

# PROCESSAMENTO E INTEGRAÇÃO DE DADOS AEROGEOFÍSICOS, GEOLÓGICO E TOPOGRÁFICOS EM ESCALA REGIONAL EM UMA TRANSECTA NW NA BORDA SUL DO ESCUDO SUL RIOGRANDENSE, RIO GRANDE DO SUL - BRASIL.

Renato Luiz da Silveira<sup>1</sup>, Dione Fontoura<sup>1</sup>, Mario Jesus Tomas Rosales<sup>2</sup>, Suze Nei Pereira Guimarães<sup>3</sup>.

Geofísicos<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa<sup>2</sup> Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda<sup>3</sup>

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

Este trabalho consistiu na integração dos resultados dos métodos geofísicos de prospecção, tais como: aerogeofísica (magnetometria e gamaespectrometria) através do processamento de dados compilados do Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande (CPRM, 2010), conjuntamente com dados de susceptibilidade magnética e de gamaespectrometria terrestres, visando à atualização do mapeamento geofísico e geológico da porção Sul do Escudo Sul Rio-grandense (ESRG) em contato com a Bacia do Paraná. A área de pesquisa refere-se a uma Transecta NW na região. Os principais domínios geológicos que aparecem expostos na área, referem-se às rochas da Formação Rio Bonito (~285 Ma), localizado na porção leste. A porção sul se encontra caracterizada por um domínio marcado por um *trend* de falhas de direção NE-SW, associado as rochas da Formação Irati (~260 Ma). Na porção central da área destacam-se dois domínios estendidos na direção dispostos de maneira subparalela, ao norte, caracterizado por rochas pertencentes ao Complexo granito-gnáissico Bagé (~640 Ma), ao sul, caracterizado por rochas pertencentes à formação Estrada Novas (~255 Ma). Na porção noroeste da área afloram rochas pertencentes à suíte granítica Campinas (~605 Ma) afetada tectonicamente por falhas orientadas na direção NW. Foram confeccionados produtos geofísicos tais como: mapas de anomalia residual magnética, de intensidade total e oriundos das transformações do campo potencial sobre os dados da anomalia residual magnética, tais como: Continuação para cima (500 m), Gradiente Horizontal e Amplitude do Sinal Analítico. Para os dados gamaespectrométricos foram confeccionados mapas de imagens dos canais de K (%), eU (ppm), eTh (ppm) e de Contagem Total (ppm), assim como mapas das razões dos radioelementos, mapa ternário (RGB) e mapa do fator (F). Como resultados principais pode destacar-se a identificação e caracterização geofísica de domínios magnetométricos em escala regional a partir da interpretação dos mapas obtidos das transformações realizadas ao campo potencial de anomalias magnéticas de intensidade total, associados a feições geológicas e estruturais mapeadas e verificadas no campo através do reconhecimento geológico. A interpretação qualitativa e

semi-quantitativa dos dados geofísicos permitiu identificar também feições em subsuperfície como o contato entre as rochas do embasamento compostas por gnaisses e as rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Paraná.

## Área de Estudo

A área da pesquisa localizada no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil é delimitado geograficamente pelas Longitudes: 54° 30' 42.9055" W 53° 34' 18.1691" W, e pelas Latitudes: 30° 59' 43.5062" S 31° 47' 39.1179 " S. Refere-se a uma Transecta na direção NW abrangendo uma porção territorial dos municípios de Dom Pedrito, Bagé, Hulha Negra e Candiota. Está localizada a 393 km da capital Porto Alegre (Fig.1).

