



Sismicidade na área do reservatório de Barra Grande, SC/RS

L.C. Ribotta^{*1}, J.A. Miotto¹, J. L. Manuzzi², A. M. B. Carvalho³ e G. Vinciprova²

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.¹, BAESA – Energética Barra Grande S.A.² e ENERCAN – Campos Novos Energia S.A.³

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Abstract

The UHE of Barra Grande is located (27,77 °S and 51,22 °W) in the river Pelotas, SC/RS, in the domain of the Parana Basin tholeiitic and rhyodacitic basaltic rocks, that in the normal quota of operation, the reservoir will have 93,4 km², 5,2 km³, 115 km of extension and 186 m of maximum depth. The impounding of the reservoir occurred between 05.07 and 25.09.2005 (93 % of the water blade). The seismic activity in the area of the reservoir presented the following characteristics: begin 14 days after to start the impounding of the lake; had been registered 590 events until december of 2007; with maximum magnitude of 2,5 M_L (about 90 % of the events have M_L < 1,0); epicenters located in the central area of the reservoir; the distribution in the time of the epicenters shows a correlation with the impounding process; the value of parameter $b = 2,8$ for the relation of frequency-magnitude cumulative for number of events for one determined magnitude; and is occurring in a region that presents characteristics of the existence of residual stresses from geologic nature. In accordance with the basic characteristics of reservoirs induced seismicity - RIS, can be affirmed that the seismicity registered is associated with the process of impounding and operation of the reservoir and that it is of the type rapid or initial.

1 Introdução

A UHE de Barra Grande (27,77 °S e 51,22 °W) está localizada na divisa entre os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, com o seu eixo nos municípios de Anita Garibaldi, SC e Pinhal da Serra, RS, no rio Pelotas, bacia hidrográfica do rio Uruguai, no domínio de rochas basálticas toleíticas e riodacíticas da Bacia do Paraná, construída com a finalidade de geração de energia elétrica e controle de cheias, que no nível normal de operação (cota 647,0 m), o reservatório terá 93,4 km², 5,2 km³, 115 km de extensão e 186 m de profundidade máxima (IPT, 2004 e BAESA, 2008).

Com a finalidade de detectar a ocorrência de sismos associados ao processo do enchimento do lago foi instalada uma rede sismológica local. Em função da proximidade das barragens de Barra Grande e Campos Novos e as localizações dos lagos, os estudos referentes ao monitoramento sismológico foi efetuado considerando-se os dois reservatórios em conjunto (IPT, 2004).

2 Resenha sismotectônica

Diversos recursos de interpretação de estruturas geológicas regionais foram utilizados para reconstituir o quadro de estabilidade ao longo do tempo, incluindo aqueles de gravimetria, magnetometria e fotogeologia.

A área de influência do projeto Barra Grande acha-se muito próxima das áreas dos projetos Machadinho e Campos Novos, sendo o primeiro objeto de estudos de Ribotta *et al.* (2006b), que se situa em área reconhecida por Quintas (1995) como de centro deposicional de rochas basálticas (SW-NE) na forma de soleira.

Esta orientação geral guarda relação direta com o alinhamento da Zona de Falha Lancinha-Cubatão, identificada e caracterizada por Zalán *et al.* (1987) no embasamento da Bacia do Paraná. Nas imediações desta zona de fraqueza desenvolveram-se os ambientes deposicionais dos sedimentos paleozóicos, com o reconhecimento de várias estruturas ativas até o juro-cretáceo por Artur e Soares (2002).

Assim, lineamentos interpretados de anomalias geofísicas profundas, estruturas deduzidas a partir das camadas sedimentares depositadas e de sua variação lateral, configuração dos centros deposicionais e altos estruturais da Bacia do Paraná, além das constatações de mobilidade vertical e direcional de maciços rochosos serviram para subsidiar o quadro pré-cenozóico da região de implantação dos projetos Barra Grande, Campos Novos, Machadinho e Itá (este mais a jusante de todos).

Sem idade geológica estabelecida, o quadro de tensões deduzido a partir da interpretação de falhas na região de Barra Grande mostrou, para o último evento rúptil impresso nas rochas basálticas, direção para σ_1 de NNE (75/6, sub-horizontal), de σ_3 de NNW (165/2 sub-horizontal) e de σ_2 subvertical (275/84 subvertical), com movimento dextral em descontinuidade com atitude 150/90. Provavelmente, o movimento ocorreu aproveitando as juntas e fraturas dos maciços basálticos (IPT, 2004).

