

ESTUDOS GRAVIMÉTRICOS NO PLÚTON SIENÍTICO DE TRIUNFO – PE

Joaquim Alves da Motta¹,
Alcides Nóbrega Sial²
Valderez Pinto Ferreira²

1-LGA-Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências/ UFPE, Av. Ac. Hélio ramos S/N, Recife-PE, Brasil, jam@ufpe.br

2-NEG-LABISE- Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências/ UFPE, Av. Ac. Hélio ramos S/N, Recife-PE.ans@ufpe.br, valderez@ufpe.br

RESUMO Estudos anteriores sobre o corpo plutônico de Triunfo, localizado na Zona Transversal da província Borborema (Estados de Pernambuco e Paraíba) reconheceram, com base química, isotópica e mineralógica, evidências de imiscibilidade de magmas como um processo importante na gênese deste plúton. Com base nestes estudos o magma piroxenítico, mais denso, teria se posicionado na parte inferior da câmara magmática, e o sienítico, menos denso, em sua parte superior. Estudos de anisotropia de susceptibilidade magnética (ASM) e das micro estruturas deste corpo plutônico sugeriram a forma de um lacólito, com o magma escoando no plano horizontal de sua cavidade crustal

No presente trabalho, um detalhado estudo gravimétrico, seguido por modelagem por inversão foi executado com objetivo de testar a existência do piroxenito, ou outra rocha associada como também propor um modelo tectônico/ estrutural para o alojamento do plúton.

A partir de três perfis gravimétricos dispostos ao longo do eixo maior e menor do batólito, modelos gravimétricos focaram a possibilidade da existência de uma camada de piroxenito no fundo da câmara. Para testar esta hipótese foi realizado um levantamento gravimétrico, bem como modelagem direta e inversa da forma e características quantitativas deste corpo (volume e dimensões).

As rochas regionais em torno do plúton de Triunfo são constituídas principalmente por rochas metasedimentares. Granitóides Neoproterozóicos representam um magmatismo félsico a intermediário, potássico a ultrapotássico, com sienitos peralcalinos e granitóides shoshoníticos de origem mantélica.

Petrologicamente, foram reavaliados o corpo plutônico de Triunfo, corpos graníticos a ele associados, e as rochas encaixantes. Uma amostragem sistemática permitiu determinar densidades de todas as unidades aflorantes sendo proposto valor de densidade aos enclaves básicos a metabásicos não aflorantes na área.

Feições petrológicas que sugerem imiscibilidade de líquidos foram identificadas e estudadas, dentre estas, feições do tipo “emulsão” foram observadas em mais de um afloramento. Abundantes xenólitos de biotita xisto, sugerem que o atual nível de exposição do plúton corresponde aproximadamente ao topo da câmara magmática. Três perfis gravimétricos sobre o corpo de Triunfo em seu eixo maior e perpendicular ao mesmo foram realizados. Modelos para cada um deles, considerando sempre a densidade como vínculo focaram a possibilidade da existência de

um corpo piroxenítico na parte mais inferior do plúton. Com dados geofísicos e petrológicos preparou-se um modelo em que a superfície atual do corpo representa aproximadamente o topo da câmara com uma forma arqueada por pressões internas na câmara durante o alojamento do magma. A parte inferior está abatida por um sistema de falhas sub-verticais desenvolvido durante a fase intermediária e final do alojamento do magma, gerando condutos através dos quais ascenderam magmas sieníticos e piroxeníticos (diques). Um modelo realístico para o plúton considera a camada de piroxenito com 200 m de espessura e uma espessura total para o plúton de 8,5 km. A geometria modelada implica numa configuração intermediária entre um lacólito e um lopólito.

Palavras Chave: Gravimetria, modelamento gravimétrico, sienito, NE Brasil.

ABSTRACT It has been proposed sometime ago that in the Triunfo syenite plúton, Transversal Zone of the Borborema Province (State of Pernambuco and Paraíba), an important petrogenetic process leading to the formation of the coexisting pyroxenites and syenites. According to the hypothesis, the denser of the two magmas (pyroxenite) would have been set in the base of the magmatic chamber, while the less dense one (syenite) in the upper part of the chamber.

The anisotropy of the magnetic susceptibility (AMS) and microstructures available in the literature suggest a laccolith structure with magma flowing horizontally into a crustal cavity. In the present study, a detailed gravity study, followed by inversion modeling has been undertaken, aiming to test the existence of the pyroxenite as predict and a proposal to a tectonic and structural model. The rocks around the Triunfo batholith are mainly constituted by metasedimentary rocks. Neoproterozoic granitoids represent a felsic to intermediate magmatism, potassic to ultrapotassic, with mantle-derived peralkalic to shoshonitic granitoids.

Three gravimetric traverses, disposed along the major and minor axes of the batholith, have been done. Models for each of these traverses, taking into account the density among other things, focused the possibility of existence of a pyroxenite layer at the bottom of the chamber. The geophysical data have been used to propose a model in which the present surface of the plúton represents, approximately the top of the upwarped magmatic chamber due to internal stresses generated during magma emplacement. The lower portion of the chamber has moved down following a set of vertical gravity faults, developed during the intermediate and final stages of magma emplacement, generating the conduits through which syenitic and pyroxenitic magmas migrated.

