

## Modelos Gravimétricos da porção meridional do Cinturão Ribeira e regiões adjacentes

Luís Gustavo de Castro<sup>1</sup>, Francisco José Fonseca Ferreira<sup>1</sup>, Alberto Pio Fiori<sup>2</sup>, Adalene Moreira Silva<sup>3</sup>, 1 – Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada (LPGA/UFPR), 2 – Departamento de Geologia (DGEOL/UFPR), 3 – Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA/UnB)

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14<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

The diversity of works and models presented to explain the current evolution of Paraná State precambrian setting, reflects the complexity of the processes involved in the formation and disposition of such terrains. Based on integration of geological data and terrestrial gravity data modeling, this study presents geophysical-geological-structural models of the southern portion of the Ribeira Belt.

### Introdução

A propagação das estruturas regionais instaladas nos terrenos Pré-cambrianos do Sudeste do Brasil e a investigação de seu papel na estruturação das bacias sedimentares já foi tema abordados por diversos autores. O grande volume de trabalhos e a variedade de modelos propostos para explicar a disposição e evolução destas feições, na porção meridional do Cinturão Ribeira (Fig.1), refletem a complexidade destes terrenos. Contudo, são poucos os trabalhos que utilizam da modelagem de dados potenciais como ferramenta na elaboração de modelos em escala regional.

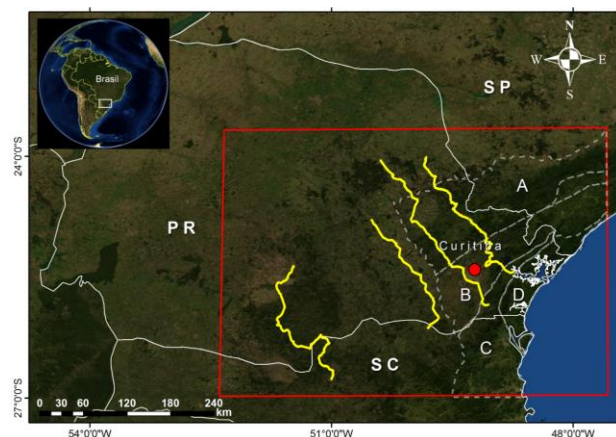


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo (polígono vermelho), destacando as transectas levantadas (amarelo) e os terrenos tectônicos da porção meridional do Cinturão Ribeira segundo Heilbron et al. (2008) em cinza tracejado: A – Terreno Apiaí, B – Terreno Curitiba, C – Terreno Luis Alves, D – Terreno Paranaguá

O presente trabalho teve como objetivo, verificar com base na resposta geofísica, a distribuição espacial das zonas de cisalhamento neoproterozoicas que limitam os terrenos tectônicos da porção meridional do Cinturão Ribeira, além de sua propagação sob a área adjacente na Bacia do Paraná (Figs. 1 e 2).

A análise foi realizada por meio da geração de modelos geológico-geofísico-estruturais 2-D, elaborados com base no processamento e modelagem de dados gravimétricos terrestres adquiridos ao longo de quatro transectas gravimétricas regionais, e de sua integração com dados geológicos.

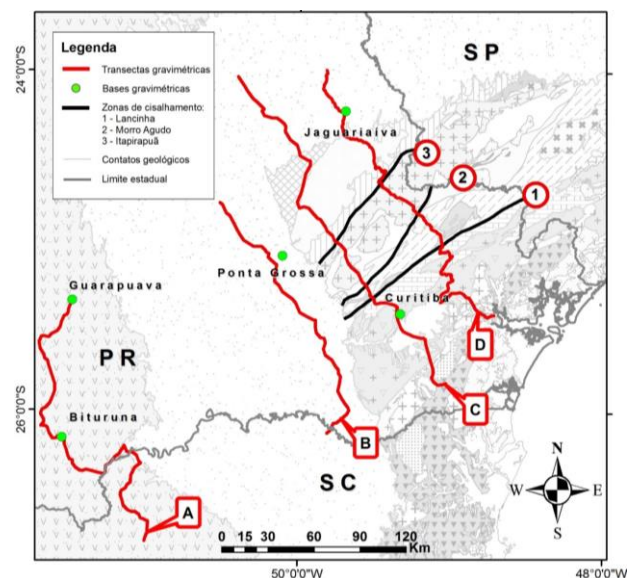


Figura 2: Mapa geológico simplificado da área de estudo com localização das transectas indicando as bases gravimétricas utilizadas. Zonas de cisalhamento: 1, Lancinha; 2, Morro Agudo; 3, Itapirapuã.

