

## ÍNDICE

6.3.5 -	Programa de Monitoramento Sismológico .....	1/10
6.3.5.1 -	Justificativas .....	1/10
6.3.5.2 -	Objetivos .....	1/10
6.3.5.2.1 -	Objetivo Geral.....	1/10
6.3.5.2.2 -	Objetivos Específicos .....	2/10
6.3.5.3 -	Metas .....	2/10
6.3.5.4 -	Indicadores .....	3/10
6.3.5.5 -	Público Alvo .....	3/10
6.3.5.6 -	Metodologia .....	3/10
6.3.5.6.1 -	Equipamentos.....	6/10
6.3.5.7 -	Cronograma .....	7/10
6.3.5.8 -	Responsáveis pela Elaboração do Programa .....	9/10
6.3.5.9 -	Equipe de Implementação.....	9/10
6.3.5.10 -	Instituições Envolvidas.....	9/10
6.3.5.11 -	Inter-relação com outros Planos e Programas .....	9/10
6.3.5.12 -	Requisitos Legais .....	10/10
6.3.5.13 -	Referências Bibliográficas.....	10/10



## 6.3.5 - Programa de Monitoramento Sismológico

### 6.3.5.1 - Justificativas

O Programa de Monitoramento Sismológico atende à condicionante específica 2.6 da LP N° 337/2009, IBAMA, que estabelece: “Apresentar o Programa de Monitoramento Sismológico para o empreendimento”.

Na região não são registrados sismos naturais de grande magnitude, entretanto, a Área de Influência Indireta - All da UHE Santo Antônio do Jari apresenta significativas descontinuidades geológico-estruturais como falhas e diáclases.

A ocorrência de sismos induzidos por reservatórios pode estar relacionada a tais feições geológico-estruturais e também devido ao histórico de eventos naturais registrados regionalmente. Mesmo em regiões de baixa sismicidade natural estes eventos podem ocorrer. Sismos induzidos não são causados pelo reservatório e sim desencadeados ou disparados, pois, somente ocorrem onde existem condições favoráveis; falhas submetidas a esforços próximas do limite de ruptura. Um sismo induzido seria um sismo natural que poderia ocorrer na área de influência do reservatório em algum tempo futuro.

Considerando os aspectos geológico-estruturais e o histórico de abalos sísmicos regionais naturais - possivelmente alguns associados a estruturas geológicas - e sismos naturais de magnitude média de 4,8 na escala Richter posicionado a cerca de 300 km do eixo da barragem, justifica-se desenvolver um Programa de Monitoramento Sismológico.

### 6.3.5.2 - Objetivos

#### 6.3.5.2.1 - Objetivo Geral

O objetivo principal deste Programa é caracterizar e acompanhar através do monitoramento sismográfico em nível local e regional a evolução das atividades sísmicas naturais e induzidas, antes, durante e após o enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio do Jari.

### 6.3.5.2.2 - Objetivos Específicos

- Atualização dos eventos sísmicos registrados na região em um raio de 450 km do eixo da barragem;
- Levantamento da área para escolha do local apropriado para a instalação da estação sismográfica;
- Acompanhamento e leitura dos sismogramas gerados pelos sismógrafos para detectar possíveis atividades sísmicas induzidas durante e após o enchimento do reservatório;
- Avaliação dos dados sismológicos obtidos;
- Fornecer subsídios ao Programa de Comunicação Social para realização de campanha de esclarecimentos à população.

### 6.3.5.3 - Metas

- Definir as condições específicas de monitoramento que devem ser adotadas;
- Determinar epicentros e magnitudes de sismos que possam, de alguma forma, afetar a estrutura da barragem e/ou as populações de áreas circunvizinhas ao empreendimento, em um raio de 450 km do eixo da barragem;
- Medir as acelerações sísmicas no eixo da barragem;
- Avaliar as intensidades, por meio da aplicação de questionários sísmicos, causadas por terremotos naturais ou induzidos, na Área de Influência Indireta do empreendimento;
- Correlacionar, quando possível, sismos e feições geológicas e estruturais da área;
- Monitorar as atividades sísmicas eventualmente induzidas pela formação do futuro reservatório;
- Identificar medidas relativas à minimização de impactos decorrentes das obras;
- Orientar a continuidade do monitoramento sismológico durante a operação da usina;

- Desenvolver campanha de esclarecimentos sobre sismicidade natural e induzida, dirigida à população da área de influência do aproveitamento.

