



**Observatório
Nacional**

**Análise da Estrutura da Crosta na Região da
Faixa Ribeira (entre as Províncias do Cráton
São Francisco e da Bacia do Paraná) usando
Métodos Sismológicos**

Diogo Luiz de Oliveira Coelho

Dissertação para obter o grau de Mestre em
Geofísica

Orientador
Stéphane Gerard Martial Drouet

Rio de Janeiro
2015

Análise da Estrutura da Crosta na Região da Faixa Ribeira (entre as Províncias do Cráton São Francisco e da Bacia do Paraná) usando Métodos Sismológicos

Diogo Luiz de Oliveira Coelho

Dissertação apresentada ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Geofísica do Observatório Nacional como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Geofísica.

Orientador - Stéphane Gerard Martial Drouet

Banca - Ser Humano 1

Banca - Ser Humano 2

(Suplente) - Ser Humano 3

(Suplente) - Ser Humano 4

RIO DE JANEIRO
2015

Lista de Figuras

1	Mapa das estações sismográficas instaladas (triângulos vermelhos). Os outros triângulos são estações da Rede Sismográfica Brasileira.	4
2	Mapa das estações sismográficas instaladas (triângulos vermelhos). Os outros triângulos são estações da Rede Sismográfica Brasileira.	6

Lista de Tabelas

1	Tabela com as coordenadas(Lat Long) e altitude (m) das Estações.	5
---	--	---

Sumário

Dedicatória

Agradecimientos

Resumo

Abstract

Contexto Geológico

Metodologia

Função do Receptor

Dados Geofísicos

No âmbito do projeto SUBSAL, realizado conjuntamente entre o Observatório Nacional e a Petrobras, instalou-se 24 estações sismográficas temporárias banda larga (STS2 ou Reftek RT151-120s). A faixa de frequência registrada varia de 50 Hz até 100 segundos. As estações foram dispostas geometricamente em três perfis em relação à costa, dois perpendiculares à costa, perfil 1 a oeste e perfil 2 a leste, e um paralelo, perfil 3, como observado na Figura 1. O perfil 1 estende-se da estação STA01, localizada próximo à costa, até a STA09. O perfil 2 vai da estação STA10, ao norte, até a STA16, próximo à costa. O perfil 3 é da estação STA17, oeste, até a STA24, leste. A distância entre as estações é aproximativamente de 20 km. As coordenadas das estações são dadas na Tabela 1.

