

3.4. PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO

3.4.1. Introdução

Este programa tem como objetivo realizar estudo acerca da sismicidade (natural e induzida por reservatório) observada numa área circular de 350 km de raio, centrado no ponto de coordenadas 6°35'11" S e 47°27'27" W, correspondente à localização da futura UHE Estreito, na divisa dos estados do Maranhão e Tocantins.

Compreende, também, breves comentários acerca da localização sismotectônica do empreendimento, justificativas, objetivos e importância de realização do programa, recomendações a respeito do monitoramento sismográfico instrumental local, bem como metodologia e procedimentos a serem adotados na execução, acompanhamento e avaliação do Programa.

Breve Análise da Sismicidade da Área

A Figura 3.4.1 apresenta o mapa epicentral da sismicidade observada ao redor da área de implantação da futura UHE Estreito. A listagem do Quadro 3.4.1 apresenta a relação dos sismos ocorridos em uma área circular de raio igual a 350 km centrado no ponto (denominado PC - ponto central da investigação) de coordenadas 6°35'11" S e 47°27'27" W, correspondente à localização do referido empreendimento.

Essa listagem contém todos os eventos sísmicos conhecidos na área de busca. A legenda do Quadro 3.4.1 contém uma explicação dos parâmetros sísmicos apresentados na listagem.

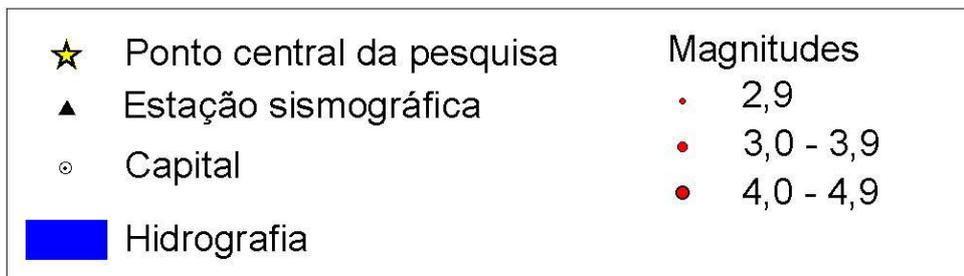
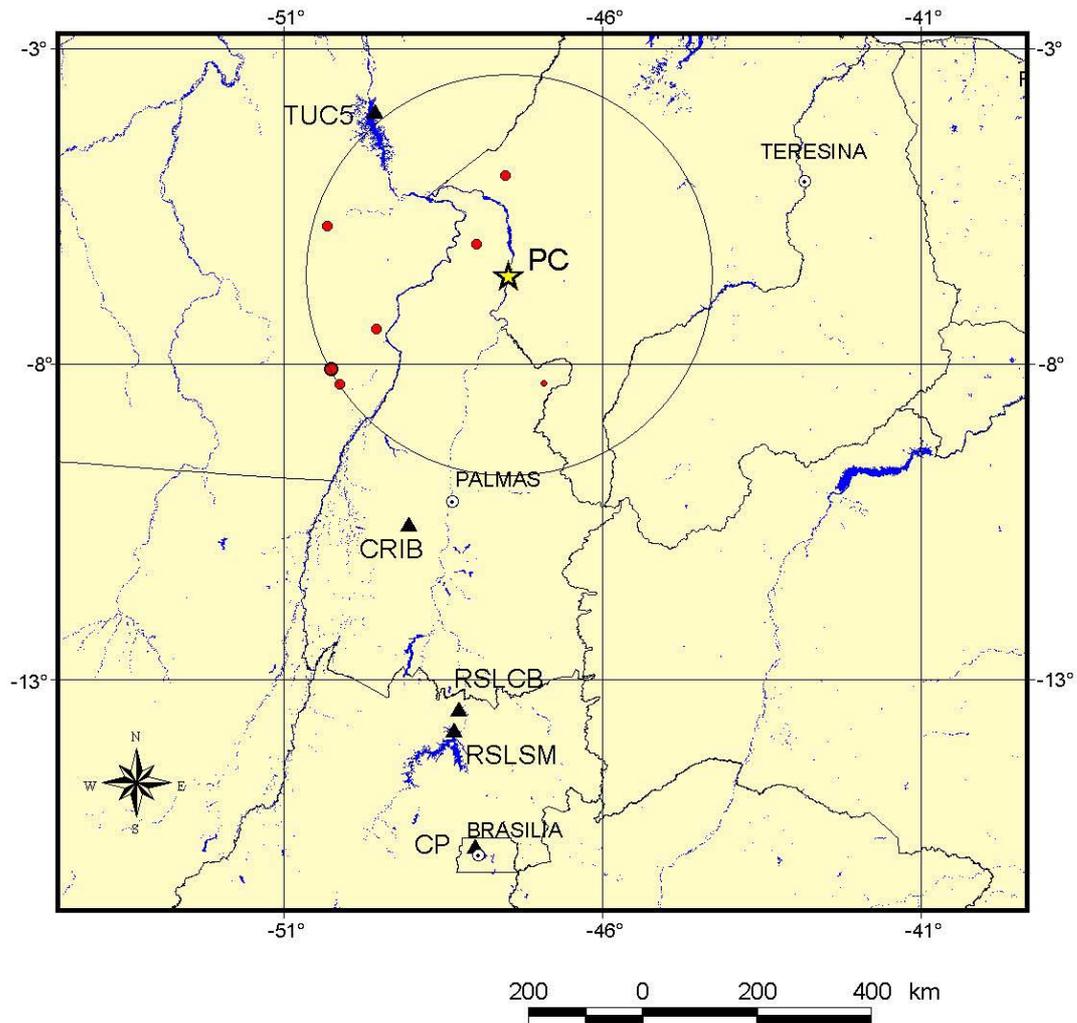
Nessa área de busca, o SISBRA - a base de dados sísmicos do Observatório Sismológico (SIS) da Universidade de Brasília (UnB) – contém apenas 7 eventos sísmicos, cobrindo um curto intervalo de tempo (1980-2004), o qual pode estar relacionado com a tardia instalação de estações sismográficas na região. A estação mais próxima, TUC5, foi instalada apenas no final da década de 70.

