

## ARCABOUÇO CRUSTAL DO CRÁTON AMAZONAS: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE DADOS GRAVIMÉTRICOS E MAGNETOMÉTRICOS

Cleyton de Carvalho Carneiro<sup>1,2,5</sup> (cleyton@usp.br), Saulo Alves Carreiro-Araújo<sup>3</sup> (s.carreiro@petrobras.com.br), Caetano Juliani<sup>1</sup> (cjuliani@usp.br), Alvaro Penteado Crôsta<sup>2</sup> (alvaro@ige.unicamp.br), Lena Virginia Soares Monteiro<sup>2</sup> (monteiro.lena@gmail.com), Carlos Marcello Dias Fernandes<sup>4</sup> (cmdf@bol.com.br)

<sup>1</sup>GMG/IGUSP, <sup>2</sup>DGRN/UNICAMP, <sup>3</sup>PETROBRAS-E&P/EXP, <sup>4</sup>IG/UFPA, <sup>5</sup>INCT-GEOCIAM

### INTRODUÇÃO

O Cráton Amazonas, o de maior extensão da América do Sul, já teve sua evolução crustal analisada por diversos autores. Dentre as principais propostas destacam-se as de Tassinari & Macambira (1999), Santos (2003), Cordani & Teixeira (2007) e Juliani & Fernandes (2011). No entanto, apesar da ampla e necessária discussão em termos petrográficos, geocronológicos, geoquímicos, estruturais e geológicos de superfície, ainda se faz necessário estudos do arcabouço crustal em profundidade, tendo como base os dados gerados a partir de métodos potenciais.

Dentre as aplicações possibilitadas pelos métodos potenciais, aquelas relacionadas ao estudo do arcabouço crustal têm destaque em diversas regiões do mundo (Ferreira, 1982, Ussami *et al.*, 1993, Mantovani & Brito Neves, 2005, Oliveira, 2005, Carreiro-Araújo, 2012). O cálculo que identifica a interface entre a crosta e o manto litosférico, a *Descontinuidade de Mohorovicic* (Moho), a partir de dados gravimétricos regionais, bem como a análise de estruturas em níveis crustais distintos com base em dados de magnetometria, auxiliam na compreensão da disposição dos blocos que formam a crosta.

Este trabalho tem por objetivo compreender o arcabouço tectônico em diferentes níveis crustais e a disposição da superfície da Moho em diferentes segmentos do Cráton Amazonas. Além disso, o estudo lança um olhar às estruturas que compõem a Província Tapajós, em diferentes níveis de profundidades. Para isso, foram utilizados dados gravimétricos do “*Earth Gravitational Model*” (EGM2008), “*National Geospatial-Intelligence Agency*” (NGA) e dados magnetométricos, adquiridos nos anos de 1997 e 2008 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Os resultados gerados a partir dos dados gravimétricos e magnetométricos, portanto, possibilitarão o fomento de discussões acerca dos modelos de evolução crustal do Craton Amazonas.

### MATERIAIS E MÉTODOS - DADOS GRAVIMÉTRICOS E MAGNETOMÉTRICOS

O modelo gravitacional EGM08 representa uma evolução do modelo EGM96, que por sua vez, foi gerado a partir de dados gravitacionais de cerca de 40 satélites, dados de elevação de 27 fontes, e dados de altimetria por satélite na região marinha do TOPEX, do ERS-1 e do GEOSAT. O novo modelo EGM08 resultou em dados cuja acurácia do geóide apresenta RMS de ~15 cm. Os satélites da missão GRACE proporcionaram grande parte destas informações. Além destes satélites, foram utilizados dados das missões TOPEX/POSEIDON, JASON-1, ERS-1/2, GEOSAT, ENVISAT, GFO e ICESAT. Estes dados foram disponibilizados em “*grids*” de anomalia Bouguer, com intervalos médios de 2,5 x 2,5 arco-minuto.

Os dados magnetométricos são provenientes de três projetos aerogeofísicos adquiridos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM): (i) Província Aurífera do Tapajós - Bloco 1, (ii) Província Aurífera do Tapajós - Bloco 2, e (iii) Itaituba. Nos projetos (i) e (ii) foram geradas linhas de produção N-S, espaçadas em 1 km e linhas de controle E-W espaçadas em 13 km. O intervalo de amostragem foi de ~50 e 60 m, e a altura do vôo foi de ~100 m. Os dados do projeto (iii) apresentam linhas de produção N-S, com 0,5 km de espaçamento e linhas de controle E-W, com espaçamento de 10 km. O intervalo de amostragem foi de 0,1s e a altura de vôo foi de ~100 m. Os três projetos foram integrados em uma mesma base de dados, nivelada e micronivelada para remoção dos ruídos remanescentes (Urquhart, 1988, Minty, 1991, Luyendyk, 1997).

