

11.1 Resumo

O Complexo Alcalino de Tunas ocupa área aproximada de 22 km², sendo a ocorrência mais comum a de sienitos e sienitos alcalinos. Por sua forma, composta de crateras, esperava-se que a resposta gravimétrica fosse expressiva, já que estruturas como essas são indicativas de estruturas profundas. No entanto, não houve a caracterização de campo anômalo sobre o corpo alcalino. Apesar da distribuição de estações de medidas sobre a rocha alcalina tivesse sido satisfatória.

Tunas apresenta campo magnético anômalo que permitiu um modelo 2.5 D sobre dados magnéticos reduzidos ao pólo, sendo estimada a sua profundidade em 3 km. No entanto, apenas uma das crateras que compõem o complexo alcalino é composta de rochas magnéticas. Portanto apenas a profundidade em correspondência a essa cratera foi estimada. Tudo indica que as crateras que compõem Tunas são rasas. Não foi feito um modelo 3D devido à configuração das anomalias.

11.2 Introdução

O Complexo Alcalino de Tunas localiza-se no município de Bocaiúva do Sul, próximo à localidade de Tunas, distando aproximadamente 60 km da cidade de Curitiba. Seu acesso é feito pela rodovia BR-476. O corpo cobre uma área de 22 km², dos quais 10% correspondem a brechas vulcânicas, e apresenta forma alongada para NW-SE. A ocorrência de rochas alcalinas na região de Tunas foi citada, inicialmente, por Carvalho & Pinto (1937), tendo as brechas, sido objeto de

primeiro registro alguns anos mais tarde (Trein et al. 1967). Cordani & Hasui (1968) forneceram as primeiras idades radiométricas K/Ar para as rochas do complexo (110-70 Ma), enquanto Fuck (1972) investigou a intrusão do ponto de vista geológico e petrográfico. O corpo atualmente é prospectado para pedras ornamentais principalmente na cor verde.

Gomes et al. (1987), através da geoquímica e da sua interpretação petrográfica, sugeriram sua formação por um processo de cristalização fracionada a partir de magmas parentais de natureza gabro-alcálica. Adicionalmente novas determinações radiométricas K/Ar indicaram idades de 62 a 96 Ma, estando a maior concentração de dados no intervalo de 80-90 Ma. A idade média calculada foi de 82,2 Ma, similar àquela obtida usando-se o método Rb/Sr 80,5 Ma.

11.3 Geologia

O complexo de Tunas apresenta rochas encaixantes, onde na sua porção oeste, se destacam filitos, quartzitos, mármore e metabasitos da Formação Votuverava do Grupo Açunguá; na sua parte leste, apresenta quartzitos, mármore e metabásicas da Formação Perau, além de gnaisses e xistos do Complexo Apiaí Mirim, ambas unidades pertencentes ao Grupo Setuva. Diques de diabásio da Formação Serra Geral são observados na direção NW/SE ocorrendo por toda a área.

A falha da Lancinha está localizada a sul da intrusão enquanto a norte dela ocorre a Falha Morro Agudo. Segundo Fiori (1985), a reativação da Falha Lancinha deu-se a partir do Mesozóico e, muito possivelmente, o processo atingiu

também o corpo alcalino, uma vez que ele se acha recortado por lineamentos de direção NE-SW, estendendo-se pelas formações pré-cambrianas adjacentes.

O complexo de Tunas é constituído em sua maior parte por rochas intrusivas plutônicas, no entanto também são encontradas variedades hipoabissais. As rochas mais comuns são sienitos e sienitos alcalinos, estando subordinadamente presentes dioritos, monzodioritos, gabros e monzogabros.

Diques alcalinos formam pequenos corpos cortando principalmente as rochas sieníticas e, em menor quantidade, dioríticas a monzodioríticas. Exibem espessuras centimétricas, coloração cinza-claro e cinza-esverdeado com granulação fina. Petrograficamente distinguem - se traquitos, microssienitos e bostonitos. A mineralogia indica a presença dominante de feldspato alcalino, aparecendo, subordinadamente, plagioclásio albitico, piroxênio de natureza egirina-augita passando a anfibólio, e apatita como acessório. (Vasconcellos & Gomes, 1992)

Brechas vulcânicas estão representadas por sete ocorrências distintas, distribuídas pelo interior do complexo. Quatro delas concentram-se na região de Lajeado, porção NW do corpo, enquanto as demais se situam mais na sua parte central. O mapa geológico usado na maioria dos trabalhos. (Figura 11.1) foi confeccionado por Fuck, (1972).

