



## Dados Aeromagnéticos e Topográficos ASTER aplicados ao estudo de ocorrências de rochas básicas ao sul de Lavras do Sul - RS

Lucas Freitas da Mota\*. Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Luis Felipe de Melo Tassinari. Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Marcos Vinícios da Silva Ferreira. Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Mario Jesus Tomas Rosales. Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Copyright 2010, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV 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.*

### Abstract

The survey covers an area of approximately 170 km<sup>2</sup>, located 18 km south of the city of Lavras do Sul (RS).

Seeks to clarify the regional geological mapping and establish geometrical parameters that help define the presence of intrusive bodies of basic rocks in the central portion of the existing area.

Aeromagnetic data were processed according to conventional methods of transformation of potential fields, using various techniques for filtering and highlighting of anomalies in total magnetic field intensity such as upward continuation to 500 meters, reducing to the pole and horizontal gradient.

The integration of geophysical data in conjunction with aeromagnetic survey data from the global digital elevation model (ASTER GDEM) able to provide satisfactory results delineate the presence of rocks in the area of basic composition, which probably are associated with intrusive bodies located near the tectonic contact between the rocks of the Hilario Formation (Nhv) and metamorphic rocks Sequence Vacacaí (Nvp) of Neoproterozoic age.

### Introdução

A área de estudo situa-se aproximadamente 18 km ao sul da cidade de Lavras do Sul (RS), abrangendo aproximadamente 170 km<sup>2</sup>. A geologia é predominantemente composta por arcóseos e arcóseos líticos da Formação Maricá, rochas piroclásticas da Formação Hilário, por metapelitos e xistos quartzo-feldspáticos, quartzitos e metavulcânicas da Sequência Metamórfica Vacacaí (~750 Ma).

Afloram a sudeste e sul conglomerados com predomínio de clastos de vulcânicas ácidas e granitos da Formação Santa Fé do Cambriano (~540) e pelitos e arenitos da Formação Santa Bárbara (~ 540 Ma).

Aplicou-se uma metodologia de processamento, integração e interpretação de dados aeromagnéticos oriundos do Levantamento Aerogeofísico (CPRM, 1974) e dados de altitudes ortométricas provenientes do ASTER-GDEM (METI/NASA,2009), visando complementar o mapeamento geológico existente na região ao sul de Lavras do Sul (RS) e de oferecer um

subsídio para a interpretação geológica e estrutural da área de estudo.

Como produtos gráficos finais foram confeccionados um modelo digital de elevação do terreno (DEM), utilizando dados de altitude do ASTER GDEM, e mapas de imagens da Anomalia magnética de Intensidade Total, de Continuação para cima (*Upward continuation: 500 m*), de Redução ao Pólo e do Gradiente Horizontal, a fim de ressaltar feições anômalas magnéticas que poderiam estar associadas a presença de feições geológicas.

A integração conjunta dos dados geofísicos aeromagnéticos e topográficos foi exposta de maneira gráfica através de um perfil geofísico regional (A-A') orientado Norte-Sul, a fim de estabelecer uma correlação com as feições geológicas expostas em superfície segundo a base geológica utilizada.

### Arcabouço geológico

Conforme ilustrado no mapa geológico da Figura 1, na porção noroeste da área afloram rochas da Formação Maricá de idade Neoproterozoico (~540 Ma) composta por arcóseos conglomeráticos e pelitos. Na porção central da área estendendo-se na direção nordeste afloram rochas da Formação Hilário de idade Neoproterozoico (~540 Ma) composta por derrames básicos e rochas piroclásticas. Na porção sul da área afloram rochas da Sequência metamórfica Vacacaí de idade Neoproterozoico (~750 Ma) que constitui uma associação metassedimentar composta por pelitos, xistos, quartzitos e metavulcânicas subordinadas. É de destacar que esta faixa de rochas da Sequência Vacacaí se encontra em contato tectônico com as rochas básicas e ultrabásicas da formação Hilário situadas ao norte. No setor central da área localizado próximo do contato entre as rochas da Sequência Vacacaí e as rochas da formação Hilário se encontram ocorrências de rochas de composição básica sob a denominação de "*picritos alcalinos*". A tectônica se caracteriza por um *trend* de falhas cortando toda a área de estudo na direção nordeste.

