



## Aeromagnetometria aplicada na interpretação estrutural regional do Escudo Sul-Rio-Grandense, RS.

Rodrigo Piraine Travassos<sup>1,2</sup>, Elton Luiz Dantas<sup>2</sup>, João Henrique Boniatti<sup>1</sup>, Allan Fruchting<sup>1</sup>, Samuel Bouças do Lago<sup>1</sup>, Francisco Tomazoni Neto<sup>1</sup>, Rafael Fernandes de Freitas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Votorantim Metais

<sup>2</sup> UnB - Universidade de Brasília

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica  
Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, 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

O novo levantamento aerogeofísico de alta resolução, suportado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e executado pela Lasa Prospecções S.A. (2010) sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense e parte da Bacia do Paraná, teve seus produtos magnetométricos (primeira derivada vertical e amplitude do sinal analítico) interpretados. A interpretação levou à delimitação de cinco domínios magnéticos: Domínio Taquarembó, Domínio São Gabriel, Domínio Tijucas, Domínio Pelotas e Domínio Paraná. Cada bloco geofísico é balizado por lineamentos magnéticos regionais e por geometria de lineamentos internos característicos de cada domínio. Esta geometria de lineamentos internos determina o caráter dúctil ou rúptil do regime deformacional em cada bloco. Implicações no posicionamento dos limites entre terrenos do Escudo Sul-Rio-Grandense são colocadas, além de reconhecimento de novas feições magnéticas importantes.

### Introdução

O mais novo levantamento aerogeofísico contratado pela CPRM, localizado sobre rochas pré-cambrianas do Escudo Sul-Rio-Grandense (Chemale Jr., F. 2000) e de parte da Bacia do Paraná (Zerfass, 2003), é aqui interpretado do ponto de vista estrutural e tectônico (figura 1).

O Escudo Sul-Rio-Grandense (Chemale Jr., 2000) é caracterizado pelo conjunto de rochas Pré-Cambrianas do sul do Estado do Rio Grande do Sul, constituindo-se da parte sul da Província Mantiqueira (Almeida & Hasui, 1984). O escudo é formado por rochas metamórficas, ígneas e sedimentares vinculadas aos estágios pré, sin e pós colisionais da Orogênese Brasileira no Neoproterozóico.

Segundo Hartmann *et al.* (2007), o escudo é o resultado dos processos de geração e deformação de crosta continental, cuja contribuição maior ocorreu em dois ciclos orogênicos, o primeiro de idade Paleoproterozóica (2,26 - 2,00 Ga) seguido do ciclo Neoproterozóico

definido como Brasileiro (900 - 535 Ma). Em cada ciclo orogênico é registrada a construção de crosta oceânica com a presença de micro-continentes migrando nestes oceanos, e a formação de arcos de ilhas e margens ativas. O anteparo Arqueano contra o qual estabeleceu-se a colisão continental Paleoproterozóica não está registrado no estado, porém para os processos vinculados à colisão Neoproterozóica do Brasileiro temos como referência o Cráton La Plata.

Quatro unidades tectono-estratigráficas são individualizadas, sendo uma representante do Cráton La Plata e o restante vinculadas aos momentos pré, sin e pós-colisionais da Orogênese Brasileira, envolvendo a aproximação e choque entre os crátons La Plata e Kalahary. O Terreno Taquarembó (Paleoproterozóico) é o representante do Cráton La Plata. Os terrenos São Gabriel (associações de arcos magmáticos), Tijucas (associação de bacia intra-cratônica) e o Batólito de Pelotas (arco magmático e granitos colisionais) são constituintes do Cinturão Dom Feliciano, unidades estas que marcam os momentos pré, sin e pós colisionais. Também relacionada com os momentos colisional e pós colisional do ciclo Brasileiro, servindo como uma "calha tectônica" ou molassa da cadeia de montanhas estabelecida com a colisão Neoproterozóica, temos a Bacia do Camaquã, com suas unidades englobadas no Supergrupo Camaquã de Fragoso-Cesar *et al.*, (2003).

