

# Integração de dados Aeromagnetométricos, Aerogamaespectrométricos e Geológicos na Região de Bom Jardim (Piauí) – Nordeste do Brasil

Elizângela Soares Amaral (CPRM/SGB), Roberto Gusmão de Oliveira (CPRM/SGB).

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12<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 integration of airborne gamma ray spectrometric, magnetic and geological data in the region of Bom Jardim (PI) revealed a significant correlation between different types of rocks and airborne geophysical signatures. They emphasized the excellent capacity to separate between granitic rocks and metasediments, as well as, the possibility of interpreting structures and tectonic domains from aeromagnetic data. From the data were also separated recent covers, gneisses, metasedimentary sequences and greenstone belts. Based on the aeromagnetic data were separated three different geological-geophysical domains, each with distinct magnetic and radiometric characteristics. The end result was presented in the form of an integrated map from aerial geophysical and geological information field.

## Introdução

Este trabalho apresenta o resultado da integração de dados aerogeofísicos e geológicos para a confecção de um mapa integrado da região de Bom Jardim (PI) que inclui informações de ambas as fontes. No processo de integração foram examinados dados dos canais de potássio, equivalente tório e equivalente urânio e a composição ternária destes três elementos. Foi verificada uma correlação importante entre tipos de rochas e assinaturas radiométricas. Também foram empregados dados magnetométricos para interpretação de domínios tectônicos e estruturas. Os resultados indicaram que nos trabalhos de mapeamento geológico o emprego deste método de trabalho permite a produção de um mapa de serviço de boa qualidade para a investigação de alvos prioritários no campo e um incremento importante nos resultados finais dos mapeamentos.

## Contexto Geológico

A região de Bom Jardim (PI) localiza-se nos domínios geotectônicos do norte do cráton do Cráton do São Francisco (Figura 1). Os dados geocronológicos indicam que ocorreu na região uma evolução policíclica envolvendo rochas arqueanas e paleoproterozoicas, com culminância dos processos tectono-magmáticos entre 2,75 e 2,65 Ga (Teixeira, 1993). O período entre 3,2-2,6 Ga foi de intensa mobilidade e crescimento da crosta, acompanhado por formação de terrenos granito-

greenstones. Na região de trabalho afloram as rochas do Complexo Sobradinho-Remanso formado por gnaisses, migmatitos e ortognaisses do tipo tonalito-trondhjemito-granito (TTG), alternados com níveis de leucograníticos de composição tonalito-granodiorítica englobando rochas supracrustais (Santiago, 2013). No norte da área afloram as rochas da Faixa Riacho do Pontal de idade Neoproterozóica. Esta faixa de dobramentos está localizada no limite entre o cráton e a Província Borborema e suas rochas foram deformadas e empurradas sobre o cráton durante a Orogênese Brasileira (Santos & Brito Neves, 1984).

