

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 08/11/2020.



**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS
E MEIO AMBIENTE**

**ESTUDO DA CROSTA NO SUDOESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO
UTILIZANDO TÉCNICAS SISMOLÓGICAS**

DOUGLAS SOUZA FIGUEIREDO MORAIS

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

RIO CLARO/SP - 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

DOUGLAS SOUZA FIGUEIREDO MORAIS

**ESTUDO DA CROSTA NO SUDOESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO
UTILIZANDO TÉCNICAS SISMOLÓGICAS**

Tese de Doutorado apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Dourado

Rio Claro – SP
2018

M827e Morais, Douglas Souza Figueiredo
ESTUDO DA CROSTA NO SUDOESTE DO CRÁTON
AMAZÔNICO UTILIZANDO TÉCNICAS SISMOLÓGICAS /
Douglas Souza Figueiredo Morais. -- Rio Claro, 2018
119 p. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: João Carlos Dourado

1. Função do Receptor. 2. Análise de Dispersão de Ondas de
Superfície. 3. Correlação de Sismogramas. 4. Razão Espectral H/V. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

**ESTUDO DA CROSTA NO SUDOESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO
UTILIZANDO TÉCNICAS SISMOLÓGICAS**

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. João Carlos Dourado (orientador)
IGCE / UNESP Rio Claro/SP

Prof. Dr. César Augusto Moreira
IGCE / UNESP Rio Claro/SP

Prof. Dr. Walter Malagutti Filho
IGCE / UNESP Rio Claro/SP

Prof. Dr. Lucas Vieira Barros
IG / UnB / Brasília (DF)

Prof. Dr. Renato Luiz Prado
IAG / USP São Paulo/SP

Candidato: Douglas Souza Figueiredo Morais

Resultado: Aprovado

Rio Claro – SP
08/11/2018

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador por me aturar desde a graduação há mais de 10 anos e sempre disposto a ensinar.

À Rosângela, secretária do programa de Pós, por sempre me auxiliar e ser tão prestativa.

Ao Francisco, mais conhecido como Paco, que tanto nos ajudou em trabalhos de campo e que tive a honra de conhecê-lo, pena não estar mais entre nós pois, caso estivesse, com toda certeza estaria sentado à frente assistindo a minha defesa.

Em nome do Gerente José Alberto e sua esposa Lúcia Calamari da Fazenda Serra Alegre que, por serem tão gentis e cordiais, se tornaram amigos o meu sincero agradecimento o qual se estende a todos os proprietários de terra que autorizaram a implantação das estações temporárias no município de Pontes e Lacerda/MT.

À banca pela contribuição e conselhos tão valiosos. Aos amigos de graduação, não esquecerei jamais esse período. Aos conselheiros, o meu agradecimento.

À todos que contribuíram para a realização da tese, seja no empréstimo de equipamento (IAG /USP), seja na ajuda com o processamento dos dados o meu muito obrigado.

E ficando por último, mas, não menos importante, meu eterno agradecimento à minha família, Pai Cássio; Mãe Meire; Irmãos Tobias, Vinícius, Kssin; cunhadas Marina (saiba que você é a filha que meus pais não tiveram), Aparecida e Brenda e meus sobrinhos, Vinicius e em especial meu sobrinho e afilhado Paulo. Amo todos vocês!

À pessoa que entrou em minha vida para somar, minha esposa Carla, a qual só tenho a agradecer por ter conhecido você e por ser a mãe mais carinhosa, amorosa e gentil do nosso filho, Levi. E a toda sua família por serem tão especiais para comigo.

Esta tese é dedicada à minha vó Araci (*in memoriam*)