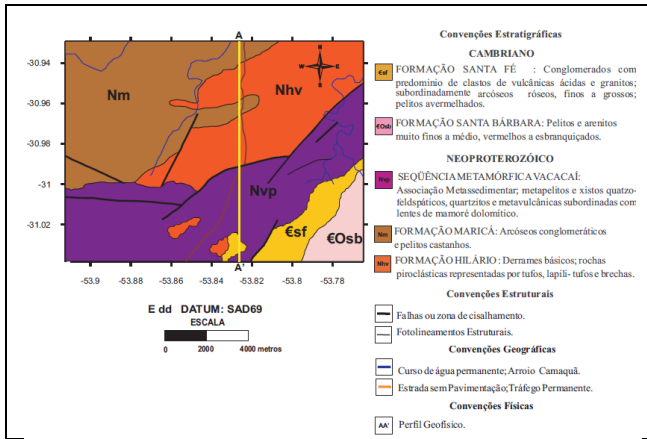


Figura 1 – Mapa geológico simplificado da área de estudo (modificado de CPRM, 2000).

**Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM)**

No trabalho foram compilados dados de altitudes ortométricas para a área de estudo proveniente do ASTER GDEM (METI/NASA), os quais oferecem uma resolução espacial em longitude e latitude de aproximadamente 1 arc-second (~30 metros) e uma resolução vertical de aproximadamente 7-14m (DEM accuracy - stdev).

A Figura 2 mostra o mapa topográfico da área de estudo obtido a partir dos dados de altitudes ASTER GDEM. A Figura 3 mostra o Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM).

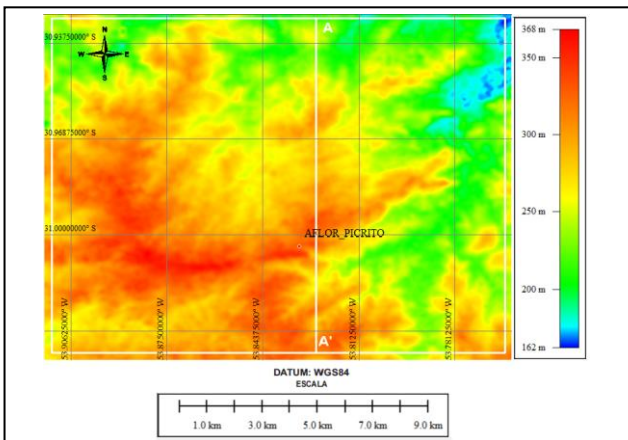


Figura 2 – Mapa Topográfico baseado em dados ASTER GDEM.

Conforme pode observar-se na Figura 3, a porção nordeste da área de estudo é caracterizada pela presença de um baixo topográfico com valores de altitudes em torno de 200 metros, associado a rochas piroclásticas da Formação Hilário (~540 Ma).

Na porção noroeste e oeste da área se encontram feições topográficas com valores mais altos em torno de 350 – 360 metros associando-se em superfície com a presença de metapelitos, xistos quartzo-feldspáticos e

rochas metavulcânicas da Sequência Metamórfica Vacacaí (~750 Ma).

Na porção central revela-se um alto topográfico de aproximadamente 300 metros, caracterizando a presença de inúmeros afloramentos de rochas básicas na área de estudo.

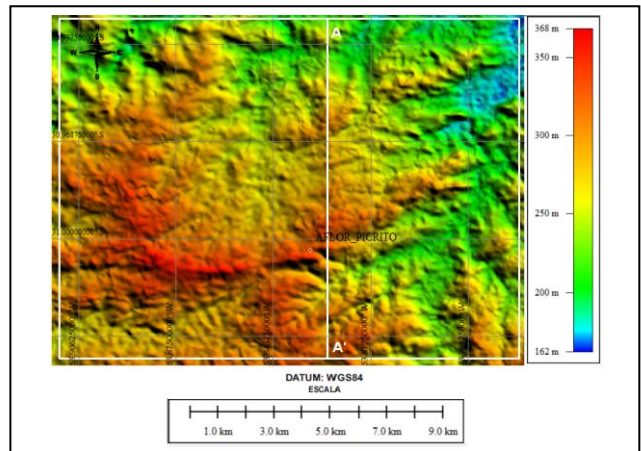


Figura 3 – Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM) baseado em dados ASTER GDEM.

**Anomalia magnética de Intensidade Total.**

Os dados aeromagnéticos foram compilados a partir do Levantamento Aerogeofísico (CPRM, 1974), onde foi feito um tratamento prévio dos dados com a finalidade de eliminar os ruídos ao longo das linhas de vôos, e posteriormente foi realizado um procedimento de padronização das variáveis segundo Davis (1986).