O SISBRA tem como corpo central o catálogo 'mestre' de Berrocal *et al.* (1984), que cobre o período 1560-1981. A partir de 1981, o SISBRA é atualizado com os dados compilados de boletins sísmicos brasileiros (publicados periodicamente pela Revista Brasileira de Geofísica, desde 1983) e, principalmente, com os dados resultantes das atividades próprias de monitoramento sismográfico, análise e pesquisas realizadas pelo SIS/UnB sobre a sismicidade brasileira (natural e desencadeada).

O quantificador do tamanho dos sismos históricos é a intensidade sísmica expressa na Escala Mercalli Modificada (MM), veja Richter (1958). Observe-se que na listagem do Quadro 3.4.1 constam somente eventos registrados instrumentalmente. Para os eventos instrumentais, predominantemente, o tamanho é quantificado através da escala de magnitude regional, m_R (Assumpção, 1983), calibrada com base na escala de magnitude de ondas de corpo de telessismos (m_b). O índice "R" da escala m_R não está relacionado ao nome de Richter, mas é proveniente da denominação "regional", i. é, magnitude regional (aplicável aos terremotos situados a distâncias de 150 km a 1500 km). Os erros normais de

magnitude estão em um intervalo de mais ou menos 0,3 unidades (adimensionais) de magnitude. Alguns eventos são também quantificados em função da escala de magnitude de duração do sinal (m_D).

Figura 3.4.1 - Mapa epicentral da sismicidade observada ao redor da área de implantação da futura UHE Estreito



Quadro 3.4.1. Listagem de eventos ocorridos dentro da área circular com raio de 350 quilômetros a partir do ponto de pesquisa com coordenadas 06°35'11" de latitude Sul e 47°27'27" de longitude Oeste (Fonte: SISBRA - Observatório Sismológico, UnB)

Nº	Data			Horário			Latitude (° S)	Longitude (° W)	Erro	Localidade	ES	I ₀	Cat	Área	Mag.	Tipo	Dist.	Comentários
	Ano	Mês	Dia	Hora	Minuto	Segundo												
1	1980	01	11	22	21	15	08,30	46,90	150	Itacajá	TO	-	I	-	2,9	1	200	(IAG)
2	1980	11	04	22	22	42	05,80	50,30	70	Sul do Pará	PA	-	I	-	3,5	1	326	(IAG,UnB)
3	1980	11	12	18	23	05	08,07	50,24	20	Redenção	PA	V-VI	C	-	4,7	2	348	(IAG;ISC m _b =4,8)
4	1981	01	06	16	51	58	05,00	47,50	50	João Lisboa	MA	-	I	-	3,4	1	177	(IAG,UnB)
5	1988	08	30	12	40	20	06,09	47,96	30	Araguatins	TO	V	I	-	3,7	1	78	(UnB,IAG)
6	2002	10	27	20	23	23	07,43	49,53	20	NE Redenção	PA	-	I	-	3,7	1	247	(UnB)
7	2003	11	15	00	20	33	08,31	50,11	10	Redenção	PA	-	I	-	3,2	1	349	(UnB)

Legenda para Listagem de Sismos

Nº - Número do sismo

Data - Ano, Mês, Dia.