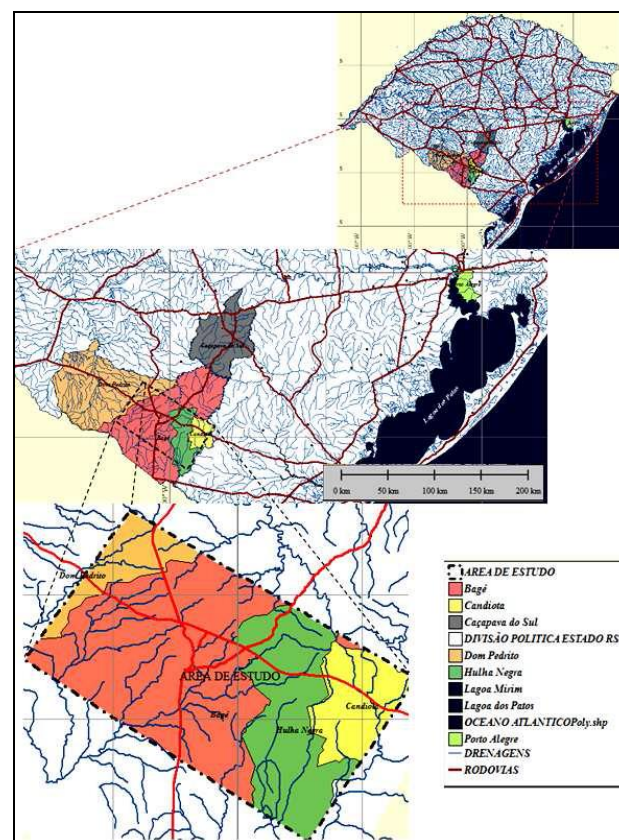


Figura 1- Mapa esquemático de localização da área de estudo modificado de CPRM (2008).

# Processamento e Integração de dados aerogeofísicos, geológico e topográficos em 2 escala regional em uma Transecta NW.

## Arcabouço geológico

A área correspondente a Transecta na direção NW, se encontra localizada geologicamente na borda sul do ESRG, abrangendo principalmente rochas dos domínios Taquarembó, Bacia do Camaquã e Província do Paraná. Segundo o mapa geológico da CPRM (2008), (Fig. 2), na área de estudo afloram doze unidades litoestratigráficas de idades Pré-cambrianas ao Neógeno. Estas unidades foram subdivididas em quatro principais domínios geológicos que aparecem expostos na área, referem-se à Formação Rio Bonito (~285 Ma), localizada na porção leste, é constituída por siltitos, arenitos finos a muito finos e folhelhos.

A porção sul se encontra caracterizada por um domínio marcado por um trend de falhas de direção NE-SW, associados às Formações Irati (~260 Ma) e Estrada Nova, constituída folhelho, siltito e argilito, calcário, marga geralmente tabular ou lenticulado alongado.

Na porção central da área destacam-se dois domínios estendidos na direção WE dispostos de maneira subparalela, ao norte, caracterizado por rochas pertencentes ao Complexo granito-gnáissico Bagé (~640 Ma), ao sul, caracterizado por rochas pertencentes a Fm. Estrada Nova (~255 Ma). Na porção noroeste da área afloram rochas pertencentes à suíte granítica Campinas (~605 Ma) afetada tectonicamente por falhas orientadas na direção NW.

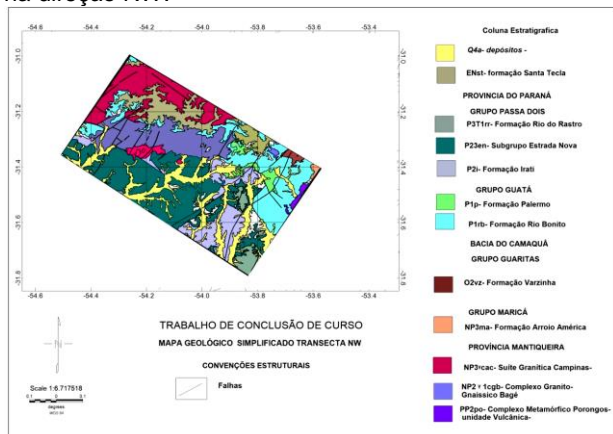


Figura 2- Mapa geológico simplificado da Transecta NW modificado de CPRM (2008).

## Dados Compilados

O Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul, (CPRM, 2010) constou do recobrimento de 159.789,21 km de perfis aerogeofísicos de alta resolução, com linhas de voos e controle espaçado a 500 m e 10 km, orientadas nas direções N-S e EW, respectivamente.

O mapa da (Fig.3), ilustra o posicionamento das linhas de voos distribuídas sobre a poligonal envoltória da área correspondente ao Estado do Rio Grande do Sul, assim como o contorno que delimita a área de estudo da presente pesquisa referente à Transecta NW localizada na porção sudoeste do mapa.