A model taking into account a thin pyroxenite layer 200m thick, and total width of 8.5 km for the plúton, seems to be a realistic model. The geometry of this model implies an intermediate configuration between a laccolith and a lopolith.

Keywords: Gravimetry, gravimetric modeling, syenite, NE Brazil.

INTRODUÇÃO

A maioria dos trabalhos petrogenéticos referentes a rochas intrusivas quase nunca levam em consideração as informações que dizem respeito a forma, volume e alojamento do corpo em relação a sua encaixante e estruturas associadas. O estudo de tais parâmetros auxilia fortemente a análise do comportamento de uma massa magmática alojada e, consequentemente, as condições em que ocorreu este fato.

O contorno basal de um corpo pode determinar o número de condutos responsáveis pelo fornecimento de material magmático, enquanto que seu posicionamento relativo a encaixante ou estruturas, pode auxiliar no entendimento do processo pelo qual essa massa teria se posicionado com relação a estes elementos.

A análise destes parâmetros pode ser realizada através de métodos diretos, com uso de sondagens estratigráficas, ou indiretos, por métodos geofísicos.

No caso específico da gravimetria, é fundamental que exista uma diferença marcante entre as densidades do corpo intrusivos e sua encaixante que possa influenciar diretamente os valores de gravidade. O presente trabalho tem como objetivo, a caracterização da forma e alojamento do Plúton de Triunfo, bem como a caracterização da existência ou não de uma camada de rocha mais densa sob este plúton, como preconizada por Ferreira(1991). Segundo esta autora, o magma mais denso (piroxenito) teria se posicionado na parte inferior da câmara, e o menos denso (sienito), em sua parte superior. Assim, o modelo a ser adotado na interpretação da anomalia gravimétrica residual, será o de dois corpos superpostos: um corpo aflorante e de contraste de densidade negativo com relação a encaixante sobreposto a outro, de contraste de densidade positivo, sobre um terceiro considerado aqui como a rocha encaixante de natureza regional. Estudo de anisotropia de susceptibilidade magnética e micro estruturas realizado por Archânjo(1994) sobre o Batólito de Triunfo, considera como forma mais provável para este corpo a de um lacólito "com o magma escoando no plano horizontal de sua cavidade crustal". Esta conclusão está baseada no fato de que as estruturas plano-lineares deste corpo são essencialmente sub-horizontais. A ausência de lineações empinadas sugere ainda que apenas a porção superior do corpo esteja exposta.

A área de estudo está situada na região centro-leste do Nordeste nos limites dos estados de Pernambuco e Paraíba Compreende aproximadamente 3.770km², incluindo os plútons de Triunfo, Princesa Isabel e encaixantes do cinturão de dobramento Salgueiro e Cachoeirinha. O acesso a área pode ser feito pela Br235, distando 450km do Recife (Fig.1).

ESTUDOS GRAVIMÉTRICOS

Inicialmente foi estabelecida uma rede de bases auxiliares com relação a estação de primeira ordem da cidade de Patos(PB) e posteriormente, 335 estações gravimétricas foram determinadas em toda a região de ocorrência do plúton de Triunfo e limites próximos, com uma eqüidistância média entre estações da ordem de 1,5 km. O levantamento gravimétrico foi executado com uso de um gravímetro marca LaCoste & Romberg, registro G-994, com precisão de 0,01 mgal. Os valores de campo foram reduzidos segundo procedimento computacional usado pelo IAG-USP, Sá,C.N.(1994). Os valores de anomalia Bouguer estão relacionados a Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira (RGFB-ON1987) com valores de exatidão da ordem de +/- 0,5 mgal e a Fórmula Internacional de Gravidade de 1967 foi adotada como referência para as correções de latitude, sendo 2,67 gr/cm² a densidade Bouguer. Foram determinadas densidades de 65 amostras distribuídas no plúton de Triunfo e unidades adjacentes para uso posterior na modelagem do Plúton de Triunfo.

As altitudes relativas foram obtidas com auxílio de seis (6) altímetros aneróides e dois psicrômetros com os quais foram procedidas as correções barométricas e de temperatura como procedimento para a correção final altimétrica cujo erro foi de aproximadamente 1m. O levantamento barométrico foi executado com o método de base simples conjugado com o contra-ni-