Horário - Hora: Minuto: Segundo.

Latitude (°S) - Latitude Sul (em graus).

Longitude (°W) - Longitude Oeste (em graus).

Erro - Erro Epicentral (em quilômetros).

Localidade - Local ou Região.

ES - Sigla do Estado.

Quadro 3.4.1 - Continuação da Legenda para Listagem de Sismos

I₀ - Intensidade Sísmica Epicentral (Escala Mercalli Modificada).

Cat. - Categoria dos Eventos de acordo com:

- A** - Sismo com dados macrossísmicos que permitem construir mapa de isossistas e determinar o epicentro com boa precisão.
- B** - Sismo com dados macrossísmicos que permitem determinar a área afetada, avaliar intensidades observadas e determinar o epicentro com precisão aceitável.
- C** - Sismo com informações certas sobre sua ocorrência, algumas vezes permitindo avaliar intensidades observadas, porém não possibilitando determinar a área afetada nem o epicentro com precisão.
- D** - Evento duvidoso, com data e local incertos, não havendo certeza sobre sua ocorrência ou sobre sua natureza.
- E** - Tremor sentido no Brasil como efeito de sismo distante, ocorrido na região andina.
- I** - Sismo determinado unicamente com dados instrumentais.

Área - Área afetada em 10^3 km^2 .

Mag. - Magnitude.

Tipo - Tipo de magnitude de acordo com:

- 1 - Magnitude não calculada
- 0 - m_b telessísmico.
- 1 - m_R , estimativa de m_b com estações regionais:
 $m_R = \log(A/T) + 2,3 \log(\text{Dist. Epic. km}) - 2,28$
- 2 - média de valores de m_b com m_R .
- 3 - m_b estimada pela área afetada:
 $m_b = 1,80 + 0,56 \log(\text{área II MM, km}^2)$
 $m_b = 2,29 + 0,55 \log(\text{área IV MM, km}^2)$
- 4 - m_b estimado pela intensidade máxima:
 $m_b = 1,21 + 0,45 * I$
- 5 - m_b estimado pela duração.

Dist. (km) - Distância em quilômetros entre o Ponto Central e o Evento.

Comentários - Fonte dos dados seguida de comentários gerais. Fontes:

USGS - U. S. Geological Survey (Califórnia - USA)

IDC - International Data Center (Virgínia - USA)

UnB - Observatório Sismológico da UnB (Brasília)

IAG - Instituto Astronômico e Geofísico da USP (São Paulo)

ON - Observatório Nacional / CNPq (Rio de Janeiro)

UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (São Paulo)

UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Pres. Prudente (São Paulo)

COPEL - Companhia Paranaense de Energia (Paraná)

No que diz respeito a erros de localização, eles variam entre $\pm 100 \text{ km}$ (para os sismos históricos) e $\pm 5 \text{ km}$ (para bons epicentros instrumentais). O valor médio para os erros dos epicentros instrumentais é em torno de 10 a 15 km.

Os epicentros dos eventos do Quadro 3.4.1 estão mostrados na Figura 3.4.1, de modo diferenciado (como aponta a legenda), com diâmetro do círculo proporcional à magnitude.

O mais antigo evento dentro da área de interesse ocorreu em 11/01/1980, nas proximidades de Itacajá/TO, com uma magnitude de 2,9. No mesmo ano, em 12/11/1980, ocorreu, em Redenção/PA, o maior sismo ($M_R = 4,7$ e $I_{max} = V-VI$ MM) observado na área de busca.

Pode-se depreender que a ocorrência dos abalos sísmicos é bastante irregular no tempo, com alguns agrupamentos no início e final do período coberto, o que é compatível com uma (conhecida) recorrência aleatória da atividade sísmica.