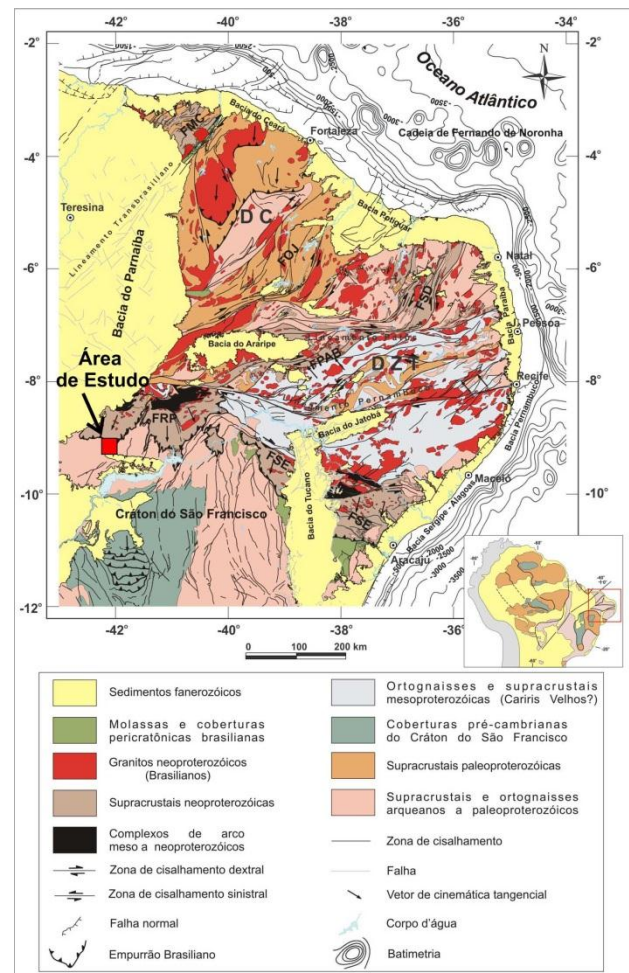


Figura 1: Localização geotectônica da área de estudo no contexto do Cráton do São Francisco e da Província Borborema.

**Métodos e Dados**

Os dados aerogeofísicos utilizados neste trabalho foram levantados pelo Projeto Levantamento Aerogeofísico Médio São Francisco (LASA S.A., 2009). O projeto levantou perfis aeromagnéticos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de voo e de controle espaçadas de 500 m e 5.000 m, orientadas nas direções N-S e E-W, respectivamente. A altura de voo foi fixada em 100 metros sobre o terreno. Foram empregadas aeronaves equipadas com magnetômetro e gamaespectrômetro, posicionadas pelo sistema de observação de satélite GPS, com precisão de 1 m. O magnetômetro com sensor de vapor de césio foi montado na cauda da aeronave (tipo *stinger*). As medidas foram realizadas a cada 0,1 segundo, o que equivale, dependendo da velocidade média da aeronave a uma medida a cada 7,7 metros (LASA S.A., 2009). O gamaespectrômetro com detectores de cristais de iodeto de sódio (NaI) permitiu a análise individual e precisa dos fotopicos de potássio, urânio e tório. As medidas foram efetuadas a cada 1,0 segundo, representado medições a

intervalos de amostragem média de aproximadamente 77,0 metros.

**Resultados**

Nos dados magnetométricos foram considerados as diferenças entre os padrões de amplitudes, comprimentos de onda e direção dos alinhamentos magnéticos. Foram separados em três domínios (Figura 2): Noroeste, Central e Sudeste. O padrão magnetométrico é caracterizado por domínios que apresentem alongamento na direção ENE-SSO, e sugerem compartimentagens tectônicas com variações geológicas/estruturais na direção NO-SE. Na fusão ternária dos dados radiométricos foram considerados os padrões de distribuição dos três radioelementos, potássio (K), equivalente tório (eTh) e equivalente urânio (eU) (Figura 3). Como resultado da interpretação e correlação dos dados elaborou-se o Mapa de Interpretação Geológico-Geofísico, separando as unidades litológicas da área de estudo (Figura 5).