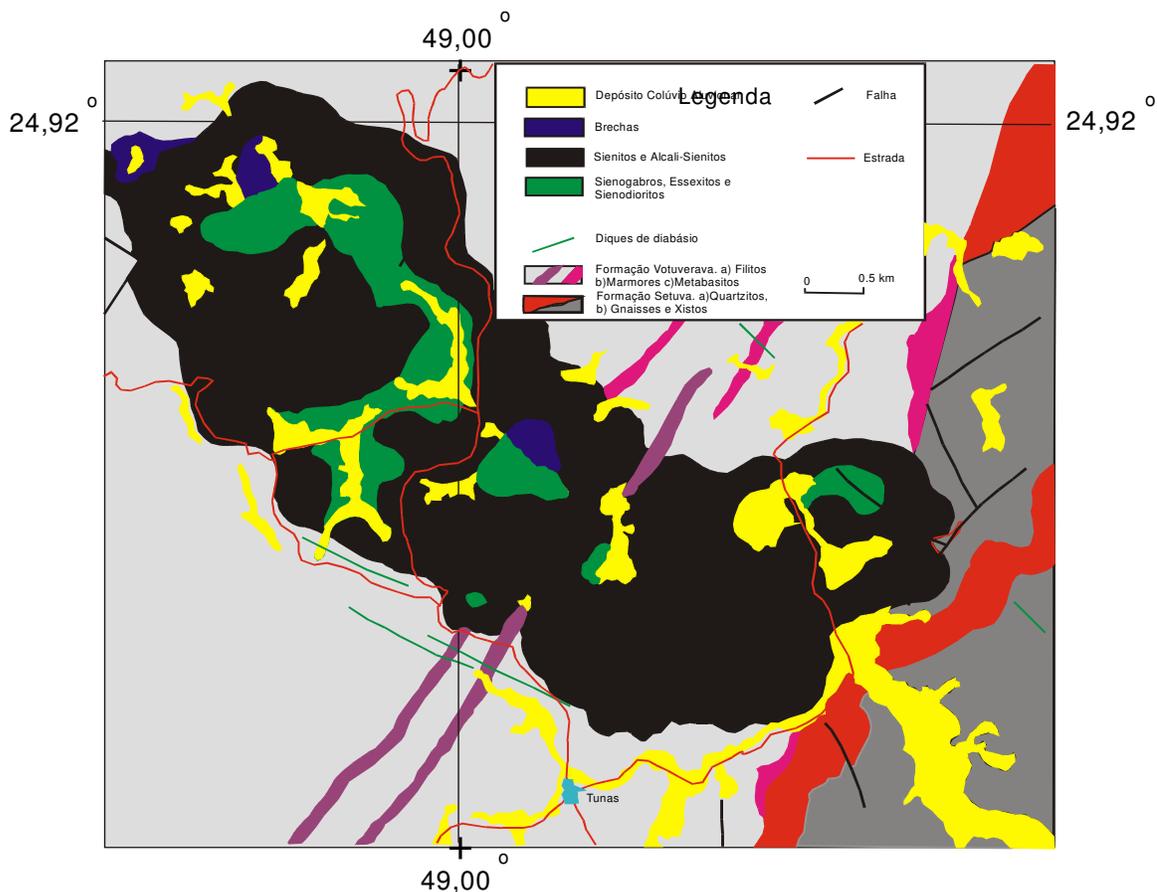


Figura 11.1. Mapa geológico do complexo de Tunas (Fuck, 1972).

11.4 Geofísica

O mapa topográfico de Tunas, com relevo sombreado sendo o ângulo de incidência 135° e a inclinação 45° é observado na Figura 11.2. Os dados da topografia são do SRTM – NASA com precisão de 3 arcos de segundos. No mapa topográfico é possível observar as estruturas das crateras que compõem o maciço alcalino. Alinhamentos na direção NW são compostos de diques oriundos do Arco de Ponta Grossa.

Na década de 70, a CPRM adquiriu dados aerogeofísicos, gamaespectrométricos e magnéticos, sobre o local. O campo magnético subtraído do IGRF é observado na Figura 11.3. Tunas apresenta comportamento dipolar do

campo magnético com máximo valor anômalo de 800 nT. Devido suas respostas magnéticas, semelhantes às demais alcalinas do Domínio Apiaí, imaginou-se que o complexo de Tunas apresentasse resposta gravimétrica anômala e com sinal positivo, em face de sua concentração de minerais ferrimagnéticos. A partir dessa conclusão Tunas foi escolhida dentre as demais alcalinas da região para ser estudada do ponto de vista gravitacional.

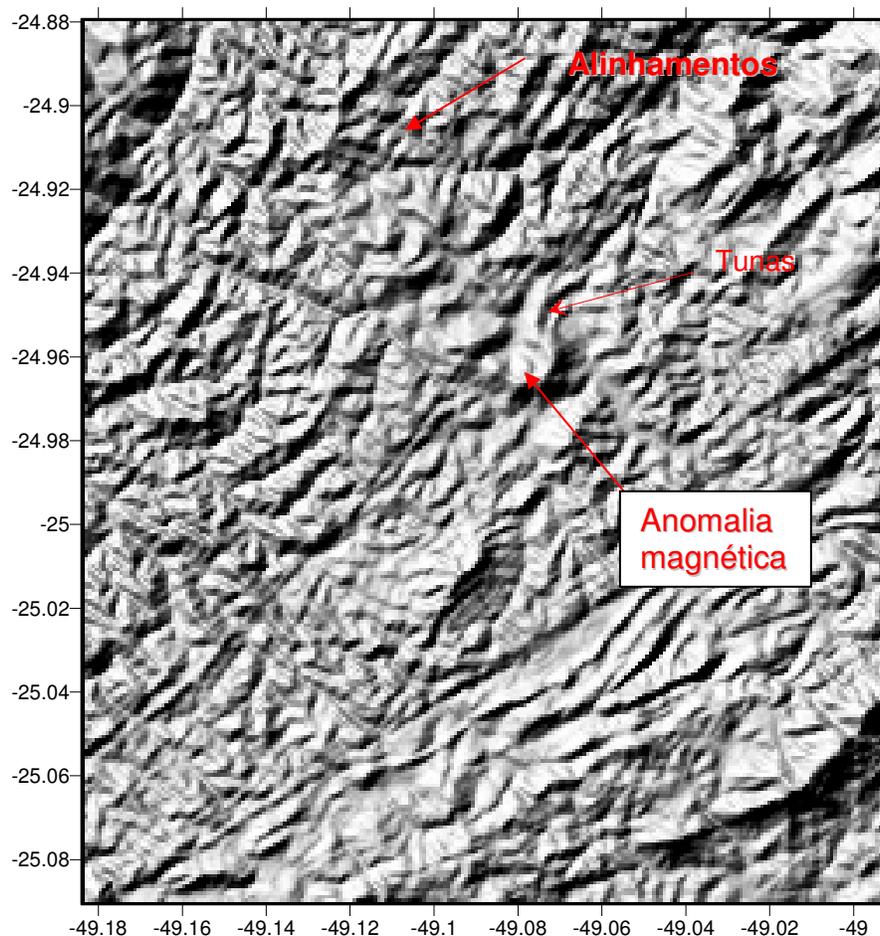


Figura 11.2. mapa topográfico de Tunas e região através dos dados SRTM com resolução de 3 arcos de segundos.

Ao realizar a aquisição gravimétrica e posterior redução dos dados constatou-se a inexistência de resposta anômala para o complexo com referência

às rochas encaixantes. Na Figura 11.4 é apresentada a anomalia Bouguer residual, obtida por ajuste de mínimos quadrados através de polinômio de grau 1 bivariado. Nele observam-se valores anômalos de magnitudes negativas, internas e no limite do complexo, mas nada que seja representativo no que diz respeito ao isolamento gravitacional do corpo estudado, bem como do contraste gravitacional em comparação ao observado para as demais alcalinas. Observa-se um alto gravitacional da ordem de 13 mGal nas proximidades do complexo alcalino na posição: -25.4° e -49.06° , que pode ser interpretado como uma intrusão magmática não aflorante, na formação Votuverava, que talvez não tenha nenhuma correlação com a alcalina de tunas.

O cálculo da densidade para amostras de Tunas e encaixantes foram realizadas através de dois métodos de medida: determinação do volume, usando (1) o paquímetro, e (2) a balança hidrostática, sendo que as medidas de massa específica foram corrigidas por calibração feita com cristal de quartzo. O primeiro método, do volume, consiste em medir as dimensões de uma amostra com volume conhecido (cilindro) e da massa através de uma balança de precisão. Já o segundo método, que utiliza a balança hidrostática ou de Arquimedes, é o mais utilizado para medidas de densidade, consistindo na determinação da massa específica da rocha através do empuxo da amostra na água. Na Figura 11.5 observam-se as densidades medidas através do método de Arquimedes e do volume, sendo que os valores das respectivas densidades obtidas através do método de Arquimedes são apresentados na Tabela 11.1.