Com relação à distribuição geográfica, a grande maioria dos epicentros encontra-se na metade oeste da área circular de busca (i. é, a oeste e a noroeste da UHE Estreito), formando um trend linear SSW-NNE mais ou menos paralelo com o rio Araguaia (até dobrar para WNW nas proximidades da cidade de Araguatins).

O sismo mais próximo do PC é o sismo de 30/08/1988, de Araguatins, magnitude $m_R = 3,7$, situado a 78 km NW do ponto de instalação da futura UHE Estreito.

Relativamente à classificação dos sismos da área, quanto à natureza, pode-se observar que todos os sismos listados no Quadro 3.4.1 são naturais. Mas a uma distância pouco maior que 350 km, encontra-se um reservatório que apresenta o fenômeno de sismicidade desencadeada (antigamente denominada induzida), i.é., o Reservatório de Tucuruí, situado NW da UHE Estreito, onde ocorreram, desde 1985, três sismos induzidos de magnitude maior que 3 e inúmeros microabalos (Veloso, 1992; Marza *et al.*, 1999; Assumpção *et al.*, 2002).

Caracterização da área

Conforme já demonstrado, ocorreram, na área ao redor do futuro Aproveitamento Hidrelétrico Estreito, 7 eventos sísmicos, considerando-se um raio de 350 km. Destes 7 eventos, somente um ocorreu a menos de 100 km de distância, e a maioria (5 eventos) ocorreu a distâncias entre 200 e 350 km da futura UHE Estreito. Todos os eventos são de magnitudes baixas e nenhum induzido por reservatório. Trata-se, portanto, de uma atividade sísmica de tipo intraplaca geralmente de baixo nível, característica de regiões do tipo continental estável.

O futuro reservatório de Estreito situa-se no rio Tocantins, a jusante da UHE Tupiratins e a montante da UHE Serra Quebrada. Está localizado na porção centro-leste da bacia paleozóica intracratônica do Parnaíba, cobrindo parte da Bacia do Parnaíba, além do segmento norte da Província Tocantins (mais especificamente a Faixa de Dobramentos Araguaia) e pequena porção do Cráton Amazônico.

Do ponto de vista sismotectônico, esta área circular compreende, segundo Berrocal *et al.* (1984), parte da Região Sismotectônica Paraguai-Araguaia e da Região Sismotectônica do Amazonas. A Bacia do Parnaíba, assim como a Bacia do Paraná, apresenta-se menos sísmica em comparação com as outras províncias geológicas. A atividade sísmica da Bacia do Paraná caracteriza-se por pequenos sismos induzidos por reservatórios de usinas hidrelétricas (Assumpção, 1998), principalmente nas bordas da Bacia.

3.4.2. Justificativa

Comprovadamente, a ação do homem sobre a natureza, através da construção de grandes obras de engenharia, como é o caso de reservatórios hidrelétricos, pode induzir o aparecimento localizado de sismos, que é bem conhecido na literatura como Sismicidade Desencadeada por Reservatório (SDR). A SDR é fundamentalmente, segundo Kisslinger *et al.* (1976), o resultado do desencadeamento dos processos de falhamento, em áreas onde o estado dos esforços está próximo de rupturas físicas, iniciadas por uma combinação de variáveis.

A SDR está condicionada a diversos fatores (Simpson, 1976), tais como: tamanho e peso do reservatório, esforços tectônicos pré-existentes, condições geológicas e hidromecânicas específicas da área, interação construtiva entre a orientação dos esforços sismotectônicos presentes na área do reservatório e dinâmica da variação do nível d'água do lago e a carga suplementar causada pelo reservatório.

A prática observacional e a pesquisa mostram que o ambiente sismotectônico do Brasil é favorável à ocorrência de Sismicidade Desencadeada por Reservatórios, SDR (Velooso, 1992; Marza *et al.*, 1999; Assumpção *et al.* 2002, etc.).

No Brasil, o interesse pela SDR foi despertado inicialmente em 1972, quando um sismo de magnitude 3,7, no Reservatório de Carmo do Cajuru/MG, produziu uma intensidade máxima VI (MM). Hoje, já existem catalogados em torno de 20 casos de sismicidade induzida por reservatórios, sendo que a maioria dos sismos induzidos tem magnitude entre 3 e 4. A partir dos casos de SDR pesquisados no Brasil, pode-se fazer algumas considerações: 1) a maioria dos casos mostra que a SDR é do tipo "sismicidade inicial", ou seja, o meio responde rapidamente às perturbações causadas pelo enchimento do lago; 2) alguns reservatórios apresentam um "ciclo repetitivo" de SDR (Marza *et al.*, 1999), ou seja, mais de um evento principal; e 3) é possível correlacionar os principais fatores de risco da SDR, quais sejam: profundidade e volume do reservatório, condições geológicas, atividade de falhas geológicas e tipo de tensão atuante nas rochas da região.

