



## Monitoramento da atividade sísmica em Alagoas

\*Pedro Augusto Rodrigues Ferreira<sup>1</sup>, Joaquim Mendes Ferreira<sup>2,3</sup>.

<sup>1</sup>Curso de Geofísica/UFRN

<sup>2</sup>Departamento de Geofísica/UFRN

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica/UFRN

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

Due the project RSISNE (Petrobras/UFRN/FUNPEC), it was possible to identify a new area with seismic events in the state of Alagoas and get accelerometric data from those events. This region is part of the Borborema province, the most active seismic area in Brazil.

Firstly, the data were analyzed in three stations and it was calculated the location of each event, what is very important to know the real state of the seismic activity. Secondly, it was established a relations between magnitude and acceleration, what is new research line in the Northeastern of Brazil.

The result was a epicentral location map, showing the seismic events and the stations used in this work, and a relation between magnitude and acceleration that can be used for 33 and 57 km distant earthquakes from the station located in Anadia-AL.

### Introduction

A Província Borborema é a área de maior atividade sísmica do país. Essa atividade sísmica na região não é tão intensa como nos limites de placa, contudo não pode ser desprezada, fazendo-se necessário o monitoramento de tal atividade. Esse monitoramento só foi possível, de forma permanente, devido ao projeto RSISNE (Petrobras/UFRN/FUNPEC), que permitiu a instalação de 16 estações no Nordeste do Brasil desde o sul da Bahia até o Piauí. Todas as estações são compostas de dois tipos de sensor: um sismômetro de banda larga (BB) e um acelerômetro. A instalação dessas estações é muito importante, pois com elas, somos capazes de verificar o real estado da atividade sísmica, porque elas registram tanto os tremores maiores, sentidos pela população, como também os tremores menores (microsismos), que não são sentidos pela população e só são detectados instrumentalmente.

Analisando os dados da estação instalada em Anadia-AL (NBAN) foi descoberta uma nova área sísmicamente ativa a NE dessa cidade. A partir da análise dos dados foi obtida uma relação de eventos registrados pelo BB e foi verificado quais desses eventos foram registrados no acelerômetro bem como em outras estações que operam na região tendo em vista determinar a magnitude de cada evento e a aceleração vertical máxima em cada acelerômetro.

Este trabalho tem o objetivo de obter uma relação entre magnitude e aceleração e, se possível, encontrar uma

equação de decaimento da aceleração para a região. Tal linha de pesquisa é algo novo no Nordeste do Brasil, de modo que os únicos trabalhos anteriores a este são Domingos (2010) e Dantas (2012).

### Method

Primeiramente, foi feita uma análise dos dados de 2011 da estação de Anadia (NBAN) coletados no campo pelos técnicos do LabSis/UFRN utilizando o software COMPASS, o qual foi fornecido pela fabricante dos sismômetros e acelerômetros (RefTek). Para cada um dos eventos registrados foram feitas as leituras dos tempos de chegada das ondas P e S, e a partir delas foram calculadas as distâncias, supondo os sismos superficiais, e utilizando o COMPASS foi possível determinar a direção de onde veio a onda sísmica a partir das polaridades, de modo que de posse do azimute e da distancia epicentral foi possível fazer a localização de cada epicentro. Ao todo, foram registrados 130 terremotos pela estação NBAN, dos quais 58 sismos puderam ter as acelerações verticais medidas. A figura 1 mostra um sismo registrado tanto no sismômetro como no acelerômetro.

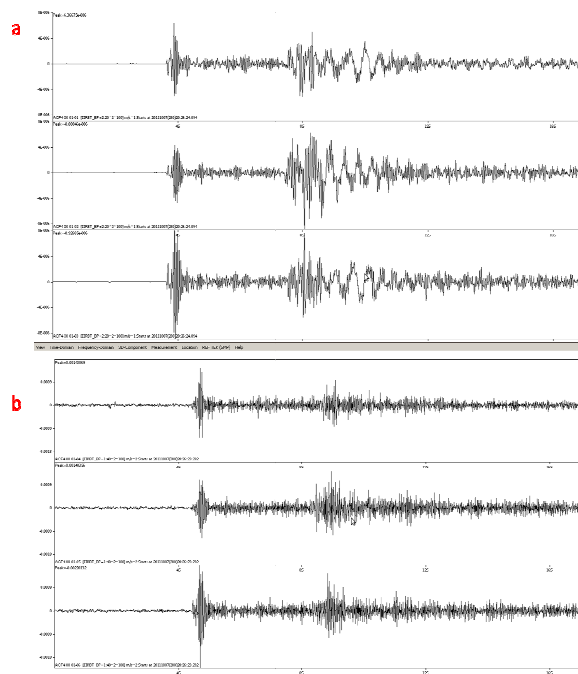


Figura 1. Registro de um terremoto em: (a) um sismômetro e (b) um acelerômetro.

