

3.10) Aspectos Sismológicos

3.10.1) Metodologia

Com o objetivo de avaliar o quadro dos esforços atuantes e sua possível correlação com as principais feições estruturais, é realizada a caracterização da sismicidade nas áreas de interesse para o AHE Couto Magalhães, com base:

- Nos fundamentos de caracterização da sismicidade natural, das áreas de influência indireta e direta do empreendimento, com a utilização de dados bibliográficos disponíveis na base digital de dados sísmicos (SISBRA), pertencente ao Observatório Sismológico (OBSIS) da Universidade de Brasília (UnB);
- Na avaliação da possibilidade de ocorrência de sismos induzidos, pela formação do reservatório do AHE Couto Magalhães.

Nesta questão deve ser destacado que o fenômeno da sismicidade induzida por reservatórios (SIR) é, atualmente, bem aceito pelos sismólogos, tendo sido verificado, no mundo todo, mais de cento e vinte casos e no Brasil, cerca de dezenove. As condições sismotectônicas pré-existentes (o nível e orientação dos esforços), a geologia local (presença de fraturas ou falhas), as propriedades geológicas e hidrogeológicas das rochas no local do reservatório (fraturamento, porosidade, permeabilidade), as dimensões e forma do reservatório e o regime de variação do nível de água do lago, são fatores que controlam o SIR.

Portanto, é de se esperar que a probabilidade de ocorrência de SIR esteja associada, dentre outros fatores, com esforços dominantes na região, com a resistência ao cisalhamento, com a permeabilidade das rochas e com a existência de zonas de fraqueza na área de influência do reservatório do AHE Couto Magalhães.

Os estudos da potencialidade de ocorrência de sismos induzidos pela construção de barragens – reservatórios centralizam-se em dois conjuntos de informações: o da incidência de eventos sísmicos e o da identificação de feições tectônicas mais recentes.

A incidência de eventos sísmicos significa condições favoráveis de acúmulo e liberação de energia sísmica de deformação. As feições tectônicas mais jovens indicam mobilidade da crosta terrestre que, em áreas como a do território brasileiro, são, quase sempre, muito discretas em superfície.

As tentativas de regionalização sísmica mais recentes no Brasil mostram a distribuição de sismos induzidos nos mais diversos ambientes geológicos, sendo regulados, como os sismos naturais, por estruturas antigas que se movimentaram intermitentemente ao longo do tempo geológico. Isto significa predisposição à ruptura que pode vir a ocorrer, até mesmo, por simples alterações das condições naturais geomecânicas dos maciços rochosos.

3.10.2) Área de Influência Indireta – AII e Área de Influência Direta - AID

3.10.2.1) Sismotectônica da Região

A área em estudo situa-se na parte norte – noroeste da Província do Paraná (17,01 °S e 53,08 °W), próximo ao limite da Bacia Tectônica do Paraná com a Faixa de Dobramentos Paraguai – Araguaia.

A Bacia Tectônica do Paraná é uma estrutura intracratônica que compreende a parte meridional do Brasil (1.100.000 km²), a metade oriental do Paraguai, parte da Argentina e Uruguai, totalizando 1.400.000 km². É composta por rochas sedimentares e vulcânicas de idades que variam do Siluriano ao Cretáceo e um embasamento de rochas ígneas e metamórficas com idades radiométricas entre 700 – 450 Ma (CORDANI *et al* 1984), relacionados ao Ciclo Brasileiro.

O arcabouço estrutural da bacia é caracterizado por grandes arcos e lineamentos com direções que variam de NW-SE, E-W a NE-SW. Merecem destaque os arcos do Alto Parnaíba, de Ponta Grossa e o arco de Assumpção, que dividem a bacia em diferentes partes. Estas estruturas foram delimitadas por meio de levantamentos aeromagnéticos (ZALÁN *et al* 1990).

O futuro reservatório do AHE Couto Magalhães, situado na porção noroeste da bacia, encontra-se afastado das principais falhas e lineamentos que, na sua grande maioria, localizam-se na parte oriental da bacia. Apesar disso, está localizado sobre o sistema de falhamentos conhecido como Lineamento Transbrasiliano e próximo a maior cratera de impacto da América do Sul, de caráter local, denominada Domo de Araguainha, conforme ilustra a **Figura 3.10.2.1-1**.

O Lineamento Transbrasiliano, definido por Schobbenhaus *et al* (1984), é uma estrutura de dimensões continentais, caracterizada por uma zona de cisalhamento de direção N20-40E. Estende-se para sul e para norte da área do reservatório, cortando todo o Brasil Central, sendo encoberto pela Bacia do Parnaíba e aflorando novamente no Estado do Ceará. Em diferentes partes do Brasil Central e também no Ceará são conhecidas regiões com atividade sísmica associada a esse grande lineamento.