RESUMO

Técnicas sismológicas como Função do Receptor, Análise de Dispersão de Ondas de Superfície, Correlação de ruídos sísmicos e razão espectral H/V são cada vez mais estudadas e utilizadas para o conhecimento geológico da crosta. Sendo possível determinar a composição crustal média e os principais contatos obtidos por fortes contrastes de impedância tais como limite crosta superior e inferior, assim como, limite crosta inferior e manto superior (descontinuidade de Moho). O conhecimento da velocidade de percurso das ondas de um sismo registrados através de uma estação sismográfica fornecem informações, como: o tempo de percurso, relação V_p/V_s e outros. A região de Pontes e Lacerda/MT está localizada no Sudoeste do Cráton Amazônico e o levantamento dos dados se deram em fases distintas com implantação de sismômetros alinhados em direção perpendicular (NE-SW) às principais estruturas da Faixa Móvel Aguapeí (NNW-SSE). Além da coleta de dados dessas estações temporárias foram compilados dados de sismos para a estação fixa PTLB, esta estação faz parte das estações sismológicas coordenadas pela UNB (Universidade Nacional de Brasília) e pela USP (Universidade de São Paulo). A espessura média encontrada na crosta para a região variou pouco para as diferentes técnicas abordadas, sendo que, para a técnica de Função do Receptor (estação fixa PTLB) foi obtido valor de aproximadamente 44 Km de espessura e, para as estações temporárias (S01 ao S10) valor médio de 42 km. Já a seção sísmica gerada pela correlação dos sinais para todas as estações temporárias de período curto, trouxe coerência dos sinais em 4s, 5s e, posterior coerência variando de 9,5 a 11 segundos. Essa primeira interface em 4s pode indicar a zona de cisalhamento Aguapeí em profundidade de 11Km, a de 5s pode ser interpretada como sendo a região SIAL da crosta a 14 Km. A que varia de 9,5 (S01) a 11s (S10) corresponde a uma média de 28Km que pode associar com a descontinuidade de Conrad. Para o modelo de velocidade gerado pela análise da dispersão das ondas superficiais correlacionado aos dados obtidos através da correlação de ruídos e a função do receptor foi possível interpretar quatro interfaces. A técnica da razão espectral H/V que é um método que apresenta menor resolução a

grandes profundidades da crosta sendo, portanto, aplicado a profundidades menores, apresentou como resultado valores bastante diferentes para cada estação, sendo que, para a estação mais a SW da área foi obtido valor de 3,6 metros e a estação que apresentou maior espessura, localizada no extremo NE da área foi de 3500 metros, evidenciando fortemente morfologias bastante distintas ao longo do perfil o que está correlacionado a presença de metassedimentos pertencentes à Faixa Móvel Aguapeí.

Palavras Chave: Função do Receptor; Análise de Dispersão de Ondas de Superfície; Correlação de Sismogramas; Razão Espectral H/V

ABSTRACT

Seismic techniques such as receiver function, surface wave dispersion, seismic noise correlation and H / V spectral ratio are increasingly studied and used for geological knowledge of the crust. It is possible to determine the average crustal composition and the main contacts obtained by strong impedance contrasts as upper and lower crust boundary, as well as, lower crust limit and upper mantle (Moho discontinuity). The knowledge of the speed of travel of the waves of an earthquake recorded through a seismographic station provides information, such as: the travel time, V_p / V_s ratio and others. The region of Pontes e Lacerda / MT is located in the Southwest of the Amazonian craton and the data were taken in different phases with the implantation of seismometers aligned in a perpendicular direction (NE-SW direction) to the main structures of the Faixa Móvel Aguapeí (direction NNW- SSE). In addition to collecting data from these temporary stations, earthquake data were collected for the PTLB fixed station. The average thickness found in the crust for the region did not vary much for the different techniques, and for the Receiver Function (PTLB fixed station), a value of approximately 44 Km of thickness was obtained and for the temporary stations (S01 to S10) average value of 42 km. The seismic section generated by the correlation of the signals for all short-time temporary stations brought the signals coherence in 4s, 5s and later coherence ranging from 9.5 to 11 seconds. This first interface in 4s can indicate the Aguapeí shear zone in depth of 11Km, that of 5s can be interpreted as being the SIAL region of the crust at 14 Km. A that varies from 9.5 (S01) to 11s (S10) corresponds to an average of 28Km that can associate with the discontinuity of Conrad. For the velocity model generated by the analysis of the dispersion of the surface waves correlated to the data obtained through the noise correlation and the receiver function, it was possible to interpret four interfaces. The H / V spectral ratio technique, which is a method that presents lower resolution at great depths of the crust and is therefore applied at lower depths, presented as result quite different values for each station, being that for the station plus SW of area was obtained a value of 3.6 meters and the station that presented the greatest thickness, located at the extreme NE of the area was of 3,500

meters, evidencing strongly morphologies quite distinct along the profile which is correlated the presence of metasedimentary belonging to the Faixa Móvel Aguapeí.