### Métodos

Os dados gravimétricos terrestres foram adquiridos ao longo de quatro transectas gravimétricas dispostas perpendicularmente à direção da tendência estrutural predominante na área do escudo (NE) e às zonas de cisalhamento da Lancinha, Morro Agudo e Itapirapuã (Figs. 2 e 3). A aquisição foi realizada com espaçamento médio de 2 km entre as estações, adensados para 1 km no entorno das zonas de cisalhamento mencionadas. A extensão das transectas variou entre 215 e 425 km, totalizando 504 estações gravimétricas distribuídas ao longo de 1226 km, conforme a Tabela 1.

A modelagem 2-D dos dados gravimétricos foi realizada com o auxílio do módulo GM-SYS do software Oasis Montaj, o qual calcula a resposta do modelo gravimétrico

com base em Talwani *et al.* (1959) e Talwani & Heirtzler (1964), fazendo uso do algoritmo descrito por Won e Beavis (1987). A inversão dos dados utiliza o algoritmo da Marquardt (1963) (GM-SYS, 2002).

Tabela 5-1 – Dados de produção das transectas levantadas.

Transectas	Extensão (km)	Estações
A	273	120
B	215	100
C	313	149
D	425	135
Total	1226	504

Como informações prévias para a modelagem foram utilizados dados de poços, como profundidade do embasamento e da Formação Serra Geral, além dados de espessura e profundidade das camadas crustais obtidos da bibliografia. As densidades utilizadas na construção dos modelos têm origem nos estudos de Rosales (2004), apoiado nos dados apresentados por Telford (*et al.* 1990)

**Separação Regional Residual**

A separação regional- residual foi realizada com base na análise do espectro de potência 2-D, onde o sinal das fontes profundas, intermediárias e rasas foi separado pela aplicação de filtros passa baixa (*low-pass*), passa banda (*band-pass*), e passa-alta (*high-pass*), sobre os dados da Anomalias Bouguer de cada transecta. A partir da média dos comprimentos de onda obtidos foram estabelecidos os valores de corte utilizados nos filtros. Para a separação das fontes profundas foram considerados os comprimentos de onda maiores de 37.144 m, para as fontes intermediárias foi definido o intervalo entre 37.144 e 3.763 m, e para as fontes rasas, foram utilizados comprimentos de onda menores que 3.763 m.

**Resultados**

Os perfis de Anomalia Bouguer resultantes da separação regional-residual, foram modelados tendo como referências os dados geológicos disponíveis, sendo as anomalias gravimétricas (regional e residual) relacionadas as feições geológicas correspondentes quando possível.

Para cada transecta foi elaborado um modelo regional, envolvendo tanto o manto como as camadas da crosta, e um residual, relacionado à crosta continental superior e as unidades geológicas aflorantes.

Os parâmetros físicos e geométricos das camadas crustais dos modelos regionais, foram embasados nos estudos de Bassini (1986) e Rosales (2004). Os valores indicam para a crosta continental superior uma espessura de 11 km, com densidade de 2,84 g/cm<sup>3</sup>. A crosta continental inferior foi dividida em duas camadas: uma superior com profundidade entre 11 e 24 km (13 km de espessura) com densidade de 2,98 g/cm<sup>3</sup>, e outra, inferior, com profundidade variando entre 24 e 39 km (15

km de espessura), com densidade de 3,09 g/cm<sup>3</sup>. A interface crosta/manto (descontinuidade de Mohorovicic) foi posicionada a 39 km de profundidade e a densidade foi estimada em 3,39 g/cm<sup>3</sup>.

Os dados de Anomalia Bouguer foram projetados e interpolados visando uma melhor associação com os dados geológicos. Os perfis regionais e residuais de cada transecta foram interpretados pela associação das anomalias às principais unidades geológicas e feições estruturais da área de estudo (Figura 3).