As estruturas ativas no período Juro-Cretáceo na região acompanham a direção geral da Zona de Falha Lancinha-Cubatão, que também regula parte da Superfície de Erosão Sul-Americana.

Adicionalmente, os maciços rochosos sujeitam-se às acomodações crustais da plataforma brasileira sob o contínuo movimento relativo das placas de Nazca e Sul-Americana, liberando energia de deformação acumulada como indicam os sismos de Florianópolis, Blumenau, Cerro Negro, Salvador do Sul e outros.

As estruturas do embasamento cristalino preconizadas nos estudos de Zalán *et al.* (1987) têm seus reflexos nos diversos processos de constituição da espessa coluna de sedimentos e rochas basálticas da Bacia do Paraná. Não menos importante, na superfície cenozóica parcialmente preservada.

Tal fato sugere entalhamento diferencial e profundo de vales nas diversas direções do domínio dos basaltos e rioclitos, e conseqüente acomodação dos maciços rochosos nas partes marginais, mais perturbada pelos processos de escultura das formas do relevo atual (encostas íngremes, amplitude elevadas das margens, fraturas do tipo "sheeting joints" nas encostas e outras), próximas dos eixos das drenagens principais.

3 Sismicidade regional

Informações sobre a sismicidade brasileira podem ser obtidas nos dados divulgados por Berrocal *et al.* (1984), no Boletim Sísmico Brasileiro publicado na Revista Brasileira de Geofísica (1983 a 1997) e do intercâmbio técnico/científico entre os Grupos de Sismologia (IAG/USP - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, SIS/UnB - Observatório Sísmológico de Brasília, UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, IPT, dentre outras), respectivamente, para os sismos ocorridos até 1981, entre 1982 e 1995 e de 1996 a 2007. A reunião de todas essas informações compõe o Catálogo de Sismos Brasileiros e regiões vizinhas.

Com base no Catálogo foi verificada a ocorrência de sismos dentro de um raio de 300 km do eixo da barragem, cujos epicentros são mostrados na Figura 1 e seus parâmetros hipocentrais na Tabela 1. Nesta figura tam-

bém são mostradas as localizações das estações sísmológicas que estão ou estiveram em funcionamento na região e que colaboraram com dados para compor o Catálogo de Sismos Brasileiros.

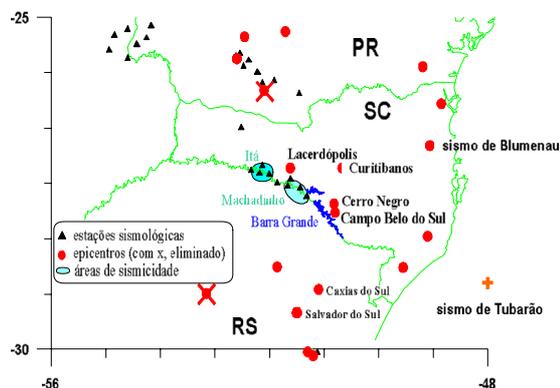


Figura 1. Sismicidade regional.

Com distância epicentral menor do que 100 km do empreendimento têm os sismos ocorridos em Campo Belo do Sul (IV-V MM), em Lacerdópolis (III MM) e em Cerro Negro (não sentido, conforme IPT, 2006b). O evento de Curitibanos foi incluído na lista pela procedência de seus parâmetros (Estação Sísmográfica de Foz do Areia, rio Iguazu, PR), apesar do grande erro de localização epicentral (100 km).

Estendendo-se a pesquisa para distâncias da ordem de 200 km, observa-se a ocorrência de uma série de eventos, com epicentros em Salvador do Sul (em 1974) e Ca-

Tabela 1 – Catálogo de sismos regionais registrados dentro de um raio de 300 km da UHE Barra Grande.