Keywords: Receiver Function; Surface Waves Dispersion Analysis; Correlation of Seismograms; Spectral Ratio H/V

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
4. CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOTECTÔNICO.....	6
4.1. Cráton Amazônico.....	6
4.2. Espessura da Crosta Amazônica.....	14
5. MATERIAIS.....	18
6. FUNÇÃO DO RECEPTOR.....	22
6.1. Princípio Teórico.....	22
6.2. Descontinuidade Moho e Limite crosta superior/inferior.....	24
6.3. Cálculo da espessura da crosta e razão Vp/Vs.....	31
6.4. Empilhamento H-K (HK-Stacking).....	32
6.5. Resultados obtidos para Função do Receptor.....	33
6.5.1. Estação PTLB.....	37
6.5.2. Estação PL1.....	49
6.5.3. Estação PL2.....	53
6.5.4. Estações Triaxiais Período Curto: S01 e S10.....	55
6.6. Empilhamento H-K.....	58
6.7. Cálculo razão Vp/Vs e estimativa H para Estações Temporárias.....	61
7. CORRELAÇÃO DE SISMOGRAMAS.....	67
7.1. Princípio Teórico.....	67
7.2. Etapas do Processo.....	70
7.3. Resultados Obtidos para Correlação de Sismogramas.....	73
8. DISPERSÃO DE ONDAS SUPERFICIAIS.....	84
8.1. Princípio Teórico.....	84
8.2. Resultados Obtidos para Dispersão de Ondas Superficiais.....	87

9. RAZÃO ESPECTRAL H/V.....	95
9.1. Princípio Teórico.....	95
9.2. Resultados Obtidos para a Razão Espectral H/V.....	98
10. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	104
11. CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS.....	113

1. INTRODUÇÃO

A sismologia é uma das áreas das geociências que mais tem contribuído para o conhecimento do interior da Terra, seja pelo estudo das grandes estruturas profundas do manto e núcleo ou das complexas estruturas crustais.

Várias técnicas sismológicas foram desenvolvidas ao longo do século XX e tiveram suas aplicações ampliadas no início do atual século, graças ao avanço tecnológico envolvendo principalmente a eletrônica e a informática. Por exemplo, a análise de dispersão de ondas de superfície, desenvolvida na sismologia começou a ser utilizada na engenharia civil, nos estudos para determinação de velocidade de propagação das ondas transversais, através das técnicas SASW e MASW.

Mais recentemente, técnicas envolvendo a autocorrelação e correlação cruzada de séries temporais, buscando identificar sinais refletidos em estruturas subsuperficiais também são testadas a partir de sismogramas contínuos de estações sismológicas (Tibuleac & Segern, 2012).

Outra técnica bastante estudada e que gera resultados expressivos relacionados à espessura da crosta e sua geometria é a Função do Receptor que, na maioria das vezes se utiliza eventos sísmicos naturais provenientes de grandes distâncias ($\Delta > 30$ graus) para obtenção de informações da crosta terrestre e suas implicações sísmicas.

Já para o conhecimento de estruturas e contatos litológicos que apresentam contraste de velocidade marcante, aplicado em profundidades menores da crosta, o estudo da razão espectral H/V (Horizontal/Vertical) vem sendo bastante utilizado. Essa técnica foi desenvolvida inicialmente para marcar somente o contato de sedimentos inconsolidados com as rochas cristalinas, mas com o avanço das pesquisas e aprimoramento dos softwares de interpretação, a profundidade de estudo aumentou, o que possibilita maior compreensão de contatos geológicos em subsuperfície. Trata-se de uma técnica que é obtida de forma passiva, ou seja, sem a necessidade de interferência direta na geração de ondas a serem registradas nos sismômetros.

Estudos da crosta e descontinuidade de Moho há anos vem despertando fortes interesses na comunidade científica. Mais recentemente estudos para a caracterização da crosta da América do Sul aplicando técnicas sismológicas foram

publicados por França (2003), Bianchi (2008), Lloyd et al. (2010), Assumpção et al. (2013), e mais especificamente, para o Cráton Amazônico, Pavão (2010), Albuquerque (2017), entre outros.

Nesse estudo, para a aplicação dessas técnicas sismológicas foi escolhida a área de Pontes e Lacerda no estado de Mato Grosso. Esta área situa-se no sudoeste do Cráton amazônico, no domínio da Faixa Aguapeí. Por ser uma área com grandes ocorrências de ouro, Fernandes et al. (2005a) classificaram a região de Província Aurífera Alto Guaporé, sendo que a maioria dos depósitos ocorrem encaixados em rochas metassedimentares deformadas (Grupo Aguapeí), ou no contato entre as rochas metassedimentares e seu embasamento (Melo, 2016). A aplicação da sismologia nesta região do Cráton é um ótimo método para se conhecer o arcabouço geológico da região.