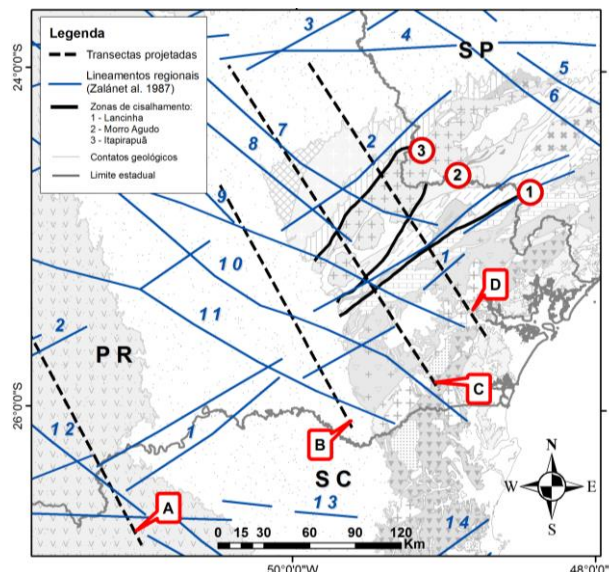


Figura 3: Localização dos perfis projetados de anomalias Bouguer sobre a base geológica da CPRM (2001), indicando as zonas de cisalhamento Lancinha (1), Morro Agudo (2) e Itapirapuã (3), identificadas por círculos vermelhos e as principais estruturas apresentadas por Zalán *et al.* (1987) em azul: 1) Zona de Falha Lancinha-Cubatão, 2) Zona de Falha Taxaquara, 3) Falha Jacutinga, 4) Lineamento São Sebastião, 5) Zona de Falha de Guapiara, 6) Falha de São Jerônimo-Curiúva, 7) Zona de Falha Curitiba-Maringá, 8) Arco de Ponta Grossa, 9) Falha do Rio Alonzo, 10) Zona de Falha Cândido de Abreu-Campo Mourão, 11) Lineamento Rio Piquiri, 12) Zona de Falha Caçador, 13) Lineamento Taquara Verde, 14) Zona de Falha Blumenau-Soledade.

O modelo regional da transecta “A” mostrou variações da espessura crustal correspondentes à Zona de Falha de Taxaquara (ZFT), Zona de Falha Lancinha Cubatão (ZFLC) e Zona de Falha Caçador (ZFC). A ZFT e a ZFLC limitam uma porção com afinamento crustal relativo de aproximadamente 6 km. Na porção Sudeste do modelo a ZFC também parece limitar uma zona de afinamento de mesma proporção.

O modelo residual desta transecta mostra uma redução de profundidade do embasamento de NW para SE, o que também é observado na Fm Serra Geral, cuja espessura diminui em direção à SE. Altos gravimétricos relativos são relacionados a possíveis ocorrências de rochas de composições básica mais profundas no embasamento da bacia, ou ainda granitóides situados a profundidades

menores. Estes últimos foram indicados pelos dados de poços completados no embasamento da bacia.

O modelo regional da transecta "B" apresentou variações de espessura crustal condicionadas pela Falha do Rio Alonzo (FRA), e pelos prolongamentos das zonas de cisalhamento Itapirapuã (ZCI) e Lancinha (ZCL), como observado na Figura 4. A porção encerrada pela FRA e ZCI indica uma espessura crustal de cerca de 41 km, enquanto a porção entre a ZCI e ZCL atinge cerca de 36 km. A SE da ZCL a espessura chega a atingir cerca de 42 km.

A interpretação do modelo residual possibilitou correspondência do embasamento com unidade do embasamento aflorante. O modelo sugere o prolongamento do Complexo Batolítico Cunhaporanga, das unidades da Faixa Itaiacoca, do Complexo Batolítico Três Córregos e o Granito Piedade sob a Bacia do Paraná (Fig.5).

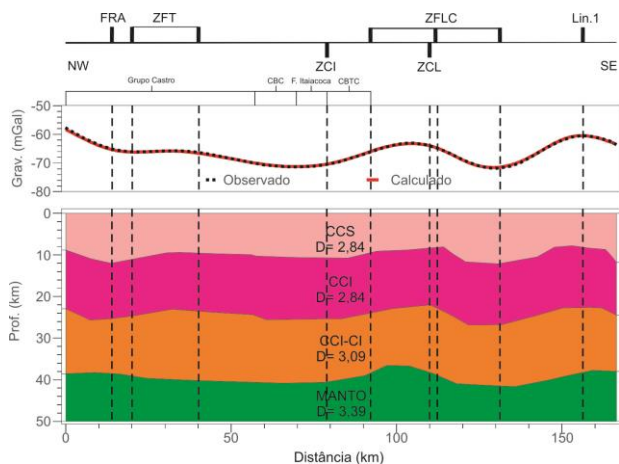


Figura 4: Anomalia gravimétrica regional da transecta B e modelo gravimétrico correspondente. Legenda: CCS - Crosta Continental Superior, CCI-CS - Crosta Continental Inferior camada superior, CCI-CI - Crosta Continental Inferior camada inferior. Principais Estruturas: FRA, Falha do Rio Alonzo; ZFT, Zona de Falha de Taxaquara; ZCI, Zona de Cisalhamento Itapirapuã; ZFLC, Zona de Falha Lancinha Cubatão; ZCL, Zona de Cisalhamento Lancinha; ZFC, Zona de Falha Caçador.