Nº	Data	Hora	Lat. (°S)	Long. (°W)	Dist (km)	Local	m _R	Observações
1	1811	20	-30,04	-51,30	252	Porto Alegre, RS	1,2	epicentro duvidoso
2	1867		-30,10	-51,20	259	Porto Alegre, RS		
3	25/02/1898	01	-26,93	-49,06	233	Blumenau, SC	3,9	
4	1934		-29,45	-51,50	189	Salvador do Sul, RS		ano incerto
5	20/03/1974		-29,45	-51,50	189	Salvador do Sul, RS	1,2	
6	23/03/1974	16:30	-29,45	-51,50	189	Salvador do Sul, RS		
7	24/03/1974		-29,45	-51,50	189	Salvador do Sul, RS		2 eventos à tarde
8	24/03/1974	02:30	-29,45	-51,50	189	Salvador do Sul, RS		outro às 8h
9	25/03/1974		-29,45	-51,50	189	Salvador do Sul, RS		
10	08/04/1974		-29,45	-51,50	189	Salvador do Sul, RS		3 eventos
11	10/04/1974		-29,45	-51,50	189	Salvador do Sul, RS		3 eventos
12	04/1976		-25,62	-52,60	275	Salto Santiago, PR		
13	04/07/1976	03:30	-25,62	-52,60	275	Salto Santiago, PR	0,5	
14	13/06/1984		-29,10	-51,10	148	Caxias do Sul, RS	2,2	IAG, série de eventos
15	05/07/1988	04:44	-29,16	-53,16	244	Cruz Alta ?, RS	2,6	erro de 300 km
16	09/11/1988	17:38	-26,10	-52,10	205	Mangueirinha, PR	2,1	erro de 100 e explosão ?
17	28/07/1989	10:00	-27,94	-50,80	45	Campo Belo Sul, SC	1,2	prefeitura municipal
18	01/12/1992	09:46	-27,27	-50,67	78	Curitibanos, SC	2,2	erro de 100 km
19	22/05/1994	14:10	-25,29	-52,46	302	V. N. Laranjeiras, PR	1,8	
20	28/05/1994	20:24	-25,21	-51,71	289	C. Fechado, PR	1,6	
21	05/05/1998	19:30	-28,30	-49,10	216	Braço Norte, SC	1,2	
22	16/08/1998	22	-28,77	-49,55	198	Meleiro, SC	3,4	
23	13/05/2001	07:28	-27,27	-51,62	68	Lacerdópolis, SC	1,4	
24	07/12/2002	14:33	-25,74	-49,19	302	Matinhos, PR	2,7	
25	31/10/2005	07:35	-27,81	-50,82	40	Cerro Negro, SC	1,3	(IPT, 2006b)
26	22/12/2006	08:24	-28,76	-51,86	127	Serafina Correa, RS	2,2	(IPT, 2007b)
27	20/07/2007	18	-26,30	-48,85	286	Joinville, SC		

xias do Sul (em 1984), com magnitudes e intensidades sísmicas máximas de 1,2 m_R , 2,2 m_R e IV MM, V-VI MM, respectivamente. Outros 2 eventos registrados são os de Meleiros (3,4 m_R) e Serafina Correa (2,2 m_R).

Nas proximidades de Blumenau, SC, distante 233 km, em 1898 ocorreu um sismo com magnitude estimada em 3,9 m_R , mas não provocou efeitos na área do empreendimento. Em 28.06.1939, ocorreu um sismo com 5,5 m_b , epicentro na Plataforma Continental, mas na literatura definida como o de Tubarão, SC, distante 343 km, que, de acordo com Berrocal *et al.* (1984), na área do empreendimento estima-se que a intensidade macrossísmica atingiu valores entre IV e V MM. Os epicentros destes dois eventos estão indicados na Figura 1.

Com o monitoramento sísmológico na área dos reservatórios de Itá e de Machadinho (vide item 4) foi caracterizada uma atividade sísmica local associada com o enchimento destes lagos, com eventos de magnitudes muito baixas (menores do que 2,5 e 1,8 M_L , respectivamente, predominando as negativas), cujas áreas epicentrais estão indicadas na Figura 1 (Ribotta *et al.*, 2006a,b).

Os dados mostram que na área ocorreram eventos naturais e induzidos de pequena magnitude e intensidades médias.

4 Monitoramento sísmológico local

O início do monitoramento sísmográfico na região ocorreu somente na segunda metade da década de 1970, com a instalação de estações no entorno de reservatórios, tais como: Itaipu, Foz do Areia, Salto Santiago e Segredo.

Entre 1990 e 1999, funcionou de forma intermitente uma estação sísmográfica com um registrador analógico (registro em papel enfumado) e sismômetro de período curto (componente vertical), instalada nas proximidades da futura barragem do reservatório de Itá, localizada aproximadamente a 100 km a oeste de Barra Grande (UnB, 1998).