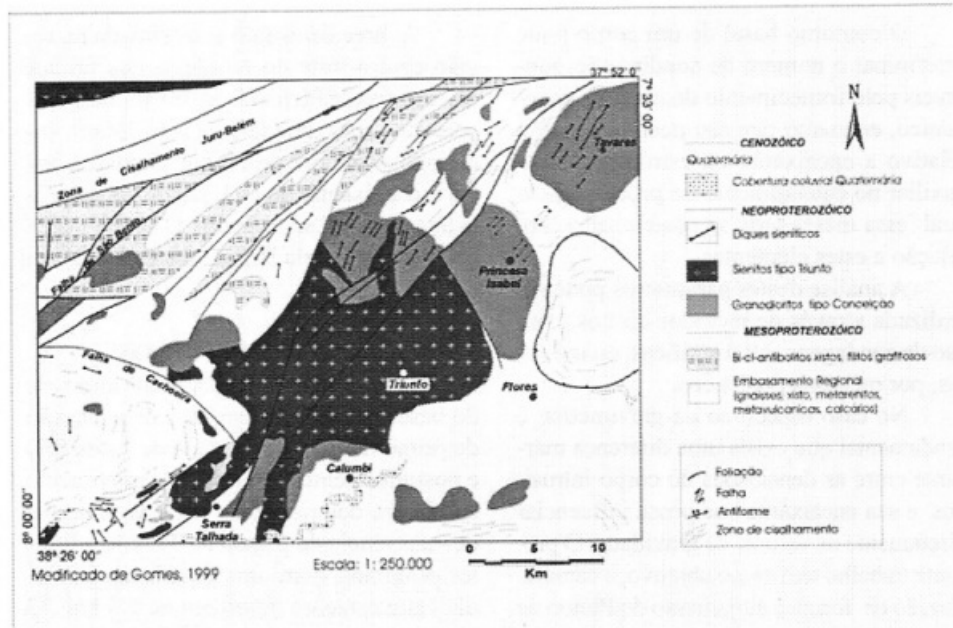


Figura 01 - Mapa Geológico da área estudada (modificado de Gomes 1999) onde se evidencia o corpo sienítico de Triunfo (ao centro) e rochas encaixantes circunvizinhas.

velamento em regiões de maior rugosidade topográfica.

A partir do mapa de campo Bouguer, obtido por interpolação, mapas residual e regional foram calculados utilizando o procedimento computacional desenvolvido por Beltrão et al (1991), sendo considerado o grau 6 como referência. Dentro do contexto de estudo local apenas o mapa de campo residual (Figura 2) foi objeto de enfoque.

No mapa em apreço, quatro (4) anomalias gravimétricas bem distintas podem ser observadas: A primeira (feição A), de maior amplitude, com direção concordante com o trend estrutural regional de direção NNE-SSW, com cerca de 50 km de extensão ao longo do seu maior eixo. Trata-se de uma anomalia negativa, com amplitude de 7 mgal apresentando dois núcleos de maior intensidade localizados a NE da mesma. Tal feição está relacionada ao Batólito de Triunfo; a segunda, possui forma circular com aproximadamente 20 km ao longo do seu

eixo maior, está posicionada na parte NW da área, com valores positivos e parece estar relacionada a ocorrência de rochas metavulcânicas básicas a ultrabásicas do Complexo Poço dos Cachorros (Gomes, 1999); a terceira (feição C) com valores negativos e direção concordante com o trend estrutural da região. Está associada ao corpo granítico de Tavares. 4 - O limite SW da área é marcado pela existência de uma quarta anomalia positiva (feição d), semi-circular com amplitude de 7 mgal. Correspondendo ao, neste trabalho, denominado Granito Serra Talhada.

Perfis Gravimétricos: Modelagem e Análise

O modelamento gravimétrico foi executado utilizando o método de análise direta e inversa através da aplicação dos sistemas Oasis-Montaj (versão 5.0) e GM-System (versão 4.4) os quais fornecem modelos em 2D.

A não unicidade da solução para uma análise do campo potencial faz com que seja

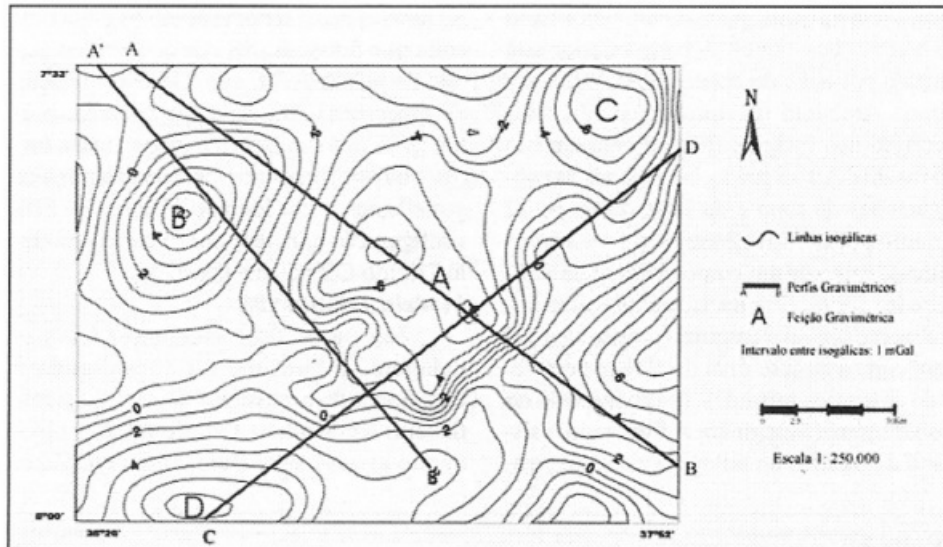


Figura 02 - Mapa residual gravimétrico e localização dos perfis onde são identificadas as principais feições gravimétricas

necessário o estabelecimento de informações ou parâmetros antes da modelagem de modo que os mesmos sejam usados como elementos vinculadores restritivos. O processo de modelagem do corpo de Triunfo e unidades litológicas adjacentes foi executado inicialmente com o uso de um modelo obtido pelo método de ajuste direto e posteriormente aplicado o método de inversão. Como vínculos nós consideramos as densidades, contatos geológicos, O nível atual de exposição do plúton de Triunfo que deve corresponder aproximadamente ao topo original do mesmo, e informações petrológicas, estruturais e geofísicas obtidas por trabalhos realizados anteriormente na área. Foram individualizados três perfis gravimétricos. (Figura 2): o primeiro, Perfil Triunfo AB, está locado a NE deste corpo, com extensão de 68,5 km, e com direção N45W-S45E. O segundo, Triunfo CD possui direção N40E-S40W com extensão de 57,5 km e corta longitudinalmente do plúton de Triunfo, e finalmente o terceiro e último, Triunfo A'B' está localizado ao sul do perfil AB e ao sul do mesmo.

