



## Sismicidade local e regional detectada pela Estação Sismográfica de Angra dos Reis

Tatiana Romero e Jesus Berrocal,  
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo

Copyright 2006, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica  
Este texto foi preparado para a apresentação no II Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, Natal, 21-23 de setembro de 2006. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Técnico-científica do II SR-SBGf 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

### Resumo

A região sudeste brasileira, por estar em uma zona intraplaca, apresenta eventos sísmicos de baixa magnitude. Desta forma, poucas estações conseguem detectar tais sismos. A importância da Estação Sismográfica de Angra dos Reis (ESAR) está na alta capacidade de detecção de sismos locais e regionais e até mesmo eventos de baixa magnitude que ocorrem na Região Sudeste do Brasil. Em operação desde 2002, a ESAR tem aumentado efetivamente o registro de eventos sísmicos da região, o que está permitindo o maior conhecimento da sismicidade de uma das áreas econômicas e populacionalmente mais importantes do Brasil, a Região Sudeste.

### Introdução

Levantamentos de sismicidade no Brasil (Berrocal et al., 1984; Berrocal et al., 1996), mostram que a quantidade de eventos sísmicos na região sudeste é relativamente alta quando comparada com as outras regiões do país. Desse modo, para realizar estudos de perigo ou risco sísmico é importante que a sismicidade da região sudeste seja conhecida da forma mais completa possível.

Desde 2002, está em funcionamento a estação sismográfica de Angra dos Reis (ESAR) a qual tem por localização mais precisa as coordenadas 23,02°S latitudinal e 44,435°W longitudinal. A estação tem por finalidade monitorar a atividade sísmica próxima e local do sítio onde estão implantadas as usinas nucleares de Angra dos Reis.

Muitos sismos, por serem de pequena magnitude, e por existir uma rede de estações pouco densa na região Sudeste, são registrados por um número limitado de estações sismográficas, por este motivo há carência de

dados para a localização epicentral mais precisa de tais eventos.

A estação ESAR, utilizando as vantagens oferecidas por um sismógrafo digital triaxial de banda larga e de grande amplificação, tem enorme importância no registro de eventos sísmicos relevantes da Região Sudeste brasileira que permite obter uma estimativa apropriada dos epicentros dos eventos locais e regionais assim como a sua magnitude.

Utilizando-se de métodos estimativos através da análise de sismogramas para os dados epicentrais, temos detectado tanto eventos sísmicos naturais como induzidos (explosões). As explosões correspondem a atividades de pedreiras atuantes na região. Sendo de maior interesse os sismos naturais, as explosões conhecidas não constam nos boletins sísmicos que incluem sismos locais e próximos com relação a ESAR. Desde 2002, são elaborados estes boletins de eventos sísmicos, trimestralmente.

### Metodologia

São utilizados métodos estimativos para a determinação dos parâmetros epicentrais. Através da análise dos sismogramas, são determinados os tempos de chegada das ondas P e ondas S. A diferença de tempo de chegada entre as duas ondas determina a distância epicentral aplicando-se equações relacionando estes parâmetros. As equações utilizadas são resultado de uma pesquisa com métodos de refração sísmica profunda e função do receptor (Pierobou et al., 2005). As Tabelas 1 e 2 apresentam as equações e os intervalos em que essas relações são aplicadas.

Através das leituras de amplitude da onda P nas três componentes (Z, N-S, E-W) estabelecemos o back-azimute e através deste e da distância, as coordenadas epicentrais. Na Tabela 3 se apresenta o quadrante em que fica o back-azimute do evento em função da polaridade das três componentes que operam na estação. A magnitude é determinada através da estimativa da duração do evento.