Segundo o mapa da Anomalia magnética de Intensidade Total (Figura 4), pode-se ser observado o comportamento de um campo anômalo magnético que varia com amplitudes desde +190 nT ao sul-sudeste até -150 nT ao norte, ressaltando-se na porção central da área uma faixa anômala estendida na direção nordeste compondo um par anômalo o qual apresenta um alto ao norte e um baixo ao sul, que provavelmente pode estar associado a presença de rochas de composição básica pertencentes a Formação Hilário que se encontram em contato tectônico com as rochas da Seqüência Vacacaí (Ex: picritos alcalinos) cobertas pelos arenitos pertencentes à formação Maricá (~540 Ma).

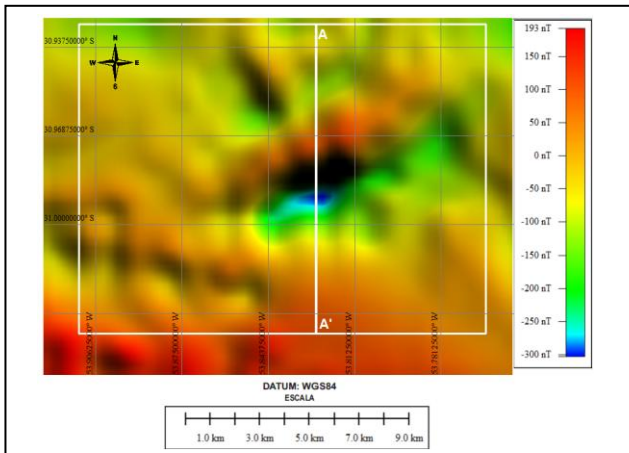


Figura 4 – Mapa da Anomalia magnética de Intensidade Total

#### Continuação para Cima (*upward continuation: 500 m*)

Devido à natureza potencial do campo gravitacional e magnético, este pode ser calculado em qualquer altitude acima do nível de medições. Quando se trata de fontes magnéticas, este procedimento é chamado de continuação para cima do campo potencial magnético. É geralmente uma operação útil e fisicamente significativa de filtragem, pois permite a suavização do campo de intensidade total, eliminando anomalias de curto comprimento de onda provocadas por fontes superficiais. No domínio espectral a continuação para cima pode ser escrita como:

$$F(u, v) = s(u, v) \times f(u, v) \Rightarrow F(u, v) = \frac{s(u, v)}{1 + \alpha s(u, v)^2} \times f(u, v)$$

Sendo:  $f(u, v)$  é o espectro do campo original a ser transformado;  $F(u, v)$  é o espectro do campo transformado (para cima ou para baixo);  $s(u, v)$  é a componente espectral da transformação, e  $\alpha$  o parâmetro de regularização.

O filtro de continuação para cima tende a atenuar as anomalias de curto comprimento de onda, também denominadas de alta frequência, e manter aquelas anomalias de maior comprimento de onda que podem estar associadas a presença de fontes magnéticas profundas.

O mapa da Figura 5 ilustra a anomalia magnética de Intensidade total continuada para cima (*Upward continuation: 500 m*).

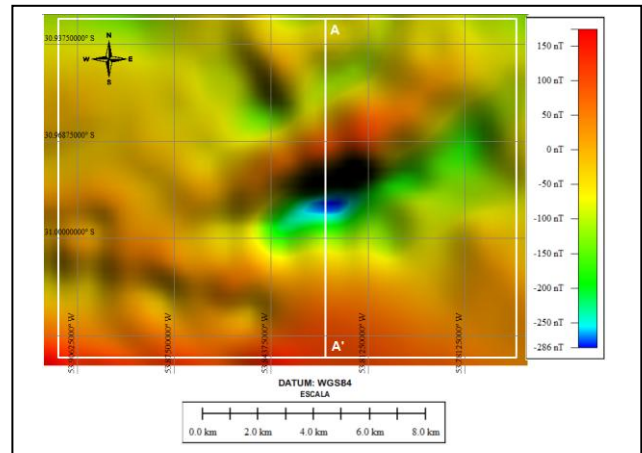


Figura 5 – Mapa da Anomalia magnética de Intensidade total continuada para cima (*upward continuation: 500 m*).