O Domo de Araguainha é uma estrutura circular com aproximadamente 40 km de diâmetro e com núcleo granítico, responsável pelo arqueamento de unidades paleozoicas da Bacia Sedimentar do Paraná (SCHOBENHAUS *et al* 1984). Foi formado pelo impacto de um meteorito, que gerou falhas de expressão local, com direção variando de E-W a N-S, nos seus limites (SCHOBENHAUS *et al* 1984).

A análise sobre a sismicidade intraplaca passa necessariamente pelos modelos de zona de fraqueza crustal (SYKES 1978; HAUKSSON 1991), heterogeneidades locais do embasamento (HINZE *et al* 1998) e aumento da pressão de fluido nos poros das rochas.

A reativação de zonas de fraqueza crustal ocorre como consequência da concentração local de esforços, em determinada região, causadas pelo campo regional de esforços gerados pela movimentação das placas tectônicas.

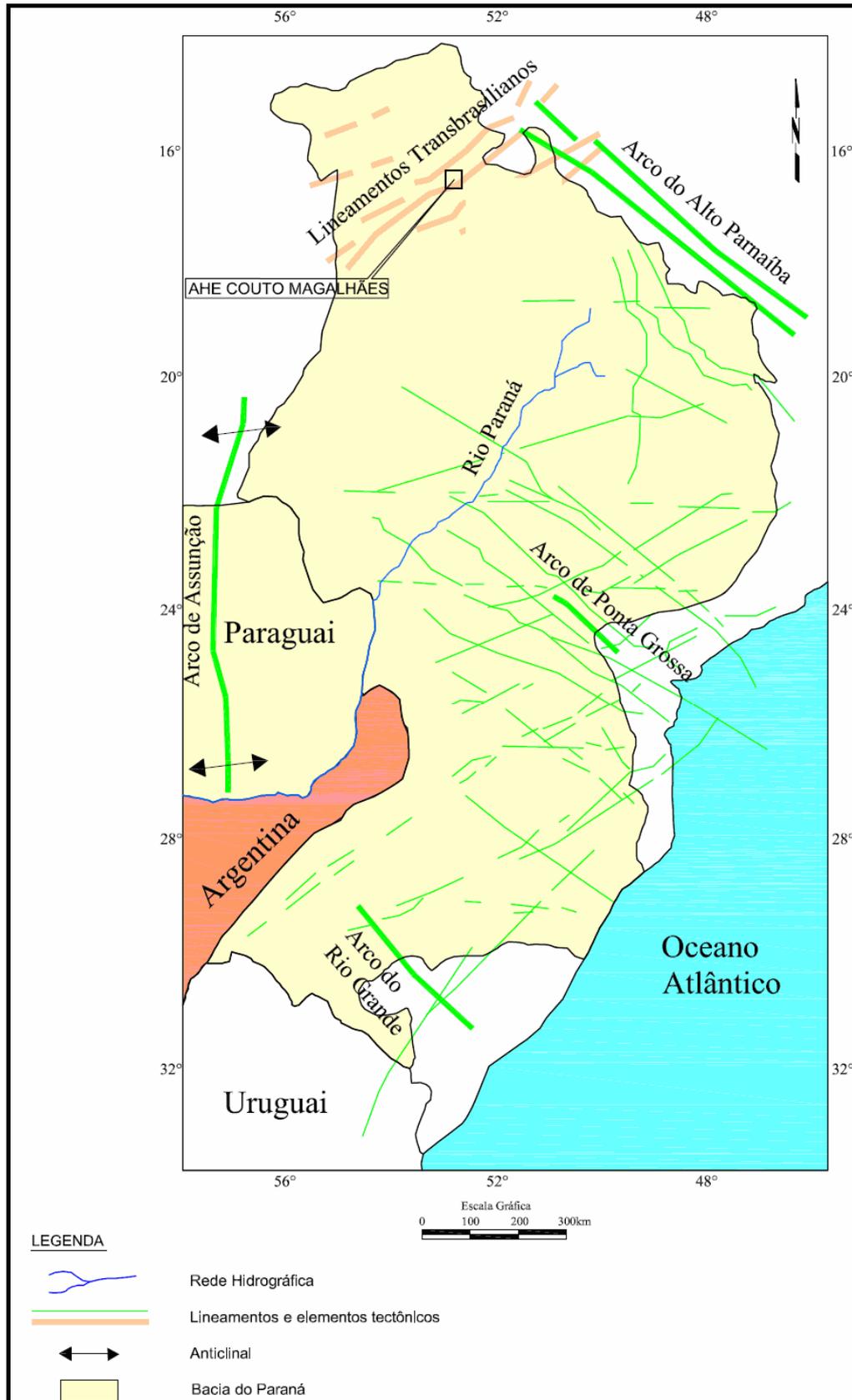


Figura 3.10.2.1-1 – Lineamentos e Elementos Tectônicos da Bacia do Paraná

Os dados mais significativos sobre a distribuição de esforços para a Área de Influência Indireta e direta são:

