

Estudo da Magnitude Local da Atividade Sísmica de Itacarambi, MG.

Ítalo Lopes de Oliveira, Observatório Sismológico, UnB, Brasil.

George Sand França, Observatório Sismológico, UnB, Brasil.

Cristiano Naibert Chimpliganond, Observatório Sismológico, UnB, Brasil.

Resumo

A importância do estudo da magnitude local da atividade sísmica ocorrida recentemente na região de Itacarambi, MG dá-se ao fato de serem sismos de origem intraplaca. A partir do estudo de Richter 1935 e da relação magnitude local com duração do sinal sísmico, foi realizada uma análise dos dados obtidos da região na qual nós conseguimos estimar a equação $M = 2.153(\pm 0.072) \text{ Log } D - 1.925(\pm 0.132)$ para o cálculo da magnitude de duração local. Podemos ainda estimar a partir de um estudo da relação frequência-magnitude um valor para o parâmetro b através da equação $\text{Log } N = a - b M$. Para a atividade geral de Itacarambi, foi encontrado um valor do parâmetro b de $0,826(\pm 0.020)$, este que está dentro do intervalo universal proposto por Frohlich & Davis, 1993.

Introdução

A cidade de Itacarambi-MG, principalmente o distrito de Caraibas, vem sendo afetado por uma ocorrência contínua de abalos sísmicos nos últimos anos, alguns de proporções até consideráveis tratando-se de eventos intra-placa. Através do presente estudo esperamos determinar uma fórmula para o cálculo da magnitude local da região em questão, mas o que vem a ser magnitude? E qual sua importância?

A magnitude está correlacionada com a quantidade de energia liberada pelo tremor de terra na fonte, e o seu cálculo nos dá um valor absoluto que auxilia na comparação relativa do tamanho dos tremores de terra, ou seja, nos dá uma melhor estimativa de quão destrutivo pode ser um abalo sísmico.

Richter (1935) propôs uma equação para o cálculo de magnitude local, eventos ocorridos a até 100 km de distancia do registrador. Baseando-se numa escala logarítmica e na amplitude dos sinais sísmicos, segundo Richter a magnitude local é dada por:

$$M_L = \text{Log } A - \text{Log } A_0 \quad (1)$$

Onde A é a amplitude máxima do sinal em μm e A_0 um valor pré-estabelecido. O estudo de Richter (1935), apesar de ser conhecido e utilizado mundialmente foi realizado com sismos da costa oeste da América do Norte, entretanto é de conhecimento que tanto a área e o registrador são totalmente diferentes o que não retrata a fórmula descrita por Richter para a nossa região. Assim buscamos obter uma equação similar a obtida por Richter, mas usando os parâmetros locais e registradores atuais.

A região de estudo Itacarambi-MG, localiza-se ao norte do estado de Minas Gerais nas proximidades do rio São Francisco, cerca de 660 km da capital Belo Horizonte (Fig. 1A). Em outubro de 2007 foi instalada uma rede com 10 sismômetros de período curto na região (Fig. 1B), para monitoramento de recentes eventos sísmicos ocorridos nesta região (Chimpliganond et al., 2009). O presente trabalho será realizado com os dados coletados através desta rede.

Inicialmente no estudo da região de Itacarambi-MG será realizada a determinação das magnitudes dos eventos ocorridos entre outubro/2007 e junho/2008, a partir da equação (1). E numa segunda etapa do estudo será estimada uma relação entre a magnitude local e duração do sinal para a região, de forma a aperfeiçoar o cálculo da magnitude de pequenos tremores.

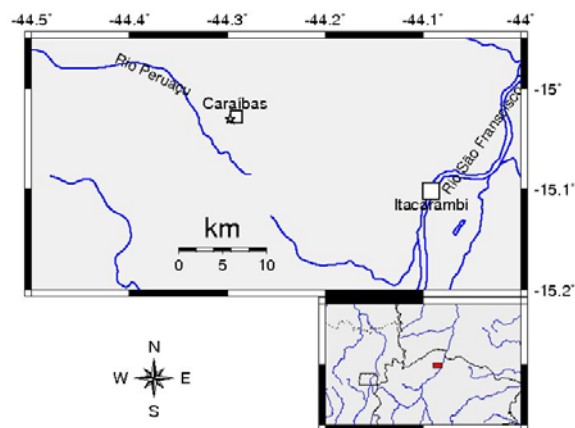


Fig. 1A: Localização da região de estudo Itacarambi, MG. Quadrado representa cidades e distritos, estrela representa o principal evento ocorrido na região, de magnitude igual a 4.9 mb.