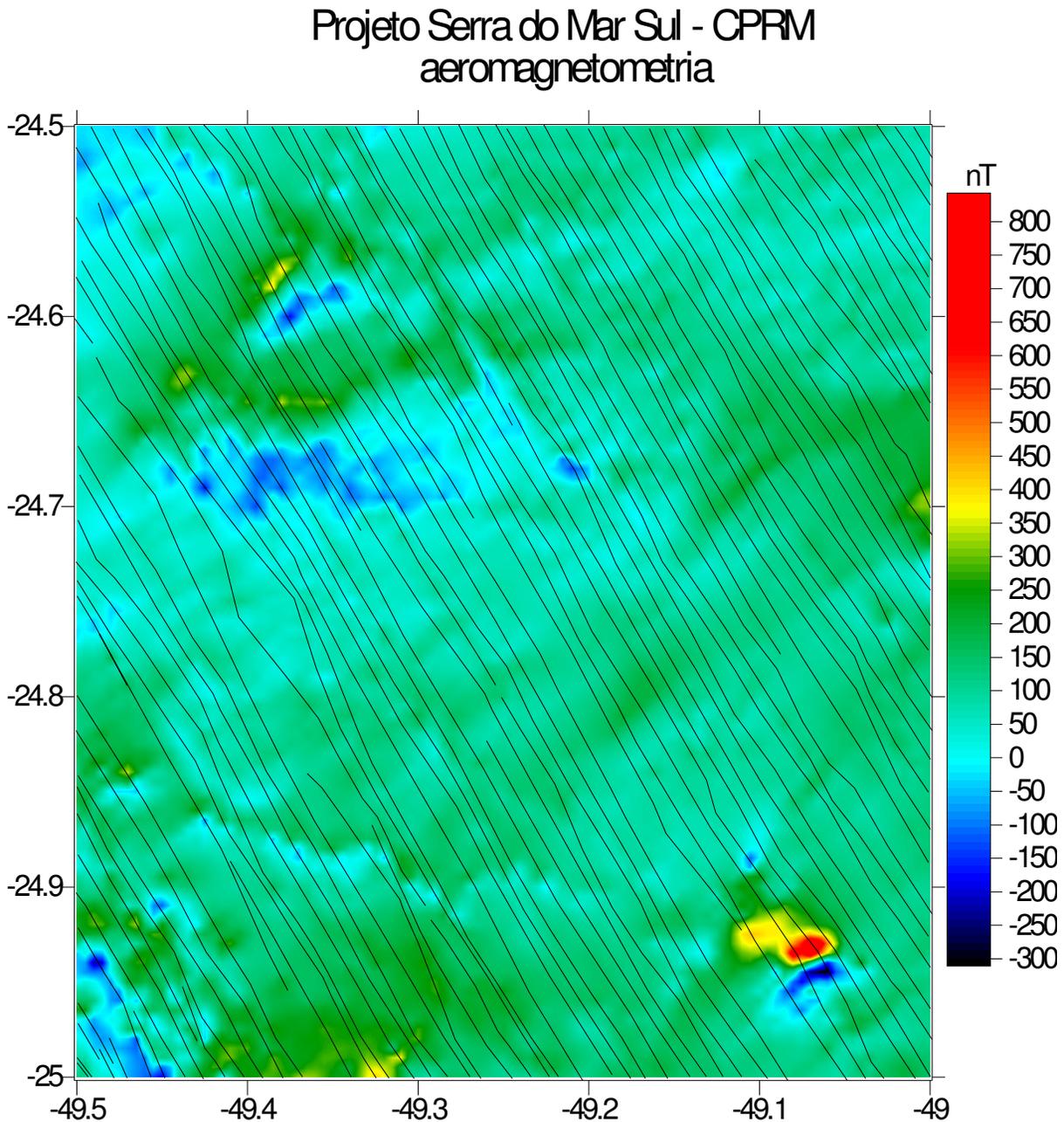


Figura 11.3. Levantamento aeromagnético do Projeto Serra do Mar Sul – CPRM. O dipolo magnético (-24.95; 49.07) corresponde à resposta magnética do maciço de Tunas. As linhas de vôo são representadas através das linhas em preto.