- Assumpção & Suarez (1985) para um evento situado 100 km a sudoeste da barragem, que apresenta compressão ENE-WSW;
- Veloso *et al* (1997), que construiu mecanismo focal médio para a sequência de eventos de Araguaiana – MT, situada a 300 km a norte da barragem, e obteve esforços aproximadamente E-W;
- Lima *et al* (1997), que apresenta medidas da direção do máximo “stress” para a Região Centro-Oeste, com direções variando de E-W a NW-SE;
- Resultados preliminares obtidos pelo OBSIS/UnB e o IAG/USP (não publicados) na região de Araguapaz-GO, corroboram com direções de esforços aproximadamente E-W para a região. Essas direções, coerentes com a direção média dos esforços causada pela movimentação da placa Sul Americana, potencialmente tornaria os planos de fraqueza de direção NE-SW os mais indicados para a geração de sismos.

A teoria sobre heterogeneidades locais do embasamento sustenta que variações locais de rigidez perturbam passivamente o campo regional de esforços, tornando essas regiões potencialmente suscetíveis à ocorrência de eventos.

A região imediatamente ao norte do AHE Couto Magalhães é marcada pela presença de corpos alcalinos intrudidos no final do Ciclo Brasileiro. Certamente não existe atividade sísmica associada às intrusões alcalinas do final do Brasileiro, o que pode ocorrer é a reativação, sob o regime de esforços atuais, de lineamentos que condicionam as intrusões. As séries de eventos ocorridos em Araguaiana – MT apresentam características regionais, apesar da presença de vários corpos alcalinos na região. Diferentemente dessas intrusões o Domo de Araguinha apresenta dimensões bem maiores e um sistema de falhamentos, perfazendo seu contorno, que o diferencia dos demais corpos da região, embora, como os demais, gere uma anomalia no campo de esforços, não se tem registro de sismicidade associada a essa estrutura.

Apesar de situada especialmente no interior da Província Estrutural Paraná, uma das regiões de menor atividade sísmica do território brasileiro (BERROCAL *et al* 1984), o risco de atividade sísmica da região do Alto Araguaia não pode ser considerado simplesmente como uma extensão da atividade presente em outras regiões dessa Província.

3.10.2.2) Base Digital de Dados Sísmicos

A base digital de dados sísmicos usada neste estudo é a SISBRA – Sistema de Informações, pertencente ao Observatório Sismológico (OBSIS) da Universidade de Brasília (UnB) e possui como corpo central o trabalho de BERROCAL *et al* (1984), que cobre o período 1560 – 1981. Para o período de 1981 até 2009, o SISBRA foi atualizado com dados das atividades de monitoramento sísmico e de pesquisa realizados pelo Observatório Sismológico.

O primeiro evento registrado no interior da área de interesse ocorreu em 1860. O número total de eventos encontrados foi de 490 (quatrocentos e noventa) tremores. A qualidade dos dados é atualmente variável no tempo e alguns eventos, em períodos iniciais, não foram quantificados. Os dados são mais homogêneos para os últimos vinte anos, aproximadamente, quando ocorreu um aumento significativo na quantidade e qualidade das informações, a partir da rede

sismográfica. A maioria dos dados pertence a uma sequência sísmica ocorrida no município de Araguaiana – MT no começo do ano de 1996.

Como esta área sismogênica do Araguaia foi bem monitorada com uma mini rede local de 06 a 08 estações sismográficas (inclusive uma estação de banda larga) e outras 02 estações quase locais (Bom Jardim, BOMB e Nova Xavantina, NOX1), foi possível detectar e quantificar uma população sísmica bastante elevada com magnitudes da ordem de ultra micro tremores.

O maior terremoto na listagem, $m_b = 5,4$, ocorreu em 1964, a uma distancia epicentral (em relação à barragem) de 400 km e produziu a maior intensidade epicentral, $Io = VII$ (MM) na área em estudo.

O segundo maior evento, $m_b = 4,9$ e $Io = V$ (MM), ocorreu em 1919, em Corumbá – MS, a uma distância epicentral (em relação à barragem) de 328 km.

3.10.2.3) Análise da Sismicidade da Região de Interesse

⇒ *Sismicidade Natural*

Atualmente, é corrente a utilização da escala de magnitudes regional, m_R , para as observações sísmicas no Brasil.