Com isso, para aumentar o conhecimento da profundidade da crosta, assim como a obtenção dos contatos marcados principalmente por grandes discordâncias e a implicação disso tudo para a geologia foram utilizados os métodos sismológicos de Função do Receptor, Autocorrelação e correlação cruzada de sismogramas, Análise de dispersão de ondas de superfície e Razão Espectral H/V.

A técnica da Função do Receptor é abordada no Capítulo 6, Correlação de Sismogramas no Capítulo 7, Dispersão de Ondas Superficiais descrita no Capítulo 8, e a Razão Espectral H/V no Capítulo 9.

Esta tese é resultado de projeto fomentado pela FAPESP e bolsa Capes.

11. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos nesta tese foi possível estabelecer uma relação entre os dados geofísicos e os dados geológicos. Estes resultados mostraram que as técnicas utilizadas possuem grande potencial de aplicação em estudos crustais.

A técnica sismológica de correlação de ruídos forneceu dados importantes para o conhecimento da estruturação geológica da área. Os dados foram confirmados pelas técnicas tradicionais como a função do receptor e a análise da dispersão das ondas superficiais.

Pela análise da técnica da Função do receptor através do *HK-Stacking* foi obtido para a profundidade Moho uma espessura média de 42Km, valor este coerente com o encontrado por outros autores. A razão V_p/V_s para área foi mais baixa, porém é também observado nos trabalhos, por exemplo de Albuquerque et al., (2017).

A correlação de sismogramas indicou 3 interfaces bem marcadas, estando uma a 11Km, que corresponde ao pacote de metassedimentos e das rochas intrusivas do Grupo Aguapeí. A segunda interface a 14Km corresponde à Crosta Sial e a terceira interface mais profunda, variando de 26 a 30Km foi interpretada como sendo a descontinuidade de Conrad.

A dispersão de ondas superficiais corroborou com os resultados encontrados nos demais métodos evidenciando que o modelo de velocidade de propagação das ondas transversais obtido por inversão está coerente.

A técnica H/V não gerou bons resultados principalmente pela quantidade pequena de dados e as várias discrepâncias da espessura do pacote sedimentar. Com isso, novos trabalhos com maior quantidade de dados poderão trazer resultados mais confiáveis.

REFERÊNCIAS

Albuquerque, D. F. 2017. Estudos crustais nas regiões norte e centro-oeste do Brasil, **Dissertação de Mestrado**, IG, UNB.

Albuquerque, D. F.; França, G. S.; Moreira, L. P.; Assumpção, M.; Bianchi, M.; Barros, L. V.; Quispe, C. C.; Oliveira, M. E. 2017. Crustal structure of the Amazonian Craton and adjacent provinces in Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, Volume 79, pp. 431-442.

Ammon, C. J. 2017. An overview of Receiver-Function Analysis- in: <http://quake.eas.slu.edu/People/CJAmmon-/HTML/RftnDocs/rftn01.html>.

ASSUMPÇÃO, M.; FENG, M.; TASSARA, A.; JULIÀ, J. 2013a. Model of thickness for South America from seismic refraction, receiver functions and surface wave tomography. **Journal of American Earth Sciences**, [S.l.].

Asten, M. 1978. Geological control on the three-component spectra of Rayleigh-wave microseisms. **Bull. Seism. Soc. Am.**, Volume 68, pp. 1623-1636.

BETTENCOURT, J. et al. 2010. The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: An overview. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, n.1, p. 28-46, FEB.

Bianchi, M. B. 2008. Variações da estrutura da crosta, litosfera e manto para a plataforma Sul Americana através de funções do receptor para ondas P e S. **Tese Doutorado**, USP, São Paulo.

Chulick, G. S.; Detweiler, S.; Mooney, W. 2013. Seismic structure of the crust and uppermost mantle of South America and surrounding oceanic basins. **Journal of South American Earth Sciences**.

Cordani, 2017. História geológica do craton amazônico. **15º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, BELÉM.**

Costa J.B.S. and Hasui Y. 1997. Evolução geológica da Amazônia. In: Costa ML and Angélica RS (Eds.), *Contribuição à Geologia da Amazônia*. Belém: **SBG/ FINEP**, p. 15-90.

Cupillard, P.; Stehly, L.; Romanowicz, B. 2011. The one-bit noise correlation: a theory based on the concepts of coherent and incoherent noise. **Geophys. J. Int.** p. 184, 1397–1414.