Portanto, é de fundamental importância o estabelecimento de um programa de monitoramento sismográfico na região de influência do reservatório, antes, durante e após o enchimento do lago.

Consideradas as características técnicas de profundidade e volume do reservatório, o futuro Aproveitamento Hidrelétrico de Estreito não está enquadrado entre os que apresentam maior probabilidade de ocorrência de sismos induzidos. A região onde está inserido o empreendimento apresenta 7 sismos naturais de baixa magnitude.

Entretanto, considerando a possibilidade de manifestação de sismicidade induzida e também devido ao histórico de eventos naturais registrados regionalmente, é recomendável que se instale uma estação sismográfica nas proximidades do futuro reservatório, na fase de pré-enchimento e, proximamente ao enchimento, que se instale mais uma estação.

A prática adotada no monitoramento sismográfico de áreas de barragens estabelece duas fases distintas; a primeira, denominada fase pré-enchimento, é iniciada pelo menos um ano antes do enchimento do reservatório. Esta etapa pode ser cumprida pela instalação de uma única estação triaxial, somando a dados de outras estações regionais. A segunda,

denominada fase pós-enchimento, inicia-se com o enchimento do reservatório. Nesta fase, é necessário adensar a rede de monitoramento, visando a detecção e localização de possíveis microtremores situados no interior ou nas margens do reservatório. De acordo com a prática adotada pelo Observatório Sismológico (SIS) da Universidade de Brasília (UnB) nesta fase, que se fundamenta em princípios sismológicos e recomendações internacionais, indica-se, no caso, a instalação de, no mínimo, três estações triaxiais. Entretanto, considerando-se a existência de outras estações a distâncias regionais, indica-se para a UHE Estreito duas estações sismográficas.

3.4.3. Objetivos e Público-Alvo

O monitoramento sismológico tem por objetivo avaliar a atividade sísmica natural na área de influência do lago, durante um período de pelo menos um ano antes do enchimento, para análise comparativa entre o nível de atividade natural e a eventual atividade induzida após o enchimento. O monitoramento deve perdurar após a entrada em operação do reservatório, com vistas a verificar as mudanças no nível de sismicidade natural, devido ao enchimento do reservatório e orientar a adoção de eventuais procedimentos futuros, no que diz respeito à redução dos impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes de sismos com epicentros na área de influência do reservatório.

Além de detectar sismos induzidos pelo enchimento do reservatório, são objetivos de um programa de monitoramento sismológico estabelecer, quando possível, a correlação entre os sismos e feições geológicas e estruturais da área, determinar epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas do movimento do chão na área de influência e orientar a continuidade do monitoramento sismológico durante a operação do empreendimento.

Público-Alvo

As informações levantadas através deste programa destinam-se aos órgãos ambientais e às universidades, instituições de pesquisa e as comunidades dos municípios localizados na AID.

3.4.4. Metas

A meta perseguida através deste programa é o registro de toda a atividade sísmica na área do empreendimento, antes e após sua implantação, de forma a verificar quaisquer alterações em consequência da implantação da UHE Estreito.

3.4.5. Descrição do Programa, Procedimentos Metodológicos e Atividades Previstas

Para o cumprimento do Programa de Monitoramento sismológico, devem ser desenvolvidas as seguintes atividades:

- Designação e contratação de órgão/equipe técnica para execução do programa;
- Instalação de uma estação sismográfica na região, pelo menos 1 (um) ano antes do enchimento;

- Leitura, análise e interpretação dos dados produzidos pela estação e emissão de relatórios técnicos periódicos;
- Instalação de mais uma estação sismográfica, proximamente ao enchimento do lago;
- Acompanhamento do programa e análise de todos os dados produzidos, das possíveis atividades sísmicas naturais e/ou induzidas durante o enchimento do reservatório e em anos subsequentes, a depender da presença ou não de sismicidade induzida.

Poderão ser utilizados, para subsidiar o programa de monitoramento, dados de outras estações sismográficas situadas a distâncias regionais do reservatório da UHE Estreito.