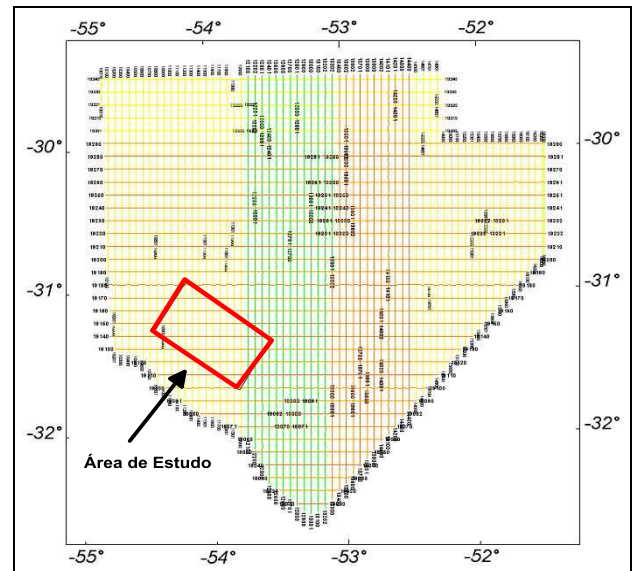


Figura 3- Mapa esquemático das linhas de vôos do projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul (CPRM, 2010) mostrando o contorno que delimita a área de estudo referente à Transecta NW.

## Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT)

Os dados topográficos provenientes do ASTER GDEM oferecem uma resolução espacial em longitude e latitude de 1 arc-second (~30 metros) e uma 50 resolução na vertical referente à altitude ortométrica de 7 a 14 metros, aproximadamente. A Figura 4 mostra um modelo digital de terreno (DEM) integrado com contornos geológicos para a área de estudo onde se observa que as maiores elevações estão localizadas ao norte da área, com valores de cota de 200 a 360 metros, associadas a rochas pertencentes ao embasamento do (ESRG). Na porção sul da área encontra-se as cotas mais baixas com valores de 119 a 199 metros, associada a rochas da Bacia do Paraná.

## Processamento dos Dados Aerogeofísicos

Os dados do Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul (CPRM, 2010) foram disponibilizados no formato ASCII (XYZ), GDB's, compatíveis com a plataforma do OASIS MONTAJ (GEOSOF, 2007) onde estão agrupadas informações de posicionamento corrigidas e todos os demais canais de informação registrados a bordo da aeronave.

Com a utilização de técnicas de processamento e filtragem aplicadas aos citados dados, foi possível a identificação e realce de assinaturas anômalas nos mapas das diferentes transformações do campo potencial magnético.

Aos dados aerogeofísicos foi realizada uma análise qualitativa dos diferentes métodos de interpolação mais comumente utilizados, onde se optou por -Bi-Direcional-, que é uma técnica numérica, utilizada para dados de levantamentos em linhas regulares paralelas que possuam as mesmas linhas de controles ou linhas

paralelas irregulares, com uma célula de tamanho de 125 metros, ou seja,  $\frac{1}{4}$  do espaçamento entre as linhas vôo.

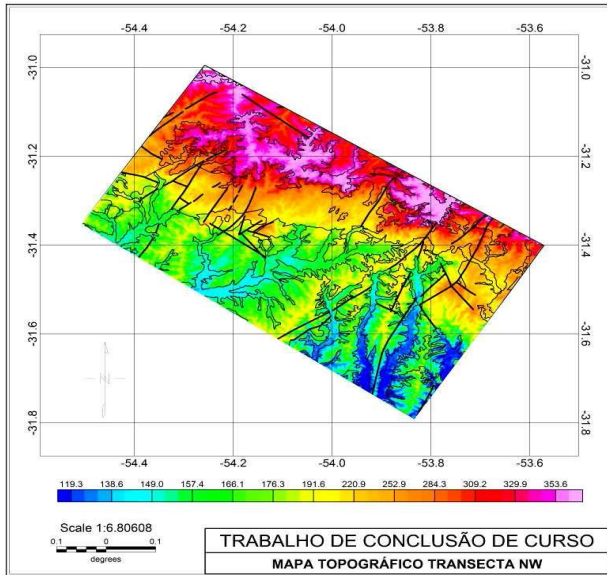


Figura 4- Modelo digital de elevação do terreno baseado em dados ASTER-GDEM para a área de estudo.

### Medição das Propriedades Físicas das rochas

Foram realizados 65 pontos de amostragem "in situ", sendo que em cada um desses pontos foram realizados dois conjuntos de medidas de susceptibilidade (k1, k2) em direções ortogonais. Posteriormente obteve-se o valor médio de susceptibilidade (k(médio)) para cada ponto, dando como resultado o valor de susceptibilidade referente a cada amostra. Foi utilizado o *Susceptíbilmetro KT-10 Magnétic Sucetibility Meter Terraplus*, pertencente à UNIPAMPA. A Figura 5 apresenta de maneira integrada um mapa da distribuição espacial dos pontos medidos em campo, com escala de cor identificando o contraste dos valores de susceptibilidades na área de estudo. Além da representação gráfica de três histogramas para os valores de k1, k2 e k(médio).