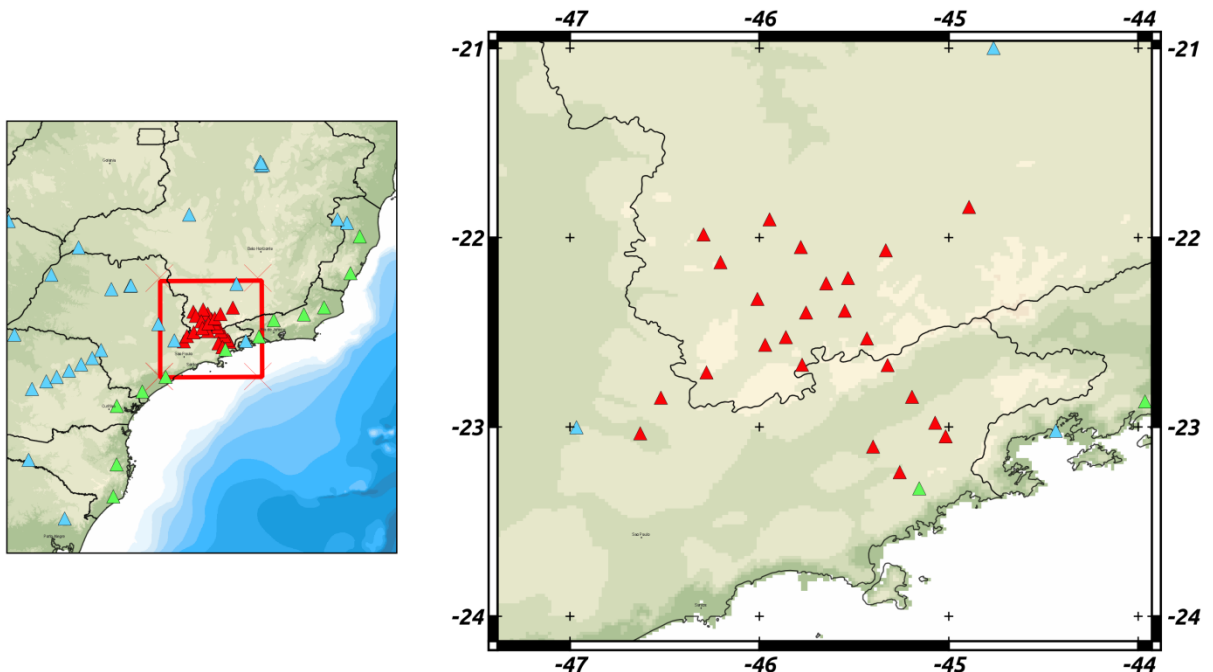


Figura 1: Mapa das estações sismográficas instaladas (triângulos vermelhos). Os outros triângulos são estações da Rede Sismográfica Brasileira.

O período de operação das estações foi distinto para os perfis. Os dois perfis perpendiculares à costa foram instalados no meio do ano de 2012 e o perfil paralelo no final de 2012. As estações ficaram em funcionamento até o final do ano de 2013 registrando o movimento do terreno de maneira contínua. O produto do deslocamento das partículas é registrado pelo sismógrafo, através de sensores verticais e horizontais, em três componentes. Esse registro das componentes é chamado de sismograma.

Tabela 1: Tabela com as coordenadas(Lat Long) e altitude (m) das Estações.

Nome	Latitude	Longitude	Elevação(m)
STA01	-23.049408	-45.016808	950
STA02	-22.977707	-45.072017	886
STA03	-22.840839	-45.194141	576
STA04	-22.673525	-45.323162	902
STA05	-22.5325	-45.432383	1100
STA06	-22.386261	-45.549086	931
STA07	-22.241667	-45.647361	988
STA08	-22.050056	-45.781374	884
STA09	-21.903929	-45.946331	1045
STA10	-21.98335	-46.29471	1135
STA11	-22.12999	-46.20536	1455
STA12	-22.32379	-46.01047	890
STA13	-22.52571	-45.86029	918
STA14	-22.67147	-45.77467	974
STA15	-23.10378	-45.39983	895
STA16	-23.2387	-45.25919	906
STA17	-23.0337	-46.62914	776
STA18	-22.84539	-46.52033	957
STA19	-22.71192	-46.27943	1413
STA20	-22.56621	-45.96951	908
STA21	-22.39548	-45.75364	957
STA22	-22.21361	-45.53215	1052
STA23	-22.06692	-45.33267	993
STA24	-21.83834	-44.89324	995

Fundamentos Teóricos

A primeira análise feita é do nível de ruído nas estações usando o software PQLX. O cálculo do nível de ruído é baseado no trabalho de McNamara and Buland (2004). Os dados são cortados em intervalos de uma hora com 50

Esse método difere dos métodos utilizados normalmente porque não é necessário visualizar todos os dados para remover o ruído existente, como sismos de calibração, ruídos culturais, problemas instrumentais e falta de dados. Porque esse tipo de ruído terá uma probabilidade muito baixa, segundo McNamara and Buland (2004). Para calcular a espessura crustal na região utilizou-se o método da Função do Receptor que foi desenvolvido por Langston (1977). Tal método faz uso do sinal de tele-sismos, geradores de ondas planas de incidência quase-vertical embaixo de uma dada estação. A onda P chega na discontinuidade de Moho e se decompõe em uma onda P transmitida e uma onda S convertida. A diferença do tempo de chegada das duas ondas, onda S tem velocidade