Delgado, J., López Casado, C., Giner, J., Estévez, A., Cuenca, A., and Molina, S. 2000. Microtremors as a geophysical exploration tool: Applications and limitations, *Pure and Applied Geophysics*, v. 157, p. 1445-1462.

Dias, R. C. 2014. Estudo da Estrutura da Subsuperficial da Província Borborema com Correlação de Ruído Sísmico, **Dissertação Mestrado**, UFRN.

Dourado, J. C. 2004. Estruturação crustal da borda leste-nordeste da Bacia do Paraná através da sismologia, **Livre Docência**, IGCE, Unesp.

Feng, M. 2004. Tomografia de Ondas de Superfície na América do Sul: Inversão Conjunta de Velocidade de Grupo e Forma de Onda. **Tese Doutorado**, IAG, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Fernandes C.J., Ruiz A.S., Pinho F.E.C., Kuyumjian R.M. 2005a. Compartimentação da deformação na Faixa Móvel Aguapeí, sudoeste do Cráton Amazônico – Brasil, e as mineralizações auríferas associadas. **Rev. Bras. De Geociências.**

Fernandes C.J., Ruiz A.S., Kuyumjian R.M., Pinho F.E.C. 2005. Geologia e controle estrutural dos depósitos de ouro do Grupo Aguapeí – Região de Lavrinha, sudoeste do Cráton Amazônico. **Rev. Bras. De Geociências.** V 35, p. 13-22.

Flores, P. J.; Pertou, M.; Jerez, G.; Carmona, E.; Luzón, F.; Villegas, J. C. M.; Sesma, F. J. S. 2016. The inversion of spectral ratio H/V in a layered system using the diffuse field assumption (DFA). **Geophysical Journal International**.

França, G. S. L.A. 2003. Estrutura da crosta no Sudeste e centro-oeste do Brasil, usando função do receptor, **Tese Doutorado**, USP.

Goldstein, P.; D. Dodge; M. Firpo; Lee Minner. 2003. "SAC2000: Signal processing and analysis tools for seismologists and engineers", Invited contribution to "The IASPEI International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology", Edited by WHK Lee, H. Kanamori, P.C. Jennings, and C. Kisslinger, Academic **Press, London**.

Gutenberg, B. 1958. Two types of microseisms. **Journal of Geophysical Research**, Volume 63, p. 595– 597.

Herrmann, R. B. and Ammon, C. J. 2002. Computer Programs in Seismology- Surface waves, receivers functions and crustal structure – Version 3.30: http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_cps/CPS/CPS330/cps330c.pdf.

Ibs-von Seht, M., and Wohlenberg, J. 1999. Microtremors measurements used to map thickness of soft soil sediments, **Bulletin of the Seismological Society of America**, v. 89, p. 250-259.

Langston C. A. 1977. The effect of planar dipping structure on source and receiver responses for constant ray parameter. **Bull. Seism. Soc. Am.**, 67, 1029-1050.

Langston, C. A. 1979. Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves, **J. Geophys. Res.**, 84, 4749-4762.

Lane, J.W., Jr., White, E.A., Steele, G.V., and Cannia, J.C. 2008. Estimation of bedrock depth using the horizontal-to-vertical (H/V) ambient-noise seismic method, in

Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, April 6-10, 2008, Philadelphia, Pennsylvania, Proceedings: Denver, Colorado, **Environmental and Engineering Geophysical Society**, 13 p.

Lay, T. and Wallace, T. C. 1995. Modern Global Seismology. **Academic Press**.

LeFevre L. V. and Helmberger, D. V. 1989. Upper Mantle P velocity structure of the canadian Shield, **Journal of Geophysics Research**.

LLOYD, S., VAN DER LEE, S., FRANÇA, G.S., ASSUMPÇÃO, M. e FENG, M. 2010. Moho map of South America from receiver functions and surface waves. **Journal of Geophysical Research**, V. 115, B11315.

Lopes, I., Santos, J. A., Almeida, I. M. 2008. O método das ondas superficiais: Aquisição, processamento e inversão.

Melo, R. P. 2016. Caracterização do Metamorfismo da Faixa Móvel Aguapeí e sua Relação com a Gênese dos Depósitos de Ouro da Região de Pontes e Lacerda – MT. **Tese Doutorado** apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, UNESP, programa Geociências e Meio Ambiente 174 p.

MOONEY, W. D.; LASKE, G.; MASTERS, T. G. CRUST 5.1: 1998. A global crust model at 5°x5°. **Journal of Geophysical Research**, [S.l.], v. 103, n. 1, p. 727-747.