Modelo Triunfo AB1 (Perfil AB)

Em geral, análises de problemas desta natureza são tratados considerando inicialmente a existência de apenas um corpo como responsável pela anomalia observada. Assim sendo, inicialmente optamos por considerar um modelo onde a espessura do sienito fosse máxima sem contudo considerar a existência da camada de piroxenito, e procedemos a modelagem. (Figura 3- AB). O ajuste das curvas de gravidade observada e calculada, inicialmente foi considerado bom, exceto na região central e SE do modelo, denotando a provável existência de estruturas mais complexas do que a modelada. A aplicação de inversão nesta região possibilitou um melhor ajuste das curvas observada e calculada.

Na região central, aflora o Plúton de Triunfo, com cerca de 20 km de extensão lateral e espessura máxima de 6.0 km sobre o km 32 do perfil, região de maior amplitude gravimétrica (7 mgal). A superfície do topo do corpo está levemente soerguida por ação provável das pressões in-

ternas reinantes, as quais teriam deformado as rochas encaixantes. A parte inferior está abatida por ação de cisalhamento que, segundo Archanjo e Vouchez (op.cit.) teria ocorrido nos estágios finais do alojamento do magma. Assim sendo, conjugando as configurações do topo e da base do corpo de Triunfo poderemos admitir sua forma aproximada como de um corpo intrusivo híbrido (Cruden, 1998) (Figura 4), o qual sofreu inicialmente um leve entumescimento vertical para cima e na fase final de alojamento, devido as tensões reinantes, um abatimento do piso da câmara magmática, formando o sistema de fraturas ou falhas (por cisalhamen-

to) através quais teriam subido os diques sieníticos e piroxeníticos que ocorrem no sienito do plúton de Triunfo. Devido a relação de espessura versus extensão lateral do plúton de Triunfo poder-se-ia associar esta forma a de um corpo intermediário com maior semelhança a um lopólito (Figura 5). Esta configuração é melhor observada no modelo Triunfo CD adiante descrito.

Modelo TriunfoAB2

Em uma segunda opção para modelagem (Figura 6), foi considerado a existência do piroxenito abaixo do sienito sem. No Modelo Triunfo AB2 o piroxenito assume espessura média de 0,2km

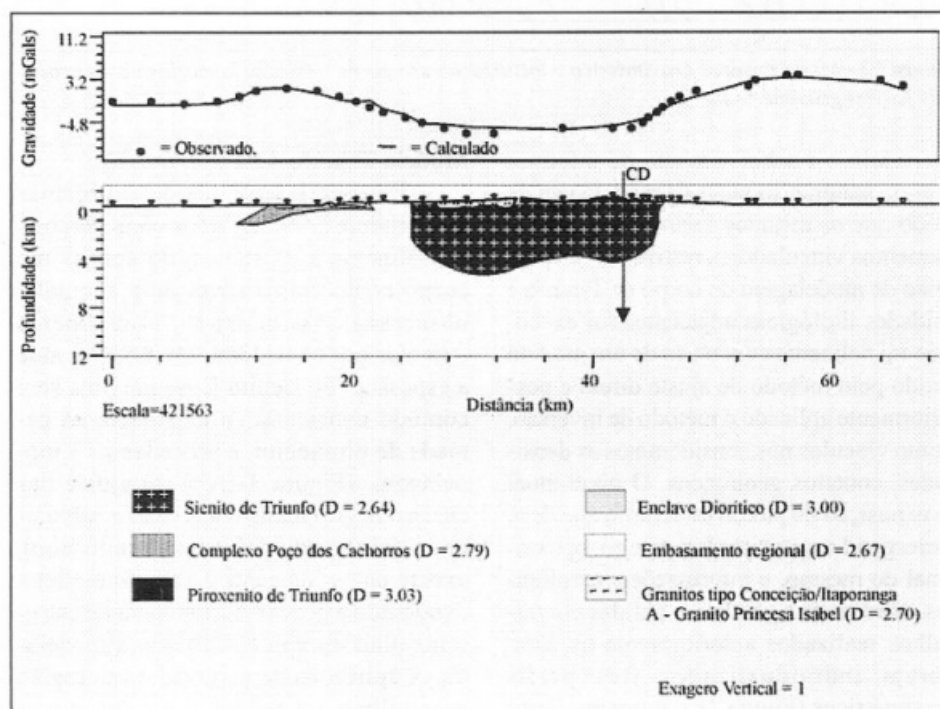


Figura 03 - Modelo Triunfo AB1, considerando a inexistência do piroxenito. O corpo apresenta profundidade aproximada de 5,0 km e dois pontos de maior amplitude de valores gravimétricos.

e o sienito 8.3km com espessura máxima de 8,5km. A forma geral do corpo foi mantida, tendo sua parte lateral sofrido aumento do gradiente provocado pelo aprofundamento do mesmo.