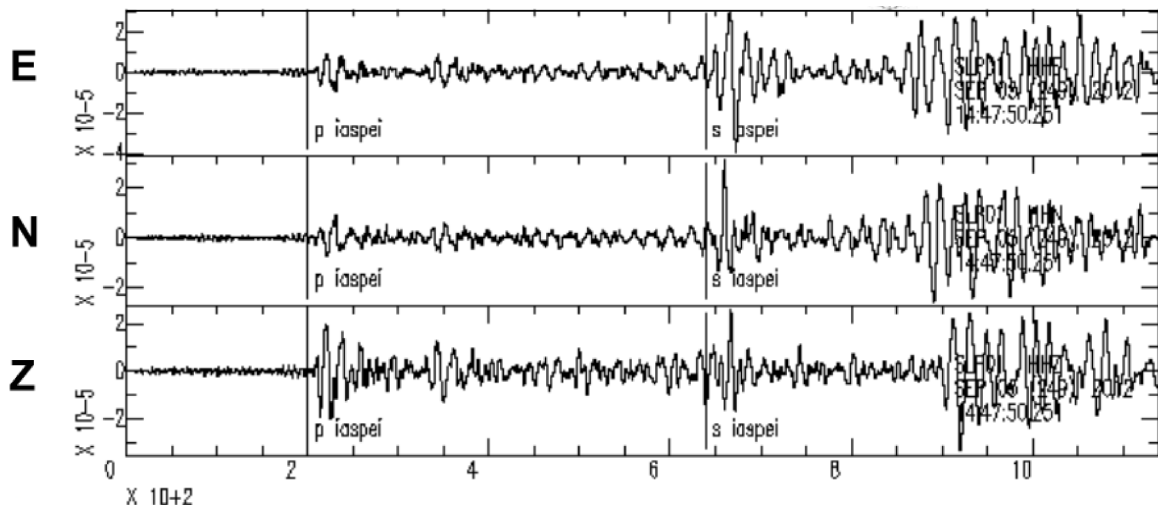


Figura 2: Mapa das estações sismográficas instaladas (triângulos vermelhos). Os outros triângulos são estações da Rede Sismográfica Brasileira.

inferior a onda P, e de outras reflexões permite inferir a profundidade de Moho, como observado na Figura 1.2. Sismos próximos, com distância menor que 20 graus da estação estudada, geram ondas com incidência oblíqua e esse tipo de dado deve ser utilizado com um cuidado. Em sismos com distâncias maiores que 95 graus as ondas P não chegam na estação devido a inversão de velocidade no limite manto-núcleo, diminuição da velocidade da onda P entre o manto e o núcleo, e não é observada a onda P direta. No início desse trabalho somente os dados de eventos incluídos no catálogo do IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) com magnitude maior que 5,5 entre maio de 2011 e maio de 2012 foram disponibilizados. Mas agora utiliza-se dados coletados do segundo semestre de 2013. A Figura 1.3 mostra eventos registrados na estação STA08. A maior parte dos sismos registrados nas estações são eventos da cordilheira dos Andes ou da América Central.

O processamento dos dados inclui a remoção da média e da tendência, e aplicou-se um filtro “High-pass” com frequência de corte de 0.1 Hz para eventos com distância entre 20 e 95 graus e de 2 Hz para eventos próximos. Os dados originais com amostragens a cada 0,01 segundos (100 Hz) são interpolados para gerar dados com amostragens cada 0,025 segundos (40 Hz), porque a informação de alta frequência não é relevante nesse tipo de análise. Os dados foram examinados visualmente para identificar e salvar o tempo de chegada da onda P direta. Então as componente horizontais são rotadas para obter as componentes “radial” e “transversal”. As Funções do Receptor são calculadas com uma deconvolução no domínio do tempo

da componente radial pela componente vertical. Isso elimina partes similares dos sinais, a fonte e a propagação da fonte até Moho, então a Função Receptor é sensível na delimitação da estruturação superficial da crosta embaixo da estação. O programa SAC (Seismic Analysis Code) foi usado para fazer o processamento e o cálculo das Funções Receptores. A Figura 1.4 apresenta um exemplo da marcação da chegada da onda P direta, a componente vertical e radial e a Função do Receptor registradas na estação STA08 em um dado evento.

Um método robusto de análise das Funções do Receptor é o método de Zhu and Kanamori (2000). Usando as velocidades medianas na crosta, as diferenças de tempo entre a P direta e a P convertida em S podem ser calculadas, bem como os tempos das múltiplas.

Usando uma dada velocidade v_p , os tempos de chegada podem ser calculados usando a profundidade de Moho (H), a razão v_p / v_s e o parâmetro do raio, este é dependente

da localização do evento e da profundidade. Ao invés de tentar ajustar toda a função, o método faz uma pesquisa, grid search, da espessura crustal e da razão v_p/v_s para calcular o tempo de chegada teórico das ondas P convertidas em S e das múltiplas para cada registro. A melhor combinação da espessura crustal e da razão v_p/v_s é aquela que maximiza o valor das amplitudes reais das funções receptor.

Para obter uma imagem das discontinuidades, como por exemplo Moho, as Funções do Receptor empilhadas são mapeadas em relação a posição da estação no perfil. Os dados são separados em 4 grupos, segundo o azimuth entre o sismo e a estação. A maioria dos eventos ocorrem na região noroeste e sudoeste, nota-se a escassez de eventos na região do Oceano Atlântico. O objetivo dessa separação é avaliar se existem variações laterais de estrutura.

Dispersão de Ondas de Superfície

Dados Geofísicos

Fundamentos Teóricos

Resultados e Discussões

Conclusões