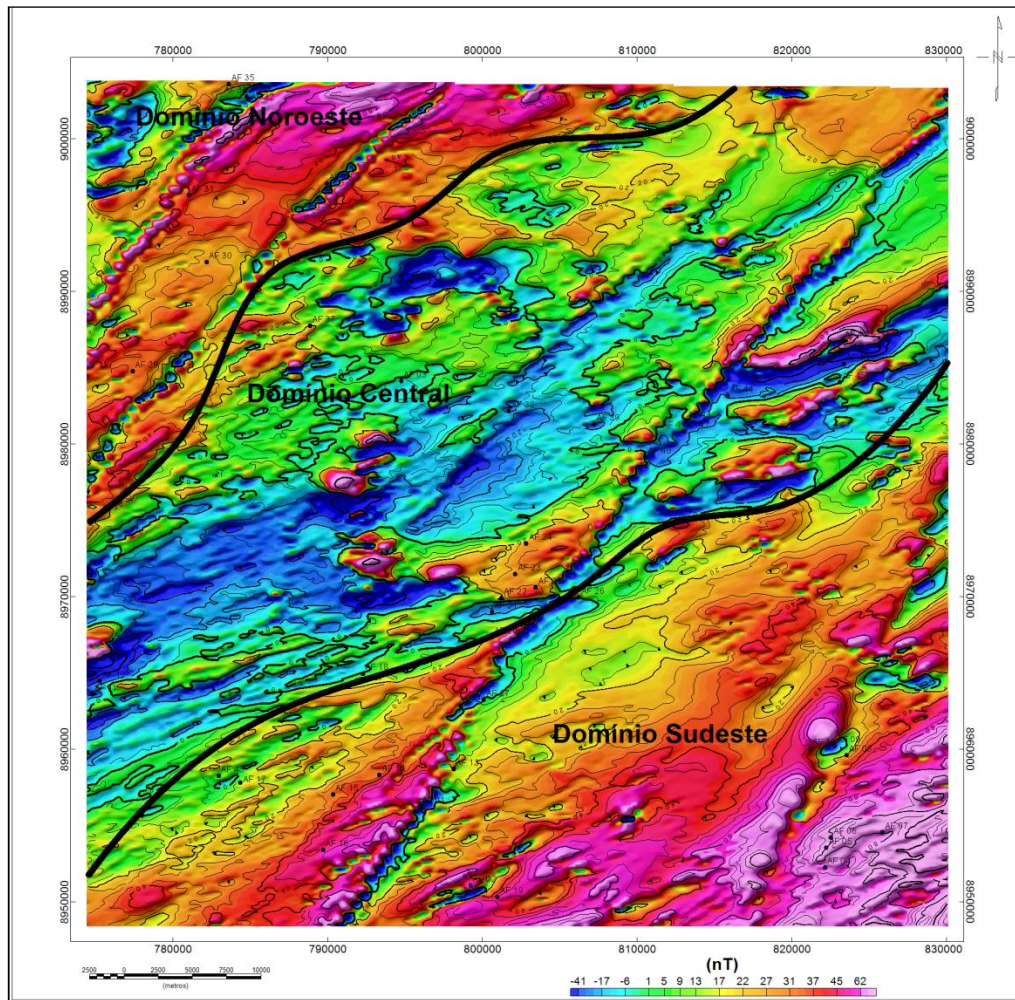


Figura 2 - Imagem do campo magnético total interpolado pelo método da mínima curvatura, em uma malha quadrada de 125 m, com sobreposição da interpretação dos domínios magnéticos. Imagem sombreada: Inclinação = 35°Az, declinação = 315°Az.

**Domínio Noroeste:** apresenta padrão magnetométrico movimentado, com amplitudes máximas de 100 nT e comprimentos de ondas máximos de 3,9 km produzidos por alinhamentos magnéticos retilíneos e alongados associados provavelmente aos ortognaisses migmatíticos do Complexo Vitor (PP3vt) e a coberturas detrito-lateríticas (N1dl). Na imagem radiométrica ternária (Figura 3) destacam-se três diferentes padrões: i) tons esverdeados levemente enriquecidos em Th ( $eTh < 32,0$  ppm) associados com ortognaisses migmatíticos do Complexo Vitor (PP3vt) (Figura 5); ii) tons avermelhados correlacionados as rochas gnáissicas do Complexo Lagoa do Alegre (A4I), apresentando leve enriquecimento em K ( $< 3,0\%$ ); e iii) um padrão pintalgado de preto e azul possivelmente associados a solos laterizados dos ortognaisses do Complexo Vitor (PP3vt).