A escala de magnitudes – m_R (originalmente introduzida por Assumpção 1983) é usada preferencialmente para sismos regionais, em detrimento da escala mais abrangente m_b (GUTENBERG & RICHTER 1956 in PROGEA 1998). Basicamente, a escala de magnitudes m_b está definida estritamente para distâncias do epicentro maior que 20° ou o equivalente a aproximadamente 2.000 km (distância telesísmica). Assim, somente grandes eventos podem ser quantificados, reduzindo drasticamente sua aplicação em estudos sísmicos regionais.

Para contornar essa limitação Assumpção (1983) derivou a escala de magnitudes m_R , também chamada escala de magnitudes regionais, possuindo uma boa relação com a escala telesísmica m_b de curto período (1 segundo).

A definição da escala m_R , é dada por:

$$m_R = \log\left(\frac{A}{T}\right) + 2,3 \log \Delta - 2,28$$

Onde se tem:

m_R : Magnitude determinada para um evento local/regional;

A: Amplitude máxima de toda onda “P”;

T: Período da onda “P”;

Δ : Distância do epicentro em quilômetros.

As restrições / condições para o uso de m_R , originalmente determinadas por Assumpção (1983) eram:

- Intervalo de T: 0,1 a 1,0 s;

- Intervalo de Δ : 200 km a 1.500 km.

De acordo com o mesmo autor, a escala m_R pode ser uma estimativa razoável da “verdadeira” magnitude (m_b) para valores de magnitude que oscilam entre 02 e 05 (com as usuais incertezas, de $\pm 0,3$ unidades). No entanto, Takeya (1985) *in* PROGEA 1998 provou que a escala m_R pode ser utilizada também para distâncias epicentrais menores que 200 km e, conseqüentemente, eventos com magnitude em torno de 01 podem ser contemplados.

A área de interesse do Alto Araguaia, sismotectonicamente, situa-se na faixa sísmica Mato Grosso – Goiás – Tocantins, região sísmica Paraguai – Araguaia e Bacia Sedimentar do Paraná, conforme é apresentado na **Figura 3.10.2.3-1**.

Foram 490 sismos ocorridos na área mencionada até o ano de 2009. O evento mais distante ocorreu em 08 de Julho de 1973, na área de Porangatu – GO, situada a 589 km do AHE Couto Magalhães.

Por outro lado, os eventos mais próximos ao futuro aproveitamento hidrelétrico, formam um grupo de 04 eventos: na área de Alto Garças e Barra do Garças, a distâncias de 76 km, 64 km, 84 km e 76 km, respectivamente. O maior evento deste grupo teve $m_R = 3,4$.

Estudos anteriores (CNEC 1986) sobre a sismicidade da área contêm uma listagem de 27 eventos no período entre 1860 e 01 de janeiro de 1986. Dentro do mesmo período, essa pesquisa no SISBRA, contém um número de 35 eventos. A diferença pode ser explicada por um raio maior da área considerada neste estudo em comparação com o estudo anterior (que usava um raio de aproximadamente 300 km) e também, provável, pelo melhoramento do SISBRA.

A maioria dos eventos da listagem pertence a uma seqüência, chamada seqüência de Araguaiana (MT), que começou no final de fevereiro de 1996 e continuou até o final do período da listagem, num nível alto de atividade.

O maior tremor da seqüência de Araguaiana ocorreu em 10 de maio de 1997, tempo de origem 06h00m27s (UTC, Tempo Universal Coordenado), epicentro de coordenadas 15,61° S e 51,87° W, profundidade 0,7 km, $m_R = 3,6$ e intensidade máxima (epicentral) $Io = V - VI$ (MM). O **Quadro 3.10.2.3-1** lista outros importantes eventos que ocorreram na seqüência de Araguaiana.

Quadro 3.10.2.3-1
Outros Importantes Eventos da Sequência Araguaiana

Data do Evento	m_R
13/03/1996	3,4
21/03/1996	3,2
30/03/1996	3,2
15/08/1996	3,2
13/11/1996	3,4
10/12/1996	3,5
28/03/1998	3,3