**Tabela 1.** Relações entre duração do evento e sua magnitude

Para Duração em segundos (Ds) > 10	Para Duração em segundos (Ds) < 10
$m_b = 1,71 \log Ds - 0,73$	$m_d = 0,7 \log Ds + 0,2$

**Tabela 2.** Relações entre diferença de tempo de chegada das ondas sísmicas e a distância epicentral (D).

Diferença de tempo de chegada das onda P e S (S – P)	Equação
Até 1s	$D = 7,8 (S-P)$
De 1 a 5 s	$D = 8,277 (S-P) - 0,39$
De 5 a 23 s	$D = 9,01 (S-P) - 6,3$
A partir de 23 s	$D = 10,57 (S-P) - 43,17$

**Tabela 3.** Relação entre os sinais das amplitudes nas diferentes componentes e o quadrante de posição do azimute.

Sinal da amplitude	Quadrante
E ≠ Z, N	1°
Z ≠ N, E	2°
Z = N = E	3°
N ≠ Z, E	4°

## Resultados

A Figura 1 apresenta um mapa com os epicentros todos os eventos sísmicos registrados unicamente pela ESAR, desde o início do projeto (2002) até março de 2006.

Podemos observar nessa figura que os dados epicentrais dos sismos analisados revela uma grande concentração de atividade sísmica na plataforma continental, na forma de fontes sismogênicas perpendicular ao litoral dos Estados do São Paulo e Rio de Janeiro, mais precisamente no litoral de São Paulo, nas proximidades de Santos (ao redor de 24° de latitude) e no litoral de Rio de Janeiro nas proximidades de Angra dos Reis (próximo da latitude 23°) respectivamente, como pode ser observado na Fig. 1.

A quantidade de sismos na porção continental é menos concentrada e mais escassa, embora existam pequenas concentrações que podem corresponder a prováveis explosões em pedreiras que devem existir nessas localidades, como por exemplo na porção sul do Estado de Minas Gerais, e em alguns locais da divisa do Estado de São Paulo com Minas Gerais e com Rio de Janeiro.

De acordo com o mapa de Sismicidade do Brasil, elaborado com dados do Boletim Sísmico Brasileiro, que está atualizado até 2003 (Fig. 2), podemos perceber a coerência das fontes sismogênicas na plataforma continental, que foram ressaltadas no mapa da Fig. 1 elaborado com dados da ESAR. Observa-se também

uma alta quantidade de sismos de baixa magnitude detectados pela ESAR, no litoral da região Sudeste.

Alguns dos sismos registrados na fonte sismogênica próxima da cidade de Angra dos Reis, têm uma forma de onda parecida com as das explosões efetuadas em pedreiras, e inclusive o horário de ocorrência de tais sismos é um horário que costuma ser feitas essas explosões.

## Discussão e Conclusões

O objetivo deste projeto é, portanto, conhecer com mais detalhe a sismicidade da região Sudeste brasileira através da Estação Sismográfica de Angra os Reis, contando com sua alta capacidade de detecção de sismos locais e regionais, inclusive sismos de pequena magnitude, como pode ser visto nos sismogramas apresentados nas Figuras 3 e 4, e que pode ser observado na Figura 1, por exemplo, pela alta concentração de atividade sísmica nas Plataformas Continentais dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, cujos sismos na grande maioria são de magnitude  $m_b$  menor que 2,0.

## Agradecimentos

Meu principal agradecimento é para a Eletronuclear que financia o projeto que possibilitou este meu trabalho. Agradecimentos a Célia Fernandes, pela sua ajuda nos aspectos computacionais, a Família Romero, Sabrina e Mônica, pelo seu apoio ao meu trabalho.

## Referências

Berrocal, J.; Assumpção, M.; Antezana, R; Dias Neto, CM; Ortega, R; França, H; Veloso, Jav - 1984. Sismicidade do Brasil. Institute of Astronomy and Geophysics, University of São Paulo, São Paulo, SP.

