de contaminantes químicos em cinco faixas de qualidade (ótima, boa, regular, ruim e péssima). Estas faixas consideram os valores baseados na probabilidade de efeito deletério sobre a biota quais sejam os valores de TEL (Threshold Effect Level), que representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos e PEL (Probable Effect Level) que representa a concentração acima da qual são frequentemente esperados efeitos adversos para os organismos. Na faixa entre TEL e PEL situam-se os valores onde ocasionalmente esperam-se tais efeitos. Destaca-se que esses valores de TEL e PEL correspondem aos mesmos utilizados pela Resolução CONAMA N° 344 de 2004.

A qualidade ÓTIMA, para cada contaminante, corresponde à concentração inferior a TEL e a qualidade BOA, a faixa entre TEL e a concentração correspondente a 50% da distância entre TEL e PEL. A qualidade REGULAR inclui a faixa superior a 50% da distância entre TEL e PEL e a qualidade RUIM, a faixa entre PEL e a concentração correspondente a 1,5 x de seu próprio valor. E a qualidade PÉSSIMA compreende faixa acima de 1,5 x de PEL. Assim, considerou-se a pior situação dentro da série de contaminantes avaliados, quando as concentrações encontradas superam significativamente o valor de PEL (em mais de 50%) e, na ocorrência de bioacumuláveis (mercúrio e organoclorados) acima de PEL (classificação ruim ou péssima) considera-se piora do diagnóstico em uma classe.

Ainda segundo a Resolução CONAMA N° 344 de 2004, no caso da disposição de material dragado em terra, este deverá ter as concentrações dos contaminantes comparadas aos valores orientadores estabelecidos para solos. Assim, destaca-se a Resolução CONAMA N° 420, de 28 de dezembro de 2009, que dispõe sobre os critérios e valores orientadores de qualidade do solo e águas subterrâneas quanto à presença de substâncias químicas. Esta resolução também estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em decorrência de atividades antrópicas.

Os valores orientadores fornecem diretrizes sobre a qualidade e as alterações do solo e são utilizados para avaliar graus de poluição ou riscos potenciais à saúde humana. Incluem os denominados Valores de Referência de Qualidade – VRQ (concentração no

solo que a sua qualidade natural), Valores de Prevenção - VP (concentração acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo) e Valores de Investigação - VI (concentração acima do qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos à saúde humana, considerando cenários genéricos agrícola, residencial e industrial).

A resolução ainda determina que detectados valores acima daquele considerado como Valores de Investigação, o empreendedor deverá conduzir uma investigação confirmatória, a fim de verificar a existência de substâncias em concentrações acima dos valores de investigação. No caso dessa confirmação, deverá ser efetuado um diagnóstico que inclui investigação detalhada e avaliação de risco, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes. Essa investigação detalhada terá como objetivo principal subsidiar a etapa de intervenção, ou seja, de execução de ações de controle e monitoramento das áreas confirmadamente contaminadas.

Do exposto, considera-se válido para o presente programa a comparação dos valores obtidos àqueles dispostos pela Resolução CONAMA N° 344 de 2004, visto que esses têm sido utilizados não apenas para a classificação de materiais a serem dragados e dispostos em águas, mas também para a classificação de sedimentos de água doce, a exemplo da classificação elaborada pela CETESB (2009).

Da mesma forma, considerando-se que áreas de solos, submersas por ocasião da implantação de reservatórios de hidrelétrica, passarão a compor ambiente sedimentar subaquático, a comparação de análises de amostras desse compartimento com os valores da Resolução CONAMA N° 344 de 2004 também possui pertinência.

Além disso, de acordo com os valores orientadores e níveis de classificação dos materiais analisados, essa resolução apresenta as diretrizes a serem seguidas para o gerenciamento da disposição subaquática. Estas diretrizes incluem desde a não necessidade de estudos complementares e monitoramento da área de disposição, até a realização de ensaios ecotoxicológicos.

Outrossim, no caso de constatação de sedimentos contaminados e necessidade de dragagem e disposição em terra, estes deverão ter suas concentrações de contaminantes comparadas aos Valores de Prevenção dispostos pela Resolução CONAMA N° 420 de 2009, conforme disposto na Resolução CONAMA N° 344 de 2004, bem como deverão ser seguidas as diretrizes colocadas naquela resolução.