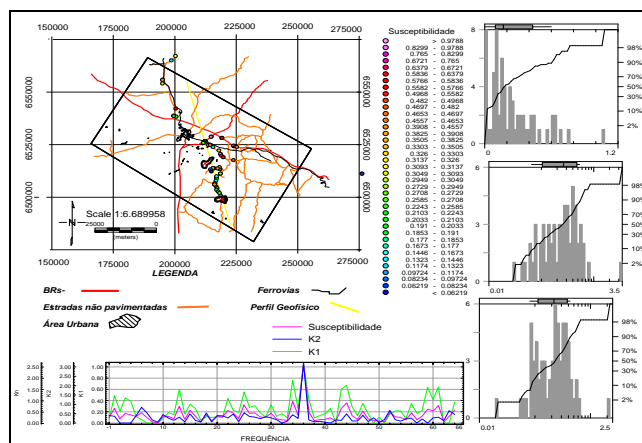


Figura 5- Mapa de distribuição de pontos susceptibilidade medidos em campo, integrados com histogramas.

## Resultados

### Potássio - K (%)

A Figura 6 mostra as concentrações de K (%) observadas no mapa, destacam-se altos valores na ordem de 3.6 % presentes numa faixa segundo EW ao norte e ao centro da área, associados aos litotipos do Granito Campinas e a rochas do embasamento granítico gnáissico Bagé.

### Equivalente de Urânio – eU (ppm)

As concentrações de eU (ppm) observadas no mapa da Figura 7 mostram altos valores na porção sudeste da área, associados ao folhelhos da Fm. Irati.

### Equivalente de Tório – eTh (ppm)

A Figura 8 mostra o mapa de imagem das concentrações de eTh (ppm) para a área de estudo. Ressalta-se nas porções sudeste e sudoeste a presença de altos valores em torno de 11 ppm – 14.7 ppm, associada provavelmente a presença de argilominerais contendo hidróxidos de ferro em rochas das Formações Irati e Estrada Nova.

### Mapa Ternário em composição colorida RGB

O uso de composição ternária é utilizado para a produção de imagens que condensam as informações contidas em três canais diferentes, fazendo com que a contribuição dos teores dos radioelementos se torne mais nítidas visualmente em termos de interpretação, já que as imagens ternárias são capazes de mostrar variações sutis, que em geral, são imperceptíveis por meio da apreciação em separado das imagens de cada canal. Na Figura 9 observam-se altos valores de K(%) na porção norte e na faixa central da área, associadas à Suíte Granítica Campinas e ao Complexo Granítico Gnáissico Bagé. Na porção sul da área observa-se altos relacionados ao eTh associados as rochas da Bacia do Paraná.

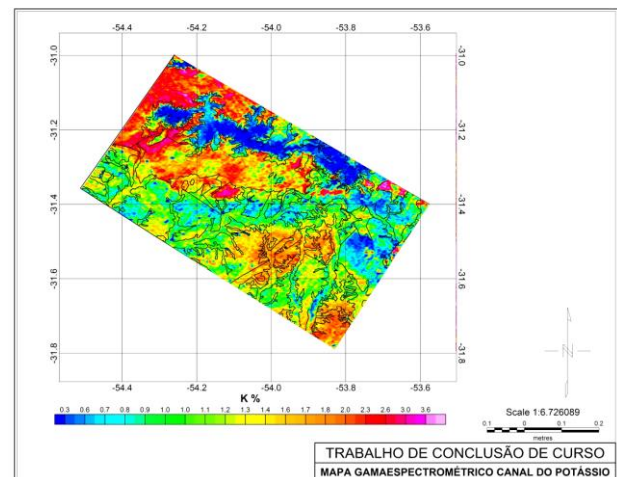


Figura 6-Mapa de imagem para o canal de K (%).