Os produtos magnetométricos do levantamento utilizados foram a amplitude do sinal analítico (ASA) e a primeira derivada vertical (1DV), interpretados em escala 1:500.000 e 1:250.000. Os objetivos do trabalho são delimitar domínios magnéticos com base em seus lineamentos regionais limítrofes e analisar o padrão de lineamentos de cada domínio, interpretando assim o regime e história deformacional impressa em cada bloco geológico-geofísico.

### Metodologia

A excelente qualidade do levantamento geofísico executado sobre o Escudo Sul-rio-grandense, permitiu a visualização de feições geofísicas mais claras com relação aos antigos levantamentos da década de 70. Desta forma é conveniente a interpretação dos produtos magnéticos (figura 3) para o melhoramento do conhecimento geológico do estado.

O levantamento aerogeofísico recobriu aproximadamente 160 mil km lineares de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos com linhas de voo e controle espaçadas de 500m e 10km respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. A altura de voo foi fixada em 100m sobre o terreno.

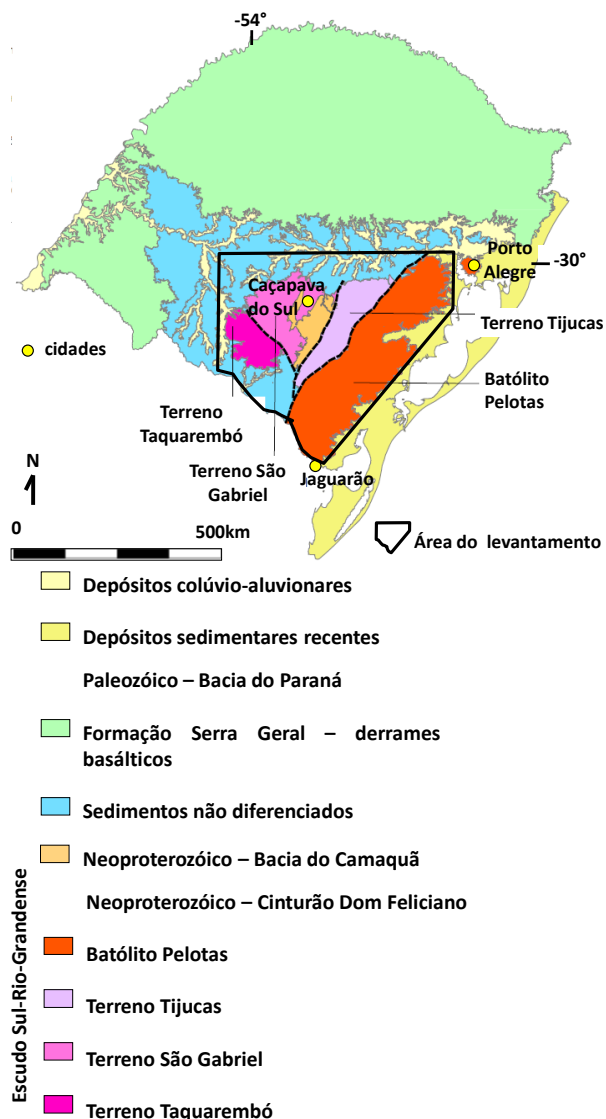


Figura 1 – Localização do aerolevante geofísico sobreposto ao mapa das grandes unidades tectônicas do estado do Rio Grande do Sul, modificado de CPRM (2008).

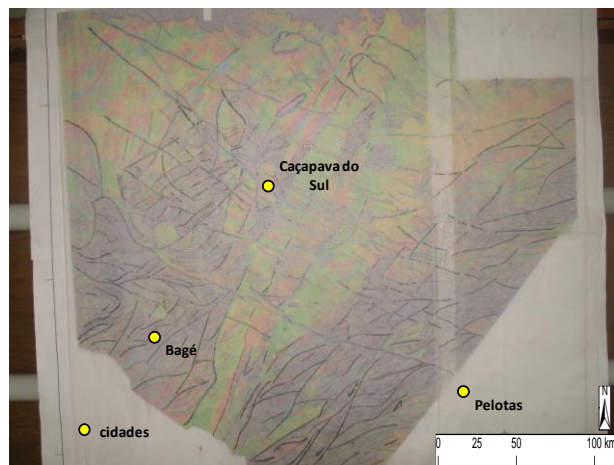


Figura 2 - Interpretação manual em mesa de luz, feita a partir do mapa da primeira derivada vertical (1DV).