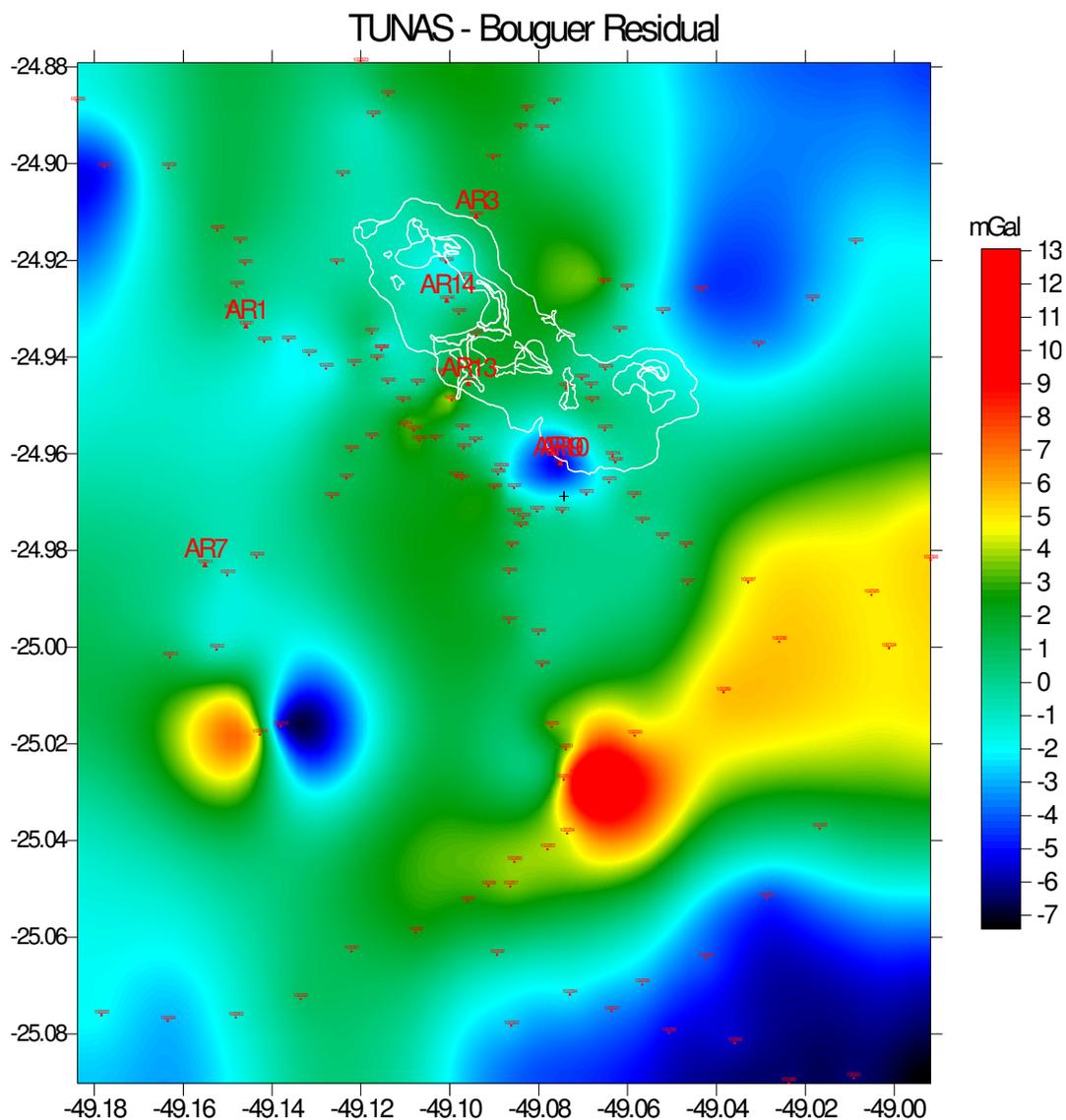


Figura 11.4. Anomalia Bouguer residual usando polinômio de grau 1 bivariado. A linha de coloração branca representa o contorno das litologias do mapa geológico. Os pontos são as estações de medida, enquanto que os índices AR, indicam a posição onde foram coletadas as amostras para cálculo da densidade.

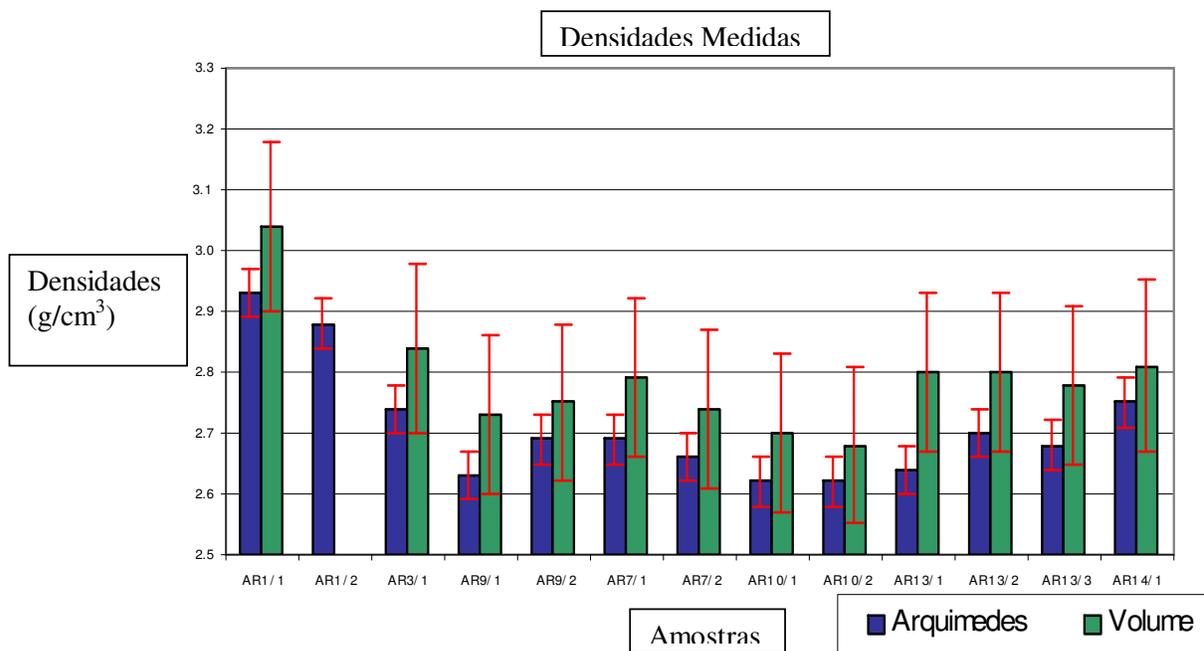


Figura 11.5. No gráfico são visualizados os valores de densidade e as incertezas obtidas para os dois métodos, volume (em verde) e a balança hidrostática (em azul). As amostras são subdivididas através dos índices AR (amostra)/(fragmento da amostra).

Observa-se que a densidade medida, pelos dois métodos, apresenta uma correlação, mantendo a mesma tendência entre as amostras, ou seja, se uma amostra apresenta baixa densidade num método, no outro também terá baixa densidade relativamente às demais amostras.

Analisando os gráficos de densidade pode-se concluir que não existe contraste expressivo entre a maioria das amostras, do embasamento (Votuverava) e da alcalina, com exceção do gnaíse. O valor da densidade com maior contraste é a da amostra AR1 que representa uma rocha melanocrática, com alto grau de

metamorfismo e xistosidade bem definida. Essa rocha foi classificada como sendo um “gnaisse” a partir de inferências de campo ocorridas conjuntamente à coleta dos dados gravimétricos. Essa amostra foi retirada de um matacão de 10 metros de diâmetro. A possibilidade de que o embasamento referente ao gnaisse se estenda além dos limites observados no mapa geológico, na sua porção Sudoeste a Tunas, é provável, no entanto os dados gravimétricos não indicam a existência de terrenos gnáissicos nessa porção, devido à ausência de anomalias gravimétricas positivas, além da porção Leste de Tunas (vide mapa geológico), que necessariamente deveria ocorrer para uma densidade de $2,93 \text{ g/cm}^3$, haja visto que as densidades do grupo Votuverava são da ordem de 2.67 g/cm^3 .

Método	Arquimedes	LITOLOGIA
Amostra	Densidade (g/cm^3)	
AR1/1	2.93	Gnaisse/ melano
AR1/2	2.88	Gnaisse/ melano
AR3/1	2.74	ALCA./ melano
AR9/1	2.63	ALCA./ leuco
AR9/2	2.69	ALCA./ leuco
AR7/1	2.69	Metassedimento
AR7/2	2.66	Metassedimento
AR10/1	2.62	ALCA./ leuco
AR10/2	2.62	ALCA./ leuco
AR13/1	2.64	ALCA./ melano
AR13/2	2.70	ALCA./ melano
AR13/3	2.68	ALCA./ melano
AR14/1	2.75	ALCA./ melano

Tabela 11.1. Valores da densidade medidos em laboratório.