A segunda parte do trabalho consistiu de estabelecer uma equação relacionando magnitude e aceleração. Essa equação foi obtida a partir da equação de Cornell (1968). A relação obtida foi a seguinte:

$$M = M_r + \frac{1}{b_2} \ln \left( \frac{A_v}{A_{vr}} \right) \quad (1)$$

Onde M é a magnitude do evento,  $M_r$  é a magnitude de um sismo de referência,  $b_2$  é uma constante a ser determinada,  $A_v$  é a aceleração vertical do evento e  $A_{vr}$  é a aceleração vertical do sismo de referência. Essa equação é para sismos que ocorrerem há uma mesma distancia epicentral do sismo de referência.

Para calculo da constante  $b_2$ , foi feito uma regressão linear em um gráfico de magnitude em função de  $\ln(A_v/A_{vr})$ . Como não havia nenhuma maneira de calcular essas magnitudes apenas com a estação de NBAN, foi necessário utilizar as estações do Livramento-PB (NBLI) e de Lagarto-SE (NBLA). Como ambas as estações estão a mais de 200 km dos epicentros, foi possível utilizar a equação de Assumpção (1983) para sismos regionais. Como os sismos são, em sua maioria, microtemores, poucos foram registrados nas estações NBLI e NBLA. Foi possível calcular a magnitude para 7 sismos com distancia epicentral para NBAN de aproximadamente 57 km e mais 4 sismos com distancia epicentral para NBAN de aproximadamente 33 km. Os gráficos 1 e 2 representam as regressões lineares para distancias epicentraes aproximadas de 57 e 33 km, respectivamente.

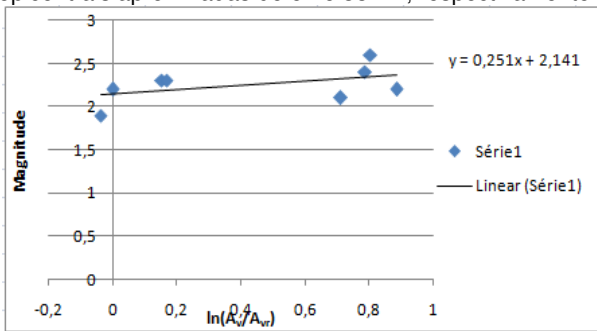


Gráfico 1. Regressão linear para os eventos a aproximadamente 57 km de distância epicentral.

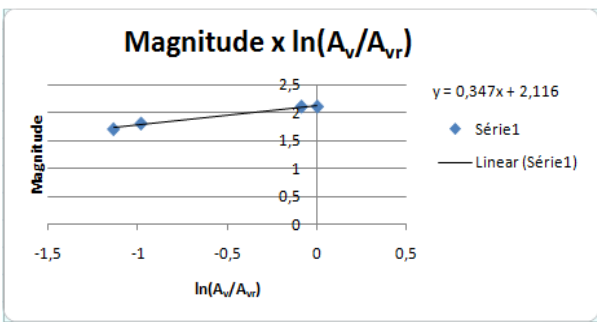


Gráfico 2. Regressão linear para os eventos a aproximadamente 33 km de distância epicentral.

**Results**

Após terem sido feitas as análises dos dados da estação NBAN, foi elaborado uma mapa de localização epicentral para todos os 130 eventos que foram registrados. Esse mapa epicentral foi elaborado usando o software ArcGis, e é mostrado na figura 2.

Como é possível notar, analisando a figura 2, a atividade sísmica registrada pela estação de NBAN no ano de

2011, composta principalmente de microtemores, ocorreu majoritariamente ao Norte e Sudeste de Maceió.

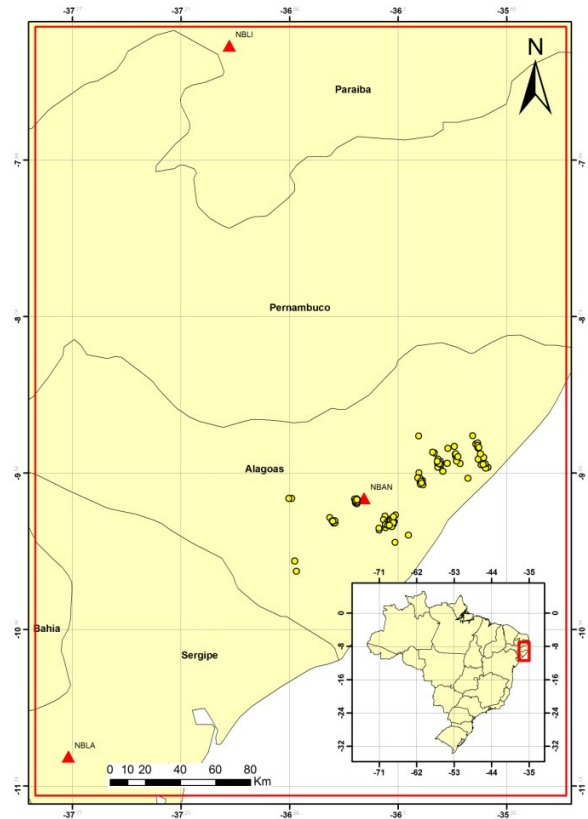


Figura 2. Mapa de localização epicentral mostrando os sismos ocorridos (bolas amarelas) e as estações que foram usadas no trabalho (triângulos vermelhos).