Em novembro de 1999, a estação analógica foi substituída por uma rede de estações com registradores digitais, sismômetros triaxiais de período curto e GPS para acerto do relógio interno do digitalizador. Nesta etapa foram instaladas quatro estações no entorno do reservatório de Itá e uma nas proximidades da barragem de Machadinho (localizada aproximadamente a 60 km a oeste de Barra Grande). Em agosto de 2001, face ao enchimento do lago de Machadinho, foram deslocadas três estações para este reservatório. Em função das características da sismicidade nestes dois empreendimentos, atualmente, estão em operação, três e duas estações, respectivamente, nas áreas do reservatório de Itá e de Machadinho, que compõem a RSIM - Rede Sísmológica de Itá e Machadinho (Ribotta *et al.*, 2006a,b). A Figura 1 mostra os locais onde foram instaladas estas estações.

Em função da proximidade das barragens de Barra Grande e Campos Novos e as localizações dos lagos, os estudos referentes ao monitoramento sísmológico foi efetuado considerando-se os dois reservatórios em conjunto (IPT, 2004).

Em fevereiro de 2004 foi instalada a Estação BCM2 (desativação de uma das estações instalada na área de

Machadinho) com o intuito de caracterizar melhor a sismicidade registrada no remanso deste reservatório e servir de estação "vigilante" para o monitoramento sísmológico a ser realizado nas áreas dos Empreendimentos de Barra Grande e de Campos Novos, durante a fase de pré-enchimento destes reservatórios (Ribotta *et al.*, 2006b).

No entorno dos reservatórios de Barra Grande (rio Pelotas, SC/RS) e Campos Novos (rio Canoas, SC), entre maio e dezembro de 2005 foram instaladas quatro estações sísmológicas, digitais com sismômetro triaxial de período curto e GPS para acerto do relógio interno do digitalizador, cujas localizações são mostradas na Figura 2 (IPT, 2006c). Em julho de 2007, pelas características da sismicidade registrada nestes dois reservatórios, a Estação BC7 foi temporariamente desativada e transferida para a Estação BCP6 (IPT, 2007c).

A Estação MC9, pertencente a RSIM, tem auxiliado no monitoramento do reservatório de Campos Novos.

5 Sismicidade na área do reservatório de Barra Grande

Os sismos na área do reservatório foram registrados, em sua grande maioria, apenas por uma das estações da rede sísmológica.

Assim, as coordenadas dos epicentros foram determinadas, matematicamente, conhecendo-se a distância epicentral, determinada pela fórmula de Omori (*apud* Neumann, 1970) $D = K \cdot (S - P)$, onde D é a distância em km; P e S são os tempos de chegadas das fases P e S , em segundos; e K é uma constante, que para a área em estudo tem o valor 7,0 km/s (determinada utilizando-se dados de algumas explosões efetuadas em pedreiras próximas dos empreendimentos em estudo) e o azimute Az (Willmore, 1979) determinado pela decomposição do movimento das ondas da fase P que chegam nas três componentes numa determinada estação.

Para quantificar os sismos, adotou-se a relação obtida por Richter (1958) para determinar os valores da magnitude local M_L e a energia sísmica liberada E .

A atividade sísmica na área do reservatório de Barra Grande teve início em 19.07.2005 com epicentros próximos da barragem e se estendendo em direção a área central do reservatório, como mostra a Figura 2, onde foram registrados 590 sismos até dezembro de 2007.

Foi observado que os eventos com epicentros na área inicial do lago foram registrados até 30.10.2005, totalizando 46 sismos, com magnitudes entre 0,0 e 1,4 M_L e um com 2,5 M_L , registrado em 14.10.2005. Nesta área, apenas outros quatro eventos foram detectados em fevereiro, abril e dezembro de 2006, com magnitudes entre 0,4 e 0,6 M_L .

A sismicidade na área central teve início em 26.07.2005 e atualmente predomina os epicentros próximos da Estação BC12. As magnitudes variaram de valores negativos até 2,3 M_L (eventos ocorridos em 19.08 e 30.08.2006).

Na Figura 2 pode-se observar a existência de outras três áreas de sismicidade, sendo duas associadas com o reservatório de Machadinho, próximas da MC9 e da BCM2 (Ribotta *et al.*, 2006b) e uma com o reservatório de

Campos Novos, com eventos menores do que $1,8 M_L$, distribuídos na primeira metade do lago, cujos dados estão sendo obtidos no monitoramento integrado Barra Grande/Campos Novos (IPT, 2006a,b; 2007a,b e 2008).