Ainda no caso dos solos analisados, é de interesse a verificação da existência de concentrações naturais de contaminantes por meio da comparação com os VRQs, a fim de caracterizar fontes naturais de contaminantes. No entanto, na ausência desses valores, a serem definidos pelos órgãos ambientais competentes dos Estados e do Distrito Federal, em até 04 anos após da publicação da Resolução N° 420 de 2009; possibilita apenas a comparação com os VPs, disponibilizados pela Resolução CONAMA N° 420/2009. Essa comparação tem utilidade, visto que a ultrapassagem desse valor pode indicar a possibilidade de ocorrência natural da substância, além da existência de fontes de poluição.

De maneira mais ampla a Lei Nº 12.334, aprovada em 20 de setembro de 2010 e que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens, também constitui base legal para o presente programa. De acordo com essa lei, o empreendedor de acumulações de água para quaisquer usos será o responsável legal pela segurança da barragem, devendo desenvolver ações voltadas para esse objetivo. No caso das barragens para fins de aproveitamento hidrelétrico, a lei determina que a fiscalização da segurança caberá à entidade que concedeu ou autorizou o uso do potencial hidráulico.

O objetivo da Lei das Barragens é garantir a observância de padrões de segurança de barragens, de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências, além de regulamentar as ações e padrões de segurança. Dentre as ações a serem regulamentadas futuramente estão:

- As ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens;
- Monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens;
- Conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público e de gestão de riscos (ações de caráter normativo, bem como aplicação de medidas para prevenção, controle e mitigação de riscos).

Do exposto, verifica-se que a implementação do presente programa está de acordo com o objetivo da lei citada, sendo que as atividades propostas para a execução do programa são convergentes com as ações dispostas na lei, mesmo que estas ainda não estejam regulamentadas.

## **6. Metodologia / Atividades a serem desenvolvidas**

Para a investigação acerca da existência de contaminação do solo e sedimentos em 5 futuros segmentos laterais do reservatório, o presente programa prevê as seguintes atividades: definição dos pontos de coletas de amostras; coletas de amostras em três campanhas e análises químicas de solos e sedimentos; e, interpretação dos resultados e elaboração de relatórios a serem encaminhados ao IBAMA. As atividades previstas para a realização do programa são descritas a seguir.

### **6.1 Definição da localização dos pontos de coletas de amostras**

A definição prévia da localização dos pontos de coletas de amostras segue a disposição colocada na Resolução CONAMA Nº 344 de 2004, aplicável a corpos d'água. Dessa forma, foram previamente definidas as localizações dos pontos de coleta, especializadas no sentido aproximadamente longitudinal dos rios e córregos dos segmentos 8, 14, 16, 17 e 18; conforme apresentado na **Figura 4.a**.



Foram previstos 3 locais de amostragem de solo e 4 para sedimento, ao longo de cada segmento, totalizando a coleta de 15 amostras de solo e 20 amostras de sedimentos na primeira campanha. Nas duas campanhas subsequentes (a 6 meses e um ano após o enchimento – ver **Seção 6.2**) serão coletadas apenas as 20 amostras de sedimentos de fundo do futuro reservatório em cada uma destas campanhas, visto que os locais dos pontos de amostragem de solo estarão submersos.

A localização exata desses pontos deverá ser feita a partir de inspeções de campo que considerem, no caso das estações de coleta de sedimento áreas de sedimentação natural dos corpos d'água, por exemplo, em margens deposicionais dos corpos d'água; áreas a jusante de atividades antrópicas (desmatadas e com movimentações de solos e rochas) e áreas a jusante de atividade garimpeira. Destaca-se que, quando possível, os pontos de montante de cada sub-bacia que compõe o segmento deverá ser localizado em pontos de maior preservação do corpo d'água e entorno.

Da mesma forma, a definição exata dos pontos para coleta de solos, definidos próximo às margens dos corpos d'água em locais onde ocorrerá o alagamento, deverá considerar as áreas com rejeitos de atividade garimpeira ou demais atividades antrópicas, perfis verticais de solo e unidades pedológicas (dando-se preferência para locais de solos evoluídos do tipo Latossolos, a fim de verificar concentração natural de Hg), gradientes topográficos e composição litoestratigráfica. Além disso, deve-se considerar também a localização de solo em áreas de vegetação preservada.