Os dados de anomalia Bouguer (AB) e do campo magnético anômalo (CMA) foram analisados a partir dos seus respectivos espectros. Para isso, foi utilizada a técnica desenvolvida

por Spector & Grant (1970) e refinada em um algoritmo por Phillips (2001, 2007), denominado “*matched filtering*”. O filtro é apropriado para mapear fontes potenciais em diferentes profundidades.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de AB foram divididos em cinco faixas latitudinais (Fig. 1A) e quatro faixas longitudinais (Fig. 1B), onde foram calculados os respectivos valores de profundidade da Moho. Os blocos gerados pela intersecção entre as faixas latitudinais e longitudinais, no polígono B (Fig. 1), foram calculados a partir da média aritmética dos valores obtidos nas faixas A e B.

Na Figura 1C são mostrados os “grids” da primeira derivada vertical do CMA em diferentes níveis de profundidades. Esse resultado permitiu algumas observações quanto à geometria das fontes magnéticas e suas respectivas relações com feições geológicas. A Figura 1C-1, correspondente à profundidade rasa (1,48 km), mostra variações no CMA que indicam estruturas de direção E-W, sobrepostas por uma tendência NNW-SSE bem marcada. Estas estruturas, por sua vez, são truncadas por outras de direção NNE-SSW. Em profundidades crustais intermediárias (6,27 km), o resultado apresentado na Figura 1C-2 mostra feições de truncamento com evidências de que as estruturas E-W estão sobrepostas pelas estruturas de direção NNW-SSE. Em maiores profundidades (15,4 km) há predominância de expressivas estruturas alongadas na direção E-W (Fig. 1C-3). Estas estruturas mostram-se anastomosadas, irregulares e apresentam-se expressas nas diferentes variações de magnitude do CMA. Por último, a composição ternária das derivadas verticais do CMA em diferentes profundidades R(15,4 km)-G(6,27 km)-B(1,48 km), apresentada na Figura 1C-4, evidencia as direções de mergulho das fontes de anomalias magnéticas. Isso fornece indicações de que tais regiões anômalas alongadas na direção E-W estariam mergulhando, predominantemente, de sul para norte.

## CONCLUSÕES

As análises originadas a partir de dados gravimétricos e magnetométricos permitiram observações acerca de estruturas relacionadas à evolução tectônica do Cráton Amazonas. Grandes blocos crustais estruturados segundo a direção E-W (Fig. 2), com formas anastomosadas, concordantemente com as zonas de cisalhamento arqueanas de Carajás (de ca. 2,8 Ga e com reativações posteriores), desenham o arcabouço crustal da porção sul do cráton. Essas estruturas são observadas também em regiões crustais mais profundas da Província Tapajós. Sobre esses blocos houve a sobreposição de estruturas com direção predominantemente NNW-SSE. A colocação de rochas vulcânicas félsicas fissurais e granitos mais evoluídos, tardi- a pós-orogênicos, na Província do Tapajós, foi controlada por estruturação NNW-SSE, compatível com as regiões mais rasas do espectro analisado, como definido por Juliani & Fernandes (2010). As direções NNE-SSW, expressas sobretudo em regiões crustais mais rasas, estão relacionadas aos diques que ocorrem na região. A presença de blocos dispostos na direção E-W em profundidade sugere um regime dúctil, pretérito ao magmatismo associado às estruturas de direção NNW-SSE, que compõe a Província Tapajós. Assim, esses resultados sugerem que o embasamento arqueano tem continuidade por debaixo de arcos vulcânicos continentais desenvolvidos por um orógeno acrescionário entre ~2,15 e 1,86 Ga, semelhante às evoluções andina e do oeste da América do Norte no Fanerozoico. A estruturação NW-SE ou NE-SW observada nessa região, nesse contexto, pode ser atribuída essencialmente à intrusão e extrusão fissural de magmas tardi- a predominantemente pós-orogênicos, como descrito por Juliani & Fernandes (2010). Esses resultados sugerem ser necessária uma revisão dos modelos de evolução tectônica para a parte sul do Cráton Amazonas. Os resultados ora obtidos são condizentes com a proposta de evolução destacada por Juliani (2012) e Juliani *et al.* (2013).