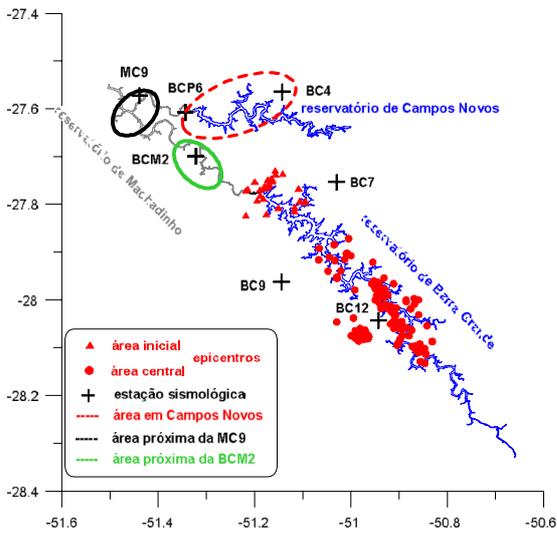


Figura 2. Distribuição epicentral.

Adotando-se os dois grupos de epicentros indicados na Figura 2, foram construídas as distribuições temporais diárias do número de eventos e da energia liberada (tamanho dos eventos) mostradas na Figura 3, com a variação do nível d'água do reservatório. O enchimento do lago iniciou em 05.07.2005, atingindo em 25.09.2005 a cota 634,2 m (93 % da lâmina d'água), onde ficou alguns meses estabilizado e em seguida um rebaixamento até a cota 617,2 m (em 24.05.2006) e iniciando um novo período de enchimento, com oscilações de seu nível, até atin-

gir em 23.05.2007 a sua cota normal de operação (646,98 m).

A distribuição temporal do número de eventos é praticamente uniforme, com uma média diária de 1 a 2 eventos, e três períodos de pequena reativação, entre 19 e 30.08.2006, 26.05.2007 e 17.07.2007. Existe uma aparente coincidência entre o primeiro período com o processo de enchimento do reservatório.

Os três maiores valores de energia liberada mostrados na Figura 3 estão correlacionados a ocorrência do maior evento registrado ($2,5 M_L$, 20 dias após o reservatório ter iniciado o seu processo normal de funcionamento), a dois eventos de magnitude $2,3 M_L$ ocorridos durante a reativação de agosto de 2006 e a vários eventos de magnitude em torno de $1 M_L$ na reativação de maio de 2007.

O valor do parâmetro b da relação de frequência-magnitude definida por Gutenberg e Richter em 1954 (Gupta e Rastogi, 1976 e Gupta, 1992) é utilizado para verificar se a sismicidade registrada é induzida pelo reservatório. A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para os dois grupos definidos anteriormente e considerando os sismos pertencendo a um único grupo (todos).

Pela distribuição simples do número de eventos observa-se que o limite de detectabilidade está em $0,5 M_L$, valor este utilizado no corte inferior da magnitude no cálculo do b . Desta distribuição, verifica-se que existe o predomínio de eventos com magnitudes inferiores a $1,0 M_L$, que correspondem a cerca de 90 % dos eventos registrados.

Em função do pequeno número de eventos ocorridos na área inicial, não se observa diferença entre as correlações obtidas considerando todos os eventos e apenas os ocorridos na área central. Na determinação da relação para os eventos da área inicial foi desconsiderado o sismo com a magnitude $2,5 M_L$, pelo fato de não ter sido registrado nenhum evento com valores de magnitude entre 1,4 e $2,5 M_L$, provocando um ajuste ruim do ponto de vista estatístico.