A metodologia aplicada na interpretação dos produtos magnetométricos baseou-se em revisão bibliográfica de trabalhos com proposição similar desenvolvidos na região, da produção feita em trabalhos de geologia regional, além da revisão de trabalhos em diversos locais do mundo que abordaram a interpretação de mapas geofísicos. Executou-se a interpretação manual (figura 2) dos mapas da primeira derivada vertical (1DV) e amplitude do sinal analítico (ASA) em escala 1:500.000 e 1:250.000, com posterior digitalização, georeferenciamento e refinamento dos traçados dos lineamentos para a correlação com outras informações disponíveis em ambiente GIS. As principais feições interpretadas foram validadas em campo para os domínios Taquarembó, Tijucas, Pelotas e Paraná, através da realização de perfis regionais e de atividades de mapeamento como geólogo de exploração da Votorantim Metais.

## Resultados

A interpretação dos lineamentos magnéticos levou à determinação de cinco principais domínios geofísicos, designados Domínio Taquarembó, Domínio São Gabriel, Domínio Tijucas, Domínio Pelotas e Domínio Paraná (figura 4). Cada domínio é delimitado por lineamentos magnéticos de expressão regional, correlacionando-se ou não com grandes estruturas mapeadas. Padrões estruturais distintos entre domínios, truncados pelos lineamentos magnéticos regionais, individualizam cada bloco geofísico e demonstram o tipo de deformação predominante.

O Domínio Taquarembó correlaciona-se com o Terreno Taquarembó (Hartmann *et al.*, 2007), porção Paleoproterozóica do Escudo Sul-Rio-Grandense, além de porções da Bacia do Paraná. Demonstra um padrão de lineamentos curvilíneos produzidos em deformação dúctil, caracterizando assim um grande dobramento regional de eixo próximo a EW. A acresção de arcos de ilhas do Terreno São Gabriel na margem do Terreno Taquarembó pode ser responsável pelo dobramento regional verificado nos lineamentos magnéticos,

associado aos empurrões do Domínio São Gabriel contra o Domínio Taquarembó. O limite entre o Domínio Taquarembó e o Domínio São Gabriel é dado pelo Lineamento Magnético de Bagé e em parte com o Lineamento de Ibaré, enquanto que seu limite leste com o Domínio Tijucas é dado pela Sutura de Caçapava (Costa, 1997).

O Domínio São Gabriel é correlacionado com o Terreno São Gabriel (Hartmann et al., 2007) e com parte da Bacia do Paraná, além de áreas expressivas ocupadas pela Bacia Neoproterozóica do Camaquã (Fragoso-Cesar et al., 2003). Limita-se para NW com o Domínio Paraná através do Lineamento Magnético São Gabriel, e com o Domínio Tijucas para leste através da Sutura de Caçapava (Costa, 1997). Seu padrão de lineamentos magnéticos orientados para NE e inflexionados para WNW evidencia uma deformação dúctil principal associada à sua acreção contra o bloco Paleoproterozóico do Domínio Taquarembó.

O Domínio Tijucas correlaciona-se em grande parte com as litologias da Bacia do Camaquã, com o Terreno Tijucas (Hartmann et al., 2007), com parte dos granitóides Neoproterozóicos do Batólito Pelotas (Hartmann et al., 2007) e unidades da Bacia do Paraná. O Domínio Tijucas limita-se com o Domínio Pelotas pela Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu (Philipp et al., 2003) e com o Domínio Paraná através do Lineamento Magnético Piquiri. O caráter deformacional rúptil é predominante no domínio, sendo este dado por lineamentos magnéticos vinculados à falhas normais com componente direcional de direção NE-SW e NW-SE, verificadas em campo nas unidades da Bacia do Camaquã (Almeida, 2010).

O Domínio Pelotas é correlacionado em sua totalidade com as litologias do Batólito Pelotas (Hartmann et al., 2007). Limita-se com o Domínio Paraná à norte pelo Lineamento Magnético Formigueiro. Padrão deformacional dúctil é muito bem marcado em sua porção sul, associado com 5 zonas de cisalhamento transcorrentes, (três sinistras e duas dexas). Este comportamento é truncado de forma moderada em sua porção central e norte por lineamentos magnéticos rúpteis de direção EW, NE e NW.

