



São Paulo 2004

## Estimativa da profundidade da interface crosta-manto na área do Reservatório de Samuel/RO utilizando a Função do Receptor: resultados preliminares

Cristiano Naibert Chimpliganond, George Sand Leão Araújo de França & Maria Fernanda Novo Barbosa  
Observatório Sismológico, Universidade de Brasília

Copyright 2004, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no I Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo, 26-28 de setembro de 2004. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Tecno-científica do I 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

São apresentados, neste trabalho, resultados preliminares da espessura da crosta na área do Reservatório da UHE Samuel/RO. O método da Função do Receptor foi utilizado para 19 telessismos registrados pela estação de banda larga SAMB entre outubro e dezembro de 2001. Os telessismos considerados apresentam distâncias epicentrais entre  $18^\circ$  e  $103^\circ$  e magnitudes entre 4,7 e 6,1  $m_b$ . Para o cálculo da espessura crustal foram adotados os valores de  $V_p=6,4$  km/s e  $V_p/V_s=1,73$ . Os resultados obtidos mostram uma espessura da crosta de 46 km.

### Introdução

O Reservatório da UHE Samuel/RO (ELETRONORTE) localiza-se na borda oeste do Cráton Amazônico, mais precisamente na província Rio Negro-Juruena. Esta província se desenvolveu através de sucessivos arcos magmáticos entre 1,8 e 1,55 Ga (Tassinari *et al.*, 2000). O embasamento desta província é representado, na área, por gnaisses do Complexo Jamari, seqüências vulcano-sedimentares do Grupo Roosevelt e granitóides intrusivos da Suíte São Romão (Figura 1), que foram metamorfisados em fácies anfíbolito e localmente granulito. No Mesoproterozóico (1,60 a 0,97 Ga) diversos eventos magmáticos periódicos, relacionados a eventos orogênicos, produziram intrusões na crosta da Província Rio Negro-Juruena. Métodos geofísicos, como refração sísmica e função do receptor, são utilizados para estudar a estruturação da crosta e do manto superior em vários países. Poucos são os estudos sobre a espessura da crosta no Brasil, principalmente para a região norte. Este trabalho apresenta alguns resultados preliminares da espessura da crosta para a borda oeste do Cráton Amazônico obtidos pelo método da Função do Receptor. Foram utilizados dados da estação sismográfica SAMB, que monitora a área do reservatório da UHE Samuel/RO desde abril/1997. Esta estação é composta por um sensor de banda larga Guralp CMG 40T e um registrador digital Quanterra, com aquisição de dados a uma taxa de digitalização de 20 amostras por segundo. A correção horária é feita com GPS interno ao registrador.

### Metodologia

A Função do Receptor (FR) é uma metodologia muito utilizada para a determinação da espessura da crosta em todo o mundo. Desenvolvida por Langston (1977, 1979), tem como fundamento isolar os efeitos da estrutura local, abaixo da estação, dos demais efeitos (fonte sísmica e percurso). Considerando uma onda P proveniente de um telessismo incidindo quase verticalmente na descontinuidade de Moho, uma estação sismográfica na superfície irá registrar a P, a Ps (conversão P para S) e reverberações, também chamadas de múltiplas (PsPms, PpSms entre outras). Praticamente toda a energia da onda P estará na componente vertical da estação, enquanto que a onda Ps será predominante na componente radial. O resultado da deconvolução da componente vertical pela radial fornece a função do receptor, onde as feições principais são um pico relativo à onda P "direta" seguido, alguns segundos depois, por um pico representando a Ps. A diferença entre os tempos da Ps e da P na função do receptor fornece a espessura da crosta. No Brasil, poucos trabalhos foram feitos utilizando esta técnica para estimar a espessura da crosta na região norte (Krüger *et al.*, 2002), a maioria concentrando-se nas regiões sudeste e centro-oeste (Assumpção *et al.*, 2002; França, 2003). Esta técnica permite uma boa estimativa da espessura crustal, a partir de dados de eventos telessísmicos registrados em estações triaxiais. No presente estudo foram selecionados, de acordo com a distância epicentral e a magnitude, telessismos ocorridos entre outubro e dezembro de 2001, detectados pela estação SAMB. Registros de terremotos com distâncias epicentrais entre  $17^\circ$  e  $50^\circ$  e com magnitudes iguais ou superiores a 4,5  $m_b$ , e eventos com distâncias entre  $50^\circ$  e  $105^\circ$  e magnitudes iguais ou superiores a 5,0  $m_b$ , foram usados. Com base neste critério, um total de 19 telessismos apresentando uma distribuição azimutal relativamente boa (Figura 2) foi selecionado para o estudo. Utilizando-se as rotinas fornecidas por Charles J. Ammon, com modificações de França (2003), foram calculadas 19 funções do receptor. Para estabilizar a divisão espectral, relacionada com a deconvolução da componente vertical pela radial, utilizou-se o método do nível de água de Clayton & Wiggins (1976). Após testados valores de nível de água (c) entre 0,01 e 0,001, o melhor resultado foi encontrado com c igual a 0,001. Para eliminar o ruído de alta frequência da função do receptor aplicou-se um filtro