#### 6.3.5.4 - Indicadores

- Número de ocorrências de sismos naturais e induzidos (dados relatados e registrados - históricos e atuais) em uma região circunscrita por um raio de 450 km a partir do eixo da barragem;
- Número de eventos sísmicos registrados por estação sismográfica instalada para controle de sismos locais e regionais;
- Dados estruturais locais e regionais (alinhamentos aeromagnéticos; presença de falhas, atitude das rochas) que indiquem uma possível relação sismo-estrutural na área de estudo;
- Relatos de pessoas sobre os efeitos dos tremores de terra sentidos na região.

#### 6.3.5.5 - Público Alvo

O público alvo deste Programa compõe-se de:

- Órgãos públicos (IBAMA; Secretarias Estaduais de Meio Ambiente; Universidades; Prefeituras).
- Populações dos municípios abrangidos pela Área de Influência do empreendimento.

#### 6.3.5.6 - Metodologia

O reservatório a ser formado quando da construção da barragem de Santo Antônio do Jari deverá ser permanentemente monitorado por uma estação sismográfica/ acelerográfica. Isso se deve à necessidade de localizar os eventos que possam ocorrer no local de interesse da futura barragem.

O monitoramento em nível local será apoiado pelo monitoramento regional, utilizando-se o conjunto de dados registrados pela estação de rastreamento da Universidade de Brasília - UnB no interior de uma região com raio de cerca de 450 km, centrada na Usina Hidrelétrica Santo Antônio do Jari, mais especificamente na barragem.

A estação sismográfica e acelométrica será instalada nas imediações do reservatório a ser formado, a fim de quantificar a atividade sísmica natural antes do seu enchimento. Para a escolha do local da futura estação, será realizada uma inspeção de campo com a participação de técnicos do empreendedor e da Universidade de Brasília. Nesse levantamento, será também, considerada e priorizada a utilização da infra-estrutura já existente.

Além das condições geológico-estruturais, deverão ser considerados os seguintes requisitos para escolha do local para a estação sismográfica: baixo nível de ruído, facilidade de acesso, condições topográficas para transmitir dados à rede de microondas ou a uma estação central de registro.

Durante o enchimento e por pelo menos 3 anos subsequentes, serão feitas observações das possíveis atividades sísmicas naturais e/ou induzidas, utilizando-se a estação a ser instalada e os dados registrados pelo rastreamento da UnB.

O procedimento metodológico no monitoramento terá como base a observação e acompanhamento da atividade local durante três fases da existência da UHE Santo Antônio do Jari, conforme descrito a baixo:

#### **Fase 1 - Período Anterior à Formação do Reservatório**

A sismicidade natural estudada no período anterior à construção da barragem permitirá fazer uma estimativa do perigo sísmico (seismic hazard) na região de interesse (mapa com as máximas acelerações esperadas produzidas por terremotos possíveis na região), que, combinado com a avaliação de vulnerabilidade da obra, permitirá o estudo de risco sísmico (seismic risk). Para tanto, será feita uma análise do catálogo sísmico brasileiro atualizado, com considerações sobre os seus níveis de cobertura e completude, determinação da relação frequência x magnitude (Gutenberg e Richter, 1945) e estimativa dos valores de probabilidade de ocorrência de danos materiais significativos que possam danificar uma estrutura construída no local escolhido para a barragem.

O conhecimento e acompanhamento da sismicidade natural (sismos ocorridos no passado até o presente) antes do início da construção da barragem são necessários para que se possa conhecer o “nível de base” ou “nível zero” de atividade sísmica naquela área. Dessa forma, estará estabelecida a atividade regional, que servirá de base para as duas fases seguintes.

Para a realização desse acompanhamento, serão necessários os seguintes procedimentos operativos:

- Assinatura de Convênio com a Fundação Universidade de Brasília - UnB.
- Atualização da listagem dos sismos naturais através do catálogo sísmico brasileiro, publicado na revista brasileira de geofísica.
- Inspeção de campo para escolha dos locais para instalação dos equipamentos.
- Instalação e operação da estação sismográfica / acelerográfica pelo menos um ano antes do enchimento.
- Os sinais captados pelos sensores, na estação sismográfica/ acelerográfica, serão digitalizados e enviados para o campus da UnB, usando links de satélite, onde serão gravados.
- Análise e interpretação de dados com vistas à elaboração de Relatórios Trimestrais de Acompanhamento.