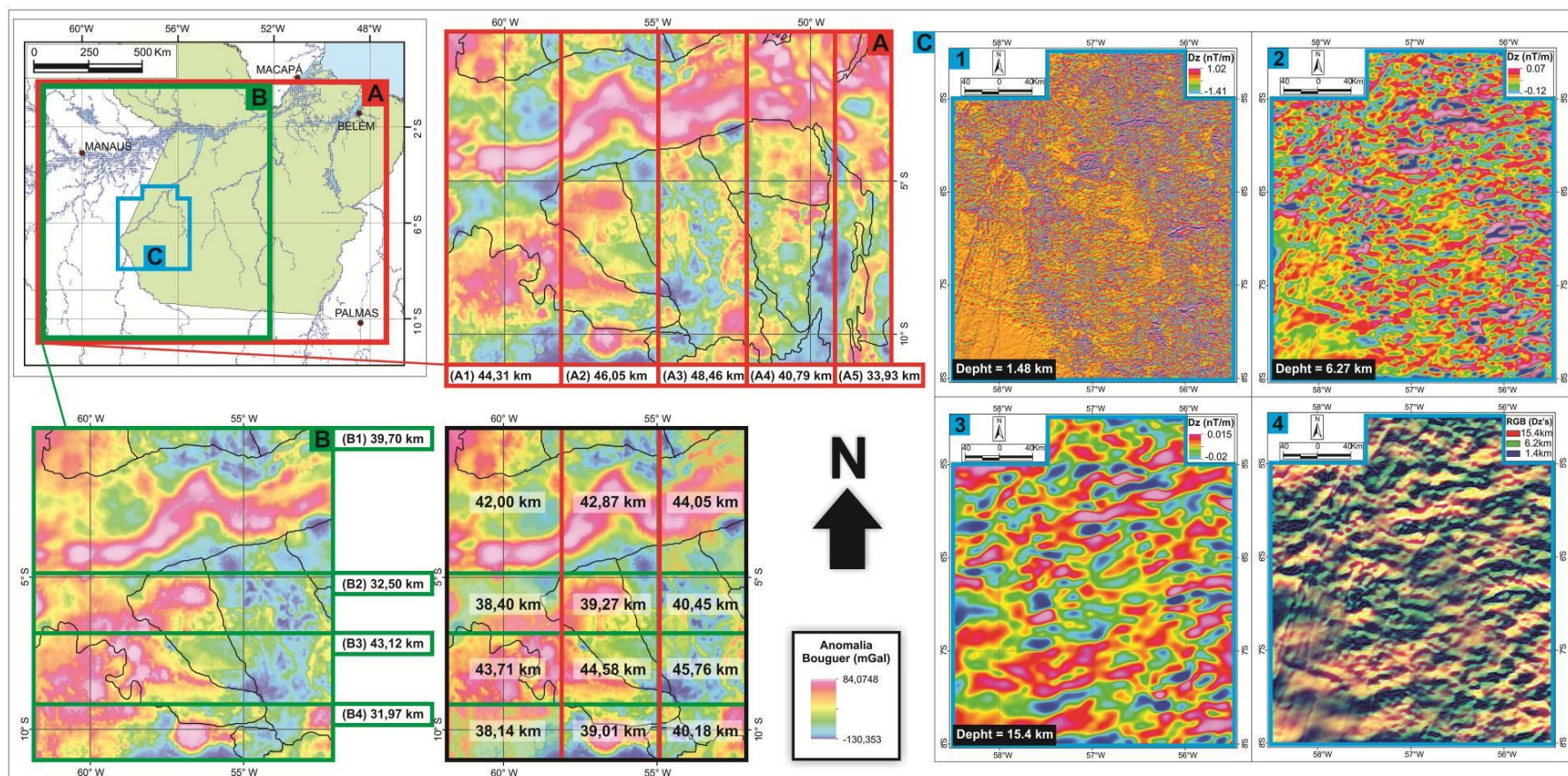


Figura 1- Localização dos levantamentos gravimétricos e magnetométricos: (A) Polígono de recobrimento dos dados gravimétricos de anomalia Bouguer, onde foram desenvolvidas as análises latitudinais de profundidade da Moho, (B) polígono recortado de (A) onde foram realizadas as análises longitudinais de profundidade da Moho. As profundidades da Moho estão indicadas em km. A interseção entre os dois blocos, apresentada entre as figuras (A) e (B), mostra as médias de profundidade da Moho para os blocos gerados a partir da interseção das faixas latitudinais e longitudinais, (C) polígono referente ao aerolevantamento magnetométrico, no qual foram geradas as imagens da primeira derivada vertical do espectro do CMA em diferentes níveis de profundidade, a saber: (C1) 1,48 km, (C2) 6,27 km, (C3) 15,4 km, e (C4) composição colorida R(C3)-G(C2)-B(C1).