A partir da regressão linear feita nos gráficos 1 e 2, foi possível obter a constante  $b_2$  para os sismos ocorridos distantes de NBAN de 33 e 57 km. Os valores obtidos da constante foram, respectivamente para 33 e 57 km de distancia epicentral, 2,88 e 3,98. De posse desses valores, foram calculadas as magnitudes dos eventos restantes para essas duas áreas utilizando a eq. (1). As tabelas 1 e 2 mostram as magnitudes e as acelerações dos terremotos provenientes dessas duas áreas, respectivamente.

Data	Hora	M	R(km)	Av(mK/s <sup>2</sup> )
20110909	17	1,4	34	173,20
20110909	18	1,8	33	538,26
20110910	19	1,6	33	317,66
20111007	20	2,1	33	1438,69
20111022	19	1,4	34	169,92
20111101	20	1,7	33	462,55
20111104	19	1,6	33	341,54
20111122	14	1,7	33	419,43
20111219	19	2,1	33	1316,96
20111223	19	1,7	33	463,25

Tabela 1. Tabela mostrando os sismos ocorridos a aproximadamente 33 km e suas respectivas acelerações medidas e magnitudes calculadas.

Data	Hora	M	R(km)	Av(mK/s <sup>2</sup> )
20110906	19	2,2	54	392,52
20111001	17	2,6	57	876,30
20111011	19	2,1	57	304,89
20111019	19	2,3	57	457,13
20111029	19	2,3	57	463,12
20111112	18	1,9	57	377,41
20111117	14	2,3	57	540,02
20111126	18	2,1	57	799,01
20111209	19	2,2	57	950,22

Tabela 2. Tabela mostrando os sismos ocorridos a aproximadamente 57 km e suas respectivas acelerações medidas e magnitudes calculadas.

### Conclusions

Foram analisados os registros de três estações. NBAN (Anadia-AL), da qual foram feitos os cálculos das localizações epicentrais dos terremotos e também foram feitas as medidas das acelerações verticais de tais eventos. NBLI (Livramento-PB) e NBLA (Lagarto-SE) foram utilizadas para os cálculos das magnitudes dos sismos maiores, possibilitando assim, obter uma relação para cálculo das magnitudes menores utilizando apenas NBAN e as acelerações medidas.

Os tremores de terra da região de Anadia estão dispersos e não podem ser associados, em princípio, com estrutura geológica em particular em virtude de que não foi feito nenhum estudo com rede local no estado de Alagoas.

Foi possível obter uma relação entre magnitude e aceleração para os sismos que ocorrem a aproximadamente duas distâncias específicas, 33 e 57 km respectivamente. Não foi possível determinar uma relação para os sismos ocorridos a distâncias epicentrais diferentes devido ao fato de terem ocorridos apenas sismos muito pequenos nas outras áreas, fato que não permitiu que suas magnitudes pudessem ser calculadas pelas estações de NBLI e NBLA.

Não foi possível obter a equação do decaimento da aceleração até o momento, contudo o estudo da área continua em andamento, de modo que o passo seguinte deste trabalho é obter essa equação para a região.

### Acknowledgments

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos com financiamento da Petrobras.

Agradeço à ANP pela bolsa do PRH22.

Agradeço ao meu orientador Joaquim Mendes Ferreira por todo o apoio e orientação.

### References

- Cornell, A., 1968, Engineering Seismic Risk Analysis: Bull. Seism. Soc. Am., 58, 1583-1606.
- Toro, G.R., N.A. Abrahamson, e J.F. Schneider, 1997, Model of strong ground motion from earthquakes in Central and Eastern North America: best estimates and uncertainties: Seism. Res. Lett., 68, 41-57.
- Campbell, K.W., 2003, A contemporary guide to strong-motion attenuation relations: International Handbook of

Earthquake Engineering Seismology (W.H.K. Lee, H. Kanamori, P.C. Jennings & C. Kisslinger, eds.). Supplement to Chapter 60, Vol. 2, Part B, Academic Press, London.

Domingos, D.O., 2010, Determinação de uma relação preliminar de atenuação sísmica para a Província Borborema (Nordeste do Brasil): Monografia, IAG/USP, 46 pp.

Dantas, R.R.S., 2012, Decaimento da aceleração de ondas sísmicas dos terremotos na borda da Bacia Potiguar: Monografia, UFRN, 43 pp.