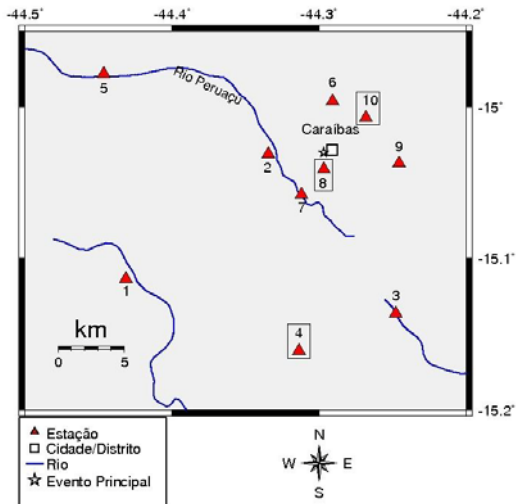


Fig. 1B: Configuração local das estações sismográficas. As estações nos retângulos indicam aquelas onde não foi possível medir a duração do sinal sísmico.

Métodos

Temos diversos exemplos de magnitude local e regional em regiões intraplaca (Assumpção 1983; Assumpção et al., 1989; Lee et al., 1972; Dessokey et al., 2000).

Os dados sísmicos para análise foram obtidos através do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília em formato digital. Para leitura e processamento destes registros sísmicos digitais foi utilizado o software SAC (Tapley & Tull, 1992).

Foi analisado um total de 451 eventos sísmicos com o objetivo de obter os valores de duração do sinal sísmico e amplitude máxima da onda P na componente vertical do registro. A duração do sinal, D , foi obtida diretamente do registro original, sendo arbitrariamente um tempo em segundos a partir da primeira chegada da onda P (Fig. 2). A duração não foi medida em 3 das 10 estações que são indicadas na Fig. 1B. Estações onde não foi possível obter a duração do sinal podem ter sido devido a defeitos instrumentais ou baixa razão do sinal ruído. Para a obtenção da amplitude máxima devido aos ganhos e resposta do instrumento, foi necessária a remoção dos efeitos para uma resposta igual ao Sismômetro Wood-Anderson (sismômetro utilizado por Richter para obter a equação 1) para cálculo de M_L . Essa remoção de efeitos foi realizada principalmente através de uma Função de Transferência que converteu os dados do instrumento original de velocidade versus tempo para dados de um instrumento Wood-Anderson, onde estes apresentam em deslocamento versus tempo (Fig. 3 e 4).

Após a conversão dos dados e obtenção da amplitude máxima do sinal sísmico na chegada da primeira onda P, usamos a equação (1) para calcular as magnitudes locais. Dos 451 eventos sísmicos da região de estudo foram selecionados 140 eventos de sete estações distintas, sendo que três eventos com magnitude $M_L > 3$ foram descartados para a obtenção de uma fórmula mais precisa para o cálculo de magnitude local a partir da amplitude máxima da onda P com a duração do sinal

sísmico, visto que esses sinais normalmente são saturados devido à proximidade das estações.

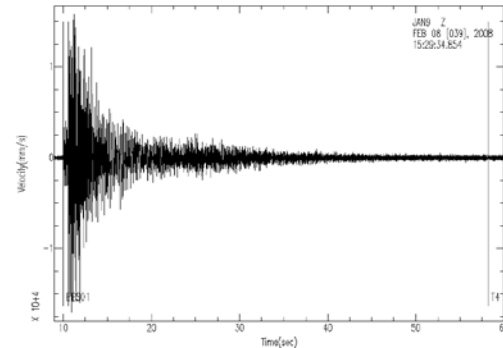


Fig. 2: Evento sísmico registrado na estação Jan09, 080208_1529_jan09. T4 representa a duração do sinal obtida para o mesmo.