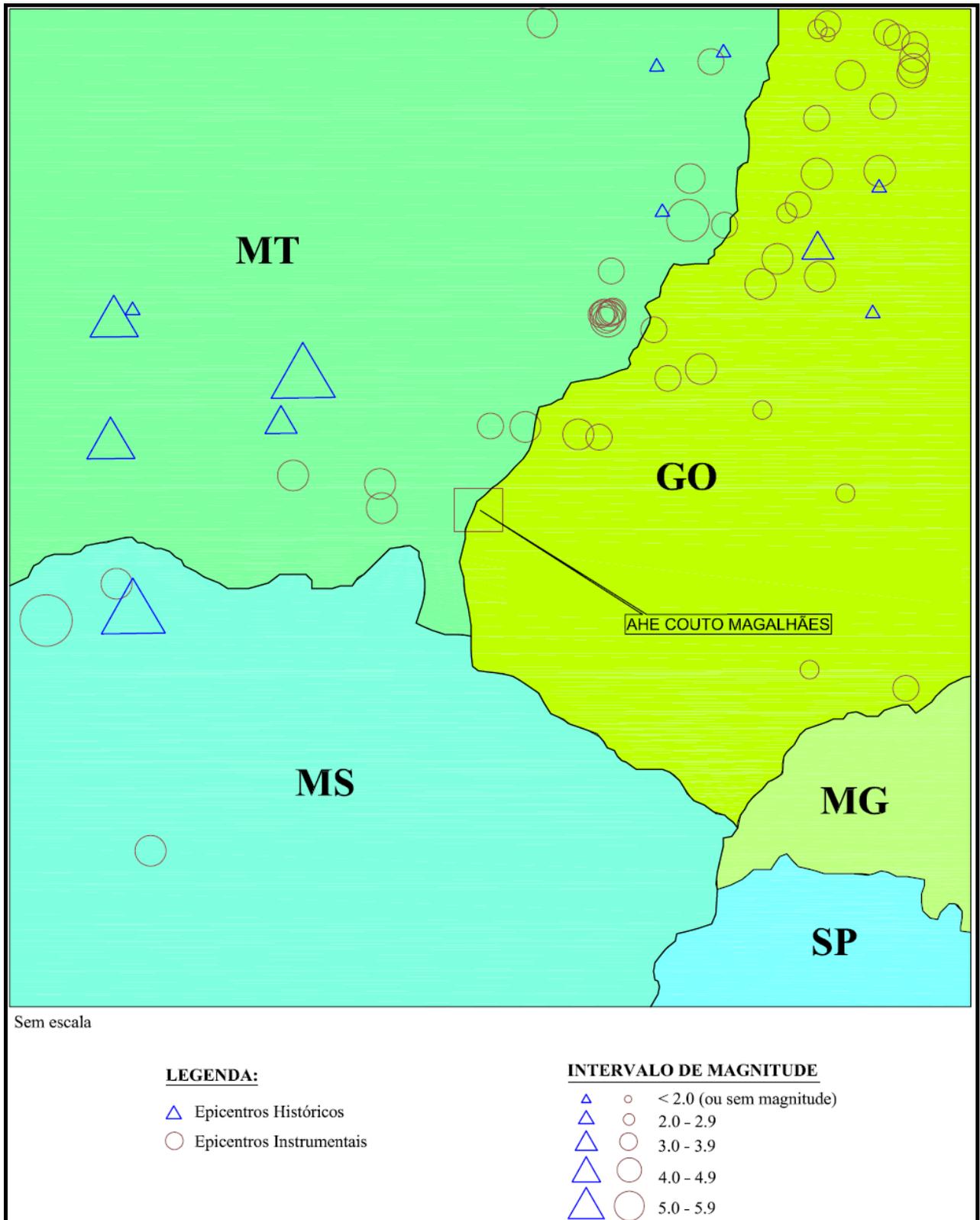
Fonte: Observatório Sismológico de Brasília
– OBSIS 2009

Mencionou-se, anteriormente, que os maiores eventos na área foram o terremoto do NW de Mato Grosso do Sul, de 1964, $m_b = 5,4$, $Io = VII$ (MM) e o terremoto de Corumbá – MS, de junho de 1919, $m_R = 4,9$, $Io = V$ (MM).

Demais eventos de magnitude igual ou superior são: o terremoto de Rondonópolis - MT, de 1941, $m_b = 4,4$, $l_o = V$ (MM), situado a uma distância epicentral de 182 km e o terremoto de Aruanã -GO, de julho de 1993, $m_R = 4,1$, $l_o = V$ (MM) com distância epicentral 329 km.

A sismicidade da região não é desprezível e, considerando a regra simples e prática, aceita em sismologia, de que em uma zona sismogênica a magnitude máxima observada no passado poderá ser ultrapassada no futuro, pode-se esperar na região magnitudes pouco acima de 5,4.

O padrão atual de distribuição epicentral é mais uniforme no primeiro quadrante (em relação ao aproveitamento hidrelétrico) onde a faixa sísmica Mato Grosso - Goiás - Tocantins delinea em direção ("trend") SW - NE, enquanto a sismicidade nos outros três quadrantes (segundo, terceiro e quarto) apresenta um padrão difuso.