O Domínio Paraná está em contato com os domínios São Gabriel, Tijucas e Pelotas por grandes lineamentos magnéticos curvilíneos e lineares de caráter rúptil e direção próxima à EW e NE. São eles, respectivamente, Lineamento Magnético São Gabriel, Lineamento Magnético Piquiri e Lineamento Magnético Formigueiro. O Domínio Paraná corresponde-se em grande parte com as litologias da Bacia do Paraná e de forma mais restrita com unidades Neoproterozóicas do Escudo Sul-Rio-Grandense. Os grandes lineamentos curvilíneos demonstram-se ativos, no mínimo, desde o Neoproterozóico, dada a colocação da anomalia magnética relacionada ao Sienito Piquiri (Philipp et al., 2003) nestas estruturas. Fortes anomalias magnéticas semi-circulares posicionam-se entre os lineamentos

regionais curvilíneos e os derrames basálticos da Formação Serra Geral, com evidência de campo de estarem associados a diques anelares alimentadores dos magmas basálticos da Formação Serra Geral. Estes fatos podem indicar o posicionamento de paleo-vulcões deste magmatismo no sul do Brasil.

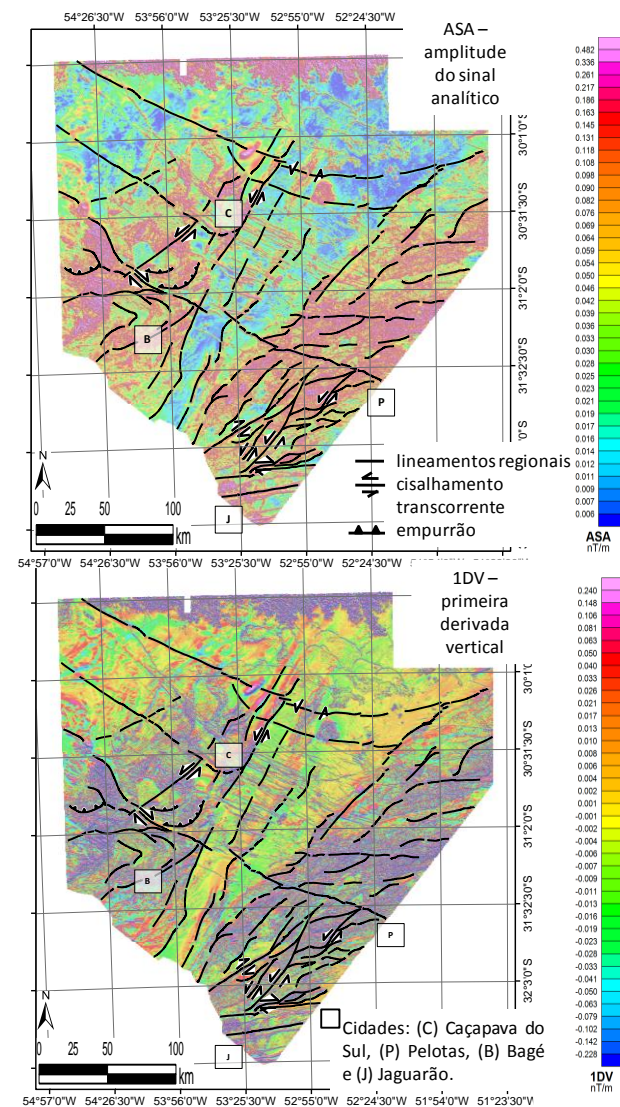
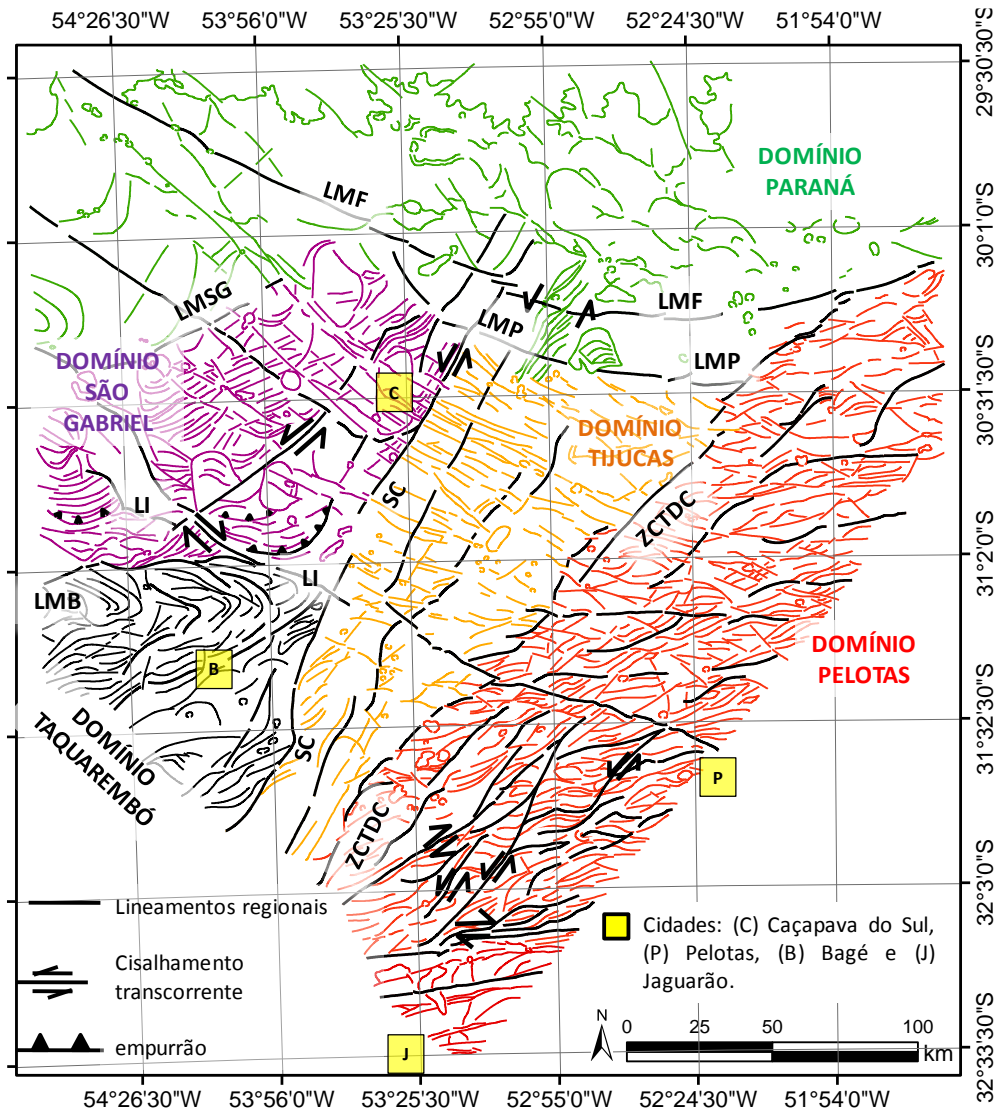


Figura 3 - Produtos magnetométricos, amplitude do sinal analítico e primeira derivada vertical, utilizados na interpretação estrutural do Escudo Sul-Rio-Grandense.



**Lineamentos magnéticos e estruturas regionais:** (LMB) Lineamento Magnético Bagé, (LI) Lineamento Magnético Ibaré, (SC) Sutura de Caçapava, (ZCTDC) Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu, (LMSG) Lineamento Magnético São Gabriel, (LMP) Lineamento Magnético Piquiri e (LMF) Lineamento Magnético Formigueiro.

Figura 4 – Interpretação estrutural dos mapas magnetométricos da primeira derivada vertical e amplitude do sinal analítico, levantados sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense e parte da Bacia do Paraná. Os domínios magnéticos são individualizados por cores distintas. Lineamentos regionais e magnéticos são identificados por suas iniciais.

### Discussão e Conclusões

O novo aerolevanteamento geofísico de alta resolução possibilitou a delimitação de cinco domínios magnéticos limitados por estruturas regionais. Também analisou-se os padrões de deformação internos em cada domínio, tendo em vista a geometria dos lineamentos magnéticos, dados de campo e revisão de trabalhos de cunho regional. Pontos importantes do trabalho são colocados abaixo:

1 - Cinco domínios magnéticos foram delimitados com base no levantamento aerogeofísico.