Nos modelos das transectas realizadas sobre o Cinturão Ribeira é possível observar uma diminuição da espessura crustal de NW para SE, com segmentos distintos marcados pelas zonas de cisalhamento.

O modelo regional da transecta "C" mostra segmentos de espessura crustal distintas cujos limites tem correspondência em superfície com a Falha de Castro (FC), A Zona de Falha de Taxaquara (ZFT) e as zonas de cisalhamento Itapirapuã (ZCI), Morro Agudo (ZCMA) e Piên (ZCP). São marcadas Zonas de afinamento crustal entre a ZFT e ZCI (34 km), entre a ZCMA e a região da falha do Passaúna (34,5 km) e a SE da ZCP. As principais regiões de espessamento são observadas entre a FC e ZFT (36 km), ZCI e ZCMA (40 km).

No modelo residual é marcante a diferença da resposta geofísica das rochas da Bacia do Paraná, marcada por amplitudes menores, e do Cinturão Ribeira, com

amplitudes maiores. A assinatura relacionada ao Complexo Batolítico Cunhaporanga, as unidades da Faixa Itaiacoca e ao Complexo Batolítico Três Córregos, observada na transecta "B", é bem caracterizada. As intercalações de baixos e altos gravimétricos foram relacionadas à possíveis variações do Complexo Atuba. No extremo SE da transecta é observada um alto gravimétrico relacionado à Suíte rio Piên com associação de rochas ultramáficas, a qual se encontra sobreposta aos granulitos do Complexo Luis Alves.

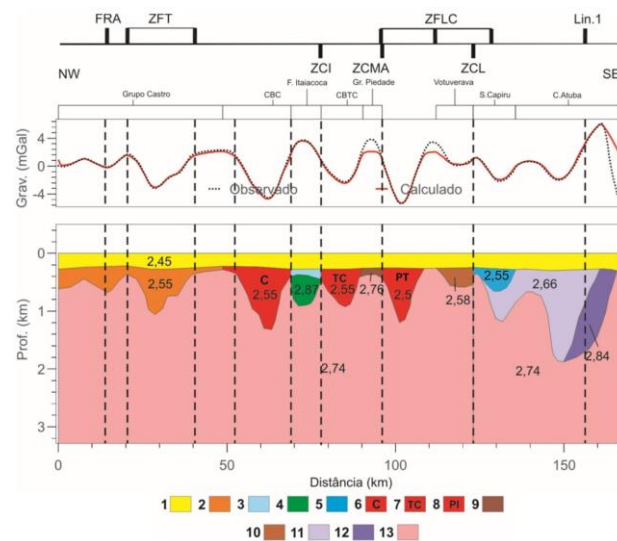


Figura 5: Anomalia gravimétrica residual da transecta B, modelo gravimétrico correspondente. Legenda: 1, Bacia do Paraná; 2, Grupo Castro; 3 e 4, Faixa Itaiacoca com rochas básicas associadas; 5, Sequência Capiru; 6, Complexo Batolítico Cunhaporanga; 7, Complexo Batolítico Três Córregos; 8, Granito Passa Três; 9, Sequência Água Clara; 10, Sequência Votuverava; 11, Complexo Gnáissico Migmatíticos Atuba; 12, Suíte Granítica Cálcio Alcalina Rio Piên; 13, Embasamento. Principais Estruturas: FRA, Falha do Rio Alonzo; ZFT, Zona de Falha de Taxaquara; ZCI, Zona de Cisalhamento Itapirapuã; ZFLC, Zona de Falha Lancinha-Cubatão; ZCL, Zona de Cisalhamento Lancinha.

A análise da anomalia regional na transecta "D" revelou essencialmente três patamares cujos valores foram associados a um afinamento crustal gradativo de NW para SE. A variação de espessura da crosta foi associada a segmentos limitados por zonas de cisalhamento. O primeiro segmento é limitado à Leste pela Zona de Cisalhamento Itapirapuã (ZCI) e se relaciona as menores amplitudes da Anomalia Bouguer com a espessura da crosta variando entre cerca de 35 e 40 km. O segmento central é condicionado pela ZCI e pela Zona de Cisalhamento Lancinha (ZCL). A esta porção são atribuídas as amplitudes médias com profundidades variando entre cerca de 38 e 34 km.

O terceiro segmento contém as anomalias de maior amplitude associadas às menores espessuras da crosta do modelo. Nesta porção as amplitudes variam entre cerca de 25 e 30 km. Em superfície as maiores anomalias têm correspondência com as Zonas de

Cisalhamento Mandirituba-Piraquara (ZCMP) e Piên (ZCP), como observado na Figura 6.