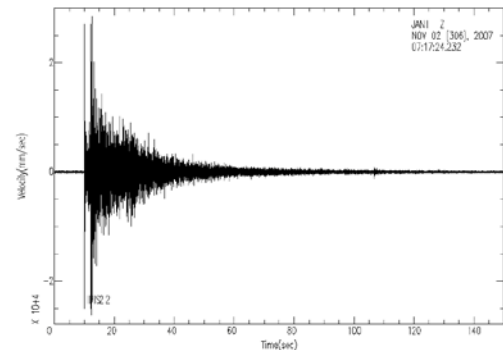


Fig. 3: Evento sísmico registrado na estação Jan01 no formato original. Observar escala do eixo das ordenadas.

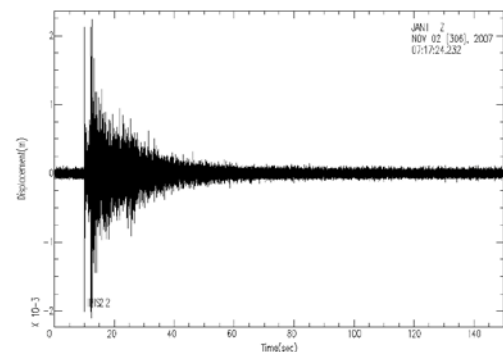


Fig. 4: Evento sísmico registrado na estação Jan01 no formato do Sismômetro Wood-Anderson. Observar escala do eixo das ordenadas.

Resultados

Após a aquisição dos dados de amplitude máxima e duração do sinal sísmico, foi realizada uma análise para os dados correspondentes de cada estação, de modo a gerar gráficos $M_L \times \text{Log } D$, representados na Fig. 5 (A até G), de todas as estações utilizadas.

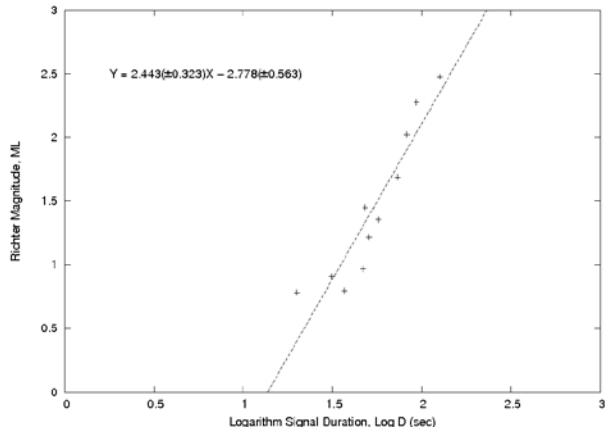


Fig. 5A: Gráfico $M_L \times \text{Log } D$ da estação Jan01.

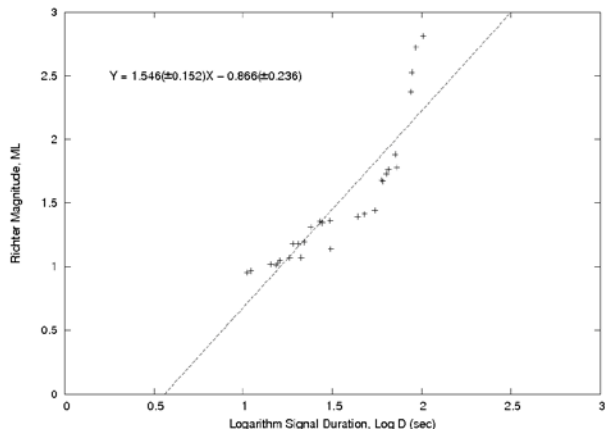


Fig. 5B: Gráfico $M_L \times \text{Log } D$ da estação Jan02.

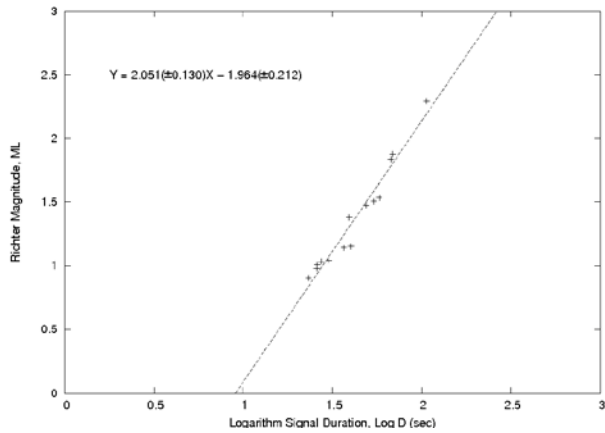


Fig. 5C: Gráfico $M_L \times \text{Log } D$ da estação Jan03.