A localização prévia dos pontos de coleta, apresentada na **Figura 4.a**, busca seguir esses critérios, no entanto, destaca-se que o número de estações e posicionamento geográfico sugeridos poderão ser alterados em função de informações relevantes levantadas durante inspeções de campo, por exemplo, durante as inspeções efetuadas no âmbito do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos e durante a instalação de poços de monitoramento para avaliação da localização do lençol freático e da qualidade das águas subterrâneas, no âmbito do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas. No caso de mudança na localização dos pontos de coletas e quantidade de amostras coletadas, essas alterações serão submetidas ao IBAMA, para anuência prévia.

Conforme destacado na Seção 1, além dos 20 pontos de coleta de amostras de sedimentos analisadas para o presente programa, outras 13 estações de coleta de amostras de sedimentos foram definidas. As amostras obtidas nestas estações serão analisadas mensalmente para mercúrio e mais 19 parâmetros durante os períodos de pré-instalação, instalação e operação como parte do Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água- P.12. A localização destes pontos é apresentada na **Tabela 6.1.a**. A figura com a localização destas estações de coleta é a mesma apresentada no Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água- P.12 (**Figura 6.1.a**), que consta no **Anexo 1** do presente Programa de Investigação de Contaminação por Mercúrio.

**Tabela 6.1.a****Localização das estações de coleta para monitoramento limnológico e de qualidade a água e de sedimento**

<b>Estação de Coleta</b>	<b>Rio</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Localização/Município (MT)</b>
P01	Teles Pires	21L 524496/ 8968549	Jusante do eixo do barramento. Ambiente lótico com presença de corredeiras. Fundo rochoso.
P02	Teles Pires	21L 526427/ 8960174	Montante do eixo do empreendimento, imediatamente a montante da futura barragem, a jusante do rio Paranaíta.
P03	Paranaíta	21L 532413/ 8950536	Próximo a ponte de madeira da MT 206. Área com vegetação alta e densa nas margens, com várias propriedades rurais.
P04	Paranaíta	21L 538650/ 8937587	Na área de remanso do braço do reservatório no rio Paranaíta. Área margeada com uma vegetação alta e densa, fundo rochoso e exploração da atividade pecuária.
P05	Teles Pires	21L 531615/ 8963621	Na área do futuro reservatório, a montante da foz do rio Paranaíta, próxima a um conjunto de pequenas quedas de água, numa região lótica, rochosa e com vegetação alta e densa.
P06	Teles Pires	21L 547143/ 8961857	Na área do futuro reservatório, a jusante da Balsa do Cajueiro, região com vegetação alta e densa no seu entorno, fundo rochoso e uma profundidade média de aproximadamente 12 m.
P07	Teles Pires	21L 564092/ 8952731	Na área do futuro reservatório, a montante da Balsa do Cajueiro, numa região com vegetação alta e densa no seu entorno e profundidade média de aproximadamente 13 m.
P08	Teles Pires	21L 575346/ 8944430	Na área do futuro reservatório, na região de remanso, próxima ao rio Santa Helena.
P09	Oscar Miranda	21L 524249/ 8963775	Na área do futuro reservatório, no rio Oscar Miranda, próximo à confluência com o rio Teles Pires, a jusante da foz do rio Paranaíta.
P10	Vileroy	21L 524267/ 8965782	Rio Vileroy, próximo à confluência com o rio Teles Pires.
P11	São Benedito	21L 496542/ 8993674	Ponto localizado próximo a confluência dos rios São Benedito e Teles Pires, no município de Paranaíta. (acesso pela margem esquerda).
P12	Apiacás	21L 493252/ 8984496	Ponto localizado próximo a confluência dos rios Apiacás e Teles Pires, a jusante da UHE Foz do Apiacás, no município de Paranaíta. (acesso pela margem direita).
P13	Teles Pires	21L 524273,0/8964511	Ponto de coleta localizado entre o lançamento do efluente da ETE do Alojamento e o ponto de captação de água bruta da ETA do Canteiro Industrial ME.

## **6.2 Coleta e análise das amostras**

Após a definição dos pontos de coleta de amostras de sedimentos e solos, conforme apresentado na Seção 6.1, serão efetuadas as coletas em três campanhas, sendo a primeira realizada antes do desvio do rio, quando serão coletadas amostras de solo e sedimentos e as demais após seis meses e um ano do enchimento do reservatório, quando serão realizadas coletadas amostras de sedimentos.

