

2 SISMOLOGIA

2.1 Introdução

A Sismologia estuda os sismos, as fontes sísmicas e a propagação das ondas através da Terra. Com estes elementos a Sismologia permite conhecer a constituição interna do planeta, os efeitos das ondas na superfície, prever e prever a ocorrência de um evento, dentre outras coisas. Quanto à origem, os sismos podem ser divididos em:

- Naturais, quando estão associados a fenômenos tectônicos, vulcânicos, de colapsos ou desabamentos naturais;
- Artificiais, quando estão relacionados a barragens - reservatórios, aberturas de poços para extração de água ou petróleo, exploração mineira profunda e testes de explosões nucleares, dentre outros fatores, e desde que direta ou indiretamente se constate a interferência do homem no fenômeno. Também são denominados sismos induzidos.

Com a formação de reservatório, o volume d'água (*o que significa peso*) é concentrado em uma determinada região. Este fato pode interferir no processo de acomodação natural das placas tectônicas. A ocorrência de um abalo sísmico está relacionada a um acréscimo de tensão ou a um decréscimo da resistência nas zonas fraturadas da crosta. No caso de reservatórios, pode ocorrer ruptura por cisalhamento do maciço rochoso por acréscimo da pressão neutra, na busca de um novo estado de equilíbrio geomecânico.

No monitoramento são utilizados sismógrafos, equipamentos que regis-

tram os abalos sísmicos, basicamente compostos por um sismômetro (capta a passagem das ondas sísmicas), um registrador (grava o sinal das ondas sísmicas na forma analógica ou digital), um relógio (para sincronismo de tempo) e um sistema de alimentação (geralmente, baterias automotivas e painel solar).



Figura 2.1 - Equipamentos sismológicos

Em 1989 foram realizados os primeiros estudos relacionados com o monitoramento na área dos reservatórios de Itá e Machadinho e análise dos sismos ocorridos até 600 km. No período entre 1990 a novembro de 1999 esteve em operação uma estação analógica, com registro em papel enfumacado, de período curto e sismômetro de componente vertical, nas proximidades da futura barragem da UHE Itá (Estação IT1). As atividades até

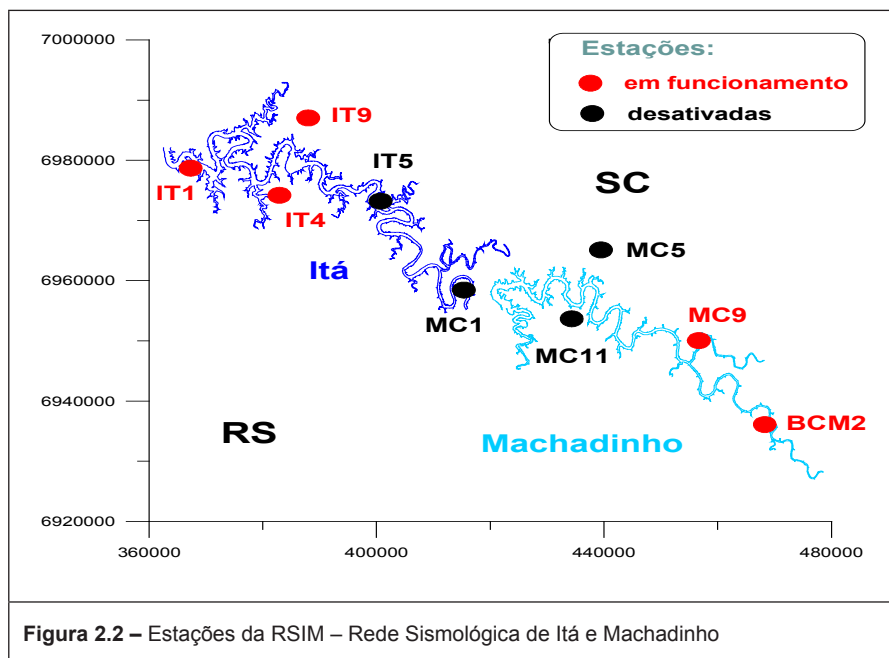
1998 foram executadas em conjunto com o SIS-UnB (Observatório Sismológico da Universidade de Brasília) e a partir de setembro de 1999 com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo).