# Processamento e Integração de dados aerogeofísicos, geológico e topográficos em 4 escala regional em uma Transecta NW.

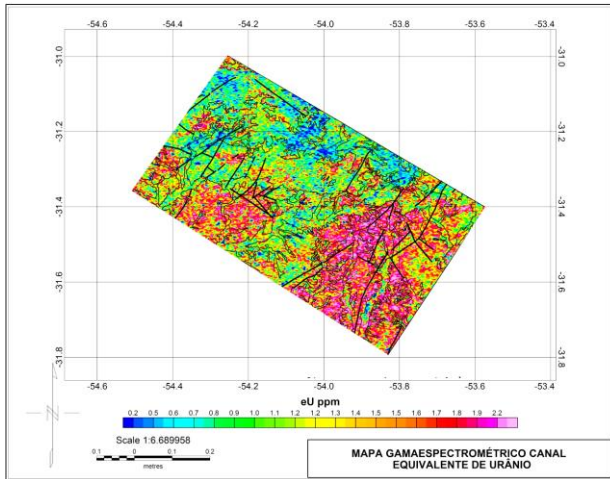


Figura 7- Mapa de imagem para o canal eU (ppm).

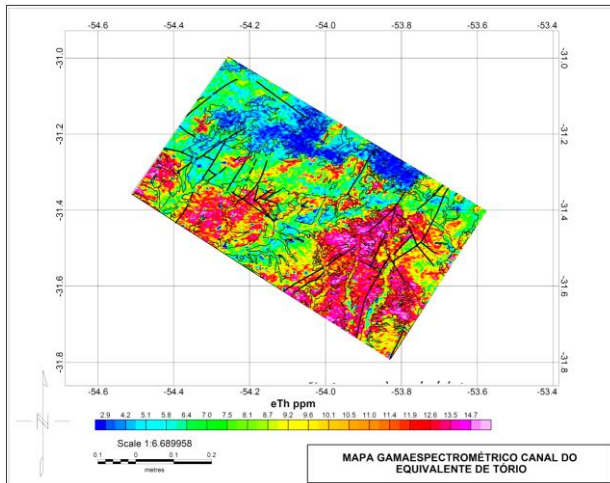


Figura 8- Mapa de imagem para o canal eTh (ppm).

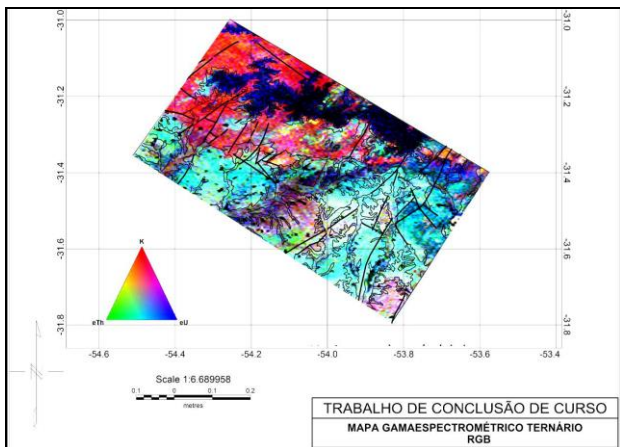


Figura 9-Mapa Ternário com composição colorida (RGB)

## Anomalia Residual Magnética de Intensidade Total

Conforme se ilustra na Figura 10, na porção central da área o comportamento da anomalia residual magnética se caracteriza pela presença de um par anômalo

magnético com uma direção preferencial segundo EW, apresentando um sinal positivo ao norte e um sinal negativo ao sul com valores de amplitude variando desde - 86 nT a + 60.7 nT. Este comportamento do campo magnético é caracterizado pela presença de uma assinatura magnética de longo comprimento de onda provavelmente associada a fontes localizadas nas rochas do embasamento da Bacia do Paraná.