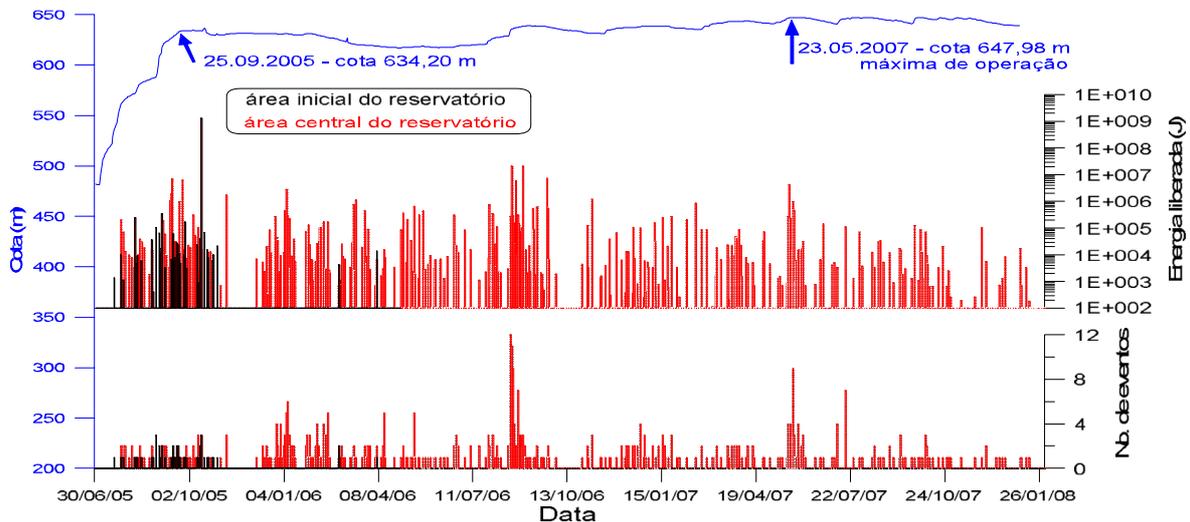


Figura 3. Distribuição temporal para os grupos.

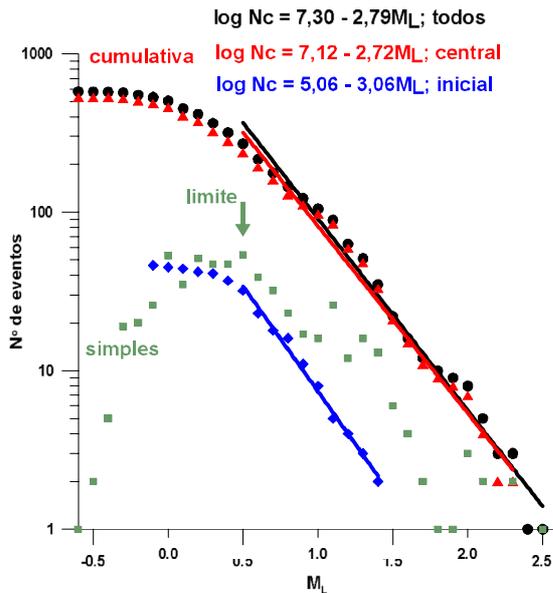


Figura 4. Relação freqüência-magnitude para os sismos com epicentros na área do reservatório de Barra Grande.

Berrocal *et al.* (1996) obteve para a região sudeste brasileira (entre os paralelos 15°S-32°S e os meridianos 35°W-52°W) o valor de $\underline{b} = 1,65$, para a relação de freqüência-magnitude obtida com o número cumulativo de sismos, com magnitudes calculadas com base na escala m_R . Esta escala, para o território brasileiro, corresponde à escala m_b (Assumpção, 1983).

Utilizando-se os dados apresentados na Tabela 1 e a relação sugerida por Gutenberg (Richter, 1958) correlacionando a escala m_b com a M_L , onde foi desconsiderado o termo quadrático da relação (pequena contribuição e facilidade de cálculo) foi obtida a distribuição mostrada na Figura 5.

Aplicando-se a mesma relação entre as escalas de magnitudes ao valor obtido por Berrocal *et al.* (1996), tem-se, para a escala M_L o valor de $\underline{b} = 1,32$.

Nos estudos divulgados por Ribotta *et al.*, em 2006, para a sismicidade ocorrida na área do reservatório de Itá e de Machadinho, os valores de \underline{b} são 3,22 e 2,63, respectivamente.

6 Conclusões

A atividade sísmica na área do reservatório de Barra Grande apresentou as seguintes características: começou 14 dias após o início do enchimento do lago; predominantemente uniforme distribuídos no tempo; epicentros localizados na área central do reservatório (a sismicidade registrada no início, próxima da barragem, parou de ocorrer); magnitudes baixas (máxima de 2,5 M_L); a distribuição temporal dos epicentros mostra correlação com o processo de enchimento do lago; os valores do parâmetro \underline{b} são maiores do que aqueles obtidos para a sismicidade natural da região e coerentes com os obtidos para a sismicidade registrada em reservatórios situados próxi-