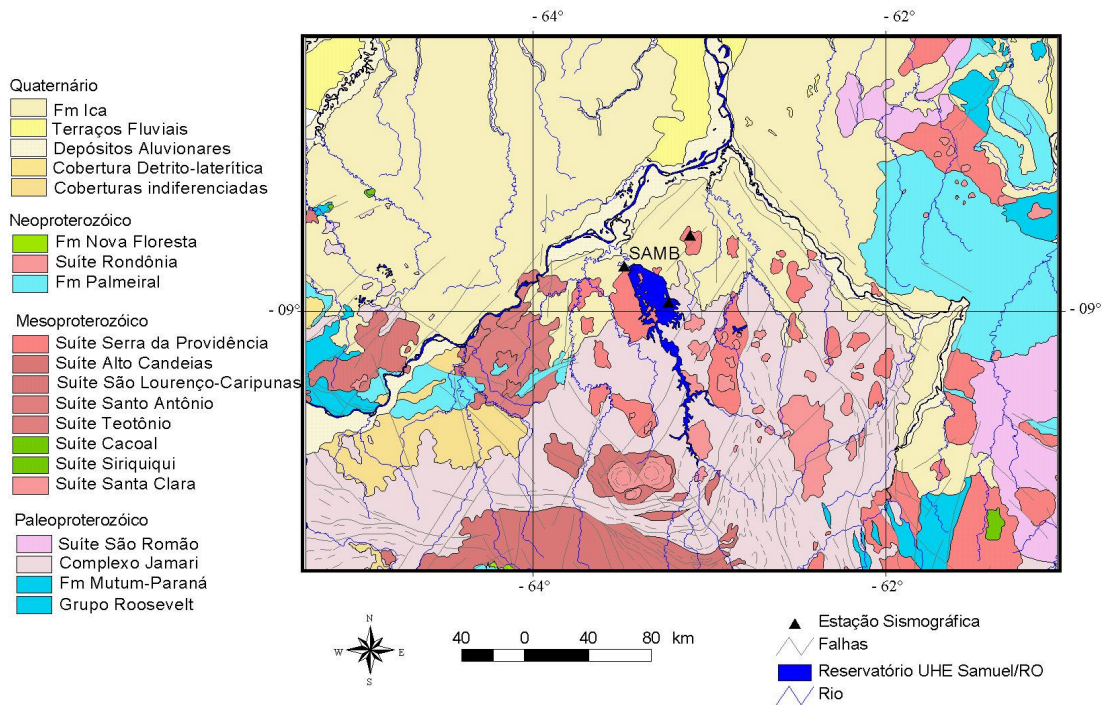


Figura 1 – Mapa geológico da área de estudo

gaussiano do tipo

$$G = \exp(-(\hat{u}^2/4a^2))$$

onde *a* é o parâmetro gaussiano (França, 2003). O valor de *a* adotado para este estudo foi de 3. Escolheu-se uma janela de tempo entre 40 e 90 segundos para cada evento de acordo com o ruído apresentado pela FR antes da chegada da P “direta”.