2 - O limite das unidades Neoproterozóicas do Escudo Sul-Rio-Grandense com as rochas Paleoproterozóicas do Terreno Taquarembó não é dado com o Lineamento de Ibaré em sua totalidade, sendo a maior parte deste limite dado pelo Lineamento Magnético de Bagé.

3 - Frentes de empurrão com componente transcorrente parecem jogar as unidades do Domínio São Gabriel contra o Domínio Taquarembó, tendo em vista a morfologia curvilínea dos lineamentos magnéticos e a revisão de dados de campo de trabalhos de cunho regional.

4- O empurrão dado pela acreção do Domínio São Gabriel causa dobramento regional de eixo com tendência a direção EW no Domínio Taquarembó, sendo este dobramento marcado pela geometria curvilínea dos lineamentos magnéticos.

5 - Os lineamentos magnéticos de direção NE e NW do Domínio Tijucas são relacionados com falhamentos normais com componente direcional, sendo este comportamento corroborado por mapeamentos geológicos de detalhe, revisão dos dados do Distrito das Minas do Camaquã e revisão de trabalhos anteriores.

5 - Zonas de transcorrência na porção Sul do Domínio Pelotas foram identificadas, baseadas na geometria de lineamentos magnéticos sigmoidais balizados por zonas de transcorrência NE, numa feição típica de zonas transpressivas de cisalhamento regional. Mapeamento geológico corrobora esta interpretação.

6 - Os lineamentos regionais curvilíneos de tendência EW do Domínio Paraná são relacionados, no mínimo, com tectônica Neoproterozóica, tendo em vista a colocação do Sienito Piquiri de idade Neoproterozóica, no Lineamento Magnético Piquiri.

7 - Anomalias magnéticas semi-circulares de grande intensidade observadas do Domínio Paraná podem estar relacionadas com diques anelares interpretados como paleo-vulcões, condutos para os derrames basálticos da Formação Serra geral.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Brasília pelo desenvolvimento do trabalho em projeto aceito pelo programa de Pós-Graduação em Geologia, e à Votorantim Metais pelo apoio logístico ao projeto e liberação dos dados.

### Referências

Betts, P., Williams, H., Stewart, J., Ailleres, L., 2007. Kinematic analysis of aeromagnetic data: Looking at geophysical data in a structural context. *Gondwana Res.* 11, 582–583.

Chemale Jr., F. 2000. Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (Ed.): *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CIGO/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 13-52.

Costa, A.F.U. 1997. Teste e modelagem geofísica das associações litotectônicas pré-cambrianas no Escudo Sul-rio-grandense. Porto Alegre. 2v., 257p. Tese de Doutorado em Ciências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Denham, D., 1997. Airborne geophysics in Australia: The Government Contribution. *AGSO J. Aust. Geol. Geophys.* 17, 3-9.

Fragoso-Cesar A.R.S., Paes-de-Almeida R., Fambrini G.L., Pelosi A.P.M.R., Janikian L. 2003. A Bacia Camaquã: um sistema de intracontinental anorogênico de rifts do Neoproterozóico III Eopaleozóico no Rio Grande do Sul. In: Encontro sobre a Estratigrafia do RS: Escudo e Bacias, 1, Anais, pp:139-144.

Hartmann, L.A.; Chemale Jr., F.; Philipp, R.P., 2007. Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano. In: Iannuzzi, R. & Frantz, J.C. (Ed.): 50 ANOS de Geologia: Instituto de Geociências. Contribuições, p. 97-123.

Lasa Prospecções S.A., 2010. Relatório Final do Levantamento e Processamento dos Dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos, Volume I, 83p.

MacLeod, I.N., Jones, K., Dai, T.F., 1993. 3D Analytic signal in the interpretation of total magnetic field data at low magnetic latitudes. *Exploration Geophysics*, 24: 679-687.

Milligan, P.R. and Gunn, P.J., 1997. Enhancement and presentation of airborne geophysical data. *AGSO Journal of Geology and Geophysics*, 17: 63-75.