No ano de 1999 foram identificados os locais para a instalação da RSIM – Rede Sismológica de Itá e Machadinho, e instaladas as estações no entorno do futuro reservatório de Itá. Visto que o monitoramento seria executado em conjunto para os dois empreendimentos.

A coleta dos dados foi realizada com uma periodicidade de 30 a 60 dias, com a substituição do sistema de gravação dos dados, onde é utilizado um *notebook* para operação dos equipamentos e coleta das informações. A RSIM composta por 5 estações (inicialmente, IT1, IT4, IT5, IT9 e MC1). A MC1 também teve a função de estação “vigilante”, para o monitoramento da área do futuro reservatório de Machadinho na fase antes do enchimento do lago.

No ano de 2001 foram instaladas as estações sismológicas na área do futuro reservatório de Machadinho, onde foram transferidas 3 estações de Itá (IT4, IT5 e IT9) para Machadinho (MC5, MC9 e MC11). As Estações IT1 e MC1 foram mantidas em operação e a Estação IT1 passou a ter a função de estação “vigilante” na área do reservatório de Itá. Foi instalada a Estação BCM2, em 2004, no remanso do reservatório de Machadinho, com equipamentos vindos da Estação MC5 (desativada). A função desta estação era completar as informações obtidas pela Estação MC9 e ser a “vigilante”, no período de pré-enchimento dos reservatórios de Barra Grande e Campos Novos.

Atualmente a RSIM está composta pelas Estações IT1, IT4 e IT9 e pelas Estações MC9 e BCM2, instaladas na área dos reservatórios de Itá e Machadinho, respectivamente. A Figura 2.2 mostra as localizações das estações em funcionamento e desativadas da RSIM.



2.2 Atividades desenvolvidas

No período de análise compreendido entre os anos de 1999 a 2002, observou-se que a atividade sísmica foi disparada logo após o início do enchimento do reservatório. Os epicentros concentrados em grupos, apresentou uma maior atividade durante a fase de enchimento do lago, seguida de uma diminuição, sugerindo uma estabilização que coincidia com o processo normal de operação com o nível d'água na sua cota máxima com magnitude máxima de 2,5 graus na Escala Richter, predominando eventos com valores menores do que 0,5 graus. Alguns casos de eventos sentidos pela população local, cuja intensidade ficou em torno de III MM na Escala de Intensidade Mercalli Modificada.

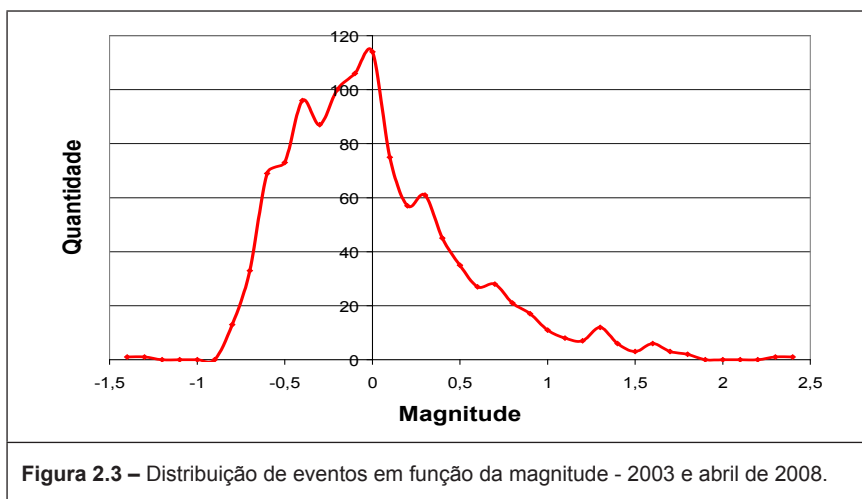
No período entre 2003 a 2008 foram avaliadas as características da sismicidade. Os números de sismos registrados e a magnitude máxima considerando períodos semestrais são apresentados na Tabela 2.1.