Fonte: SISBRA (Sistema de Informações) 1981 - 2003

Figura 3.10.2.3-1 – Sismicidade da Região de Interesse

⇒ *Análise Estatística dos Dados Sísmicos*

Para inferir algumas propriedades estatísticas da sismicidade da região considerada, precisa-se determinar a relação frequência (da ocorrência) versus magnitude sob denominação mais conhecida, relação Gutenberg - Richter (G-R).

Para determinar a relação G-R precisa-se uma população de dados significativos do ponto de vista estatístico e também satisfazendo critério de independência entre eventos e estacionaridade temporal.

O segmento temporal dos dados cobre um intervalo de 137 anos com 490 eventos, sendo que a maioria deles é dependente (réplicas e pré-choques). É necessário, portanto, filtrar os eventos principais, pois assim, a população de eventos independentes reduz-se a 100 eventos.

Comumente é usada a relação G-R cumulativa (por razões de maior confiança), normalizada por um ano. Não foi usada a normalização espacial porque se considerou a região como uma totalidade e o “perigo sísmico (earthquake hazard)”, uniformemente distribuído (uma suposição razoável). Para eventos que não foram quantificados (sem magnitude), usa-se uma aproximação mínima para magnitude, de valor 3,0.

O resultado da determinação da relação G-R é dado por:

$$\log N_c = 1,495 - 0,712m_R \quad (1)$$

Onde se tem:

N_c = Número acumulativo de terremotos para uma magnitude maior ou igual a m_R . Considerando a relação (1), pode-se calcular o período de retorno para terremotos de magnitude igual ou maior que m_R :

$$T_{ret} = \frac{1}{N} = 10^{bm_R - a} \quad (2)$$

Onde:

T_{ret} = Tempo decorrido entre a ocorrência de terremotos com magnitudes m_R .

$a = 1,495$ e $b = 0,712$.

Ou podem-se avaliar os parâmetros do perigo sísmico, como por exemplo, a probabilidade, P_t , que um evento de magnitude m_R ou mais, vai ocorrer em T anos (Epstein & Lomnitz 1966):

$$Pr ob_T (Mag \geq m_R) = 1 - \exp(-\alpha T e^{-\beta m_R}) \quad (3)$$

Onde:

$\alpha = \exp \{ a \times \log_e (10) \}$

$\beta = b \times \log_e (10)$

O **Quadro 3.10.2.3-2** apresenta os resultados referentes à determinação dos vários parâmetros da atividade sísmica e perigo sísmico na área, como: período de retorno e perigo sísmico em termo de probabilidade de ocorrência (T_{ret} , PT). Os parâmetros usados para cálculos, constantes da relação (3) são: $\alpha = 31,26$ e $\beta = 1,639$.

Quadro 3.10.2.3-2
Parâmetros de Perigo Sísmico

Magnitude (m_R)	Período de Retorno (anos)	Prob. _T (Mag. $\geq m_R$)				
		1 ano	5 anos	10 anos	50 anos	100 anos
3,0	4,4	20,00%	68,00%	90,00%	99,90%	100,00%
3,5	9,9	9,60%	40,00%	63,50%	99,40%	99,90%
4,0	22,5	4,30%	20,00%	36,00%	89,20%	98,90%
4,5	51,0	1,90%	9,30%	17,80%	62,40%	85,90%
5,0	116,0	0,86%	4,20%	8,30%	35,00%	57,80%
5,5	264,0	0,38%	1,90%	3,70%	17,30%	31,60%

Nota: Prob._T = probabilidade que uma Mag $\geq m_R$ seja excedida em T anos

O quadro apresentado associa a uma determinada magnitude o seu período de retorno e, ainda, a possibilidade do evento ocorrer em um determinado espaço de tempo.

Assim, pode-se notar que para um período de 50 anos, a possibilidade de ocorrer na região um abalo de magnitude 4,0 é de quase 90%, o que reforça a necessidade de monitoramento sísmico da área.

Deve-se ainda fazer a distinção entre magnitude e intensidade. A primeira é uma propriedade do epicentro do abalo, ligada à quantidade de energia liberada. Já a intensidade, está associada à energia liberada e às características físicas da região, como distância do local ao epicentro, profundidade do epicentro, geologia local, entre outras.

3.10.3) Área Diretamente Afetada - ADA

3.10.3.1) Considerações Gerais Sobre Potencial Para Sismicidade Induzida por Reservatórios (SIR)

Além das forças naturais, certas ações do homem podem produzir terremotos localizados como as explosões nucleares. A formação de lagos artificiais, com o propósito de gerar energia, também pode gerar tremores de terra e este fenômeno é denominado sismicidade induzida por reservatórios (SIR) (UnB, 2007).