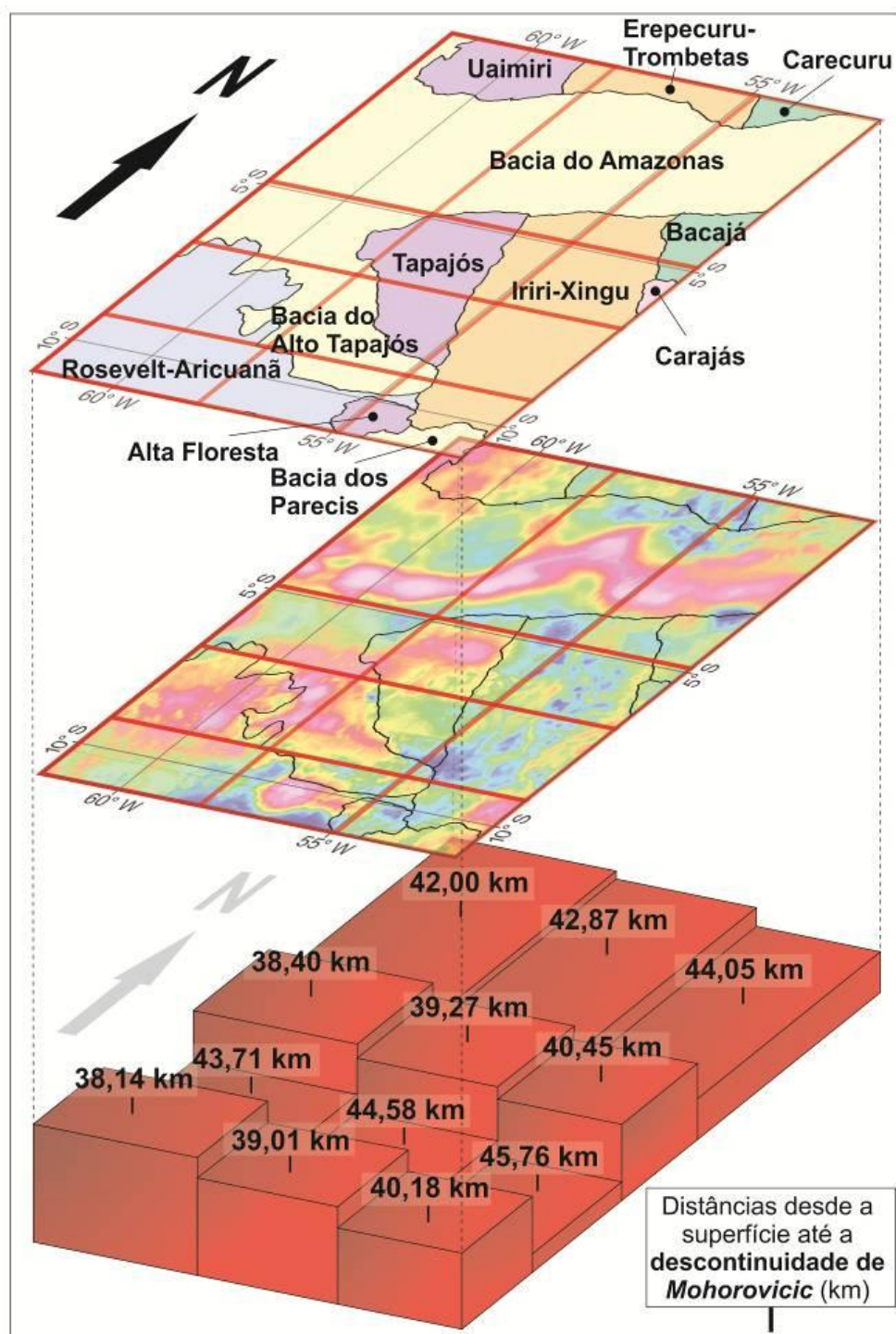


Figura 2. Blocos representando o topo da Moho, segundo as análises de gravimetria, em contraste com as Províncias Geológicas propostas por Santos (2003).