Desta tabela observa-se que houve uma diminuição da sismicidade em relação ao número de eventos, com uma característica de estabilização, mas em determinados períodos ocorrendo reativações. Quanto ao tamanho dos eventos, continuam ocorrendo da mesma ordem de grandeza daqueles registrados no período anterior a esta síntese, ou seja, com valores até 2,4 graus na Escala Richter.

Tabela 2.1 – Número de sismos e magnitude máxima por período(semestre).

Nº	Período	Sismos	Magnitude máxima
1	15.12.1999 a 31.12.1999	370	1,1
2	01.01.2000 a 30.06.2000	10.286	2,0
3	01.07.2000 a 31.12.2000	2.201	2,5
4	01.01.2001 a 30.06.2001	496	1,8
5	27.06.2001 a 31.12.2001	88	1,6
6	01.01.2002 a 30.06.2002	10	0,4
7	01.07.2002 a 31.12.2002	22	0,7
8	01.01.2003 a 30.06.2003	40	1,0
9	01.07.2003 a 31.12.2003	66	1,4
10	01.01.2004 a 21.06.2004	55	1,4
11	22.06.2004 a 29.03.2005	85	1,4
12	29.03.2005 a 03.10.2005	38	0,8
13	04.10.2005 a 17.04.2006	94	2,3
14	18.04.2006 a 17.10.2006	142	1,8
15	18.10.2006 a 17.04.2007	562	2,4
16	18.04.2007 a 17.10.2007	48	1,1
17	18.10.2007 a 17.04.2008	61	0,9

No período em análise foram registrados 1.191 eventos, dos quais 87 % tiveram magnitudes inferiores a 0,5 graus, como mostra a distribuição na Figura 2.3.



Geograficamente, os epicentros continuam ocorrendo, nos mesmos grupos definidos nos estudos iniciais deste monitoramento, como mostra a Figura 2.4A e 2.4B, para a sismicidade até 2002 e entre 2003 a abril de 2008, respectivamente.