**Domínio Central:** apresenta padrão magnetométrico muito movimentado (Figura 1), com amplitudes máximas de 800 nT e comprimentos de onda máximos de 3,6 km, produzidos por alinhamentos retilíneos e com forma sigmoides. O centro do domínio é demarcado por algumas anomalias cujas fontes magnéticas estão correlacionadas possivelmente a predominância de ortognaisses migmatíticos do Complexo Vitor (PP3vt) (Figura 5). Outras anomalias podem ser visualizadas no centro-norte do domínio associados aos paragnaisses e micaxistos do Complexo Lagoa do Alegre (A4I). Na imagem radiométrica ternária (Figura 3) destacam-se diferentes padrões: i) tons verde-esbranquiçados levemente enriquecidos em Th ( $eTh < 17,0$  ppm) associados ortognaisses do Complexo Vitor (PP3vt); ii) tons esbranquiçados enriquecidos em K ( $< 7,0\%$ ), Th ( $eTh < 83,0$  ppm) e U ( $eU < 5,8$  ppm) associados com granitos e gnáisses do Complexo Sobradinho-Remanso; iii) tons avermelhados apresentando leve enriquecimento em K ( $< 4,0\%$ ) associados as rochas gnáissicas do Complexo Lagoa do Alegre (A4\_gamma\_ml); iv) tons esverdeados provavelmente associados aos quartzitos do Complexo Lagoa do Alegre (A4I); e v) um padrão pintalgado de preto e azul indicando provável processo de lateritização.

**Domínio Sudeste:** apresenta padrão magnetométrico movimentado com as amplitudes máximas das anomalias de 200 nT e comprimentos de onda máximos de ~ 3,0 km cujas fontes magnéticas estão associadas possivelmente às rochas ortognaisses migmatíticos do Complexo Sobradinho Remanso (A23gs) e micaxistos da Formação Barra Bonita (NPc1b) (figura 5). Na imagem radiométrica ternária (Figura 3) pode-se verificar três padrões distintos: i) tons verde-azulados apresentando leve enriquecimento em Th ( $eTh < 13,0$  ppm) correlacionados micaxistos da Formação Barra Bonita (NPc1b) e rochas gnáissicas do Complexo Vitor (PP3vt); ii) tons esbranquiçados enriquecidos K ( $< 7,5\%$ ), Th ( $eTh < 100,0$  ppm) e U ( $eU < 5,6$  ppm) associados provavelmente rochas graníticas e gnáissicas do Complexo Sobradinho-Remanso (A23gs); iii) tons vermelho-esverdeados correlacionados a quartzitos da Formação Barra Bonita (NPc1b); iv) tons pintalgados de preto, vermelho e azul associados provavelmente a lateritização.

## Interpretação Tectônica dos Alinhamentos Magnéticos

Anomalias magnéticas estreitas e alongadas são comumente interpretadas segundo três tipos principais de correlação geológica: i) estruturas tectônicas do tipo falha ou zona de cisalhamento; ii) contato entre duas unidades geológicas; e iii) intrusões de corpos magnéticos do tipo dique. Para poder enfatizar as fontes mais rasas, a interpretação dos alinhamentos foi efetuada com emprego da imagem da primeira derivada vertical do campo magnético total, como pode ser observado na Figura 4. Na Folha Bom Jardim ocorre inúmeros alinhamentos magnéticos, destacando-se entre formas alongadas e retilíneas, e sigmoidais, cuja correlação geológica mais adequada é com zonas de deformações dúcteis e rúpteis e contatos entre duas unidades geológicas (figuras 4 e 5). Na análise dos alinhamentos magnéticos pode-se observar na região noroeste alguns alinhamentos alongados e retilíneos associados com deformação dúctil e dúctil/rúptil afetando as rochas do Complexo Vitor (PP3vt) (Figura 4). Com o mesmo padrão magnético observam-se alinhamentos que atravessam os limites norte e sul da área de trabalho. Provavelmente estão associados a zonas de deformações dúctil/rúpteis preenchidas por diques estreitos de rochas magnéticas. Outros alinhamentos magnéticos em forma de sigmoides podem ser visualizados no centro-norte da folha. O aspecto desses alinhamentos permite interpretar que os mesmos podem estar associados com deformações dúctil/rúpteis das rochas pré-cambrianas, as quais foram truncadas, formando um padrão magnético movimentado pela existência de falhas e dobras no contato entre as unidades geológicas (quartzitos e micaxistos) do Complexo Lagoa do Alegre (figuras 4 e 5). O quadrante sudeste da folha apresenta algumas assinaturas magnéticas retilíneas associadas provavelmente a deformações dúcteis e dúctil-rúpteis dos micaxistos da Formação Barra Bonita (NPc1bq).