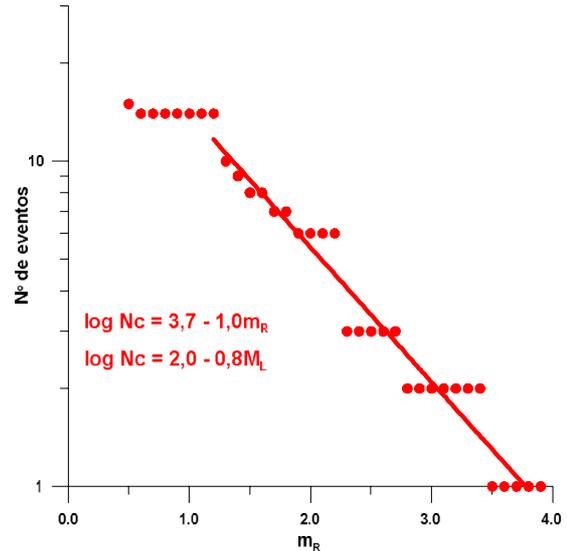


Figura 5. Relação freqüência-magnitude para a sismicidade natural registrada dentro de um raio de 300 km da UHE Barra Grande.

mos; e está ocorrendo numa região que apresenta características da existência de tensões residuais de natureza geológica.

De acordo com as características básicas de sismicidade induzida por reservatórios – SIR, apresentada e discutida por diversos autores, tais como: Gupta e Rastogi (1976), Gupta (1992), Gomide (1999), Marza *et al.* (1999) e Assumpção *et al.* (2002), dentre outros, pode-se afirmar que a sismicidade registrada na área do reservatório de Barra Grande é mais um caso de SIR e que, de acordo com Simpson *et al.*, 1988 e Talwani, 1995 e 1997 (*apud* Assumpção *et al.*, 2002) é do tipo rápida (*rapid*) ou inicial (*initial*), respectivamente.

As estruturas do embasamento cristalino têm seus reflexos nos diversos processos de constituição da espessa coluna de sedimentos e rochas basálticas da Bacia do Paraná. Tal fato sugere entalhamento diferencial e profundo de vales nas diversas direções do domínio dos basaltos e riolacitos, e conseqüente acomodação dos maciços rochosos nas partes marginais próximas dos eixos das drenagens principais. Sem uma pesquisa vinculada às estruturas secundárias dos mesmos, aparentemente, os epicentros dos sismos induzidos de Barra Grande localizam-se nesta faixa marginal mais perturbada pelos processos de escultura das formas do relevo atual (encostas íngremes, amplitude elevadas das margens, fraturas do tipo "sheeting joints" nas encostas e outras).

Agradecimentos

Agradecemos a BAESA pela permissão de publicar estes dados. Especial agradecimento a Luis Bennemann, da Epagri, pelos trabalhos desenvolvidos na instalação das estações e coletas periódicas dos dados e a Josué Rodrigues Fischer e Aroldo Ribeiro da Silva, do IPT, pela cooperação na análise dos dados.