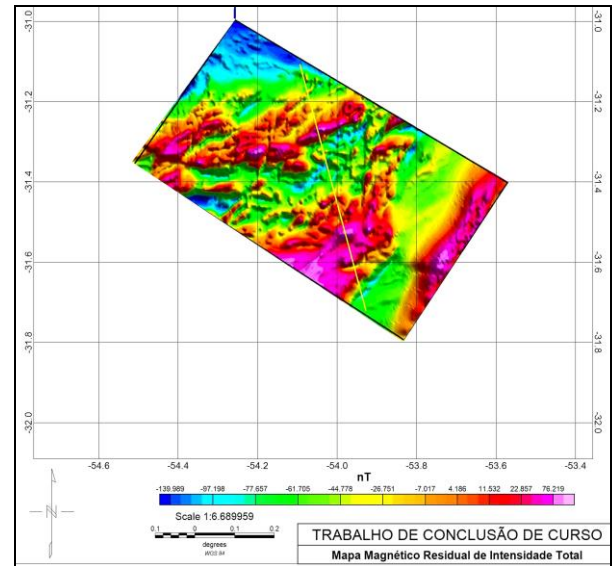


Figura 10- Mapa de imagem da Anomalia Residual Magnética de Intensidade Total

## 1ª Derivada em X, Y e Z

A Figura 11 representam os mapas monocromáticos da 1ª Derivada em Y do campo magnético Total, onde a partir de critérios interpretativos permitiu-se identificar lineamentos magnéticos regionais que podem estar associados a zonas de fraqueza tectônica que podem possuir controle estrutural, neste caso, por *trends* segundo a direção NE-SW.

## Amplitude do Sinal Analítico da Anomalia Residual Magnética de Intensidade Total.

A partir dos resultados obtidos da interpretação do mapa da anomalia magnética da Amplitude do Sinal Analítico (ASA), conforme ilustrado na Figura 12 identificou-se assinaturas magnéticas anômalas com um eixo principal na direção E-W na porção central da área de estudo, associadas a rochas pertencentes ao embasamento gnáissico, também se observam feições anômalas isoladas de curto comprimento de onda a sudeste da área, associados à presença provavelmente de diques de composição básica intrudidos em rochas das formações Estrada Nova e Irati da Bacia do Paraná.

## Domínios Magnéticos Regionais.

A Figura 13 mapa de domínios ressalta-se na porção norte da área a presença de um domínio magnético (DM 01) associado à presença de rochas da Suíte Granítica

Campinas e a Fm. Santa Tecla. A porção central da área apresenta um domínio magnético (DM 02) com orientação preferencial E-W associado às rochas pertencentes ao embasamento cristalino, associado ao Complexo granítico-gnaíssico Bagé. Na porção sul da área apresenta um domínio (DM 03), associados aos pacotes sedimentares da Bacia do Paraná.

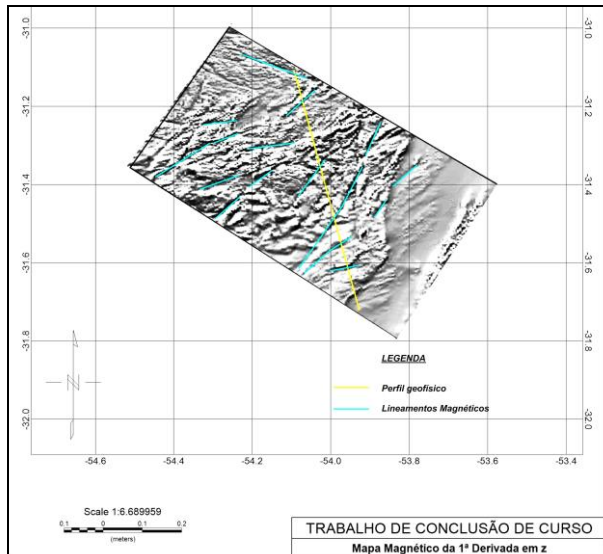


Figura 11- Mapa monocromático da 1ª Derivada no eixo "Y" da Anomalia Residual Magnética de Intensidade Total.

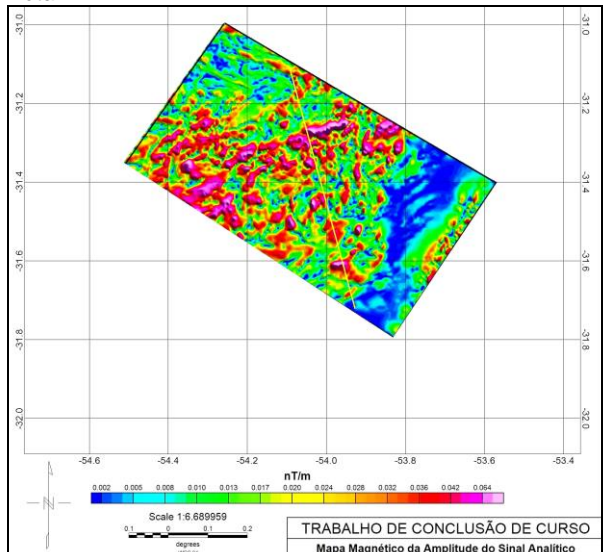


Figura 12- Mapa de imagem da Amplitude do Sinal Analítico da Anomalia residual de Intensidade total.