## Conclusões

A região de Bom Jardim (PI) apresenta padrão magnetométrico movimentado, com alinhamentos magnéticos alongados com direção ENE-SSO associados a zonas de deformações dúcteis e dúcteis-rúpteis. Essas zonas delimitam a folha em três domínios diferentes. O domínio Noroeste apresenta alinhamentos magnéticos retilíneos e alongados associados às rochas do Complexo Vitor (PP3vt), levemente enriquecidos em Th ( $eTh < 32,0$  ppm). Caracterizado por um padrão magnetométrico bastante movimentado, o domínio Central apresenta alinhamentos magnéticos retilíneos e sigmoidais nas rochas graníticas e gnáissicas dos Complexos Vitor (PP3vt) e Sobradinho-Remanso (A23gs), enriquecidas em K ( $< 7,0\%$ ), Th ( $eTh < 83,0$  ppm) e U ( $eU < 5,8$  ppm). O domínio Sudeste apresenta padrão magnetométrico mais suave, se comparado aos demais com alguns alinhamentos magnéticos retilíneos e alongados na área de predominância das rochas graníticas do Complexo Sobradinho-Remanso (A23gs). Os demais alinhamentos deste domínio estão associados a fontes magnéticas encobertas por sedimentos detriticos-lateríticos. O Mapa de integração geológico-geofísica foi elaborado com base em dados

magnetométricos e gamaespectométricos, utilizando-se a composição ternária para inferir possíveis litologias baseadas nos teores dos radioelementos. Com a utilização do mapa da primeira derivada vertical, na análise dos alinhamentos magnéticos, permitiu-se inferir que alguns destes estão associados ao truncamento de estruturas mais antigas correlacionadas a zonas de deformações dúcteis e dúctil-rúpteis. Os trabalhos de campo confirmaram os resultados dos trabalhos de interpretação.

**Referências**

LASA Engenharia e Prospecções S.A. Projeto Aerogeofísico Médio São Francisco. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Relatório Final, 15 vol, Texto e Anexos (Mapas), Rio de Janeiro.

Santos E.J. & Brito Neves B.B. 1984. *Província Borborema*. In: Almeida F. F. M. & Hasui Y.(eds.). *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Edgar Blücher, p.123-186.

Santiago, F.A., 2013. *Folha Bom Jardim*. Escala 1:100.000, Estados do PI-CE-PE, Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Ministério de Minas e Energia/CPRM-Serviço Geológico do Brasil.

Teixeira, W. 1993. Avaliação do acervo de dados geocronológicos e isotópicos do Cráton do São Francisco-implicações tectônicas.