Como a gravimetria não apresentou a resposta esperada e existiam outros dados que poderiam ser utilizados na tentativa de obter mais informações sobre o complexo de Tunas, optou-se por estudar os três perfis aéreos que constituem segmentos das linhas de vôo do levantamento da CPRM, sendo formados por dados magnéticos e de gamaespectrometria nos canais do potássio (K), urânio (eU), tório (eTh) e total. A disposição dos perfis em planta é observada na Figura 11.6, sendo os perfis 1, 2 e 3 apresentados nas Figuras 11.7, 11.8 e 11.9. Na Mesma figura são verificados alinhamentos na direção NE ortogonais à Tunas.

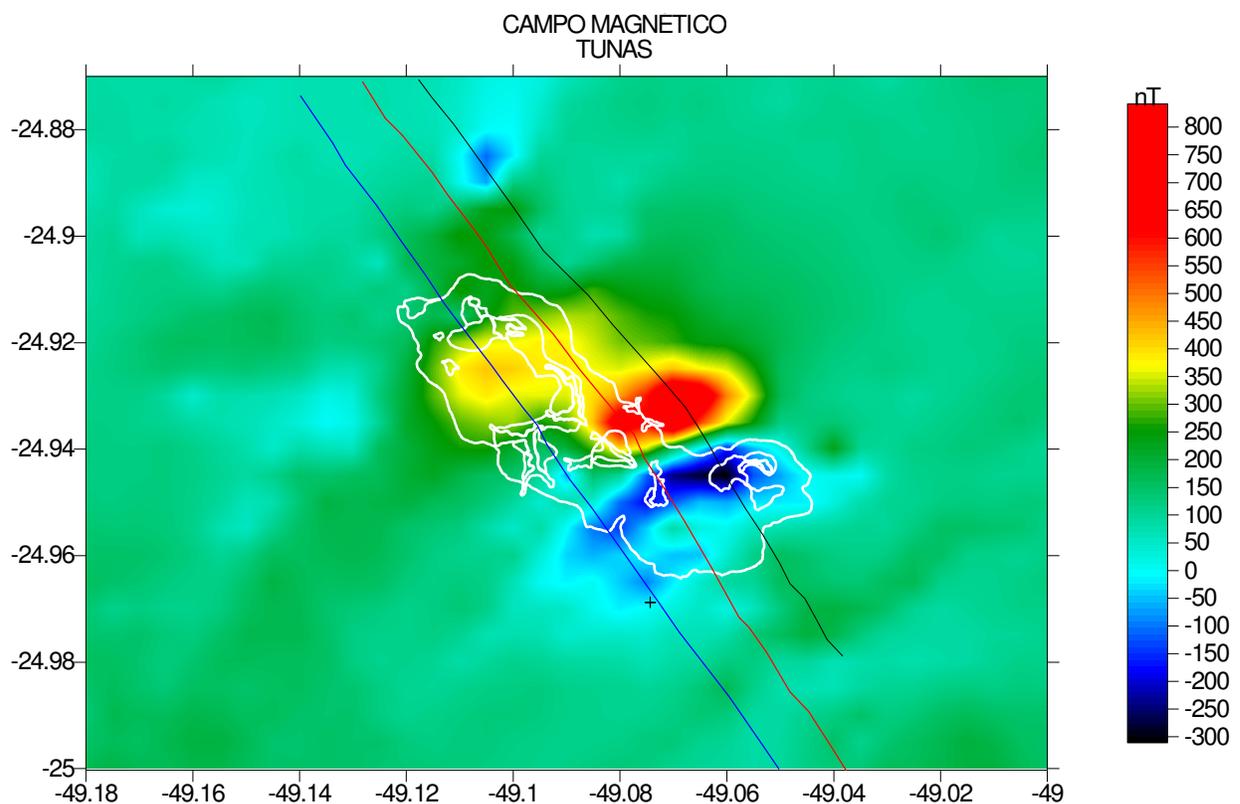


Figura 11.6. No mapa observam-se os perfis 1 (azul), 2 (vermelho) e 3 (preto), que são segmentos das linhas de vôo da CPRM, que atravessam o

complexo alcalino Tunas, conjuntamente ao mapa magnético e esquema geológico.