Com objetivo de correlacionar o modelo Triunfo AB2 com os modelos Triunfo CD e Triunfo A'B', estes últimos foram obtidos considerando as mesmas dimensões do modelo anterior.

Perfil Triunfo CD

Passa longitudinalmente por todo o corpo de Triunfo e unidades vizinhas e está posicionado no eixo de maior amplitude de valores do campo de gravidade residual (6 mgal) na direção NE. Para o mesmo foi executada uma modelagem (com mesmo procedimento do perfil anterior, sendo obtido o Modelo Triunfo CD. Neste caso as curvas de

gravidade observada e calculada mostram um ajuste satisfatório em toda a extensão do perfil, indicando ser este modelo, uma opção viável para a interpretação dos corpos cortados pelo perfil (Figura 6).

Modelo Triunfo CD

Considerando a existência do piroxenito em subsuperfície, o plúton de Triunfo

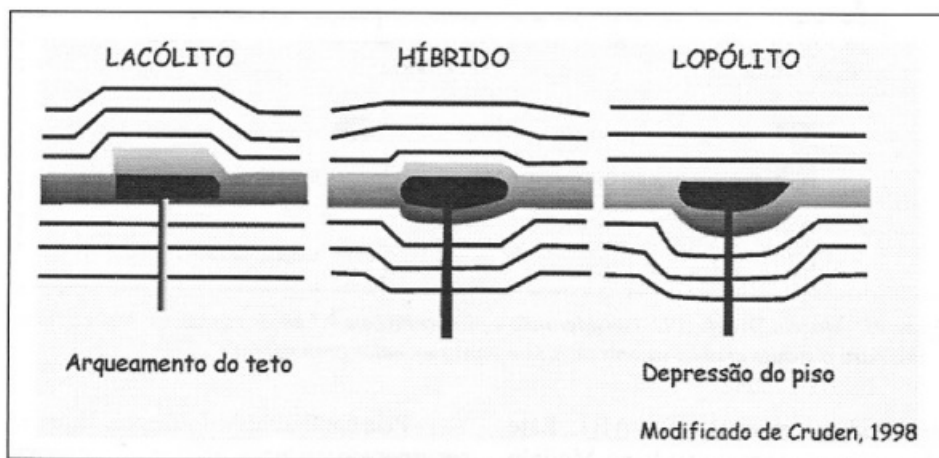


Figura 04 - O modelo de alojamento de granito tabular, segundo Cruden 1998, mostra movimentos de arqueamento que caracterizam formas lacolíticas (esquerda) e de abatimento que indicam feições lopolíticas (direita).

foi modelado com as mesmas características do modelo Triunfo AB2. Neste caso, como era esperado, o sienito mostra espessura de 8.37 km e o piroxenito com 0.18 km no km 32.0, local de interseção com o perfil Triunfo AB. Na interseção com o perfil Triunfo A'B', no km 20, o sienito e piroxenito mostram espessuras de 2.2 e 0.3 km, respectivamente. Estes valores estão compatíveis com aqueles obtidos nos perfis interceptores.

A configuração do plúton de Triunfo, apresenta algumas semelhanças com o modelo Triunfo AB2 no que diz respeito ao arqueamento do seu topo e abatimento de sua base, porém neste caso ele se apresenta de forma mais alongada apresentando ape-

nas um ponto de inflexão máxima no km 32, indicando, como no modelo Triunfo AB2, um dos prováveis locais do aporte do magma.

Modelo Triunfo CD1

Com a finalidade de comparar o Modelo Triunfo AB1 onde não foi considerada a existência do piroxenito, foi executado o Modelo Triunfo CD1.

De maneira geral a curva gravimétrica calculada e observada mantiveram o mesmo ajuste do Modelo Triunfo CD1. O plúton de Triunfo sofreu uma sensível redução de espessura, apresentando valores da ordem de 4,3 km de espessura máxima no km 33, ponto de

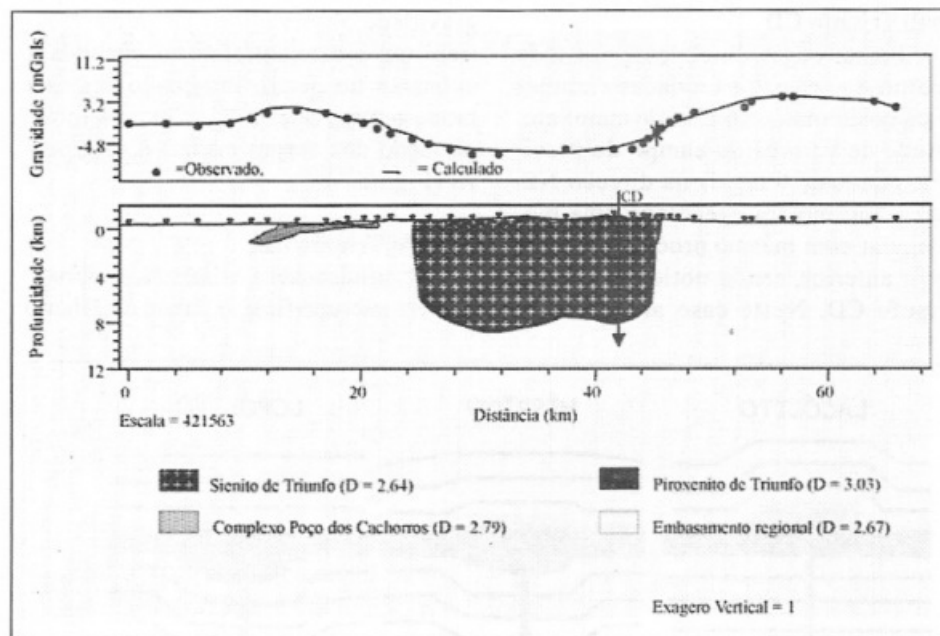


Figura 05 - Modelo Triunfo AB2, considerando o piroxenito com 0,2 km de espessura. Neste caso o modelo para o sienito assume valores de 8,3km para sua maior profundidade

intercessão com o Modelo AB1. Este valor se ajusta com o obtido no Modelo Triunfo AB1.