**Agradecimentos**

A CPRM - Serviço Geológico do Brasil

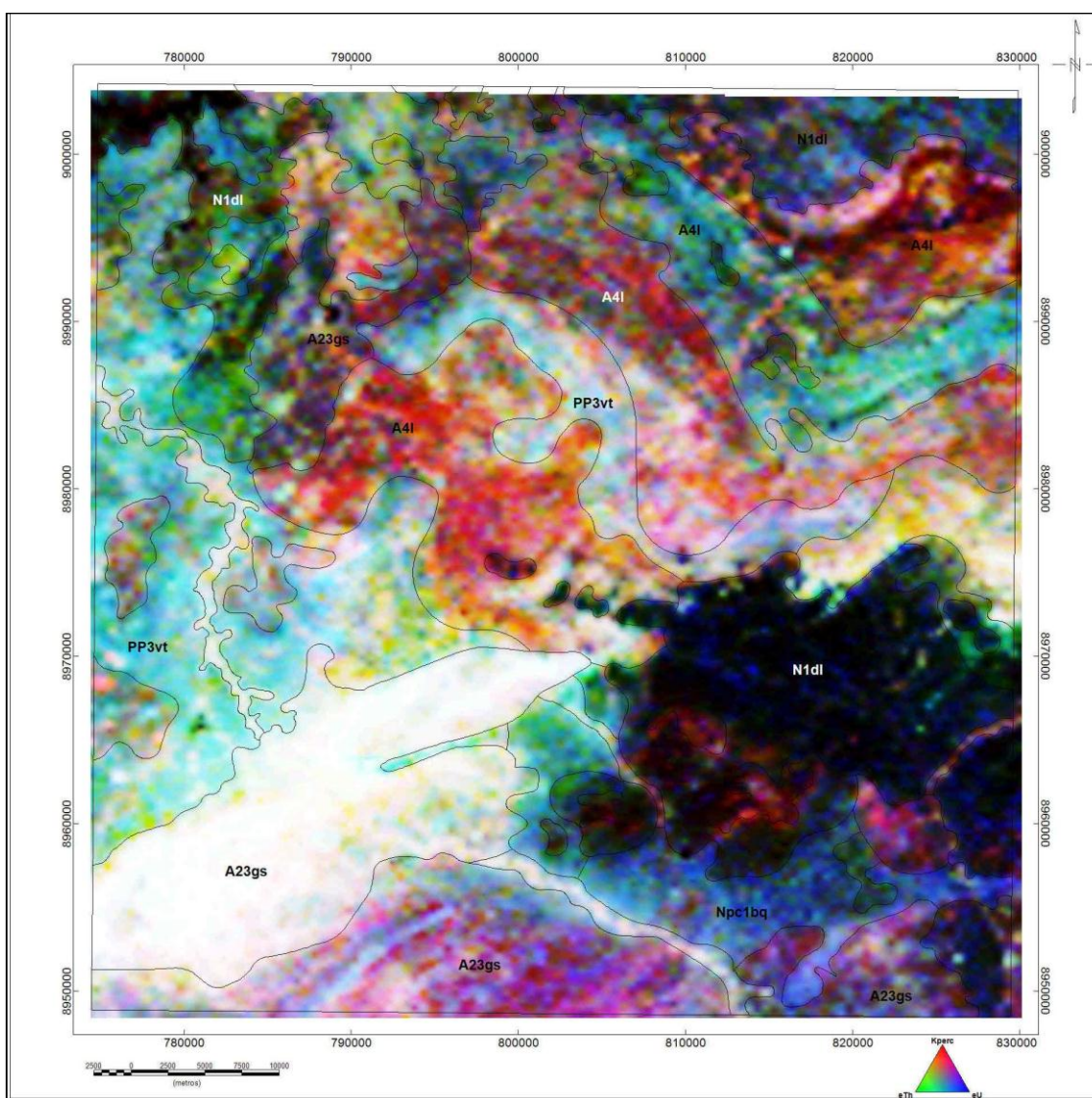


Figura 3 - Imagem da composição RGB radiométrica ternária K-eTh-eU (RGB), com sobreposição da interpretação dos domínios magnéticos.