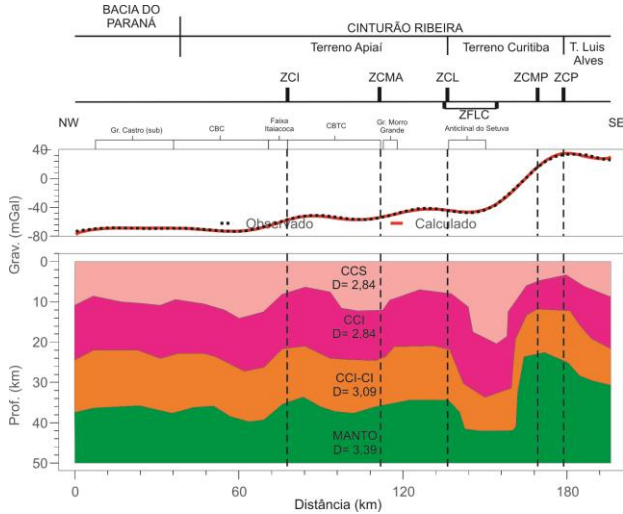


Figura 6: Anomalia regional de transecta D, sobreposta ao modelo gravimétrico e soluções de Werner correspondentes. Legenda: CCS – Crosta Continental Superior, CCI-CS – Crosta Continental Inferior camada superior, CCI-CI -Crosta Continental Inferior camada inferior, CBC - Complexo Batolítico Cunhaporanga; CBTC - Complexo Batolítico Três Córregos. Principais Estruturas: ZCI, Zona de Cisalhamento Itapirapuã; ZCMA, Zona de Cisalhamento Morro Agudo; ZFLC, Zona de Falha Lancinha-Cubatão; ZCL, Zona de Cisalhamento Lancinha; ZCMP, Zona de Cisalhamento Mandirituba-Piraquara; ZCP, Zonas de Cisalhamento Piên. A anomalia residual da transecta “D” mostra claramente dois segmentos principais limitados pela ZCL. A NW da Zona de Cisalhamento Lancinha, os valores variam entre -2,51 e 3,78 mGal, e a SE da ZCL os valores variam entre de -22,6 a 21,4 mGal (Figura 7).

No primeiro segmento é observado um alto relativo relacionado à Bacia do Paraná, possivelmente influenciado pelo prolongamento do Grupo Castro em subsuperfície. A assinatura relacionada à sucessão Complexo Batolítico Cunhaporanga, Faixa Itaiacoca e Complexo Batolítico Três Córregos é observada de forma menos pronunciada. Isto se deve à ocorrência das altas amplitudes da porção SE do perfil que parece mascarar a intercalação de dois baixos relativos com um alto gravimétrico característica destas unidades. A sequência Água Clara também se mostra como um baixo gravimétrico relativo. A ZCL marca o aumento das amplitudes no perfil, associadas à variação composicional e de profundidade do Complexo Atuba e do prolongamento da Suíte Rio Piên para NW sob as unidades do Terreno Curitiba.

O Granito Graciosa teve como resposta um baixo gravimétrico sucedido por um alto relativo relacionado ao complexo granulítico do Terreno Luís Alves marcado em superfície pela Zona de Cisalhamento Piên.