A maior modificação foi observada entre os km. 14 e 22 onde o sienito apresenta espessura no intervalo de apenas 10 a 30 m. Este valor foi confirmado no km 19, intercessão do Modelo Triunfo A'B', como veremos posteriormente. Neste ponto a cota altimétrica é de 900m. Considerando que o contato basal aflorante entre o sienito e as rochas do Embasamento regional encontra-se no nível de base de cerca de 670m e que, portanto existe uma diferença de 230m, o valor médio de espessura para o sienito de 30m está muito aquém do mínimo esperado. Considerando um corpo onde o seu contato basal fosse tabular a sua espessura mínima neste ponto deveria ser igual a 230m. Assim, o modelo analisado não encontra sustentação petrológica.

Pela configuração do modelo deveria ser esperado um espessamento do corpo no sentido de sua parte mais central, o que não ocorreu, fato este reforçado pelas observações de campo. A análise do Modelo Triunfo A'B'1.

Perfil Triunfo A'B'

Este perfil se desenvolve desde o extremo NW até próximo ao Rio Pajeú, a SE, com uma extensão de 51,5 km e direção N40W-S40E, sub paralelo ao Perfil Triunfo AB.

Modelo Triunfo A'B'(figura 08)

Como de uso foi ajustado por modelagem direta, mantendo as informações obtidas por outros perfis. O sienito e o piroxenito possuem espessuras médias 2,2 e 0,3 km, respectivamente, no ponto de interseção com o Perfil Triunfo CD (km40), com valores coerentes com o perfil an-

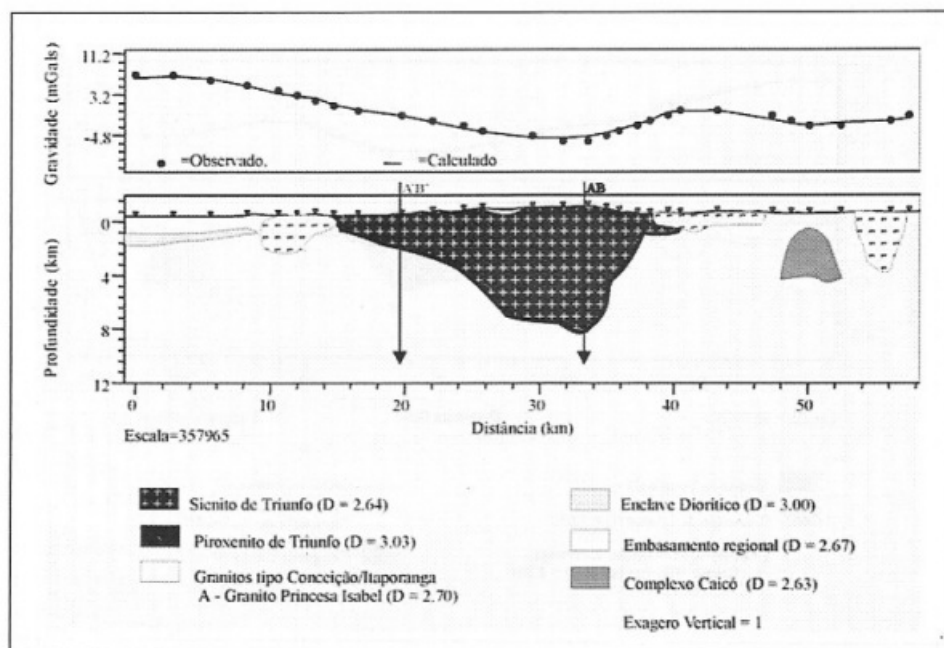


Figura 06 - Modelo Triunfo CD, considerando piroxenito com 0.2km de espessura obtido do perfil CD, aproximadamente longitudinal ao corpo e passando pelo ponto de maior amplitude gravimétrica do Plúton de Triunfo. A forma arqueada da superfície superior do corpo é bastante visível neste perfil

teriormente citado. O ramo da curva sobre este setor apresenta deficiência em duas estações, porém mostra um bom ajuste nas demais.

Considerando também neste caso a existência do piroxenito em subsuperfície, o plúton de Triunfo foi modelado com as mesmas características do modelo Triunfo AB2. Neste caso, como era esperado, o sienito mostra espessura de 2.2 km e o piroxenito com 0.3km no km 40.0, local de interseção com o perfil Triunfo CD.

A configuração do plúton de Triunfo apresenta algumas semelhanças com o modelo Triunfo AB2 no que diz respeito ao abatimento de sua base, porém neste caso ele se apresenta de forma mais tabular apresentando apenas um ponto de inflexão máxima no km 42.