Nesta fase será realizado o monitoramento da atividade sísmica local.

A programação de explosões ocorridas na obra deverá ser fornecida para auxiliar na discriminação entre eventos tectônicos (naturais) e artificiais (explosões) detectados pela estação. São parâmetros relevantes a serem fornecidos: horário de realização das detonações, latitude e longitude dos pontos de fogo, bem como a carga usada com tempos de retardos. Estes dados também serão usados no estabelecimento de um modelo de velocidades para o local.

### **Fase 2 - Período de Enchimento do Reservatório**

Nesta fase é feito um acompanhamento do enchimento do reservatório e uma possível relação com o a atividade sísmica local, verificando se trata de atividade natural ou induzida.

### **Fase 3 - Período de Operação**

Tendo sido feito o enchimento do reservatório, o acompanhamento da atividade sísmica local deve ter continuidade por pelo menos três anos. Nessa fase será feito o controle da variação do nível de água do reservatório e também o controle de explosões realizadas nas pedreiras e escavações locais. Desta forma, podem-se estabelecer as possíveis correlações entre a variação do nível da água e o aumento ou diminuição do nível de atividade sísmica regional.

#### **6.3.5.6.1 - Equipamentos**

Serão utilizadas para o monitoramento proposto neste Programa uma estação sismográfica e uma estação acelerográfica.

Caso haja necessidade de um monitoramento mais preciso, se o nível de atividade sísmica dentro do reservatório aumentar significativamente - caso considerado excepcional no Brasil será avaliada a necessidade de ampliar o número de estações.

Para a estação de sismográfica, o sistema a ser implantado, deverá ter a seguinte configuração:

- 1 sismômetro tria-xial de banda larga.
- 1 condicionador de sinais, com digitalizadores de alta resolução (24 bits), ampla faixa dinâmica (mínimo de 130 dB), equipado com GPS interno e com memória interna e previsão para envio de dados por satélite ou rádio digital.
- 1 notebook.

A estação terá um sistema de alimentação solar, composto de baterias, regulador de carga e painéis solares.

A estação será instalada dentro de abrigos com dimensões 2 m x 2 m, para os instrumentos, o qual deve ter uma cerca de proteção de 10 m no seu entorno.





### 6.3.5.8 - Responsáveis pela Elaboração do Programa

Nome	Formação	Identificação
Diogo Fonseca Alves Gaspar	Geólogo e MSc em Geodinâmica	Id: V 430243-D; IBAMA: 5013529

### 6.3.5.9 - Equipe de Implementação

A equipe técnica de implantação do Programa contará com a participação de técnicos do empreendedor e da Universidade de Brasília.

A responsabilidade pela execução do Programa é do empreendedor. No início das obras, este deverá assinar convênios com a Fundação Universidade de Brasília que será a instituição indicada pela instalação dos instrumentos, assim como responsável pelo monitoramento sismológico do empreendimento.

Prevê-se a participação dos seguintes profissionais:

- Um coordenador com experiência em estudos e Programas Ambientais relacionados ao meio físico (geólogo, geofísico, engenheiro ou físico);
- Dois técnicos especialistas em sismologia (sismologistas);
- Um geólogo ou geofísico com experiência em sismos induzidos por barragens.

### 6.3.5.10 - Instituições Envolvidas

Fundação Universidade de Brasília - UnB.

### 6.3.5.11 - Inter-relação com outros Planos e Programas

Este Programa relaciona-se com o Programa de Gerenciamento Ambiental - PGA e com o Programa de Comunicação Social - PCS. A comunidade deverá ser informada sobre os resultados do monitoramento que serão divulgados por meio de campanha de esclarecimentos à população.

### 6.3.5.12 - Requisitos Legais

Não existe requisito legal para a proposição deste Programa.

### 6.3.5.13 - Referências Bibliográficas

BARBOSA, EIA/RIMA da UHE Santo Antônio do Jari, *Unpublished*. 2009.

BARROS, L. V. (2001b) - Sismicidade Induzida por Reservatórios - Caracterização e análise de casos no Brasil: Exame de Qualificação ao Doutorado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 92pp.

MEDINA, PBA do AHE Jirau, *Unpublished*. 2008.

VIOTTI, C. B. Sismicidade induzida por reservatórios: barragens de terra e sismicidade brasileira. *Construção Pesada*, novembro de 1980.