Embora seja um fenômeno raro, é considerado um perigo potencial já que existem barragens espalhadas por todo o mundo. Tempos atrás, acreditava-se que os lagos artificiais só podiam gerar sismos de pequena magnitude, associados exclusivamente ao peso da água neles contidas. Constatou-se depois que não se pode descartar a hipótese de uma relação entre terremotos catastróficos e enchimento de reservatórios. Por isso, o estudo da SIR tornou-se um campo de particular importância para as pesquisas sismológicas (UnB, 2007).

A SIR é um assunto pesquisado pelos sismólogos, há cerca de cinquenta anos (SIMPSON 1976, GUPTA 1992).

A construção da barragem cria um novo lago, que irá alterar as condições estáticas das formações rochosas do ponto de vista mecânico e hidráulico. A combinação das duas ações

pode desencadear distúrbios tectônicos e, eventualmente, gerar sismos, caso as condições locais sejam propícias (UnB, 2007).

Mesmo que o peso d'água, em reservatórios com mais de cem metros de profundidade, seja insuficiente para fraturar as rochas da base, a coluna d'água exercerá uma pressão hidrostática, empurrando o líquido através dos poros das rochas e de fraturas pré-existentes. Esse incremento de pressão pode levar meses ou mesmo anos, para avançar distâncias não muito longas, dependendo da permeabilidade do solo e das condições do fraturamento das rochas. No entanto, quando a pressão alcança zonas mais fraturadas, a água é forçada para dentro das rochas, reduzindo o esforço tectônico e facilitando o deslocamento de blocos falhados. Este processo é incrementado pela ação lubrificante da água, que reduz a fricção ao longo dos planos das fraturas e falhas. A água tem ainda o papel de agente químico: ao hidratar certas moléculas, ela enfraquece o material e favorece a formação de novas fissuras, que levam o líquido a penetrar ainda mais profundamente no interior do maciço rochoso.

A SIR é, portanto, um fenômeno dinâmico resultante da interação complexa das novas forças induzidas pelo lago, que passam a interferir sobre o regime de forças naturais previamente existentes. Não se sabe, ao certo, se o reservatório apenas antecipa a ocorrência de terremotos que viriam a ocorrer de qualquer maneira, ou se pode também alterar a magnitude dos sismos.

Deve-se ressaltar, entretanto, que a maioria dos reservatórios artificiais não provoca sismicidade alguma, mesmo nas regiões mais sísmicas do mundo. A grande dificuldade que se enfrenta é não se poder determinar se as tensões numa determinada região estão muito altas, próximas do ponto de ruptura, ou não. Por este motivo, todas as grandes barragens operam estações sismográficas para detectar alguma possível atividade sísmica que venha a ser induzida pelo reservatório formado. Destaque aqui deve ser dado ao futuro reservatório do AHE Couto Magalhães, cuja profundidade máxima da lamina d'água a ser formada é de 27 metros.

A partir dos anos 70, os estudos e as pesquisas da SIR experimentaram um grande avanço, devido à implantação de várias redes sismográficas locais para auscultação sísmica em áreas de reservatórios e também devido à pesquisa básica, para compreensão dos mecanismos físicos de geração ou desencadeamento da SIR.

⇒ ***Os Fatores que Controlam a SIR***

Dentre os fatores que controlam a SIR destacam-se:

- Condições sismotectônicas ambientais pré existentes (nível e orientação dos esforços tectônicos);
- Geologia local da área (presença de fraturas, falhas, estruturas geológicas);
- Propriedades geológicas das rochas na área do reservatório (propriedades hidromecânicas: litologia, fricção, fraturamento, porosidade e permeabilidade);
- Dimensão e forma do reservatório;
- Regime de variação do nível d'água do lago.

A criação do reservatório altera as condições estáticas das formações rochosas da região, sob duas formas:

- Mecanicamente, devido ao próprio peso da água; o reservatório vai “carregar” a crosta terrestre local induzindo um esforço tectônico suplementar;
- Hidraulicamente, devido à infiltração da água e ao aumento da pressão intersticial em fraturas das camadas profundas, o efeito é a redução do esforço efetivo das falhas, favorecendo o deslizamento.

Os dois efeitos possíveis, mencionados anteriormente, podem ser acionados juntos ou individualmente.

⇒ **Resposta Sísmica do Reservatório**

Dependendo das condições pré-existentes na área de um futuro reservatório e da forma e dimensões do lago a ser formado, têm-se os seguintes casos:

- O reservatório não muda a sismicidade natural;
- O reservatório vai aumentar a sismicidade local (ocorrência de SIR);
- O reservatório pode diminuir a sismicidade local (caso exista).