Modelo Triunfo A'B'.1

O modelo em apreço (Figura 9), considerando a inexistência do piroxenito sob o sienito, mostrou um conflito de soluções onde as curvas observadas e calculadas tiveram um razoável ajuste apenas em duas estações gravimétricas, apresentando sérias discrepâncias nos outros pontos.

Este modelo mostra mais claramente que o Modelo Triunfo CD.1 a necessidade da existência de uma rocha mais densa sob o sienito para que o mesmo tenha validade petrológica. Segundo o mesmo, o sienito assume valor de 25m no km 42, local de interseção com o Modelo Triunfo CD1, coerente com o encontrado neste último. Em outros locais a tentativa de ajuste das curvas resultou no desaparecimento total do sienito, fato este incorreto, uma vez que o mesmo aflora em toda a

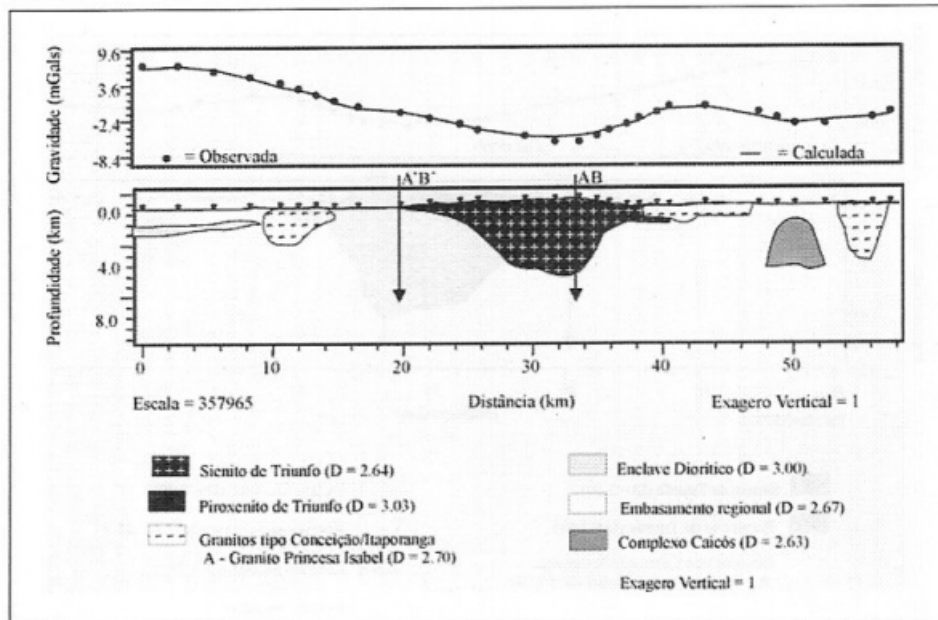


Figura 07 - Modelo Triunfo CDI, considerando a inexistência do piroxenito. Note-se o total desaparecimento do sienito sob o perfil A'B', antes já modelado no modelo CD com espessura aproximada de 2,3km

área, como mostra o mapa geológico e observações de campo.

CONCLUSÕES

1. Dos modelos gravimétricos obtidos no plúton de Triunfo, depreende-se a provável existência de dois condutos alimentadores de magma, identificados pelo maior espessamento do corpo sob as localidades de Espírito Santo (nordeste de Triunfo) e ao norte de Santa Cruz da Baixa Verde.
2. Os resultados das análises dos modelos obtidos considerando a inexistência de uma camada de piroxenito sob o sienito (Modelos CD.1 e A'B'.1), e por extensão o Modelo Triunfo AB, não encontraram respaldo petrológico, sendo necessário a existência desta camada para que o modelo tenha validade.
3. O modelo em que consideramos o piroxenito com 200m de espessura (**Modelo AB2.1**) admite um topo da câmara levemente arqueado com seu piso abatido por compactação vertical. A configuração do piso e teto, relação entre extensão lateral (20 km) e espessura máxima (8,5 km) da câmara apontam para uma forma intermediária entre um lacólito e o lopólito, com maior semelhança a este último. Este poderia ser considerado como um corpo híbrido, caracteristicamente autóctone.
4. Os problemas relacionados as geociências são essencialmente dinâmicos, e por isto todos aqueles que foram abordados neste trabalho serão naturalmente complementados, ou mesmo reavaliados à luz de outros métodos geofísicos ou não. Dentro deste contexto, em particular, proporíamos o uso do método magnético como ferramenta de grande importância para o aprofundamento do conhecimento no Plúton de Triunfo.