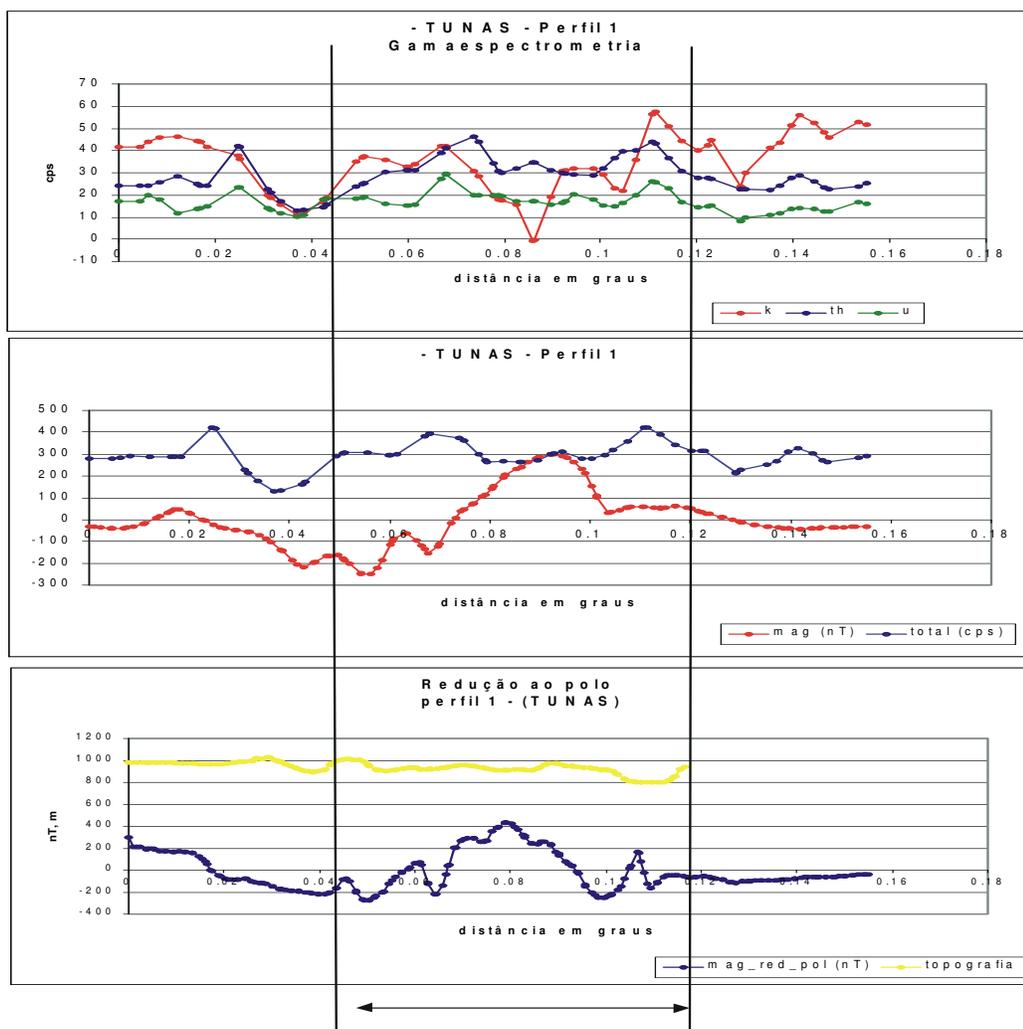


Figura 11.7. Dados referentes ao perfil 1 (ver Figura 11.8) para os canais de K, U, Th, Contagem Total e campo magnético anômalo. A topografia do local e o campo magnético reduzido ao pólo são observados no último gráfico. As linhas na cor preta que cortam os gráficos representam os limites da alcalina.

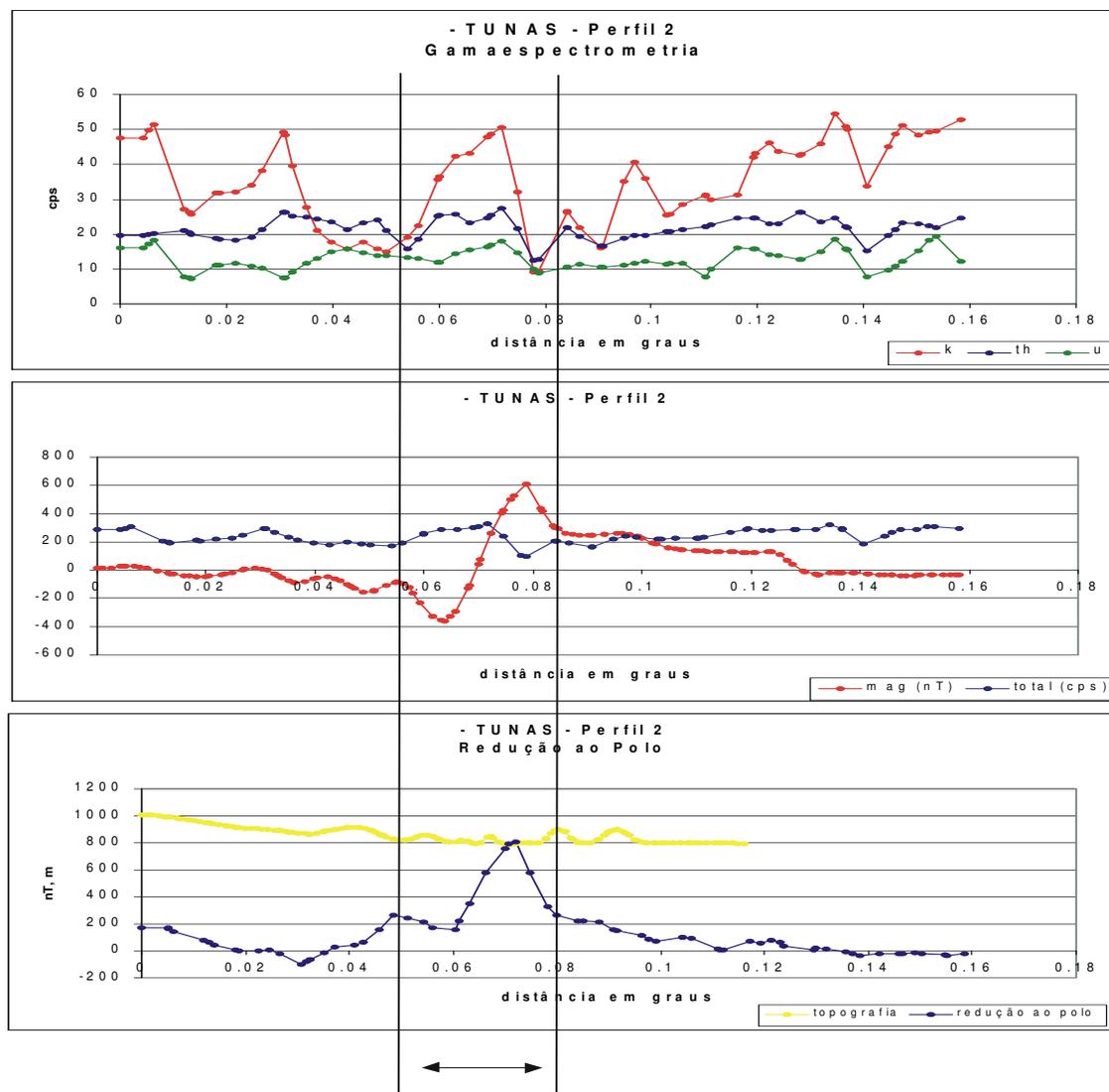


Figura 11.8. Dados referente ao perfil 2 (ver Figura 11.7) para os canais de K, U, Th, Contagem Total e magnético. A topografia do local e o campo magnético reduzido ao polo são observados no último gráfico. As linhas na cor preta que cortam os gráficos representa os limites da alcalina.