Para cada ponto de coleta será preparada uma ficha de campo, onde serão anotadas as características geológicas e pedológicas, bem como o uso e ocupação do solo de entorno, além das localizações determinadas por GPS (Global Position System).

No caso da amostragem de solo, as amostras serão coletadas a uma profundidade inferior ou igual a 20 cm, com pás plásticas quando retiradas em taludes, sendo que em locais planos poderão ser coletadas com trado de aço inox.

No caso dos sedimentos, as amostras serão coletadas no leito dos rios, manualmente, com espátula plástica, a profundidades  $\leq 5-10$  cm, ou ainda, dependendo da profundidade do rio por meio de coletor pontual de sedimento em aço-inox – draga de Eckman. A coleta será realizada, preferencialmente, em locais de pouca profundidade e menor velocidade de fluxo, onde ocorre a sedimentação do material em suspensão.

Após a coleta, as amostras, tanto de solo como de sedimentos, serão transferidas para sacos plásticos de boa vedação, rotulados e mantidas sob resfriamento em gelo em caixas térmicas até a chegada ao laboratório, onde serão armazenadas em geladeira a 4°C e, posteriormente, secas e encaminhadas para análise.

Para a secagem as amostras serão colocadas em recipientes plásticos e secas a temperatura ambiente, evitando-se assim a perda de elementos voláteis como o mercúrio. Após a secagem, as amostras serão desagregadas utilizando gral/almofariz de porcelana e pistilo. Na sequência, serão quarteadas, sendo uma fração destinada às análises e as outras guardadas como testemunho.

No preparo das soluções serão utilizadas água deionizada, e os reagentes deverão ser de grau de pureza para análise. As análises serão realizadas em triplicata, incluindo um branco de reagentes para detectar possíveis contaminações. A vidraria a ser utilizada será previamente tratada para descontaminação de metais. Estas serão imersas por, no mínimo, 24 horas em banho de ácidos (ácido nítrico concentrado, ácido clorídrico concentrado e água deionizada, na proporção 1:1:3) sendo, em seguida, lavada com água deionizada.

Os parâmetros a serem analisados nas amostras de solo e sedimento serão mercúrio (Hg), arsênio (As), cobre (Cu), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), zinco (Zn) e níquel (Ni), conforme condição específica 2.2.g, disposta na Licença Prévia N° 386/2010, concedida pelo IBAMA, que recomenda a caracterização das áreas com relação à contaminação por mercúrio e outros parâmetros descritos na resolução CONAMA N° 344/2004.

Nas amostras também serão realizadas análises granulométricas e determinados os teores de matéria orgânica para verificar o potencial de estocagem dos elementos-traço analisados, e de posterior disponibilização após a implantação do lago sobre as áreas.

Os elementos a serem analisados são apresentados no **Quadro 6.2.a**, bem como os métodos analíticos utilizados, baseados em CETESB (2009). As análises granulométricas e de conteúdo de matéria orgânica serão efetuadas de acordo com EMBRAPA (1997).

### Quadro 6.2.a

#### Parâmetros e metodologias analíticas utilizadas para solos e sedimentos

Parâmetro	Metodologias Analíticas	Referências Bibliográficas
Arsênio	Espectrometria de absorção atômica-forno de grafite Método 3113 e Método 3051 – USEPA – SW 846	APHA/AWWA/WEF (2005); USEPA (1998)
Cádmio total	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno (Método 3030, item K e 3111, item B) e Método 3051 - USEPA-SW 846	APHA/AWWA/WEF (2005); USEPA (1998)
Chumbo total	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno (Método 3030, item K e 3111, item B) e Método 3051 - USEPA-SW 846	APHA/AWWA/WEF (2005); USEPA (1998)
Cromo total	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno (Método 3030, item K e 3111, item B) e Método 3051 - USEPA-SW 846	APHA/AWWA/WEF (2005); USEPA (1998)
Cobre total	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno (Método 3030, item K e 3111, item B) e Método 3051 - USEPA-SW 846	APHA/AWWA/WEF (2005); USEPA (1998)
Mercúrio total	Espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio (Método 3112) e (Método 3051 - USEPA-SW 846)	APHA/AWWA/WEF (2005); USEPA (1998)
Níquel total	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno (Método 3030, item K e 3111, item B) e Método 3051 - USEPA-SW 846	APHA/AWWA/WEF (2005); USEPA (1998)
Zinco	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno (Método 3030, item K e 3111, item B) e Método 3051 - USEPA-SW 846	APHA/AWWA/WEF (2005); USEPA (1998)

Fonte: modificado de CETESB (2009).