### Mapa geofísico estrutural da Área de Estudo

A Figura 14 apresenta um mapa geofísico estrutural preliminar proposto para a área de estudo, obtido a partir da integração e interpretação dos produtos geofísicos gráficos oriundos das transformações do campo magnético anômalo, integrado com dados geológicos da CPRM (2008) e os dados de susceptibilidade magnética

medidos em campo. Onde se destacam a presença de lineamentos magnéticos associados provavelmente a falhamentos geológicos de caráter regional, pré-existent na área, além de outros lineamentos que identificam a presença de novas estruturas geológicas ainda por mapear.

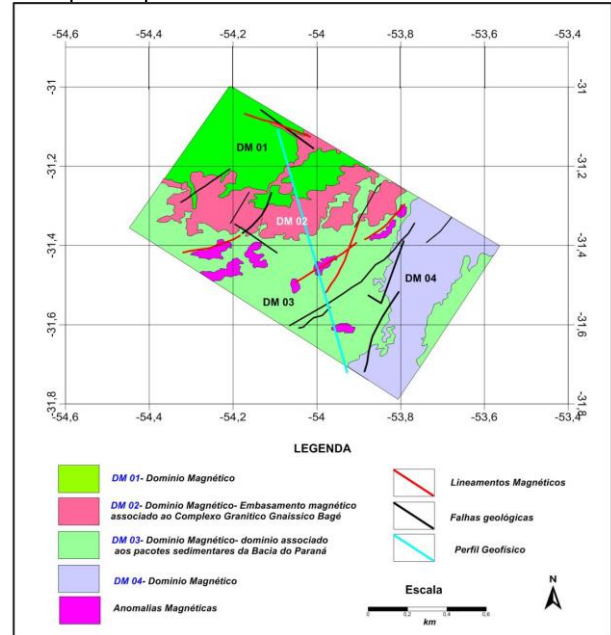


Figura 13- Mapa de domínios litogeofísico baseado na interpretação dos dados magnetométricos

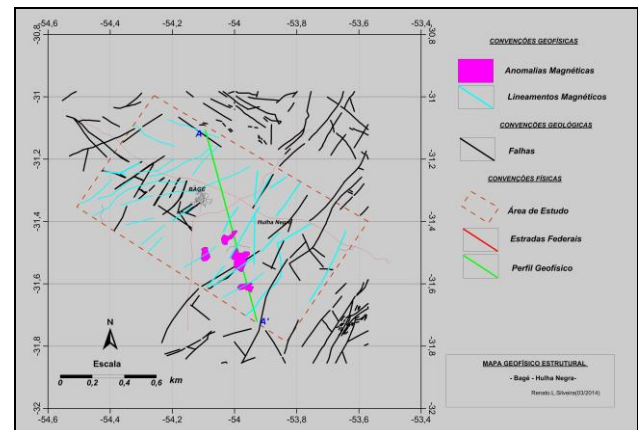


Figura 14- Mapa esquemático preliminar geofísico estrutural proposto para a área de estudo.

### Integração de Dados Geofísicos, Geológicos e Topográficos.

As Figuras 15 e 16 mostram de uma maneira integrada os gráficos relacionados com o comportamento das concentrações dos radioelementos, bem como resultados anomalias magnéticas conjuntamente com o relevo topográfico. A integração da Amplitude do Sinal Analítico do campo magnético residual de intensidade total, o do Gradiente Horizontal do campo magnético residual de intensidade total apresentam anomalias de curto

# Processamento e Integração de dados aerogeofísicos, geológico e topográficos em 6 escala regional em uma Transecta NW.

comprimento de onda das assinaturas magnéticas podem estar associadas a zonas de falha e a diques básicos da Bacia do Paraná.

Aos dados gamaespectrométricos integrados com o relevo topográfico e dados geológicos revelam, que a gamaespectrometria é um delimitador litológico. No perfil integrado fica bem evidenciado o contato entre diferentes litotipos nos dados radiométricos, principalmente o canal do Potássio.

## Discussão e Conclusões

Os resultados obtidos no trabalho se mostram consistentes do ponto de vista de interpretação geológico-geofísica, integrando os resultados obtidos a partir dos produtos geofísicos finais do processamento e integração dos dados aerogeofísicos que geraram gráficos da anomalia magnética de intensidade total e suas respectivas transformações do campo potencial magnético através das técnicas de filtragens, conjuntamente com dados topográficos ASTER-GDEM (METI-NASA, 2009).