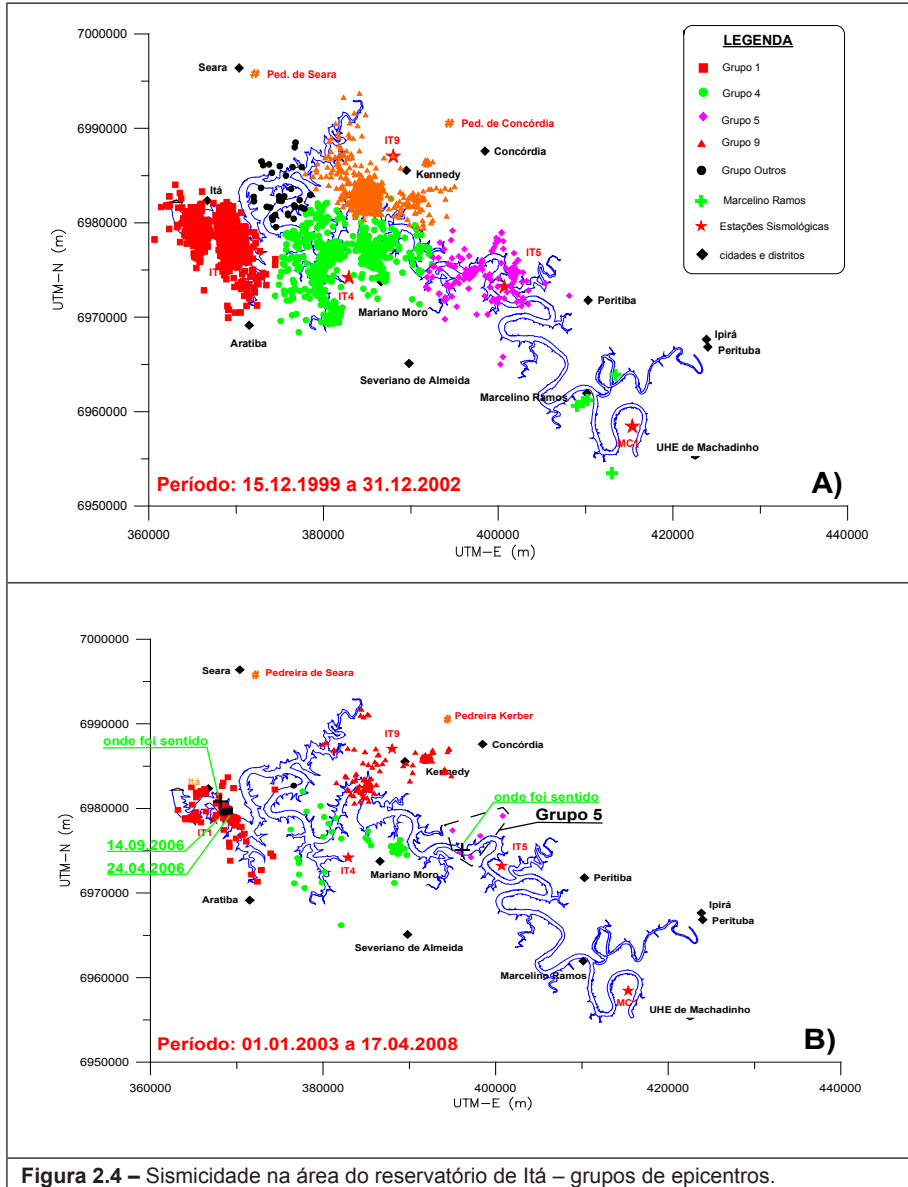


Figura 2.4 – Sismicidade na área do reservatório de Itá – grupos de epicentros.

Os eventos do Grupo 5 deixaram de ocorrer no final de junho de 2001, sendo registrado apenas em 28.11.2005 (indicados na Figura 2.4B) e 15.08.2006, respectivamente, 5 e 1 eventos.