A primeira estação sismográfica deverá ser instalada próxima à barragem, a fim de quantificar e qualificar a atividade sísmica natural antes do enchimento do reservatório. A instalação dessa estação deve ser precedida da realização de testes de ruídos para escolha de local apropriado, buscando-se baixo nível de ruído, facilidade de acesso, condições topográficas adequadas, possibilidade de liberação de terreno para sediar a estação etc.; elaboração de projeto de abrigos para os equipamentos e das demais edificações civis; instalação, realização de teste de polaridade e calibração dos equipamentos e treinamento de pessoal para a operação.

Considerando-se as dimensões do reservatório (altura da lâmina d'água, volume, área inundada, extensão do lago), bem como a inexistência de outras estações localizadas a distâncias menores que 50 km do empreendimento, deverá ser instalada, proximamente ao enchimento do lago, mais uma estação sismográfica, envolvendo a execução das mesmas atividades desenvolvidas por ocasião da instalação da primeira estação sismográfica.

Prevê-se um acompanhamento da atividade sísmica (antes, durante e depois da formação do reservatório), mediante análise e interpretação dos dados produzidos pela(s) estação(ões), e compreendendo a preparação de relatórios técnicos e analíticos, a serem emitidos quadrimestralmente, no período de operação de uma estação sismográfica, e trimestralmente, na fase que precederá o enchimento do reservatório, a partir do início de operação da segunda estação sismográfica.

Deverão também ser monitoradas e registradas escavações a fogo eventualmente empreendidas em pedreiras situadas nas proximidades do empreendimento, para a interpretação adequada dos eventos sísmicos. Caso seja necessário, na hipótese de alguma ocorrência sísmica percebida por população local, também poderá ser realizado trabalho de levantamentos macrossísmicos, pelo sistema de utilização de "questionários macrossísmicos", para enquadrar o nível de severidade do(s) abalo(s) na área, conforme a Escala Mercalli Modificada (MM), através dos efeitos sobre o meio ambiente (natural e artificial) e a população.

Conforme os resultados obtidos das análises e no caso de o reservatório apresentar sismicidade desencadeada (SDR), deverá ser verificada a necessidade de instalação de estações sismográficas adicionais, para possibilitar a localização dos epicentros dos eventos sísmicos.

Considerações Finais

A sismicidade natural nas proximidades da UHE Estreito (distância menor que 350 km) é considerada pouco expressiva em termos de frequência sísmica e de magnitude, típica de região intraplaca em continente estável.

A probabilidade de ocorrência de sismos desencadeados de grande magnitude é muito baixa, considerando-se as características do reservatório e os registros históricos disponíveis.

Por outro lado, os dados observacionais ressaltam a propensão do ambiente sismotectônico do território brasileiro à ocorrência de sismicidade desencadeada por reservatórios (SDR). Daí a necessidade de se instalar uma estação sismográfica na região de influência da futura UHE, pelo menos um ano antes do enchimento do reservatório, para registro de eventuais sismos regionais e da sismicidade local, assim como de, proximamente ao enchimento, instalar mais uma estação sismográfica na área, e mantê-la em operação pelo menos nos três anos subseqüentes, visando detectar possíveis atividades sísmicas que venham a ser desencadeadas pelo enchimento do reservatório.

3.4.6. Produtos e Resultados Esperados

Instalação de 2 estações sismológicas.

Relatórios técnicos quadrimestrais com análise e interpretação dos dados produzidos pela(s) estação(ões), para o acompanhamento da atividade sísmica antes, durante e depois da formação do reservatório.

3.4.7. Indicadores Ambientais

- Relação de eventos de atividade sísmica ocorridos na região da UHE Estreito.
- Relatórios e trabalhos sobre a atividade sísmica regional apresentados em eventos científicos como congressos, seminários etc..

3.4.8. Inter-Relação com Outros Programas

O Programa de Monitoramento Sismológico está relacionado com os seguintes programas

Programa de Monitoramento e Gerenciamento Ambiental, pois este é responsável pelas providências administrativas para o mesmo acontecer, bem como pelo acompanhamento quanto ao programa cumprir com suas metas e objetivos.

Programa de Educação Ambiental à População Rural e Urbana, que incluirá as informações relativas à região nas campanhas educativas.

Programa de Comunicação Ambiental e Apoio à Comunidade Migrante, responsável pela divulgação à população local das informações geradas no âmbito dos programas ambientais.