**Resultados**

O método da Função do Receptor permite que registros de eventos com aproximadamente mesma distância epicentral e mesmo azimute sejam empilhados para aumentar a razão sinal/ruído. Dessa forma, foram definidos dois agrupamentos de eventos com azimutes variando 10° e parâmetro de raio variando 0,2 seg/°. O Grupo I possui 2 eventos com azimutes reversos próximos a 190° e distâncias epicentrais entre 20 e 22°, e o Grupo II engloba 3 terremotos com distâncias epicentrais de 28° e azimutes reversos de aproximadamente 360° (Figura 3). As cores preta, azul e verde representam as FRs individuais e o traço de cor vermelha o resultado do empilhamento. Como podemos observar, o resultado do empilhamento das FRs dos eventos do Grupo II não evidencia a fase Ps, ao passo que para as FRs do Grupo I há uma fase Ps um pouco mais ressaltada entre 6 e 7 segundos após a fase P

“direta”. A Figura 4 mostra as FRs radiais para a estação SAMB ordenadas segundo a distância epicentral.

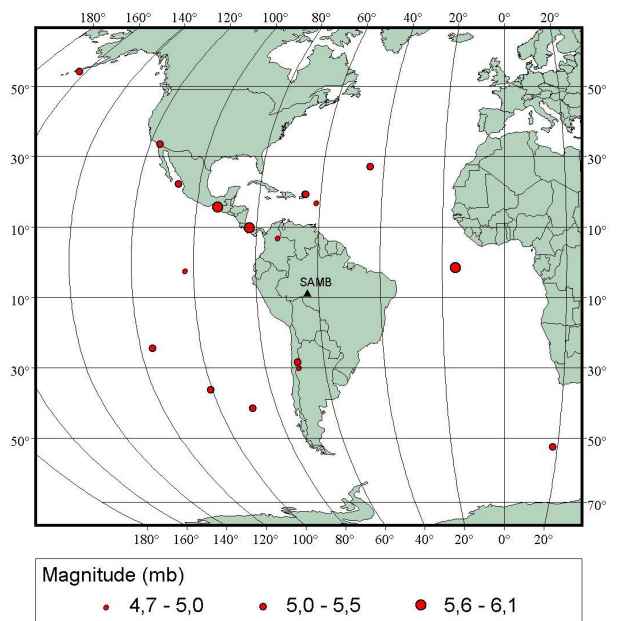


Figura 2 – Mapa de distribuição epicentral dos eventos utilizados para o cálculo da espessura crustal

Nesta figura é possível observar a Ps nas FRs para eventos de distâncias epicentrais acima de  $26^\circ$ . Para as FRs de eventos mais próximos que  $26^\circ$  a influência das descontinuidades de 410 km e 670 km dificulta a identificação desta fase. Na determinação da espessura da crosta sob a estação SAMB foram utilizadas as diferenças de tempo entre a Ps e a P “direta” obtidas das FRs na equação determinada por Zandt *et al.* (1995). Para tanto foi adotado um Vp médio para a crosta de 6,4 km/s e uma razão Vp/Vs de 1,73. Dessa forma, valores da espessura da crosta (H) foram calculados para as FRs de cada evento ou agrupamento e, a partir destas espessuras, um valor de H médio para a região foi obtido. A Tabela 1 apresenta alguns dados dos terremotos utilizados e os resultados encontrados. Podemos observar uma variação muito grande para os valores de H (38 a 54 km). Esta variação deve-se, em parte, ao fato de quase metade do número de eventos (Nº 1 a 8) se localizarem a distâncias inferiores a  $30^\circ$ , onde há influência da triplicação do manto. Outro fator que pode prejudicar a identificação da Ps é a baixa magnitude de alguns eventos (abaixo de 5,0). As espessuras calculadas para as FRs dos empilhamentos dos grupos I e II são de 53 e 49 km, respectivamente. O valor médio encontrado para a área em estudo foi de 46 quilômetros.