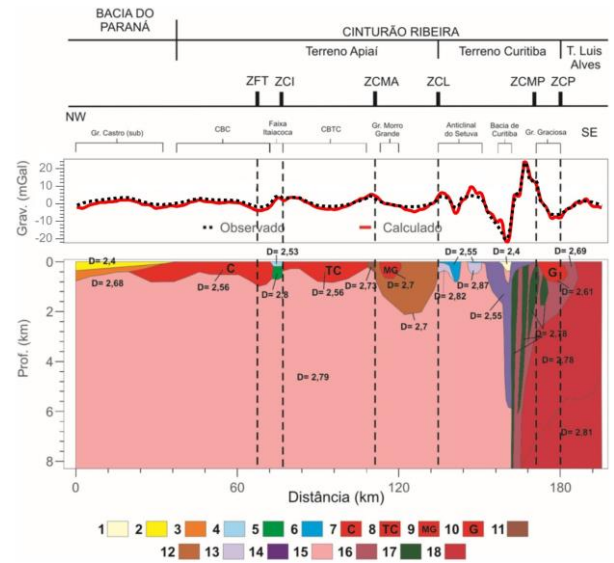


Figura 7 – Anomalia gravimétrica residual da transecta D e modelo gravimétrico correspondente. Legenda: 1, Bacia de Curitiba; 2, Bacia do Paraná; 3, Grupo Castro; 4 e 5 Faixa Itaiacoca; 6, Sequência Capiru; 7, Complexo Batolítico Cunhaporanga; 8, Complexo Batolítico Três Córregos; 9, Granito Morro Grande; 10, Granito Graciosa; 11, Sequência Água Clara; 12, Sequência Votuverava; 13 e 14, Complexo Gnáissico Migmatítico Atuba; 15, Embasamento/Complexo Gnáissico Migmatítico Atuba; 16 e 17, Suíte Granítica Cálcio Alcalina Rio Piên e lentes ultramáficas associadas; 18, Complexo Granulítico. Principais Estruturas: FC, Falha de Castro; ZFT, Zona de Falha de Taxaquara; ZCI, Zona de Cisalhamento Itapirapuã; ZCMA, Zona de Cisalhamento Morro Agudo; ZCL, Zona de Cisalhamento Lancinha; ZCMP, Zona de Cisalhamento Mandirituba –Piraquara; ZCP, Zona de Cisalhamento Piên.

Além de mostrar um afinamento crustal gradativo de NW para SE, já abordado em outros trabalhos (Ferreira *et al.* 1988, Rosales 2004), os modelos gravimétricos resultantes das transectas “C” e “D”, evidenciam de forma recorrente uma relação de sobreposição do Terreno Curitiba sobre o Terreno Luís Alves. Esta discussão, foi apresentada por outros autores como Mantovani *et al.* 1989, que associam o contato entre estes terrenos com um alto gravimétrico.

A distribuição das unidades e a configuração das camadas crustais nos modelos das transectas “C” e “D”, se mostram compatíveis com o modelo de Basei *et al.* (1992). Neste modelo a ZCL é interpretada como uma sutura entre os terrenos Curitiba e Apiaí. É observado um adelgaçamento da crosta de NW para SE, em direção ao Terreno Luís Alves. Os modelos gravimétricos demonstram uma variação da espessura crustal, geralmente limitadas pelas zonas de cisalhamento. No Terreno Apiaí, esta variação é marcada pela Faixa Itaiacoca e pela Zona de Cisalhamento Itapirapuã (ZCI). No modelo de Basei *et al.* (1992, 1998), a ZCL mergulha para NW sob o Terreno Apiaí, o que não é observado pelos modelos do presente estudo. Os modelos mostram esta estrutura verticalizada, ou subverticalizada com mergulho para NW, até o limite de detecção dos dados.

Neste sentido, a incorporação da proposta de Faleiros (2008), que apresenta a ZCL como uma estrutura gerada pela reativação de uma antiga zona de sutura, não correspondendo a uma sutura característica, possibilitaria uma adaptação no modelo de Basei *et al.* (1992, 1998). A hipótese da ZCL resultar da progressão da transcorrência de uma zona de sutura neoproterozoica, descaracterizada pelo cisalhamento, harmoniza os resultados do presente trabalho com o modelo de Basei (*et al.*1998). Todavia, zonas de sutura tradicionalmente apresentam anomalias de maior amplitude, o que inclusive permite classifica-las como tal. Algo que não é observado com relação à ZCL no conjunto de dados utilizado.

O estudo apresentado por Castro *et al.* (2014), avalia a resposta magnética da ZCL frente aos contrastes geoquímicos, isotópicos, geocronológicos e diferenças geológicas entre os terrenos Apiaí e Curitiba. Os resultados sugerem que disposição atual da ZCL pode refletir a progressão de uma antiga zona de sutura para uma zona de cisalhamento com movimento transcorrente destal, num contexto de colisão oblíqua (Faleiros 2008). A progressão da transcorrência poderia causar a descaracterização física da sutura, alterando suas características geológicas intrínsecas, e conseqüentemente sua resposta geofísica. As condições presentes no cisalhamento (*e.g.* elevação da temperatura, ação de fluidos oxidantes) poderiam propiciar a desmagnetização dos materiais envolvidos, reduzindo o contraste de susceptibilidade e conseqüentemente as amplitudes das anomalias (Airo, 2002; Airo *et al.*,2008, Isles e Rankin 2013).

Assim, a ZCL poderia ser interpretada como o testemunho de uma colisão neoproterozoica, desfigurada pela progressão dos esforços de cisalhamento, configurando atualmente o limite entre os terrenos tectônicos distintos (Curitiba e Apiaí) como uma zona de cisalhamento com movimentação predominantemente destal. Assim, o modelo de Basei *et al.* (1992, 1998), pode ser adaptado com base os modelos gravimétricos obtidos, corroborando com a proposta de Faleiros (2008) para a ZCL, apoiado pelo trabalho de Castro *et al.* (2014). O perfil geológico esquemático que sintetiza estas ideias pode ser observado na Figura 8.