Os primeiros dois casos são observados mais freqüentemente, enquanto o terceiro é relativamente raro.

Quando o reservatório for desencadear a SIR, podem-se identificar dois tipos:

- Sismicidade inicial;
- Estado estável de sismicidade.

A sismicidade inicial é o caso mais comum e está associada ao enchimento inicial do lago. A sismicidade inicial é atribuída à resposta combinada pré-elástica do enchimento inicial. O estado estável de sismicidade pode ser observado depois de alguns anos, desde o enchimento e se o reservatório continuar ativo.

⇒ **Algumas Considerações Sobre SIR no Brasil**

No Brasil, a preocupação com a SIR manifestou-se, pela primeira vez, no AHE de Peti, MG (VELOSO 1992). Os assuntos da SIR, no Brasil, foram discutidos também por Assumpção (1980).

O Brasil tem condições adequadas para a manifestação da SIR pelo fato de estar situado no interior de uma placa tectônica, com um certo nível de esforços tectônicos acumulados e um grande número de reservatórios artificiais.

Os sismos induzidos por reservatórios de usinas hidrelétricas no Brasil têm, em geral, baixa intensidade e ocorrem, mais freqüentemente, logo após o enchimento dos reservatórios.

Certamente o número de casos de SIR no Brasil é bastante grande, mas é claro que nem todos os reservatórios apresentam o fenômeno da SIR (um exemplo típico de reservatório sem SIR associado é o caso do reservatório de ITAIPU, que é o maior do país e um dos maiores do mundo e não apresentou ocorrências de SIR). Foram observados, pelo menos, 19 casos de SIR, cujo maior evento alcançou $m_R = 4,2$ e algumas represas, como Tucuruí (PA), Capivara (PR/SR) e Nova Ponte (MG), que mostraram uma atividade manifestada com mais de um evento principal.

Em Tucuruí, a atividade microsísmica foi observada na área de influência do reservatório, no período de novembro de 1984 (dois meses após o enchimento do lago) a junho de 1985.

3.10.3.2) O Reservatório do AHE Couto Magalhães

A seqüência histórica de sismos na região do empreendimento indica, conforme detalhado anteriormente, um número reduzido de 35 eventos entre 1860 e 1986 (SISBRA), cujas intensidades e magnitudes não ultrapassaram V-VI MM e $4,9 m_b$ (os maiores a uma distância do eixo da barragem entre 200 e 300 km, aproximadamente). Atualmente, os estudos sobre a tectônica da região não são suficientes para definir a origem destes sismos.

Portanto, considerando-se a limitação dos dados disponíveis, que não permite estabelecer um quadro sismotectônico mais adequado para a avaliação do risco sísmico na região da ADA e também as dimensões restritas do reservatório a ser formado ($9,11 \text{ km}^2$), é recomendável adotar-se o valor $I_0 = \text{V-VI}$ como sismo de projeto, já que esta é a maior intensidade registrada.

A adoção deste valor indica um coeficiente sísmico da ordem de 0,04 a 0,06 g, suficiente para a prevenção de possíveis sismos induzidos que, apesar de possíveis ocorrências, não deverão ser de grandes intensidade e magnitudes, não provocando, portanto, danos às estruturas e não comprometendo a segurança da barragem.

Dessa forma, deve ser considerado que a análise da série histórica dos eventos sísmicos ocorridos em um raio de 300 km do eixo do AHE Couto Magalhães demonstra que essa área, incluindo a ADA do empreendimento em questão, apresenta nível baixo de atividade sísmica; no entanto, é prudente ressaltar-se que face às características da sismicidade natural e dos esforços atuantes da região é admissível à ocorrência de SIR de pequena intensidade devido ao AHE Couto Magalhães.

3.10.4) Síntese dos Aspectos Relevantes

- No que se refere às atividades sísmicas, a seqüência histórica de sismos na região do empreendimento indica um número reduzido de 35 eventos entre 1860 e 1986 (SISBRA), cujas magnitudes não ultrapassaram $4,9 m_b$.
- A análise da série histórica dos eventos sísmicos ocorridos em um raio de 300 km do eixo do AHE Couto Magalhães demonstra que essa área, incluindo a ADA do empreendimento em questão, apresenta nível baixo de atividade sísmica.
- Face às características da sismicidade natural e dos esforços atuantes da região e das dimensões restritas do reservatório do AHE Couto Magalhães ($9,11 \text{ km}^2$ e 27 m de profundidade máxima da lâmina d'água), é admissível à ocorrência de sismicidade induzida por reservatórios (SIR) de pequena intensidade no AHE Couto Magalhães.