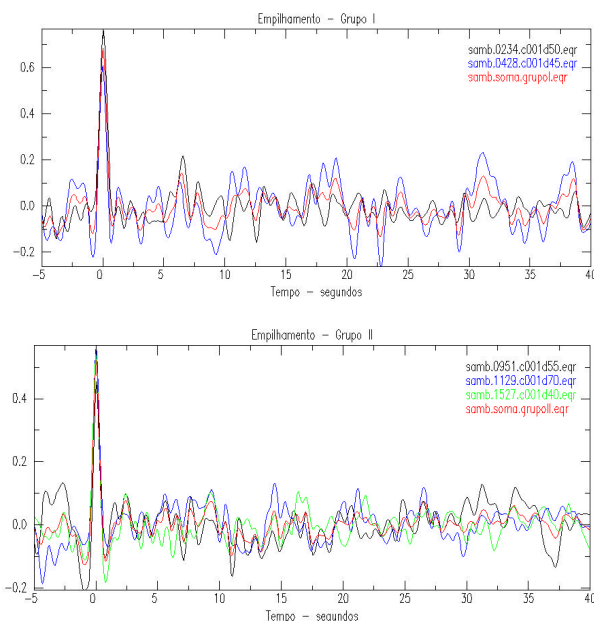


Figura 3 – Empilhamento de funções do receptor radial para eventos dos Grupos I e II

### Discussão e Conclusões

Através da aplicação da metodologia da Função do Receptor foi possível obter uma estimativa da espessura da crosta na área do Reservatório da UHE Samuel/RO. Adotando os valores de  $V_p=6,4$  km/s e  $V_p/V_s=1,73$  para

a crosta, determinou-se uma espessura média de 46 quilômetros. Deve-se ressaltar que este resultado é preliminar, uma vez que poucos eventos foram utilizados na sua determinação, reflexo do pequeno intervalo de tempo considerado (3 meses). Além disso, uma quantidade razoável de eventos encontra-se a distâncias (menores que  $30^\circ$ ) onde há influência da triplicação do manto. A estas distâncias epicentrais o sinal é afetado por chegadas adicionais com diferentes parâmetros de raio ( $p$ ) geradas nas descontinuidades do manto superior de 410 e 670 km de profundidade. Adicionalmente, alguns eventos possuem magnitudes baixas (inferiores a 5,0) dificultando a identificação da fase Ps, principalmente para distâncias epicentrais maiores. Vale observar que os valores de H encontrados para os eventos 2 e 3 (Tabela 1) são extremamente elevados comparados aos demais. Além de suas distâncias epicentrais estarem em torno de  $20^\circ$ , seus azimutes reversos são próximos ( $193^\circ$  e  $194^\circ$ , respectivamente). Desconsiderando os eventos influenciados pela triplicação (eventos 1 a 8 da Tabela 1) e com magnitude inferior a 5,0 (evento 11), foi encontrado um valor muito próximo (45 km) ao da média geral para a espessura da crosta. Apesar de preliminares, os resultados obtidos neste trabalho concordam com os valores encontrados por Krüger *et al.* (2002) para o Cráton Amazônico nas proximidades de Manaus (crosta com 48 km de espessura). Para outras regiões, como o Cráton São Francisco, estudos mostram uma crosta mais delgada com 41 km (Assumpção *et al.*, 2002).

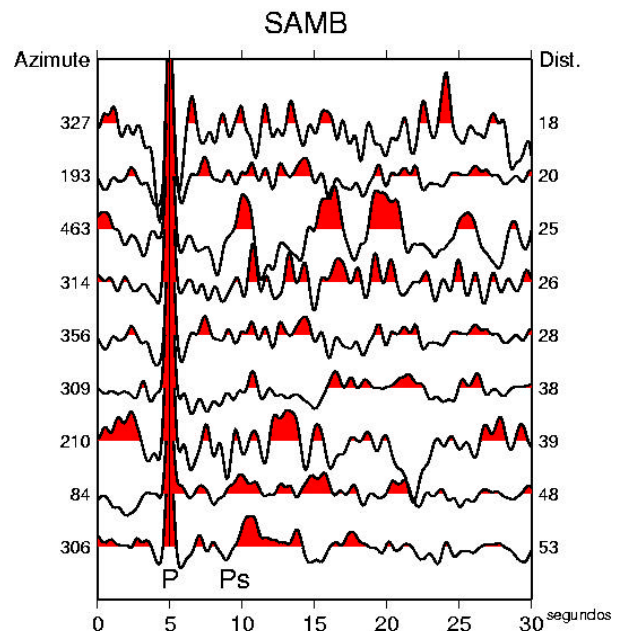


Figura 4 – Função do receptor para a estação SAMB ordenadas de acordo com a distância (em graus)