Referências

- Artur, P. C. & Soares, P. C. 2002. Paleoestruturas e petróleo na Bacia do Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 32(4): 433-448.
- Assumpção, M. 1983. *A regional magnitude scale for Brazil*. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 73(1): 237-246.
- Assumpção, M., Marza, V., Barros, L., Chimpliganond, C., Soares, J. E., Carvalho, J., Caixeta, D., Amorim, A. & Cabral, E. 2002. Reservoir-induced seismicity in Brazil. *Pure Appl. Geophys.*, 159: 597-617.
- BAESA – Energética Barra Grande. 2008. *Usina*. Disponível em: www.baesa.com.br.
- Berrocal, J., Assumpção, M., Antezana, R., Dias Neto, C. M., Ortega, R., França, H. & Veloso, J. V. A. 1984. *Sismicidade do Brasil*. IAG/USP-CNEN, São Paulo, SP. 320 p.
- Berrocal, J., Fernandes, C., Bassini, A. & Barbosa, J. R. 1996. Earthquake hazard assessment in southeastern Brazil. *Geofísica Internacional*, 35(3): 257-272.
- Gomide, L. C. 1999. *Nature and History of Reservoir Induced Seismicity in Brazil*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência Geológica, Universidade da Carolina do Sul, EUA. 60 p.
- Gupta, H. K. 1992. *Reservoir-Induced earthquakes*. *Development in Geotechnical Engineering* n 64, Elsevier. 364 p.
- Gupta, H. K. & Rastogi, B. K. 1976. *Dams and Earthquakes*. Elsevier. 229 p.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2004. *Definição da rede sismológica e instalação da estação "vigilante" na área dos reservatórios dos aproveitamentos Hidrelétricos de Barra Grande, SC/RS e Campos Novos, SC*. São Paulo, SP. DIGEO, 121 p. (IPT, Relatório, 70 113).
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2006a. *Análise dos registros obtidos entre 31 de março e 29 de outubro de 2005 na RSBC – Rede Sismológica Barra Grande e Campos Novos, SC/RS*. São Paulo, SP. DIGEO, 56 p. (IPT, Relatório, 83 538-205).
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2006b. *Análise dos registros obtidos entre 30 de outubro de 2005 e 30 de abril de 2006 na RSBC – Rede Sismológica de Barra Grande e Campos Novos, SC/RS*. São Paulo, SP. CTOBRAS, 45 p. (IPT, Relatório, 88 887-205).
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2006c. *Instalação da Rede Sismológica de Barra Grande e Campos Novos - RSBC*. São Paulo, SP. DIGEO, 27 p. (IPT, Relatório, 83 443-205).
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2007a. *Análise dos registros obtidos entre 1º de maio e 31 de outubro de 2006 na RSBC – Rede Sismológica de Barra Grande e Campos Novos, SC/RS*. São Paulo, SP. CTOBRAS, 42 p. (IPT, Relatório, 91 263-205).
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2007b. *Análise dos registros obtidos entre 1º de novembro de 2006 e 30 de abril de 2007 na RSBC – Rede Sismológica de Barra Grande e Campos Novos, SC/RS*. São Paulo, SP. CTOBRAS, 41 p. (IPT, Relatório, 94 990-205).
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2007c. *Relocação de uma das estações da RSBC – Rede Sismológica de Barra Grande e Campos Novos para um local mais próximo da UHE de Campos Novos*. São Paulo, SP. CTOBRAS, 49 p. (IPT, Relatório, 97 278-205).
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2008. *Análise dos registros obtidos entre 1º de maio e 31 de outubro de 2007 na Rede Sismológica de Barra Grande e Campos Novos - RSBC, SC/RS*. São Paulo, SP. CTOBRAS, 40 p. (IPT, Relatório, 98 421-205).
- Marza, V. I., Barros, L. V., Soares, E. P., Cavalho, J. M., Fontenele, D. P., Chimpliganond, C. N., Caixeta, D., Gomes, I. P., Furtado, G. O., Carim, A. L., Souza, G. F., Caliman, E. H. & Barros, J. B. 1999. Aspectos da sismicidade induzida por reservatórios no Brasil. *In: XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens*. Belo Horizonte, MG. *Anais*. 1: 199-211.
- Neumann, F. 1970. *Principios fundamentales para la interpretación de sismogramas*. CERESIS, Lima, Peru. 74 p.
- Quintas, M. C. L. 1995. *O Embasamento da Bacia do Paraná: reconstrução geofísica de seu arcabouço*. Tese de Doutorado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, SP. 213 p.
- Ribotta, L. C., Mioto, J. A. e Regina, J. V. M. 2006a. *Sismicidade na área do reservatório de Itá, SC/RS*. *Anais do II Simpósio Brasileiro de Geofísica*, Natal, RN.
- Ribotta, L. C., Mioto, J. A. e Regina, J. V. M. 2006b. *Sismicidade na área do reservatório de Machadinho, SC/RS*. *Anais do XLIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Aracaju, SE.
- Richter, C. F. 1958. *Elementary Seismology*. W. H. Freeman, San Francisco, USA. 768 p.
- Simpson, D. W., Leith, W. S. & Scholz, C. H. 1988. Two types of reservoir-induced seismicity. *BSSA*, 78(6): 2025-2040.
- Talwani, P. 1995. Two categories of reservoir induced seismicity. *In: Int. Symp. on reservoir Induced Seismicity (ISORIS'95)*. *Proc.* p. 44-64.
- Talwani, P. 1997. On the nature of reservoir-induced seismicity. *Pure Appl. Geophys.*, 150: 473-492.
- Universidade de Brasília. 1998. *Estação Sismográfica ITÁ – período janeiro-dezembro 1997*. Brasília, DF. 40 p. (Convênio FUB/ELETROSUL, Relatório).
- Willmore, P. L. 1979. *Manual of Seismological Observatory Practice*. World Data Center a for Solid Earth Geophysics – Report SE-20, Colorado, USA. 161 p.
- Zalán, P. V., Wolff, S., Conceição, J. C. J., Astolfi, M. A. M., Vieira, I. S., Appi, V. T. & Zanotto, O. A. 1987. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. *In: SBG, Núcleo Sul, Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia*, 3. *Atas*. 1: 441-473.