Berrocal, J.; Fernandes, C.; Bassini, A; Barbosa, J. – 1996 Earthquake hazard assessment in the Southeastern Brazil. Geofísica Internacional, 1996

Pierobou, S.; Berrocal, J. – 2005 Contribuições para estudos de Sismicidade na Região Sudeste do Brasil. Trabalho de Graduação, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

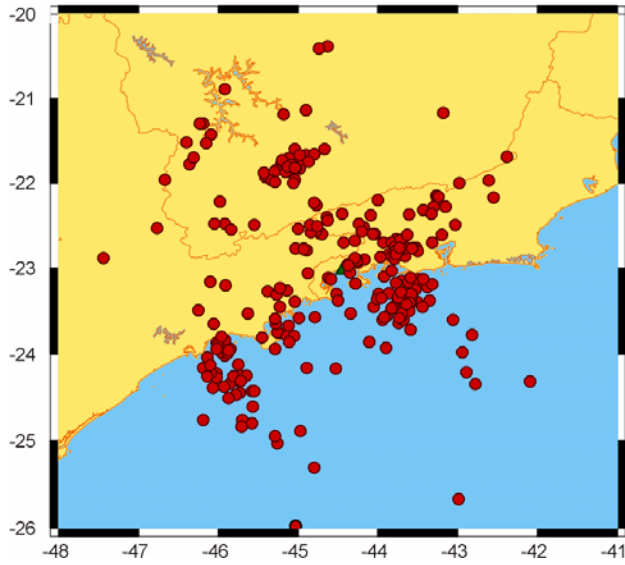


Figura 1 Sismos registrados na ESAR desde janeiro/2002 a março/2006 na região de 320 km de raio a partir da ESAR. O triângulo verde corresponde à ESAR

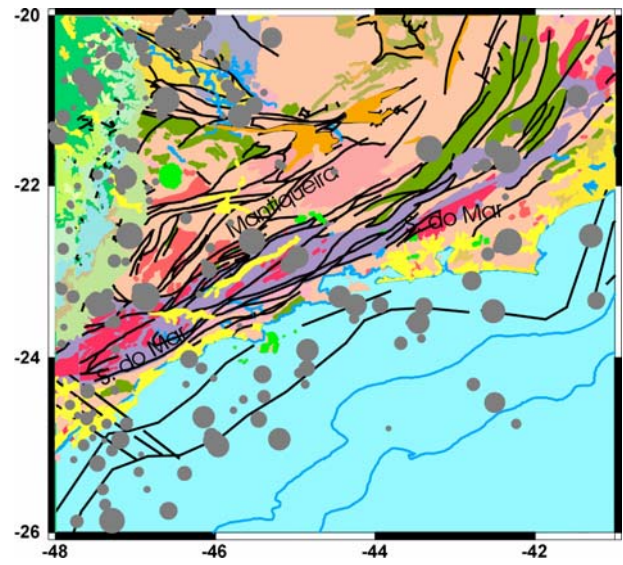


Figura 2. Mapa de Sismicidade do Brasil com dados do Boletim Sísmico Brasileiro com dados até 2003.