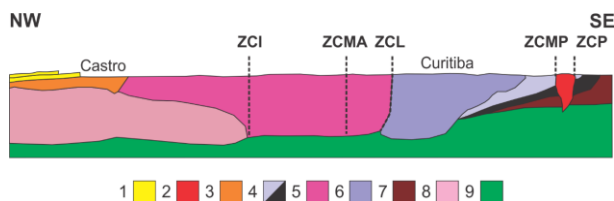


Figura 8: Perfil geológico esquemático da porção sul do Cinturão Ribeira e regiões adjacentes modificado de Basei *et al.* (1998). Legendas: 1 – Bacia do Paraná, 2- Granitos da Serra do Mar, 3 – Rochas vulcanossedimentares do Grupo Castro, 4 – Suíte Rio Piên e lentes ultrabásicas associadas, 5 – Terreno Apiaí, 6 – Terreno Curitiba, 7 – Terreno Luis Alves, 8 – Bloco Parapanema, 9 - Manto. Zonas de Cisalhamento: ZCI – Itapirapuã, ZCMA – Morro Agudo, ZCL – Zona de Cisalhamento Lancinha, ZCMP – Zona de Cisalhamento Mandirituba Piraquara, ZCP – Piên.

## Conclusões

Foi possível observar que os lineamentos correspondentes à Zona de Falha de Taxaquara, às zonas de cisalhamento Itapirapuã, Morro Agudo e Lancinha, aflorantes no embasamento adjacente a Leste, se propagam sob a cobertura sedimentar da Bacia do Paraná. A associação entre os dados de gravimetria terrestre e os dados geológicos permitiu relacionar as respostas gravimétricas à geologia de superfície, além de verificar o prolongamento de feições estruturais para o interior da Bacia do Paraná.

Os modelos gravimétricos mostram as relações das Zonas de falha de Taxaquara e Lancinha-Cubatão com descontinuidades profundas, as quais encerram regiões de espessura crustais distintas, podendo então ser relacionadas a prolongamentos de estruturas do embasamento como a ZCL. A análise da assinatura gravimétrica indicou o prolongamento de unidades aflorantes no embasamento, tais como os granitos Cunhaporanga e Três Córregos, e a Faixa Itaiacoca, sob a bacia. A assinatura da Faixa Itaiacoca, a qual ocorre em associação com a ZCI é registrada como um alto gravimétrico intercalada à dois baixos gravimétricos relativos associados com os complexos batolíticos Cunhaporanga e três Córregos, observado nos perfis B, C e D. Esta feição limita uma zona de menor espessura crustal no Terreno Apiaí.

Foi observada a influência da Falha do Rio Alonzo, das Zonas de Falha Taxaquara, das Zonas de cisalhamento Itapirapuã, Morro Agudo e Lancinha nas camadas mais inferiores da crosta, limitando zonas com espessura crustal distintas. De forma geral, os modelos construídos sobre o Cinturão Ribeira indicam um afinamento crustal de NW para SE, com as zonas de cisalhamento Itapirapuã e Lancinha, limitando porções de espessura crustal distintas. Um primeiro segmento seria definido da bacia até a ZCI, com espessura variando entre 33 e 38 km e um segundo entre a ZCI e a ZCL, com variação de espessura entre 34 e 38 km, ambos ainda no Terreno Apiaí. Um terceiro segmento, que seria definido pelo Terreno Curitiba, entre a ZCL e a ZCP, com espessura crustal variando entre 24 a 43 km e o quarto segmento seria relacionado à porção do Terreno Luis Alves subjacente à borda Leste do terreno Curitiba na qual a espessura varia de cerca 30 a 34 km.

A modelagem gravimétrica possibilitou a correlação dos resultados com a proposta que apresenta a ZCL como produto da progressão do cisalhamento sobre uma zona de sutura Neoproterozoica.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Petróleo Brasileiro S.A.(Petrobras) pelo financiamento da pesquisa através do Projeto Falhas, campos de esforços e fluxo de fluidos. Agradecem também à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) pela cessão dos dados de poços. L.G. de Castro e F.J.F. Ferreira agradecem, respectivamente, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela Bolsa de Doutorado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (processo nº 305810/2010-3).