Nakamura, Y. 2008. On the H/V Spectrum. 14 **World Conference on Earthquake Engineering**, Beijing, China.

Nakamura, Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimations of subsurface using microtremors on the ground surface, **Quarterly Report**, RTRI, Japan, v. 30, p. 25-33.

Nogoshi, M. and Igarashi, T. 1971. On the Amplitude Characteristics of Microtremor - Part 2. **Journal of Seism. Soc. Japan**, Volume 24, pp. 26-40.

Owens, T.J., Zandt, G. and Taylor, S.R. 1984. Seismic evidence for an ancient rift beneath the Cumberland plateau, Tennessee: A detailed analysis of broadband teleseismic P waveforms. **Journal of Geophysical Research**.

Peixoto, C. L. O. 2015. Caracterização sismológica da crosta sob o perfil pabbrise: uma aproximação por função do receptor e razão espectral H/V. **Dissertação Mestrado**, IG, UNB.

Parolai, S., Bormann, P., and Milkert, C. 2002. New relationships between Vs, thickness of sediments, and resonance frequency calculated by the H/V ratio of seismic noise for Cologne Area (Germany), **Bulletin of the Seismological Society of America**, v. 92, p. 2521-2527.

Pavão, C. G. 2010. Estudo de Descontinuidades Crustais na Província Borborema usando a Função do Receptor. **Dissertação Mestrado**, IG, UNB.

Pavão, C. G.; França, G. S.; Bianchi, M.; Almeida, T.; Von Huelsen, M. G. 2013. Upper-lower crust thickness of the Borborema Province, NE Brazil, using Receiver Function. *Journal of South American Earth Sciences*, 42.

Richart, F. E. Jr; Hall, J. R. Jr. & Woods, R. D. 1970. *Vibration of Soils and Foundations*.

SAES, G. S. 1999. Evolução tectônica e paleogeográfica do Aulacógeno Aguapeí (1.2–1.0 Ga) e dos terrenos do seu embasamento na porção sul do Craton Amazônico. 135 (**Tese de Doutorado**). Institute of Geosciences, University of São Paulo, São Paulo.

SAES, G. S.; LEITE, J. A. D. 1993. EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DO GRUPO AGUAPEÍ, PROTEROZÓICO MÉDIO NA PORÇÃO MERIDIONAL DO

CRÁTÓN AMAZÔNICO: MATO GROSSO E ORIENTE BOLIVIANO **Revista Brasileira de Geociências**, v. 23, n. 1, p. 31-37.

Santos, J. O.; 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) CPRM, Brasília.

SANTOS, J. et al. 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. **Gondwana Research**, v. 3, n. 4, p. 453-488, OCT. ISSN 1342-937X.

Schimmel, M. and Paulssen, H. 1997. Noise reduction and detection of weak, coherent signals through base-weighted stacks. **Geophys. J. Int.** (1997) 130,497-505.

Schobbenhaus C., Campos D.A., Derze G.R., Asmus H.E. 1984. Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente. **Ministério das Minas e Energia/DNPM**, Brasília, Brazil.

SESAME, 2012. Guidelines for the implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations Measurements, Processing and Interpretation, **European project**.

Shearer, P. M. 1999. Introduction to Seismology. **Cambridge university press**.

TASSINARI, C.; MACAMBIRA, M. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. **Episodes**, v. 22, n. 3, p. 174-182.

TASSINARI, C. C. G. O 1996. Mapa Geocronológico do Cráton Amazonico no Brasil: Revisão dos Dados Isotópicos. (**Tese de Doutorado**). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Teixeira, W. et al. 2010. A review of the tectonic evolution of the Sunsas belt, SW Amazonian Craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29.

Tibuleac, I. M. and Seggern D.H. 2012. Crust-mantle boundary reflectors in Nevada from noise auto-correlations, **Geophys. J. Int.**, Vol. 189.

Ullah, I. 2017. Near-surface characterization from the H/V spectral curves along with the joint inversion of the ellipticity and dispersion curves. **Tese Doutorado**, USP, São Paulo.

Ullah, I.; Prado, R. L., 2015. A relationship between resonance frequency of Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (H/V) curve and depth of bedrock for Bebedouro area ,Brazil. **Anais do 1st Brazilian Symposium on Seismology**.

Zandt, G. and Ammon, C. 1995. Continental crust composition constrained by measurements of crustal Poisson's ratio. **Nature**.

Zhu, L. & Kanamori, H. 2000. Moho depth variation in southern Califórnia from teleseismic receiver functions. **J. Geophys Res.**