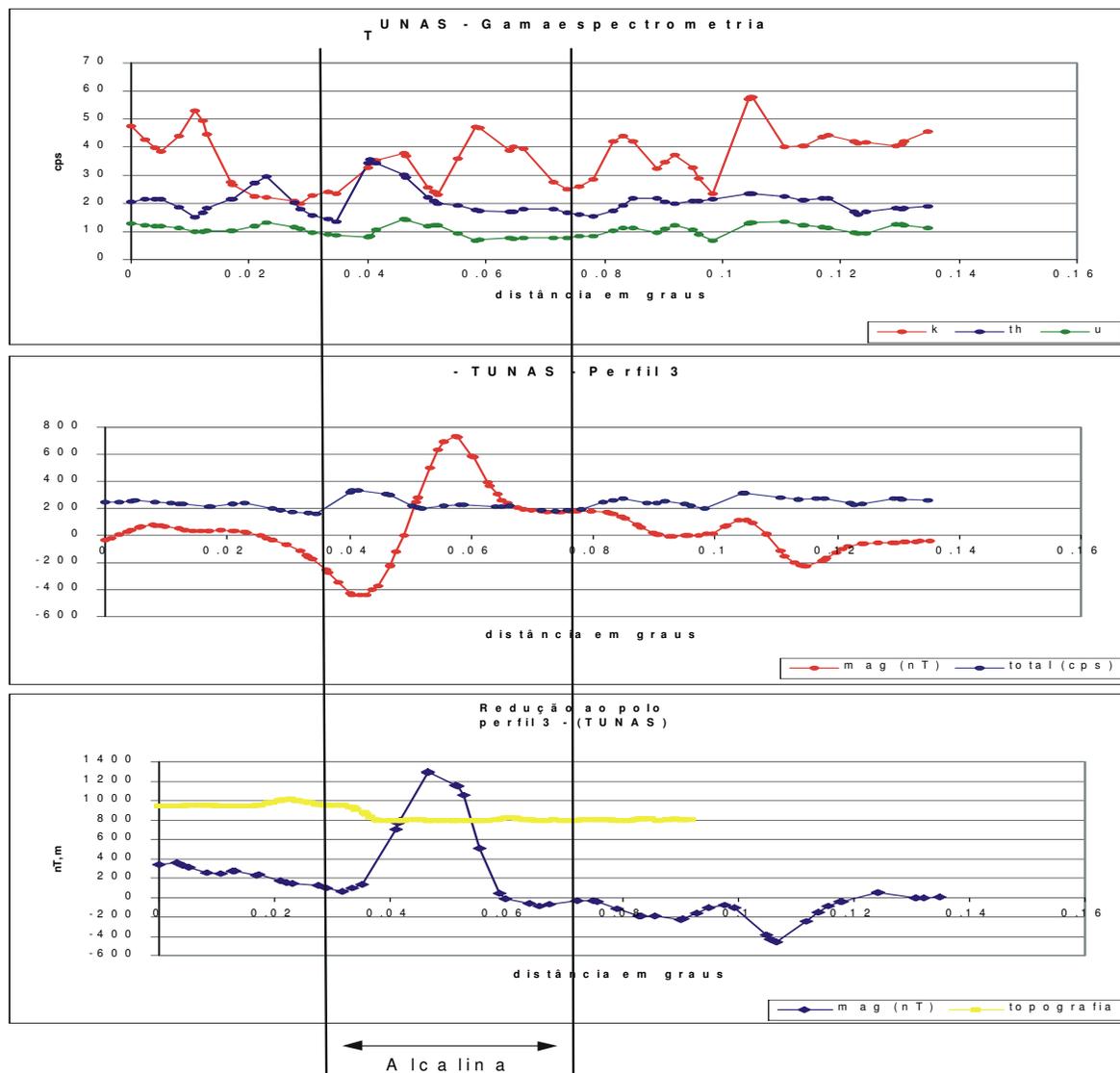


Figura 11.9. Dados referente ao perfil 3 para os canais de K, U, Th, Contagem Total e magnético. A topografia do local e o campo magnético reduzido ao polo são observados no último gráfico. As linhas na cor preta que cortam os gráficos representam os limites da alcalina.

Cor das litologias nos modelos	Contraste de Susceptibilidade (SI)	Litologia
Verde	0.200	Alcalina
Amarelo	0.000	Metasedimento
Laranja	0.100 – 0.130	Gnaisse
Cinza	0.060	Gnaisse alterado

Tabela 11.2. Propriedades físicas aplicadas nos modelos magnéticos do Complexo de Tunas.

Os dados dos perfis aéreos foram usados principalmente na delimitação em planta do complexo alcalino. O sinal, apesar de algumas vezes não ser claro, quando comparado entre as várias componentes gamaespectrométricas e magnética, permite inferir aproximadamente a sua localização. Para facilitar a interpretação magnética foi aplicada aos dados a redução ao pólo com o intuito de corrigir o efeito da latitude nos dados magnéticos. Os parâmetros de entrada do programa foram as componentes espaciais do vetor magnetização com azimute de 310 graus (referência trigonométrica) e inclinação de 25 graus. O programa de redução ao pólo foi criado no formato Matlab.