3.4.9. Atendimento a Requisitos Legais

Não existem requisitos legais a serem observados para este programa.

3.4.10. Responsáveis pela Execução do Programa e Parceiros Institucionais Potenciais

O empreendedor é o responsável pela execução deste programa, podendo estabelecer parcerias com Instituições de pesquisa, universidades, observatórios oficiais e instituições envolvidas com monitoramento sísmico.

3.4.11. Recursos Humanos, Materiais e Financeiros

Recursos Humanos

A equipe de sismologia deverá ser composta por um técnico de nível superior com conhecimentos de sísmica para acompanhar a execução dos serviços e analisar e interpretar os dados gerados e um auxiliar técnico que cumprirá as funções de manter as estações em funcionamento, além das tarefas relacionadas à análise, consistência e processamento das informações monitoradas e emissão de relatórios.

Recursos Materiais

Para o monitoramento sismográfico da área de influência da futura UHE Estreito, sugere-se a instalação de 2 estações sismográficas triaxiais digitais. Cada estação sismográfica sugerida é composta por um sensor/sismômetro triaxial de banda larga, um registrador digital de três canais, com conversor A/D de 24 bits e relógio GPS, sistema de alimentação solar, incluindo baterias. O equipamento é complementado por um computador e periféricos, para processar e arquivar os dados e por um sistema 'backup'.

É necessária estrutura física para abrigo das estações sismográficas.

Recursos Financeiros

A estimativa preliminar dos custos para execução deste programa é de R\$ 450.000,00 (quatrocentos e cinquenta mil reais). O cronograma de desembolso financeiro previsto é apresentado no capítulo 4 deste PBA.

3.4.12. Responsáveis pela Elaboração do Programa

Geólogo C. N. Chimpliganond, MSc

IBAMA 650.425

Geofísico Lucas Vieira Barros

CREA DF 3056/D

IBAMA 646.187

3.4.13. Bibliografia

ASSUMPÇÃO, M. (1983) - A regional magnitude scale for Brazil, *Bull. Seism. Soc. Am.* **73**:237-246.

ASSUMPÇÃO, M. (1998) - Sismotectônica y esfuerzos en Brasil, *Física de la Tierra*, nº **10**.

ASSUMPÇÃO, M.; MARZA, V.; BARROS, L.; CHIMPLICANOND, C.; SOARES, J. E.; CARVALHO, J.; CAIXETA, D. AMORIM, A. & CABRAL, E. (2002) - Reservoir induced seismicity in Brazil, *Pure and Applied Geophysics* **159**: 597-617.

BERROCAL, J; ASSUMPÇÃO, M; ANTEZANA, R; DIAS Neto, C. M.; ORTEGA, R.; FRANÇA & VELOSO, J.A.V. (1984) - Sismicidade do Brasil, *IAG/USP/CNEN*, São Paulo, 320pp.

CNEC Engenharia, 2004, Estudos Complementares ao *EIA-RIMA da UHE Estreito*, São Paulo.

CNEC Engenharia S. A., 2002, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA da Usina Hidrelétrica de Estreito. São Paulo.

KISSLINGER, K. (1976) – A review of theories of mechanisms of induced seismicity. *Eng. Geol*, 8:85-90.

MARZA, V. I.; BARROS, L. V.; SOARES, J. E.; CARVALHO, J.; FONTENELE, D. P.; CHIMPLICANOND, C. N.; CAIXETA, D.; GOMES, I. P.; FURTADO, G. O.; CARIM, A. L.; SOUZA, G. F.; CALIMAM, E. H. and BARROS, J. B. (1999) - Aspectos da sismicidade induzida por reservatórios no Brasil, *Anais do XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens*, Belo Horizonte/MG, 22-26 de março de 1999, **vol.1**, p. 199-211.

RICHTER, C.F. (1958) - *Elementary Seismology*, W.H. Freeman and Emp. San Francisco, 768pp.

SIMPSON, D.W. (1976) - Triggered earthquakes, *Ann. Rev. Earth Planet Sci.* **14**: 21-42.

VELOSO, J.A.V. (1992) - Terremotos induzidos pelo homem, *Ciência Hoje* **V. 14**/ nº 8186 (maio/junho 1992), p 66-72.

3.4.14. Cronograma Físico

De acordo com o cronograma para implementação deste programa, apresentado a seguir, o registro dos sismos na região da UHE Estreito deve se iniciar pelo menos um ano antes do enchimento do reservatório.