## Agradecimentos

Agradecemos maneira especial se agradece a CPRM por ter disponibilizado os dados aerogeofísicos correspondentes ao Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul (CPRM, 2010) e UNIPAMPA pelos equipamentos cedidos.

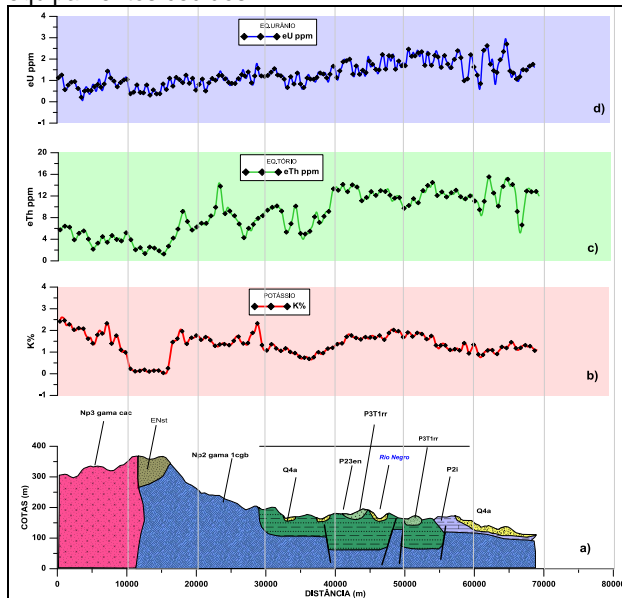


Figura 15- Perfil A-A: a) Informação geológica (CPRM, 2006) com relevo topográfico baseado em dados de altitudes ortométricas do ASTER GDEM (METI-NASA, 2009); b) Canal do K (%); c) Canal do eTh (ppm) e d) Canal do eU (ppm).

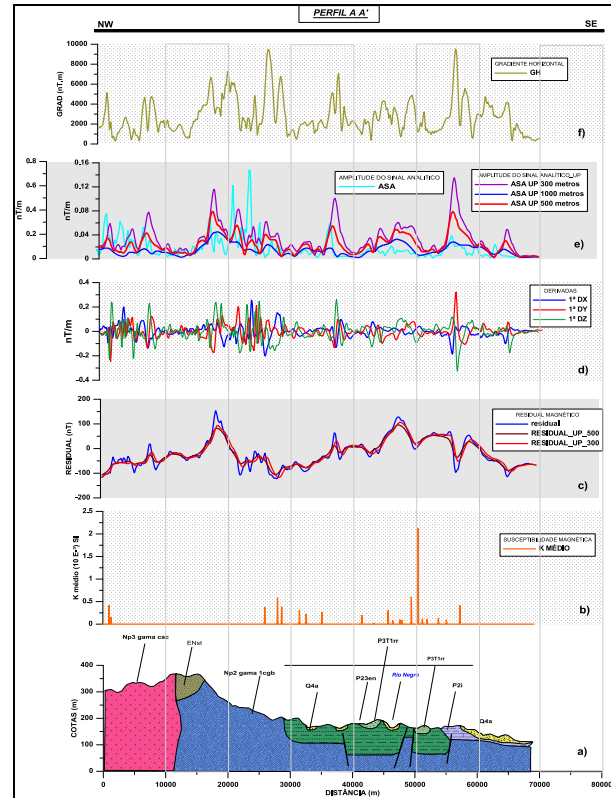


Figura 16- Perfil A-A: a) Informação geológica (CPRM, 2006) com relevo topográfico dados (ASTER DEM 2009); b) Susceptibilidade magnética; c) Anomalia residual do Campo Magnético de Intensidade Total; d) 1ª Derivadas nas direções "X", "Y" e "Z"; e) Amplitude do Sinal Analítico da anomalia residual do campo magnético de Intensidade Total; f) Gradiente Horizontal da Anomalia residual do Campo Magnético de Intensidade Total.

## Referências

ASTER Global DEM Validation Summary Report. Disponível em: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/index.JTP>

CPRM 2010- Serviço Geológico do Brasil. Projeto aerogeofísico Escudo do rio grande do sul: Relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Vol. I Texto técnico. Lasa Prospecções S/A. 260p

CPRM 2008 – Serviço Geológico do Brasil. Mapa Geológico do Rio Grande do Sul 1:750.000. Programa de Geologia do Brasil., DVD.

GEO-SOFT. 2005. Data Processing and Analysis System for Earth Science Applications. User Guide.