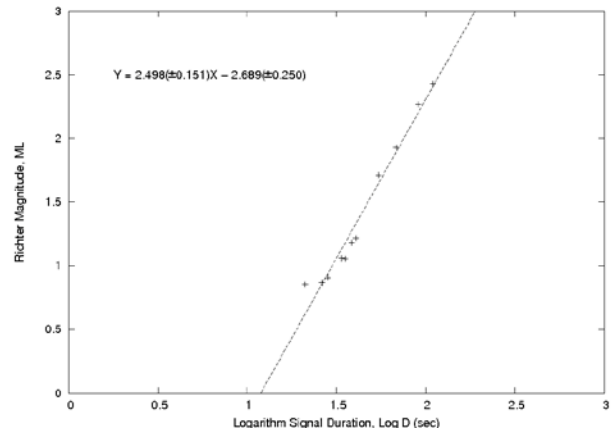


Fig. 5D: Gráfico $M_L \times \text{Log } D$ da estação Jan05.

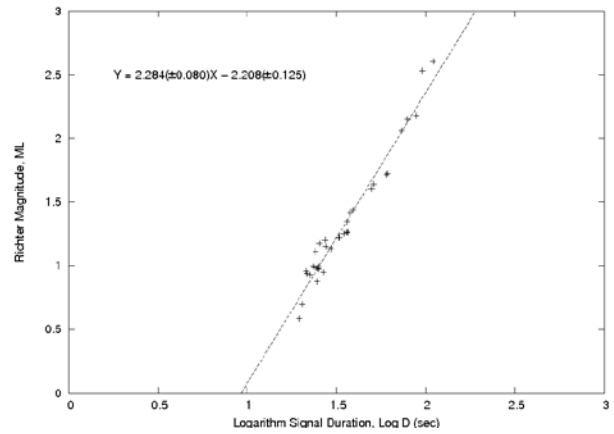


Fig. 5E: Gráfico $M_L \times \text{Log } D$ da estação Jan06.

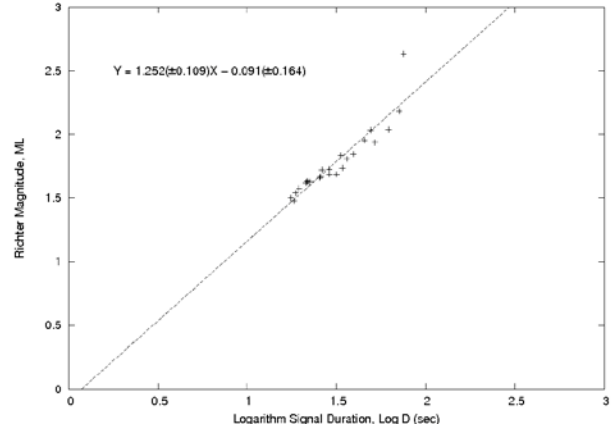


Fig. 5F: Gráfico $M_L \times \text{Log } D$ da estação Jan07.

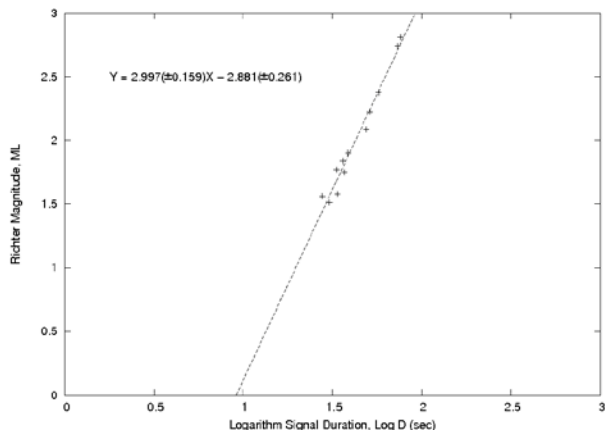


Fig. 5G: Gráfico M_L x $\text{Log } D$ da estação Jan09.