Destaca-se na porção central da área uma feição anômala que apresenta um *trend* nordeste caracterizada por um sinal positivo ao norte e um sinal negativo ao sul, o que poderia ser resposta de fontes magnéticas profundas, provavelmente associadas à presença de corpos intrusivos de composição básica – alcalina.

#### Redução ao Polo

A forma de qualquer anomalia magnética depende da inclinação e declinação do campo magnético principal da terra.

Assim, um corpo magnético irá produzir uma anomalia de forma diferente, dependendo de sua orientação. A redução para o pólo tem a função de reconstruir um campo magnético de um conjunto de dados como se fosse no pólo, isto significa que os dados podem ser visualizados em forma de mapa com uma inclinação de campo magnético vertical e uma declinação de zero. Desta forma, a interpretação dos dados é facilitada a maneira de que corpos verticalizados que apresentam magnetização induzida produziram anomalias magnéticas centradas simetricamente sobre o corpo.

A redução ao pólo é um tipo de filtragem aos dados magnéticos recomendável nas latitudes magnéticas superiores a 30 graus. A Figura 6 mostra o mapa da anomalia magnética de Intensidade total reduzido ao pólo.

Observa-se em toda a área de estudo um comportamento da anomalia magnética mais simplificada, a maneira de ressaltar nitidamente na parte central uma feição anômala isolada a qual poderia estar associada à presença de um corpo intrusivo de composição básica com posicionamento *quase* vertical.

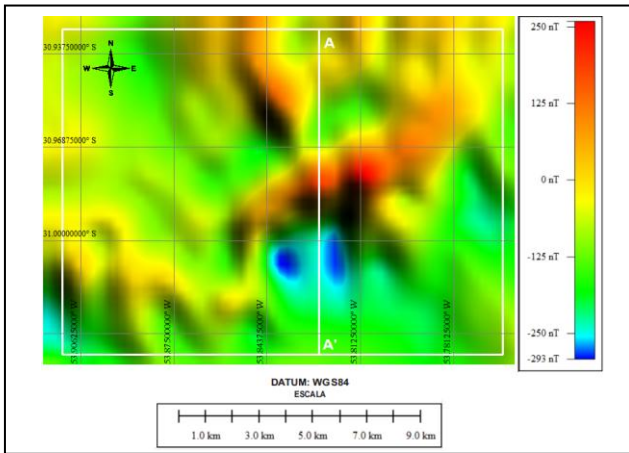


Figura 6 – Mapa da Anomalia magnética de Redução ao Pólo.

### Gradiente Horizontal

O gradiente horizontal do campo magnético de intensidade total foi obtido a partir de uma malha ou "grade" de valores de anomalia magnética de intensidade total, onde as derivadas analíticas são aproximadas por fórmulas de diferenças finitas.

A potencialidade do gradiente horizontal é a de ressaltar anomalias magnéticas que apresentem alinhamentos preferenciais associadas a fontes magnéticas pouco profundas.

O Mapa de gradiente horizontal do campo magnético (Figura 7) mostra na porção central da área a presença de uma feição anômala com direção nordeste, provavelmente associada à presença de rochas intrusivas de composição básica, é notório ressaltar que esta direção anômala coincide espacialmente com a direção principal do sistema de falhas na área de estudo, a qual caracteriza em superfície o contato tectônico entre as rochas metassedimentares e metavulcânicas da Seqüência Vacacaí localizadas ao sul e as rochas básicas e ultrabásicas da formação Hilário localizadas ao norte.

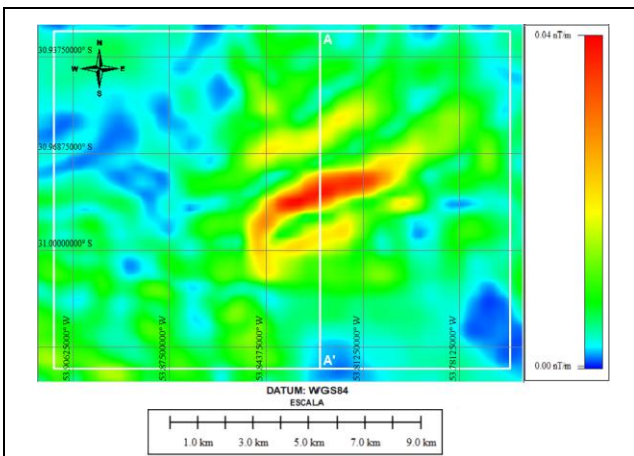


Figura 7 – Mapa do Gradiente Horizontal da Anomalia magnética de Intensidade total.