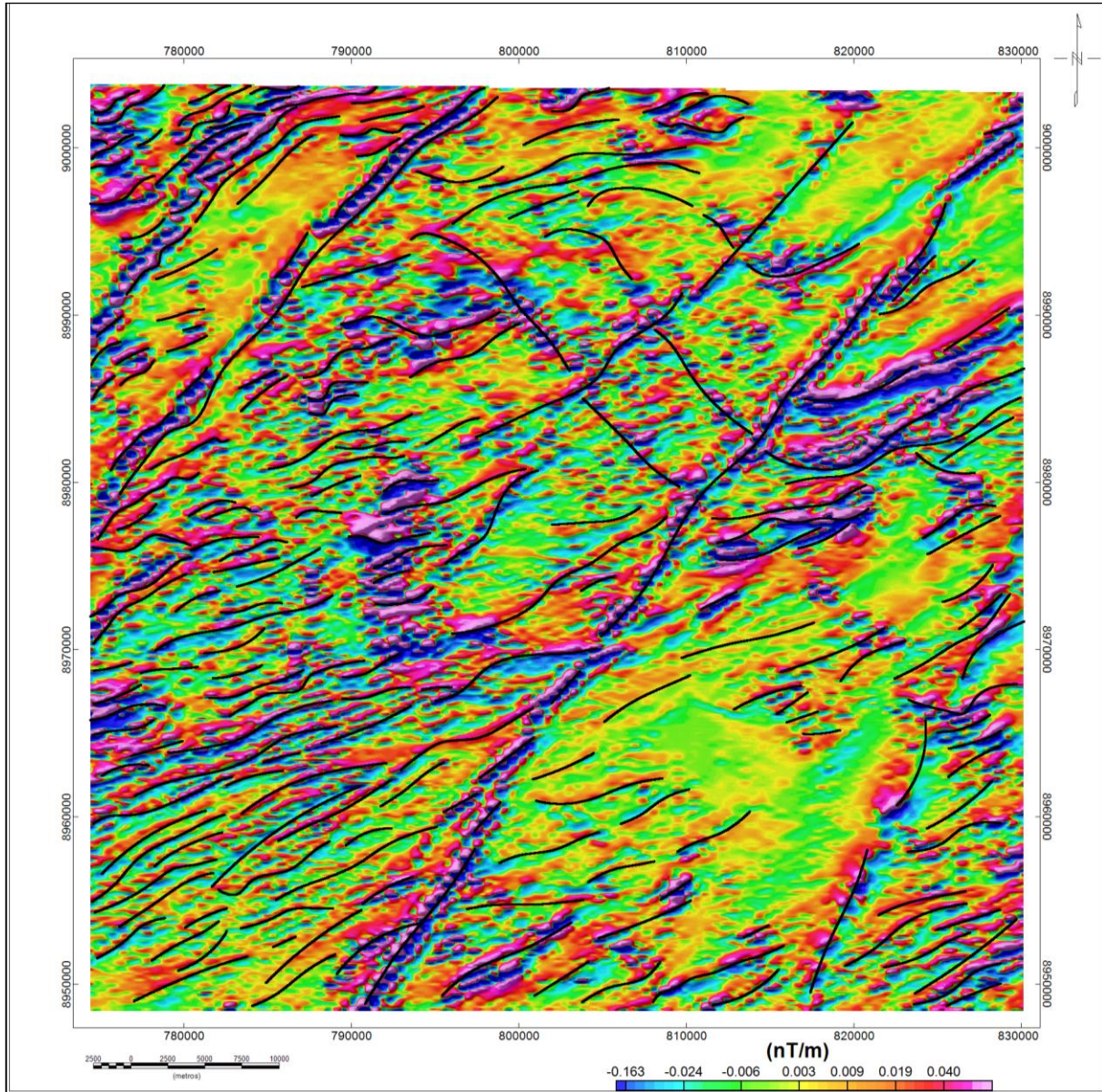


Figura 4 - Imagem do campo magnético total com derivada vertical (1ª ordem) e com sobreposição da interpretação dos alinhamentos magnéticos. Traço contínuo: zona de cisalhamento; traço descontínuo: zona de deformação frágil (ou dúctil-frágil). Imagem sombreada: Inclinação = 35°Az, declinação = 315°Az.