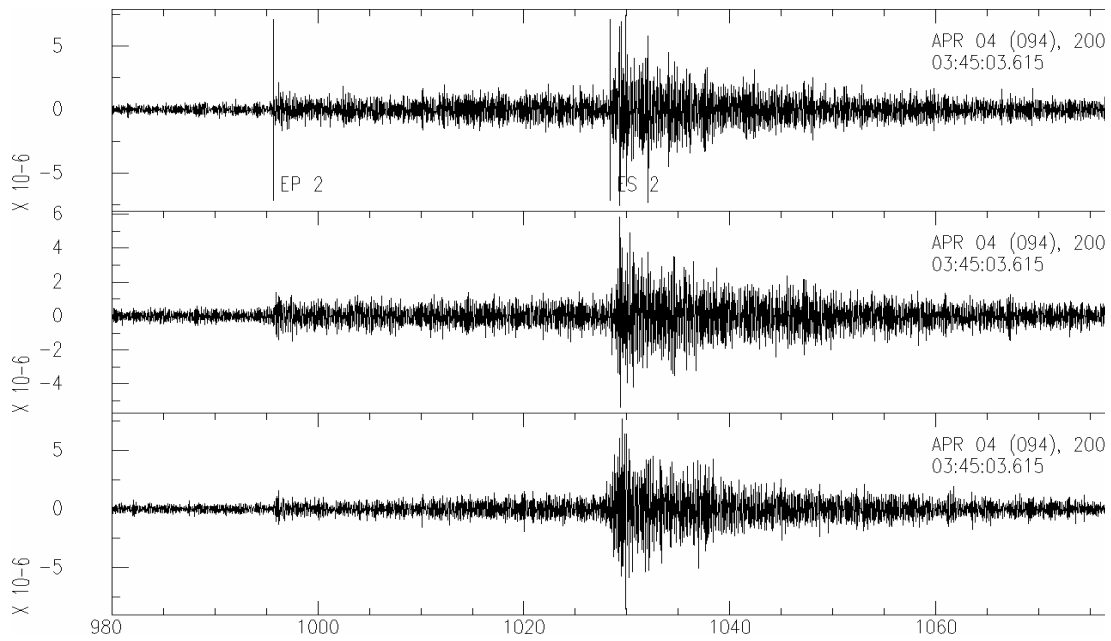


Figura3. Sismo detectado pela ESAR ocorrido próximo à Represa de Furnas- MG,  $m_b = 2,3$

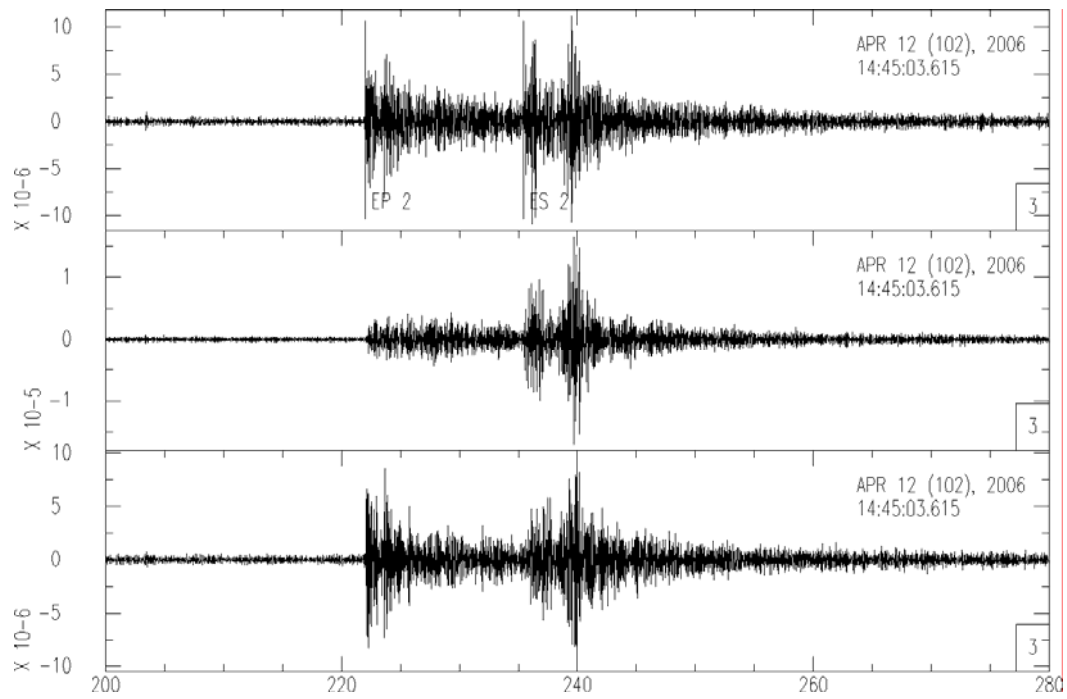


Figura 4. Sismo detectado pela ESAR próximo a Ubatuba-SP,  $m_b = 1,8$