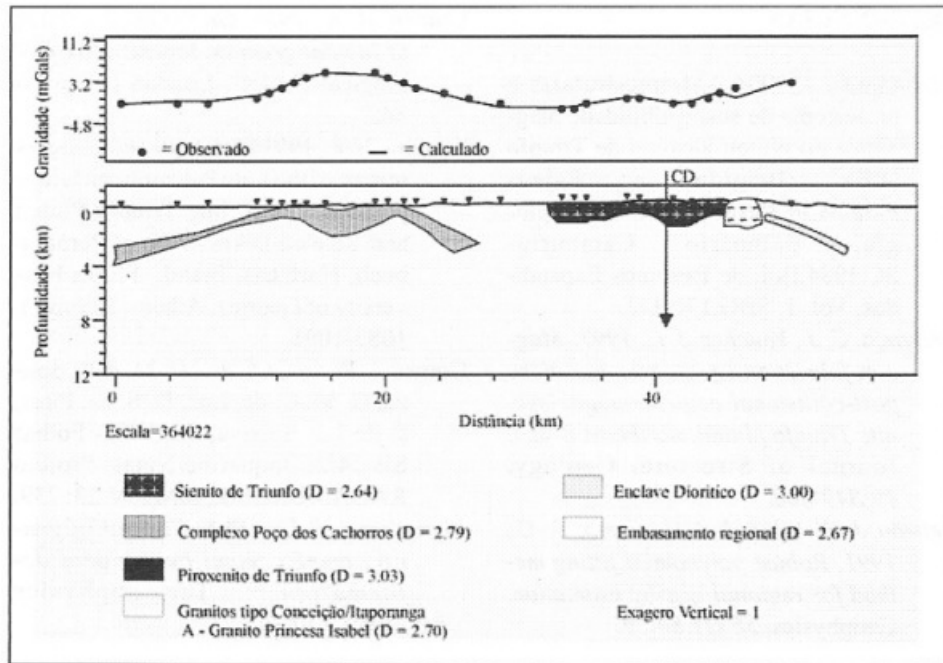


Figura 08 - Modelo Triunfo A'B', considerando a existência do piroxenito com 0.2km de espessura. A espessura de cerca de 2,3 km no ponto de corte com o perfil CD além das evidências de campo corrobora a existência do piroxenito sob este ponto.

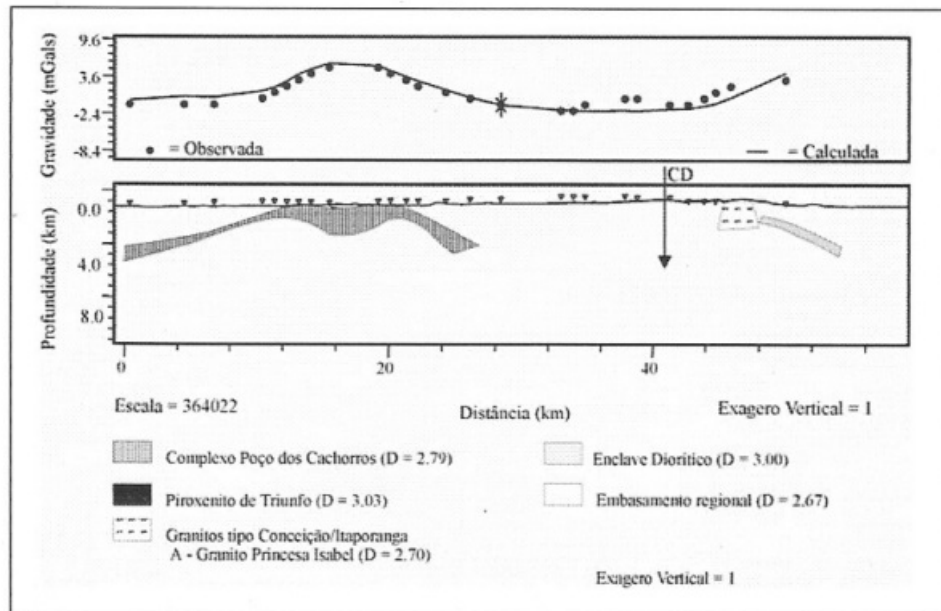


Figura 09 - Modelo Triunfo A'B'1, considerando a inexistência do piroxenito. Esta condição não encontra respaldo no campo gravimétrico nem no campo petrográfico e de análise de campo, o que fortalece a hipótese a existência do piroxenito sob o sienito

REFERÊNCIAS

- Archanjo, C. J., 1994. Microestruturas e anisotropia de susceptibilidade magnética do plúton alcalino de Triunfo (PE). Brígida e Pajeu-Paraíba. In: 38. Cong. Bras. de Geologia, Balneário Camburiu-SC, 1994. Bol. de Resumos Expandidos, Vol. 1, SBG.170-171.
- Archanjo, C. J., Vouchez, J. L., 1997. *Magnetic fabrics and microstructures of the post-collisional aegirine-augite syenite Triunfo pluton, northeast Brazil*. Journal of Structural Geology, 19:849-860.
- Beltrão, J. F., Silva, J. B. C., Costa, J. C., 1991. *Robust polynomial fitting method for regional gravity estimation*. Geophysics, 56 (1):80-89.
- Cruden, A. R., 1998. *On the emplacement of Tabular granites*. Journal of the Geological Society, London. 155: 853-862.
- Ferreira, V. P., 1991. *Petrology and Geochemistry of the Late Precambrian Ultrapotassic Peralkaline Triunfo Pluton and Related Dikes, State of Pernambuco, Northeast Brazil*. Ph.D., University of Georgia, Athens, 229pp. 7), 1083-1091.
- Gomes, J. R. de C., Gatto, C. M. P. P., Souza, G. M. C. de, Luz, D. S. da, Pires, J. de L., Teixeira, W., 1981. Folhas SB.24/25, Jaquaribe/Natal. Projeto RADAMBRASIL, MME, V. 23: 739.
- Vigneress, J. L., 1995. *Control of granite emplacement by regional deformation*. Tectonophysics 249:173-186.