Realizando um cálculo da média de todas as equações de regressão linear obtida através dos gráficos, podemos determinar uma equação geral para a estimativa da magnitude local da região e seu erro associado.

$$M = 2.153(\pm 0.072) \text{Log } D - 1.925(\pm 0.132) \quad (2)$$

A partir da equação (2) foi calculada a magnitude para todos os 137 eventos selecionados e fazendo uma análise em conjunto com os gráficos, as equações de regressão linear obtida para cada estação e os erros associados, podemos notar que as estações apresentam certa variação no registro tanto da amplitude máxima quanto da duração do sinal para um mesmo evento, fato este que fica bem evidenciado na análise da magnitude, pois essa variação do registro gera variação da magnitude de um evento registrado por varias estações. Essa variação está representada por alguns exemplos na Tabela 1, e nos permite separar as estações utilizadas no estudo em três grupos que apresentam comportamentos semelhantes: Estações Jan02 e Jan07; Jan03 e Jan05; Jan01, Jan06 e Jan09.

O comportamento diferenciado destas estações agrupadas pode ser explicado por uma influencia de a variação geológica ser maior para este estudo, pela distancia entre elas e a localização do epicentro do evento, entre outros fatores.

Tabela 1: Comparação das magnitudes obtidas a partir de estações distintas para um mesmo evento sísmico.

Data/Hora Evento I	Amp. P (m)	M_L	Dur. (sec)	$\text{Log } D$	M
041107_15 29_jan01	1,64E-05	1,216	50,746	1,705	1,747
041107_15 29_jan03	1,02E-05	1,007	25,966	1,414	1,120
041107_15 29_jan05	1,14E-05	1,059	33,837	1,529	1,368
041107_15 29_jan06	5,32E-05	1,726	61,203	1,787	1,922
Data/Hora Evento II	Amp. P (m)	M_L	Dur. (sec)	$\text{Log } D$	M
080208_15	1,38E-05	1,139	30,993	1,491	1,286

29_jan02	080208_15	4,37E-05	1,640	51,077	1,708	1,753
29_jan06	080208_15	4,66E-05	1,668	25,758	1,411	1,113
29_jan07	080208_15	1,22E-04	2,088	48,924	1,690	1,713
29_jan09						

Discussão

A partir da análise dos resultados obtidos para cada estação, chegamos a uma equação geral que nos permite estimar o cálculo da magnitude local a partir da duração do sinal sísmico, para os sismos da região de Itacarambi-MG.

$$M = 2.153(\pm 0.072) \text{Log } D - 1.925(\pm 0.132) \quad (2)$$

Onde D é a duração do sinal em segundos. É importante mencionar que os registradores e sismômetros utilizados eram todos do tipo DM24 da marca GURULP.

Tomando como exemplo Lee et al. 1972, uma comparação pode ser feita entre a magnitude M_L de Richter e a magnitude M obtida através da equação (2). Na Fig. 6 estes dados de magnitude são plotados e indica um ajuste confiável, sendo desvio padrão de M para M_L dos 137 tremores utilizados igual a:

$$\sigma = (\sum_i (M_L - M)^2 / 137)^{1/2}$$

$$\sigma = 0.341$$

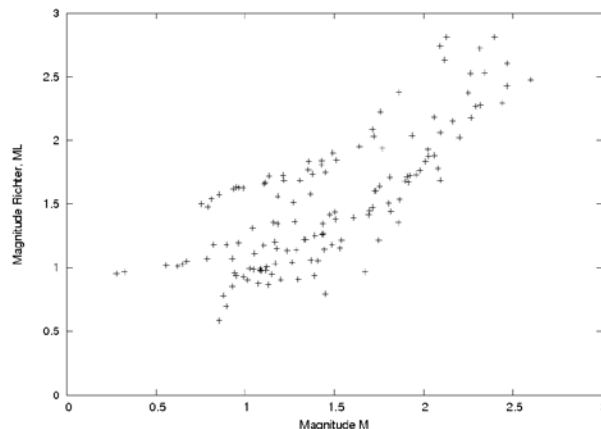


Fig. 6: Correlação da magnitude M_L como a Magnitude M .

A partir das magnitudes estimadas pela equação (2) e das datas dos eventos pode-se obter um histograma magnitude versus tempo que pode ser utilizado nas estimativas de ocorrência sísmica na região.