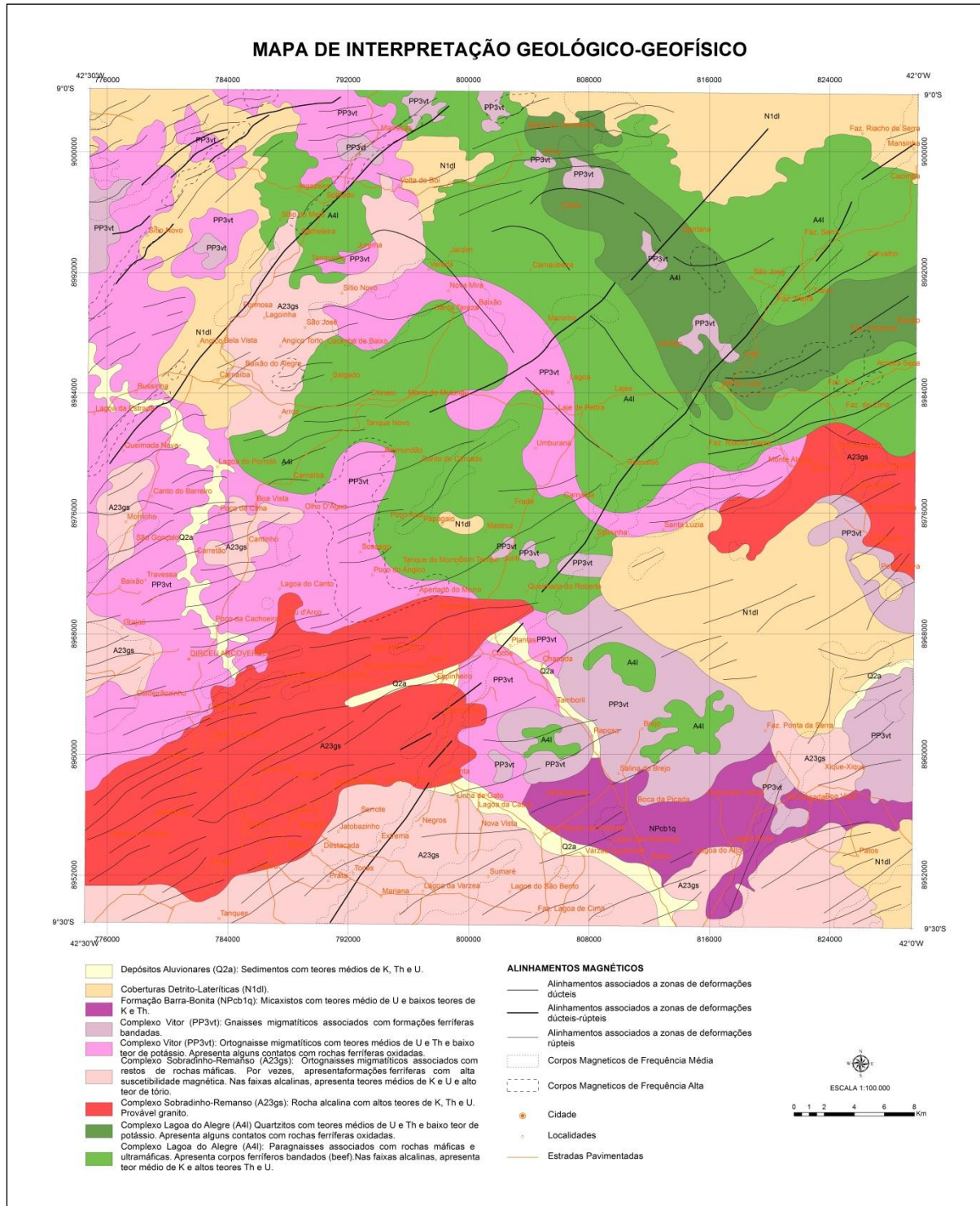


Figura 5 – Resultado da integração geológico-geofísica na região de Bom Jardim – Piauí - Nordeste do Brasil.