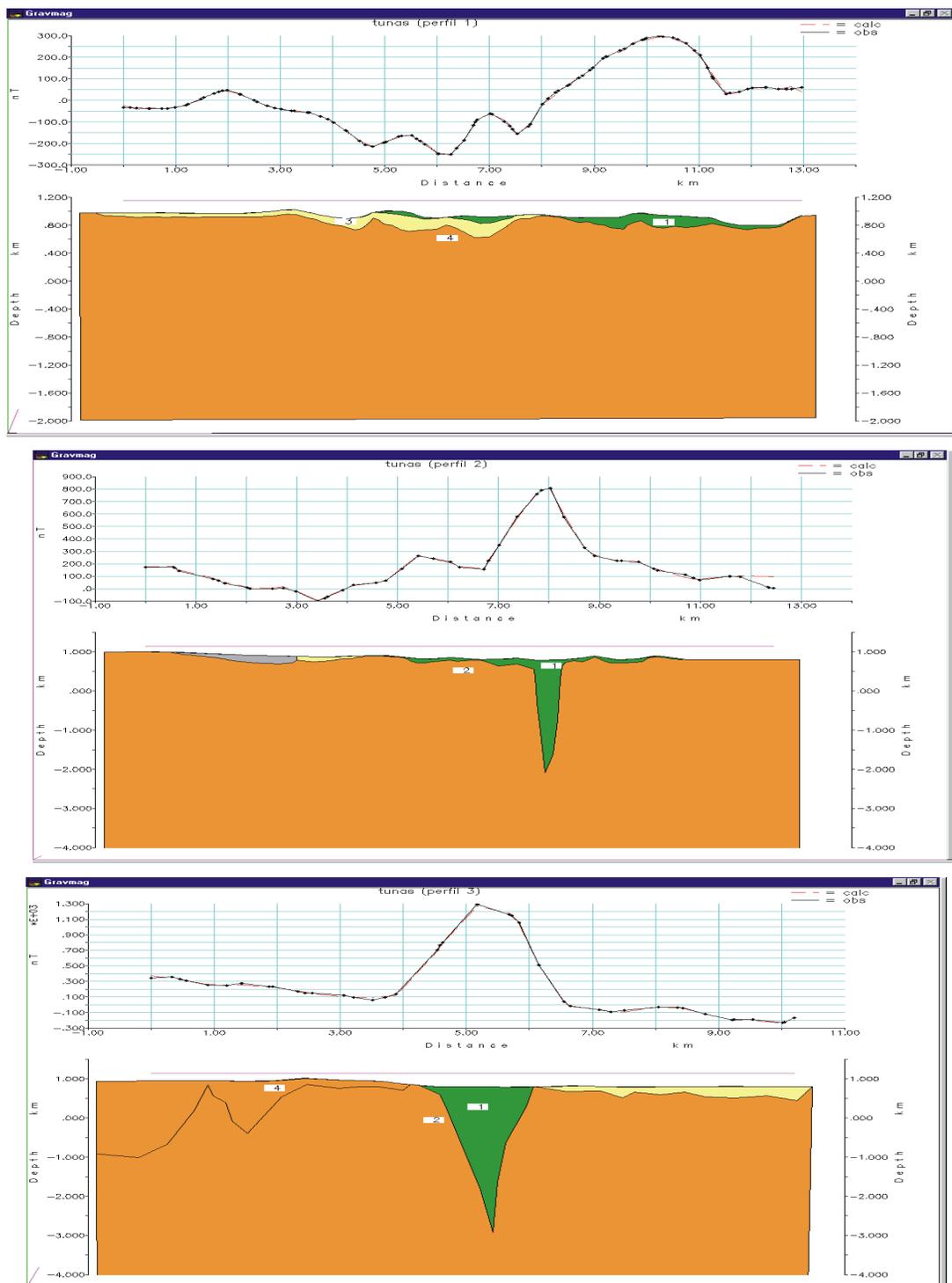


Figura 11.10. Modelo para os três perfis aeromagnéticos. Os dados magnéticos foram reduzidos ao pólo.

Finalmente o Complexo Alcalino delimitado por vínculos geofísicos e geológicos foi modelado no formato 2.5D através dos dados magnéticos reduzidos ao pólo. Na Figura 11.10 é mostrado o modelo usando os três perfis. As propriedades físicas aplicadas em cada modelo são observadas na Tabela 11.2.

Através dos modelos 2.5D, na Figura 11.10, é possível inferir que o Complexo Alcalino de Tunas não apresenta uma geometria favorável à existência de uma raiz profunda, como ocorre com as demais alcalinas estudadas onde a máxima profundidade para a base é da ordem de 10 km. Como observado, sugere-se que Tunas possua profundidade da ordem de 3 km, os demais complexos alcalinos possuem profundidades superiores a 8 km. Esse fato pode ter resultado na ausência de anomalia gravimétrica, já que o corpo é pequeno em profundidade, resultando numa anomalia pequena. Como a altimetria é a fonte de maior incerteza na aquisição gravimétrica, Tunas pode apresentar uma anomalia pequena da ordem de 1 mGal, estando na faixa de incerteza da altimetria, lembrando que 2 metros de erro na altitude resulta numa incerteza com amplitude de ± 0.62 mGal. Para essa escala de magnitude é necessário realizar levantamentos altimétricos de maior precisão, utilizando gps diferencial ou nivelamento geométrico.

Através do modelo magnético pode-se interpretar que o embasamento nas porções mais superficiais da crosta é formado por uma litologia homogênea do ponto de vista magnético, a não ser pelas suas porções mais superficiais, sendo representada na cor laranja e possivelmente composta por gnaisse. Nesse caso, a Formação Votuverava e parte do Grupo Setuva, formadas por

metassedimentos, estariam alojadas sobre o gnaisse. Nesse caso a amostra AR 1 certamente representa um gnaisse.

11.5 Conclusão

Apesar dos dados gravimétricos não terem sido conclusivos e representativos de valores anômalos devido possivelmente ao levantamento altimétrico, utilizados nas reduções dos dados gravimétricos, serem de baixa resolução (barometria) apresentando incertezas da ordem de 2 mGal. As amostras coletadas das rochas encaixantes e litologias da alcalina indicam densidades pouco anômalas, convergindo em média para valores equivalentes, da ordem de 2,7 a 2,65 g/cm³, a não ser para o gnaisse, que apresentou valores de densidades da ordem de 2,9 g/cm³. A ausência de anomalias ao longo do limite geológico da alcalina é devido ao baixo contraste de densidade entre alcalina e encaixantes.

Tunas possui campo anômalo magnético de característica dipolar. O corpo foi modelado através dos dados aeromagnéticos e chegou-se numa profundidade da ordem de 3 km, compondo-se numa intrusão alcalina de pequena profundidade em comparação as demais estudadas até então.

A máxima profundidade em Tunas ocorre na cratera mais ao sul, sendo que as demais estruturas ocorrem na forma de uma fina capa. Deve-se salientar que essa cratera ao sul é mais magnética do que as demais crateras que compõem Tunas, essa característica é observada sobrepondo-se o mapa topográfico as isolinha magnéticas, onde o dipolo se restringe quase que exclusivamente a essa cratera.

11.6 Referencia

CARVALHO, RR & PINTO, E.A. 1937. Reconhecimento geológico na Série Assunguy. Boi Serv. Geol Miner, 71:1-29.

CORDANI, U.G. & HASUI, Y. 1968. Idades K-Ar de rochas alcalinas do Primeiro Planalto do Estado do Paraná. In: CONGR. BRÁS. GEOL., 22. Belo Horizonte, 1968. Anais... Belo Horizonte, SBG. p. 149-153.

FIORI, A.P. 1985. Avaliação preliminar do deslocamento dúctil das falhas de Lancinha e de Morro Agudo no Estado do Paraná. Boi. Parati. Geoc., 36:15-29.

FUCK, R.A. 1972. Geologia do Maciço Alcalino de Tunas, Paraná, Brasil São Paulo. 82 p. (Tese de Doutorado, IG/USP).

GOMES, C.B.; BARBIERI, M.; BECCALUVA, L.; BROTZU, P.; CONTE, A.; RUBERTI, E.; SCHEIBE, R; TAMURA, R.M.; TRAVERSA, G. 1987. Petrological and geochemical studies of alkaline rocks from continental Brazil. 2. The Tunas massif, State of Paraná. Geochim. Brasil, 1:201-234.

KARA, S.R & SILVA, M.E. 1982. Relatório de Graduação da Folha Geológica de Água Clara/parcial leste do Barro Vermelho. Curitiba. 80 p. (Relatório de Graduação, Departamento de Geologia/UFPR).

TREIN, E.; MARINI, O.J.; FUCK, R.A. 1967. Rochas alcalinas do Primeiro Planalto do Estado do Paraná. In: BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; PINTO, VM. ed. Geologia do Pré-Devoniano e Intrusi vás Subseqüentes da Porção Ocidental do Estado do Paraná. Boi. P ar an. Geoc., 23-25:325-347.

ULBRICH, H.H.G.J. 1986. As brechas de origem ígnea: revisão e proposta para uma classificação geológica. Boi IG-USP, 3:1-82. (Ser. Publ. Esp.).

ULBRICH, H.H.G.J. & GOMES, C.B. 1981. Alkaline rocks from continental Brazil. Earth Sci. Rev., 17:145-154.

VASCONCELLOS, E.M.G. 1992. Caracterização Petrográfica de Brechas Vulcânicas no complexo Alcalino de Tunas, PR. Revista Brasileira de Geociências, 22(3):269-274.