Podemos ainda estimar a partir de um estudo de frequência-magnitude um valor para o parâmetro b através da equação 3, correlacionando o número de sismos versus magnitude de duração, M . O resultado obtido para o parâmetro b de $0,826(\pm 0.020)$ está dentro do intervalo universal (Frohlich & Davis, 1993).

$$\text{Log } N = a - b M$$

$$\text{Log } N = -0,826(\pm 0.020)M + 2,988(\pm 0.034) \quad (3)$$

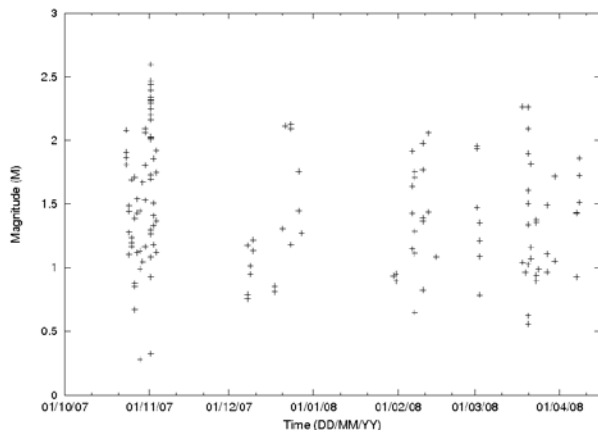


Fig. 7: Histograma de magnitude por tempo.

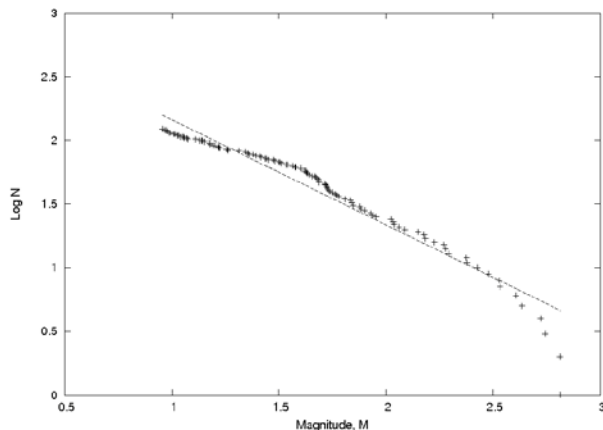


Fig. 8: Número de eventos (N) versus magnitude (M). A linha tracejada representa a equação (3) com $b = 0,826(\pm 0.020)$.

Como próximos passos deste estudo irão estimar a magnitude através do domínio da frequência (Abercrombie, 1995).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ibama (Parque das Cavernas Peruaçu) através do Sr. Evandro e a prefeitura municipal de Itacarambi-MG pelo apoio prestado ao trabalho de campo. ILO agradece ao CNPq pela bolsa PIBIC e o GSF agradece ao CNPq-302398/2007-4.

Referências

Abercrombie, R. E., 1995, Earthquake source scaling relationships from -1 to 5 ML, using seismograms recorded at 2.5 km depth, *J. Geophys. Res.*, 100, 24015-24036.

Assumpção, M.S. 1983. A regional magnitude scale for Brazil. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 73(1): 237-246.

Assumpção, M.S. 1989. Intraplate Stresses In South America Based on Earthquake Focal Mechanisms. In: Cong. Soc. Bra. Geof., Rio de Janeiro.

Chimpliganond C. N.; Assumpção, M.; FRANÇA, G. S.; Von Huelsen M. G. The seismicity associated to the December 9, 2007 Caraíbas-Itacarambi (4.9mb)

intracratonic earthquake (Minas Gerais, Brazil) and geophysical aspects. Submetido a Tectonophysics.

Dessokey, M. M. & Hussein, H. M. and Abdelrahman, E. M. and Abdelwahed, M. F., 2000. Local magnitude, duration magnitude and seismic moment of Dahshour 1992 earthquakes. <http://hdl.handle.net/2122/1278>.

Frohlich, C. & S. D. Davis, 1993. Teleseismic b values; Or, much ado about 1.0, *J. Geoph. Res.*, 98, 641-644.

Lee, W. H. K., Bennett, R. E., and Meagher, K. L., (1972). A method of estimating magnitude of local earthquakes from signal duration: U.S. Geol. Surv. Open-file Report, 28 pp.

Richter, C. F., 1935. An Instrumental Earthquake Magnitude Scale, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 25, 1-32.

Tapley, W. C. & J. E. Tull, SAC - Seismic Analysis Code: Users Manual, *Lawrence Livermore National Laboratory*, Revision 4, 388 pp., March 20, 1992.