### Integração de dados Aeromagnéticos e topográficos ASTER.

A Figura 8 mostra de uma maneira integrada os gráficos relacionados com o comportamento do campo magnético de Intensidade total; Anomalia magnética de Intensidade total continuada para cima (500 metros); Redução ao Pólo da anomalia magnética de Intensidade total e o Gradiente Horizontal da anomalia magnética de Intensidade total, conjuntamente com o relevo topográfico ao longo do Perfil A- A' orientado segundo norte-sul:

a) Relevo Topográfico baseado em dados de altitudes do modelo digital de elevação global (ASTER GDEM, METI/NASA, 2009).

O comportamento do relevo topográfico ao longo do perfil A-A', exibe três patamares característicos; no setor norte da área apresenta um baixo com valores de altitudes em torno de 250 metros, na porção central destaca-se o patamar mais alto, com valores em torno de 300 – 320 metros, correspondendo com a presença de afloramentos de rochas básicas, e na parte sul da área o relevo apresenta um baixo com valores de altitudes de 280 metros.

b) Anomalia magnética de Intensidade Total.

A anomalia magnética de Intensidade Total ao longo do perfil A-A', exibe um par anômalo com uma polaridade característica para regiões de baixas latitudes, com um sinal positivo ao norte (+90 nT) e um sinal negativo ao sul (-250 nT) que poderia estar associada com a presença de um corpo intrusivo de composição básica localizado próximo do contato tectônico entre a Formação Hilário (Nhv) e a Seqüência metamórfica Vacacaí (Nvp). Na área afloram inúmeras ocorrências de rochas básicas.

c) Continuação para cima (*upward continuation: 500 m*)

O campo magnético continuado para cima a 500 metros ao longo do perfil A-A', exibe um par anômalo com uma polaridade característica para regiões de baixas latitudes, com um sinal positivo ao norte e um sinal negativo ao sul, onde os valores de amplitudes e comprimentos de onda da anomalia seriam uma resposta de fontes magnéticas profundas, podendo inferir-se que o corpo intrusivo apresenta continuidade em profundidade.

d) Redução ao Pólo da anomalia magnética de Intensidade Total.

A anomalia de Redução ao Pólo ao longo do perfil A-A', exibe um comportamento caracterizado pela presença de um par anômalo com um sinal positivo ao norte e um sinal negativo ao sul que pode estar associada à presença de um corpo intrusivo de composição básica localizado próximo do contato tectônico entre a Formação Hilário (Nhv) e a Seqüência metamórfica Vacacaí (Nvp)

e) Gradiente Horizontal da anomalia magnética de Intensidade Total.

O Gradiente Horizontal exibe um alto anômalo expressivo que pode estar associado à presença de um corpo intrusivo de composição básica posicionado próximo da superfície do terreno e localizado próximo do contato tectônico entre a Formação Hilário (Nhv) e a Seqüência metamórfica Vacacaí (Nvp)

## Conclusões

A pesquisa demonstrou a eficiência de uma metodologia de processamento e integração de dados geofísicos aeromagnéticos conjuntamente com dados topográficos provenientes do modelo digital de elevação global (ASTER GDEM). Os produtos gráficos finais obtidos a partir das transformações aos dados do campo potencial magnético serviram como apoio para o esclarecimento da cartografia geológica regional.

Os resultados alcançados são promissórios conseguindo delimitar a presença de rochas de composição básica na área de estudo, as quais provavelmente se encontram associadas com corpos intrusivos localizados próximos do contato tectônico entre as rochas da Formação Hilário (Nhv) e as rochas da Seqüência metamórfica Vacacaí (Nvp) de idade Neoproterozóico.

O trabalho faz parte de um projeto de pesquisa em andamento que tem como objetivo geral a integração, processamento e posterior interpretação de dados oriundos de Levantamentos Aerogeofísicos e Levantamentos geofísico terrestres com a finalidade de oferecer um subsídio para o mapeamento geológico regional e esclarecer questões relacionadas com a geometria da estruturação geológica da região da Bacia do Camaquã no estado do Rio Grande do Sul.

## Agradecimentos

Nossos agradecimentos a UNIPAMPA pela acessibilidade à realização desta pesquisa e a disponibilidade da instrumentação de campo.