#### AGRADECIMENTOS

Os autores à FAPESP pela concessão da bolsa de pós-doutorado ao primeiro autor (Proc. 2010/10498-8), ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pela concessão dos dados aerogeofísicos, especialmente à Dra. Maria Laura Azevedo e ao Dr. Alexandre Lago da DIGEOF/RJ, ao CNPq/CT-Mineral (Proc. 550.342/2011-7) e ao INCT Geociências da Amazônia (CNPq/MCT/FAPESPA).

## REFERÊNCIAS

- Carreiro-Araújo, S. A. 2012. Métodos potenciais aplicados ao estudo do arcabouço crustal da porção meridional da Faixa Ribeira, margem continental da Bacia de Santos. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UnB.
- Cordani, U.G, Teixeira, W. 2007. Proterozoic accretionary belts in the Amazonian Craton. Geological Society of America Memoirs, 200, 297-320.
- Ferreira, F.J.F. 1982. Geologia da Bacia do Paraná - alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. IPT. 143-166p.
- Juliani, C. 2012. A Província Aurífera Tapajós-Xingu: Avanços no Conhecimento Geológico-Metalogenético. V Simpósio Brasileiro de Exploração Mineral. Ouro Preto. Site: [http://www.adimb.com.br/simexmin2012/wp-content/themes/simexmin/palestras/07tapajos-xingu/VI\\_1\\_Juliani.pdf](http://www.adimb.com.br/simexmin2012/wp-content/themes/simexmin/palestras/07tapajos-xingu/VI_1_Juliani.pdf)
- Juliani, C & Fernandes, C.M.D. 2010. Well-preserved late paleoproterozoic volcanic centers in São Félix do Xingu region, Amazonian Craton, Brazil. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 191, 167-179.
- Juliani, C., Monteiro, L.V.S., Fernandes, C.M.D., Carneiro, C. de C., Echeverri-Misas, C.M., Lagler, B., Aguiar-Bocanegra, M.A., Tokashiki, C. do C., 2013. Controle tectônico e eventos magmáticos associados às mineralizações epitermais, do tipo pórfiro e IOCG paleoproterozoicas na parte sul do Cráton Amazônico e seu potencial de prospectividade. Simpósio Brasileiro de Metalogenia, 3, Gramado, RS. [CDROM]
- Luyendyk, A.P.J. 1997. Processing of airborne magnetic data: Journal of Australian Geology and Geophysics, 17, 31-38.
- Mantovani, M.S.M., & Brito Neves, B.B. 2005. Geophysical boundaries of Paranapanema Proterozoic block: its importance for the Rodinia to Gondwana evolutionary theories. Gondwana
- Minty, B.R.S. 1991. Simple micro-leveling for aeromagnetic data: Exploration Geophysics, 22, 591-592.
- Oliveira, R. G. 2008. Arcabouço geofísico, isostasia e causas do magmatismo cenozoico da província Borborema e de sua margem continental (Nordeste do Brasil). Tese de Doutorado, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, UFRN.
- Phillips, J.D. 2001, Designing matched bandpass and azimuthal filters for the separation of potential-field anomalies by source region and source type: 15th Geophysical Conference and Exhibition, Australian Society of Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts, CD-ROM.
- Phillips, J.D. 2007. Geosoft e Xecutables (GX's) developed by U.S Geological Survey, version 2.0, with notes on GX development from Fortran code: U.S. Geological Survey Open-File Report, 1355p.
- Santos J.O.S. 2003. Geotectônica dos Escudos da Guiana e Brasil Central. In: L.A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R.M. Vidotti, J.H. Gonçalves (Eds.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Texto, mapas e SIG. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Brasília, p.169-226.
- Spector, A., & Grant, F. S. 1970. Statistical models for interpreting aeromagnetic data. Geophysics, 35(2), 293-302.
- Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 1999. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. Episodes, 22, 174-182.
- Urquhart, T. 1988. Decorrugation of enhanced magnetic field maps: 59th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 371-372.
- Ussami, N., Sá, N. C., & Molina, E.C. 1993. Gravity signature of the western Paraná basin, Brazil. Earth and Plan. Sci. Lett., 159(3/4), 117-132.