## References

- Airo M. -L. (2002). Aeromagnetic and Aeroradiometric Response to Hydrothermal Alteration. *Surveys in Geophysics* **23**: 273–302.
- Airo M. -L., Elminen T., Mertanen S., Niemelä R., Pajunen, M., Wasenius P. & Wennerström M. 2008. Aerogeophysical approach to ductile and brittle structures in the densely populated urban Helsinki area, southern Finland. *Geological Survey of Finland, Special Paper*. **47**: 283–308
- Basei M.A.S., Siga Jr. O., Machiavelli A.; Mancini F. 1992. Evolução tectônica dos terrenos entre os Cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR - SC). *Revista Brasileira de Geociências*. **22**(2): 216-221.
- Basei M.A.S., McCreath I., Siga JR O. 1998. The Santa Catarina Granulite Complex of Southern Brazil: a review. *Gondwana Research*. **1** (3-4): 383-391.
- Bassini A.M. 1986. *Levantamentos sismográficos na região sudeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Castro L.G.; Ferreira F.J.F.; Cury L.F.; Fiori A.P. Soares P.C.; Lopes, A.P.; Oliveira M.J. 2014. Interpretação qualitativa e semiquantitativa dos dados aeromagnéticos sobre a Zona de Cisalhamento Lancinha, porção meridional do Cinturão Ribeira no Estado do Paraná, Sul do Brasil. *Geologia Usp Série Científica*. **14** (4): 3-18.
- CPRM .2001. Geologia, tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistemas de Informações Geográfica – SIG e Mapas na escala 1:2.500.000. Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H. CPRM, Brasília: 4CD-Rom.
- Faleiros F.M. 2008. Evolução de terrenos tectonometamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP,PR). Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Ferreira F.J.F.; Galli V.L.; Monma R. 1988. Modelo gravimétrico do perfil Itapeva – Barra do Turvo, região centro-oriental da Faixa Apiaí. In: Campanha, G.A.C. (organizador). Avaliação preliminar da geologia das folhas (1:50.000) de Taquaral, Mina do Espírito Santo, Ribeirão Itacolomi, Serra do Aboboral, Jacupiranga, Rio Guaraú e Rio Turvo, Vale do Ribeira, SP. São Paulo, Convênio IPT/SICCT Pró-Minério, 4v. (Relatório IPT nº 26863, inédito).
- GM-SYS. 2002. Gravity / magnetic modeling software – Users Guide. Version 4.8. p. 101.
- Heilbron M., Valeriano C.M., Tassinari C.C.G., Almeida J.C.H., Tupinambá M., Siga Jr. O., Trouw R.A.J. 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: Pankhurst R.J., Trow R.A.J., Brito Neves B.B, De Witt. (Eds) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations across the South Atlantic Region*. London, Geological Society, Special Publication, 294, p. 211–232.
- Isles D.J. & Rankin L.R. 2013. Geological Interpretation of Aeromagnetic Data. Geological interpretation of aeromagnetic data. Perth: Australian Society of Exploration Geophysicists.
- Mantovani M.S.M., Shukowski W., Basei M.A.S., Vasconcellos A.C.B.C. 1989. Modelos gravimétricos das principais descontinuidades crustais nos terrenos pré-cambrianos dos estados do Paraná e Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geociências*. **19**(3): 367-374.
- Marquardt D.W. 1963. An algorithm for leastsquares estimation of non-linear parameters. *Journal of the Society for industrial and applied mathematics*. (11):431-441, apud: GM-SYS. 2002. Gravity / magnetic modeling software – Users Guide. Version 4.8. p. 101.
- Rosales M.J.T. 2004. Integração de dados gravimétricos terrestres e aeromagnéticos e sua aplicação ao estudo geológico-estrutural da Faixa Apiaí. Tese de Doutorado. Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Talwani M. & Heirtzler J.R. 1964. Computation of gravity anomalies caused by two dimensional structures of arbitrary shapes. *Geologic Sciences*. Stanford University. **1**(9): 464-480.
- Talwani M., Worzel J.L., Landisman, M. 1959. Rapid gravity computations for two dimension bodies with the application to the Mendocino submarine fracture zone. *Journal of Geophysics Research*. **69**: 49-69.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge, 770 pp.
- Won I.J., & Beavis M. 1987. Computing the Gravitational and Magnetics anomalies due to a polygon: Algorithms and Fortran subroutines. *Geophysics*. **52**: 232-238.
- Zalán P. V.; Wolff S.; Conceição J. C. J.; Vieira I. S.; Appi V. T.; Zanotto O. A. 1987. Tectônica e Sedimentação da Bacia do Paraná. In: Simpósio. Sulbrasileiro de Geologia, SBG Curitiba, Atas. p.441-474.