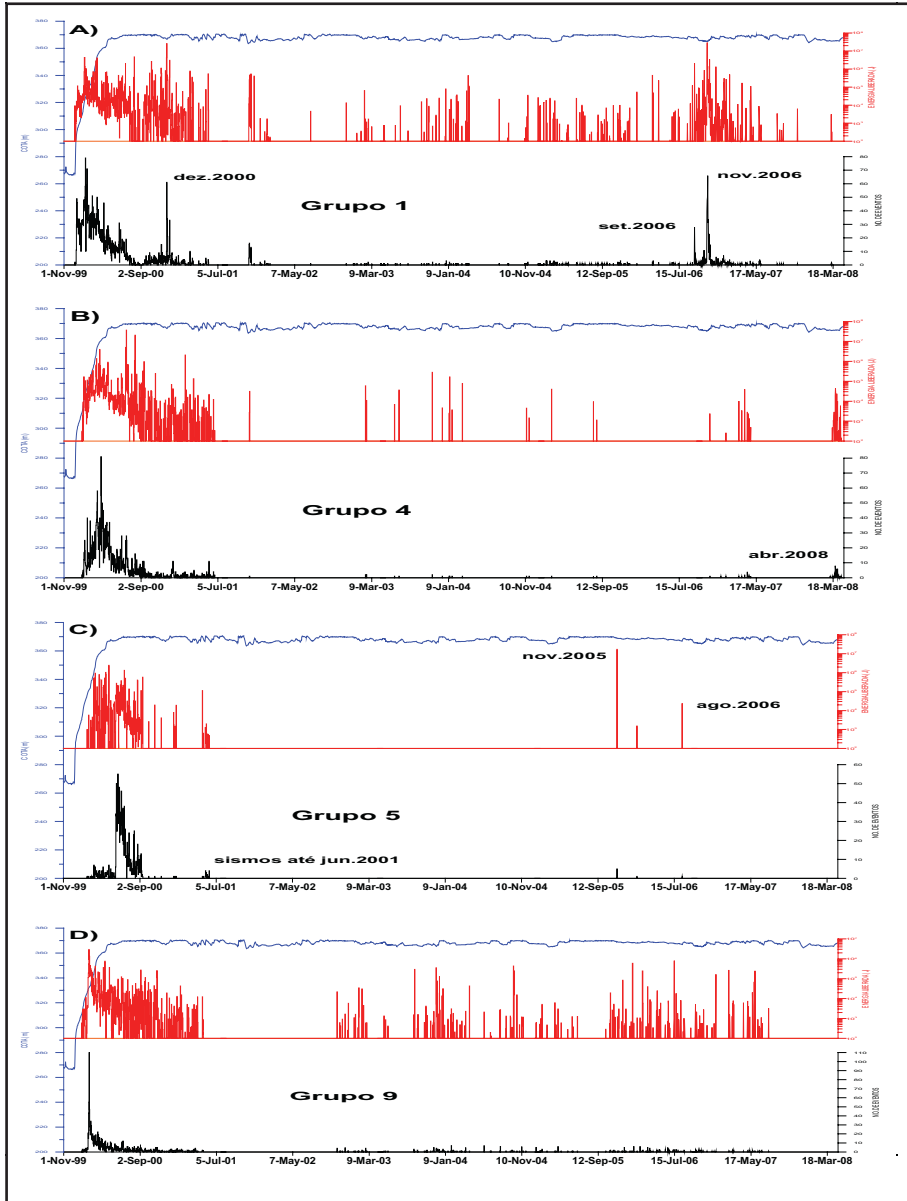


Figura 2.5 – Distribuição temporal – grupos de epicentros

A sismicidade teve uma maior concentração no Grupo 1 (área próxima da Estação IT1), principalmente em função de 2 reativações registradas em setembro e novembro de 2006. A Figura 2.5 mostra a distribuição temporal em função dos grupos de epicentros.

2.3 Considerações

Para o Grupo 1 observa-se uma pequena reativação entre 14 a 17.09.2006 (48 eventos, magnitude máxima de 1,8 graus) e outra, mais significativa, entre 2 a 15.11.2006, com 366 eventos, pico em 05.11 (66 eventos), magnitude máxima de 2,4 graus na Escala Richter. Estas ocorrências estão indicadas na Figura 2.4A.

Observa-se que no período da segunda reativação ocorreu uma diminuição no nível d'água do reservatório, algo semelhante ao ocorrido na reativação registrada em dezembro de 2000. Pela variação do nível d'água mostrado na Figura 5, verificam-se outros períodos onde ocorreram diminuições, mas não se observam reativações da sismicidade. Assim, estes dois casos devem ser estudados com mais detalhes para se verificar uma associação com o comportamento do reservatório.

Entre 22.03 e 10.04.2008 verifica-se uma pequena reativação no Grupo 4, com o registro de 37 eventos, com epicentros concentrados a NE de Mariano Moro, RS, como mostram a Figura 2.4B (epicentros) e Figura 2.4B (reativação).

De acordo com informações fornecidas pelo Sr. Peccine, do Sindicato dos Trabalhadores Rurais, foi percebido evento no dia 28.11.2005, por volta das 7 h e 30 min (hora local), na comunidade de São Luiz, município de Concórdia, SC, supostamente sísmico, que segundo ele, teve a mesma intensidade daqueles ocorridos após o enchimento do reservatório de Itá. Verificou-se que nesta data foram registrados 5 eventos, onde o maior atingiu a magnitude de 2,3 graus na Escala Richter;

No final de março e início de abril de 2006 foram sentidos tremores e estrondos nas proximidades do lago de Itá, entre o porto Itá e a Marina. Os tremores com características semelhantes a explosões subterrâneas, acompanhadas de forte vibração. O maior evento registrado atingiu a magnitude 1,4 graus;

Em Itá, foi sentido em 24.04.2006, às 17 h e 15 min (hora local) forte estrondo e que até os animais se assustaram e em 14.09.2006, em torno das 6 h e 10 min (hora local), ocorreu um dos maiores estrondos sentidos nas proximidades do lago de Itá, que os moradores da proximidade da marina

mostraram-se bastante preocupados com a magnitude desta ocorrência, informando que é muito diferente de um trovão, parece mais uma detonação com explosivos e não se tinham informações sobre movimentação de estruturas ou vidros quebrados.

Os eventos tiveram magnitudes de 1,3 e 1,8 graus, respectivamente. Pelas características dos registros e efeitos observados, as intensidades sísmicas não foram maiores do que III-IV MM na Escala de Intensidade Mercalli Modificada. Na Figura 2.4 estão indicados os locais dos epicentros e o local onde foram sentidos (na marina).

Assim, pelo apresentado, propõe-se a continuidade do atual monitoramento.