Tabela 1 – Relação de telessismos registrados pela estação SAMB utilizados para o cálculo da espessura da crosta. A data é ano/dia juliano;  $D$  é a distância epicentral;  $p$  é o parâmetro de raio em  $\text{seg}^\circ$ ;  $Ps - P$  é a diferença temporal entre as fases  $Ps$  e  $P$  na função do receptor;  $H$  é a espessura da crosta em km.

Nº	Data	$m_b$	$\Delta$ (°)	Azimute reverso	$p$ (seg/°)	$Ps - P$ (seg)	$H$ (km)
1	01/323	5,0	18	328°	10,8	4,89	38
2	01/290	5,3	20	194°	10,8	6,56	54
3	01/314	4,7	22	193°	10,5	6,29	52
4	01/341	4,7	25	5°	9,1	5,19	42
5	01/313	5,9	26	314°	9,0	5,73	46
6	01/297	5,1	28	356°	8,9	5,65	46
7	01/290	5,4	28	357°	8,9	5,56	45
8	01/289	5,4	28	357°	8,9	5,70	46
9	01/332	6,1	38	309°	8,4	5,70	46
10	01/341	5,1	39	210°	8,4	5,82	48
11	01/298	4,9	40	277°	8,3	5,82	48
12	01/347	5,5	40	27°	8,3	5,69	47
13	01/362	5,1	43	226°	8,1	5,32	44
14	01/319	5,6	48	84°	7,7	4,90	40
15	01/321	5,3	52	246°	7,4	5,46	45
16	01/317	5,5	53	307°	7,4	5,50	46
17	01/304	5,1	66	313°	6,4	5,62	47
18	01/339	5,4	78	142°	5,6	5,33	45
19	01/354	5,4	103	324°	4,4	5,24	45

### Agradecimentos

Os autores agradecem o Observatório Sismológico pelos dados cedidos e à MSc. Mônica Von Huelsen Chimpliganond pelas críticas e sugestões.

### Referências

Assumpção, M., James, D. & Snoke, A. – 2002 - Crustal thicknesses in SE Brazilian shield with receiver function: implications for isostatic compensation, *J. Geophys. Res.*, 107: B1, doi:10.1029/2001JB000422, ESE2-11.

Bettencourt, J.S., Tosdal, R.M., Leite Jr, W.B., Payolla, B.L. – 1999 - Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, southwestern border of the Amazonian craton, Brazil-I. Reconnaissance U-Pb

geochronology and regional implications. *Precambrian Res.* 95: 41-67.

Clayton, R.W. & Wiggins, R.A. – 1976 - Source shape estimation and deconvolution of teleseismic body waves, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 47: 151-177.

França, G.S.L.A. de – 2003 - Estrutura da crosta no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, usando função do receptor, Tese de doutorado, *Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas/USP* (São Paulo, SP, Brasil), 143p.

Krüger, F., Scherbaum, F., Rosa, J.W.C., Kind, R., Zetsche, F & Höhne, J. – 2002 - Crustal and upper mantle structure in the Amazon region (Brazil) determined with broadband mobile stations, *J. Geophys. Res.*, 107: B10, doi:10.1029/2001JB000598, ESE17.

Langston, C.A. – 1977 - The effect of planar dipping structure on source and receiver responses for constant ray parameter, *Bull. Seismol. 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.

Tassinari, C.C.G., Bettencourt, J.S., Geraldés, M.C., Macambira, M.J.B., Lafon, J.M. – 2000 - The Amazonian craton. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America. The 31<sup>st</sup> International Geological Congress*, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 41-95.

Zandt, G., Myers, S.C. & Wallace, T.C. – 1995 - Crust and mantle structure across the Basin and Range-Colorado Plateau boundary at 37° latitude and implications for Cenozoic extensional mechanism, *J. Geophys. Res.*, 100: B6, 10529-10548.