Agradecemos de maneira pessoal ao Prof. Dr. Mario Jesus Tomas Rosales pela orientação do trabalho, a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Gastal e o Prof. Dr. Edinei Koester pelos conhecimentos transmitidos e apoio na consulta da cartografia geológica e nas saídas ao campo.

## Referências

ASTER Global DEM Validation Summary Report from <http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/3.html> or from <https://lpdaac.usgs.gov/>

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Geologia e Metalogênese. FOLHA SH. 22-Y-A, Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:250.000. Brasília: 2000. CD-ROM.

DAVIS JC. 1986. Statistics and data analysis in geology. 2nd ed., New York, John Wiley & Sons,

JACSON, V.N.; RAMOS, V.A.; TERRY, S.A. & ZUZEK, A.B. Projeto Aerogeofísico Camaquã, Estado do Rio Grande do Sul Porto Alegre, Texas Instruments: Convênio Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/CENEN, 208 p., 1974.

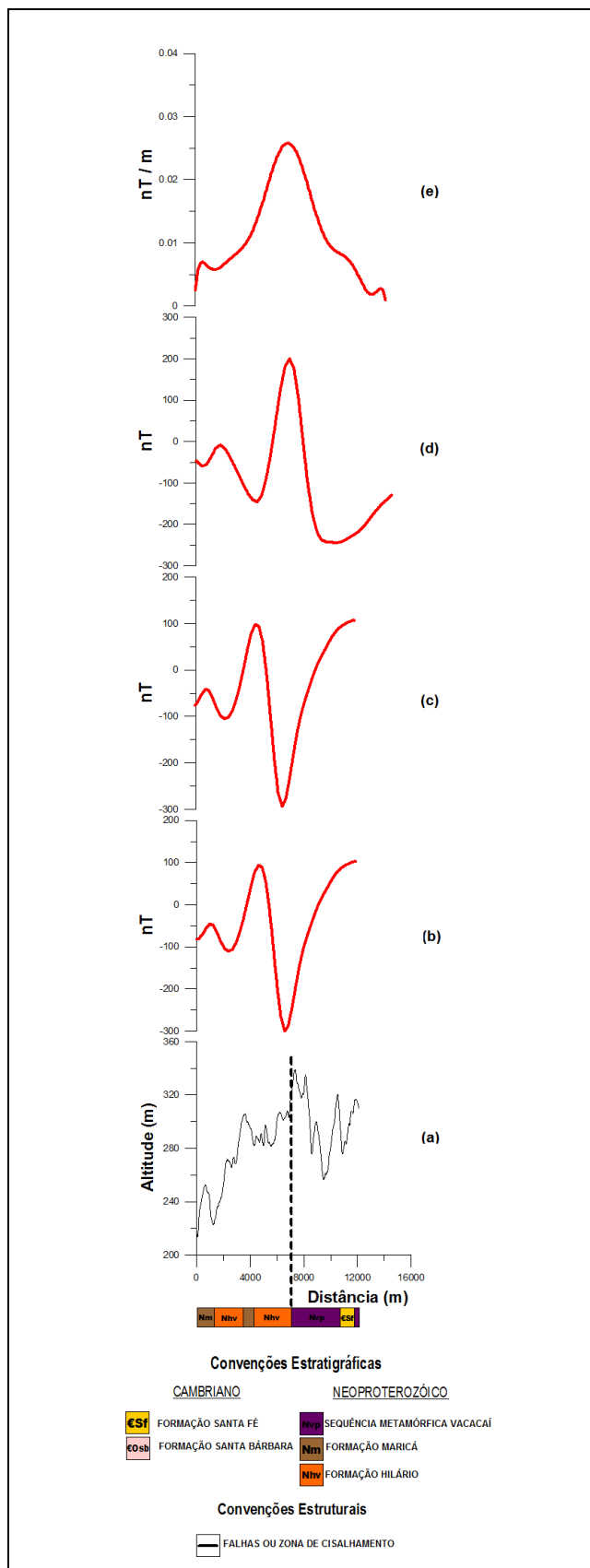


Figura 8 – Gráficos do perfil A-A': a) Relevo Topográfico baseado em dados de altitudes do modelo digital de elevação global (ASTER GDEM); b) Anomalia magnética de intensidade total; c) Anomalia magnética de Intensidade total continuada para cima (500 metros); d) Anomalia magnética de Redução ao Pólo; e) Gradiente Horizontal da Anomalia magnética de Intensidade total