Os parâmetros físicos e químicos para análise no sedimento que estão propostos no Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água (P.12) estão apresentados no **Quadro 6.2.b**.

### Quadro 6.2.a

#### Parâmetros físicos e químicos para análise no sedimento

Parâmetro	Unidades de medida
Granulometria	(Suspensão 1:1)
pH	% p/p
Porcentagem de Sólidos	% p/p
Matéria Orgânica	mg/kg
Fósforo Total	% p/p
Carbono Orgânico	mg/kg

Projeto Básico Ambiental (PBA)

P.13 - Programa de Investigação de Contaminação de Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório

**Quadro 6.2.a****Parâmetros físicos e químicos para análise no sedimento**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidades de medida</b>
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg
Alumínio	mg/kg
Ferro	mg/kg
Manganês	mg/kg
Bário	mg/kg
Mercúrio	mg/g
Cromo	mg/kg
Cobre	mg/kg
Níquel	mg/kg
Chumbo	mg/kg
Zinco	mg/kg
Cádmio	mg/kg
Compostos organoclorados totais	mg/kg
Compostos organofosforados totais	mg/kg

**6.3 Análise e interpretação dos resultados**

Para a análise e interpretação dos resultados serão elaborados bancos de dados e mapas georreferenciados, bem como tabelas e gráficos com os resultados das análises químicas. Nesta análise também serão considerados os resultados obtidos no âmbito do Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial, notadamente nos pontos P05A, localizado no rio Teles Pires e a jusante do segmento 09, pontos P02A, a jusante do segmento 14; P09 e P02C, situados a jusante do segmento 17 e ponto P10, situado a jusante do segmento 18.

Os valores das concentrações de As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn, obtidas nas amostras de solos e sedimentos, serão comparados aos valores de referência dispostos na Resolução CONAMA N° 344 de 2004 e classificados nos níveis 1 e 2 para cada um dos parâmetros.

Ainda no caso dos solos analisados, conforme já colocado, é de interesse a verificação da existência de concentrações naturais de contaminantes por meio da comparação com os Valores de Referência de Qualidade - VRQ, conforme definido na Resolução CONAMA 402/2009, a fim de caracterizar fontes naturais de contaminantes. No entanto, na ausência desses valores a serem definidos pelos órgãos ambientais competentes dos Estados, a comparação com os Valores de Prevenção - VPs pode ser de utilidade, visto que a ultrapassagem desse valor pode indicar a possibilidade de ocorrência natural da substância, além da existência de potenciais fontes de poluição.

Por fim, a partir da análise e interpretação dos dados coletados, serão elaborados relatórios a serem encaminhados ao IBAMA. No primeiro relatório, cuja conclusão está prevista para o sétimo mês de implantação do empreendimento, a ser encaminhado ao IBAMA até o oitavo mês após o início das obras, serão apontadas diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de áreas com sedimentos com potencial de causar danos adversos à biota aquática do futuro lago e/ou gerenciamento de áreas

contaminadas. Dentre essas possíveis ações, destacam-se a necessidade de estudos complementares, realização de ensaios ecotoxicológicos, e monitoramento para acompanhamento da evolução do comportamento dos contaminantes durante a fase de enchimento/pós-enchimento do reservatório.

De qualquer forma, conforme destacado na **Seção 6.3**, serão realizadas mais duas campanhas de coletas de amostras após seis meses e um ano do enchimento do reservatório, quando serão realizadas coletas de amostras de sedimentos de fundo do futuro reservatório. No entanto, esse número de campanhas e o período de realização das mesmas poderão ser alterados de acordo com avaliação do IBAMA, feita após a entrega do primeiro relatório.

Destaca-se que os resultados obtidos ao longo do presente programa, bem como aqueles de qualidade da água e sedimentos do Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade de Água, poderão nortear a necessidade de realização de ajustes no número de pontos e frequência de amostragem do presente programa, as quais serão sempre realizadas após comunicação ao IBAMA e após a sua anuência.

## **7. Indicadores de Desempenho**

Os indicadores de desempenho do programa correspondem ao número de amostragens de sedimentos e solos e análises de parâmetros indicados, com relação ao número total previsto. As ocorrências de resultados de parâmetros não conformes com os valores orientadores também constituem indicador do programa, visto que, para esses locais, deverão ser apontadas diretrizes para o gerenciamento.

## **8. Etapas e Prazos**

O Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório será conduzido durante as etapas de Implantação da Infraestrutura de Apoio e de Construção da Obra Principal e Operação do Reservatório. O cronograma para o desenvolvimento das atividades, descritas na **Seção 6.0**, encontra-se no cronograma inserido no final deste programa. Conforme destacado na **Seção 6.3**, estão previstas três campanhas de coletas de amostras de solos e sedimentos, sendo a primeira realizada antes do desvio do rio, quando serão coletadas amostras de solo e sedimentos, e as demais após seis meses e um ano do enchimento do reservatório, quando serão realizadas coletas de amostras de sedimentos de fundo do futuro reservatório. As entregas de relatórios ao IBAMA ocorrerão até o 8º, 44º e 50º mês de obras.

## **9. Relatórios**

Após a etapa de coleta e análise das amostras serão gerados relatórios consolidados, ilustrados com mapas, tabelas e gráficos, bem como interpretações a respeito dos dados obtidos e diretrizes para a tomada de decisões. Esses relatórios consolidados serão elaborados e apresentados ao IBAMA, sendo o primeiro antes do desvio do rio Teles

Pires, ou seja, na fase pré-enchimento do reservatório; e o segundo e terceiro, a seis meses e um ano após o enchimento do reservatório, respectivamente.

### **10. Recursos Humanos e Materiais Necessários**

A implementação e o desenvolvimento do programa são de responsabilidade do empreendedor do projeto UHE Teles Pires, que deverá contar com uma equipe de campo composta por 1 Limnólogo, 1 Geólogo e 2 Auxiliares de Campo. Para a análise das amostras deverá ser contratado laboratório acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO para os parâmetros de interesse.

### **11. Parcerias Recomendadas**

Recomenda-se a parceria com instituições que desenvolvam pesquisa e levantamentos relacionados a limnologia e biodisponibilidade e/ou contaminação de mercúrio e outros elementos traços, tais como: Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Universidade Federal do Pará – UFPA, Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM-MT, CETEM, Companhia Matogrossense de Mineração – METAMAT; bem como a interação com proprietários das terras, prefeituras, associações de garimpeiros, casas de agricultura e outros empreendedores de hidrelétricas a serem futuramente instalados na bacia do rio Teles Pires.

### **12. Interface com outros Planos, Programas e Projetos**

Considerando-se os demais programas ambientais previstos no Projeto Básico Ambiental da UHE Teles Pires, Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório terá interface com os seguintes programas:

- Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas e Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água: resultados parciais desses programas, obtidos antes e após o enchimento do reservatório, poderão apontar a existência de eventuais fontes de contaminação existentes na área a ser inundada e necessidade de ajustes no presente programa;
- Programa de Desmatamento e Limpeza do Reservatório: a efetividade da execução desse programa pode minimizar a formação de ambientes anóxicos no lago e a biodisponibilidade do mercúrio por ocasião do enchimento do reservatório;
- Programa de Monitoramento da Ictiofauna: os resultados do presente programa poderão auxiliar no melhor direcionamento do monitoramento da ictiofauna visto que, no caso de ocorrências de sedimentos com conteúdo de mercúrio, poderá ocorrer a sua biodisponibilidade desse elemento e sua bioacumulação em peixes;
- Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos e Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas: as inspeções de campo efetuadas, por exemplo, durante as inspeções para a localização de feições erosivas e de movimentos de massa e a instalação de poços

de monitoramento para avaliação da localização do lençol freático e da qualidade das águas subterrâneas, visto que serão efetuadas antes do enchimento do reservatório, poderão fornecer informações complementares para a exata localização dos pontos de coleta de amostras do presente programa;

- Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial – PACUERA.

### **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**. 21<sup>th</sup> ed. 2005.

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

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. São Paulo, Série Relatório, 2009. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: fevereiro de 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº. 344, de 25 de março de 2004**. 2004. Disponível em <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: fevereiro de 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise do Solo**, 2a ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 1997.

ENVIRONMENTAL CANADA. **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**. Canadian Environmental Quality Guidelines – Summary Tables. 2002.

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, and soils**. 1998. Disponível em: <http://www.epa.gov>. Acesso em fevereiro de 2010.



