

CONTRIBUIÇÃO DE UMA SEÇÃO GRAVIMÉTRICA TRANSVERSAL AO ESTUDO DA ESTRUTURAÇÃO LITOSFÉRICA NA PORÇÃO SETENTRIONAL DA PROVÍNCIA BORBOREMA, NE DO BRASIL

Liliana Sayuri Osako¹, David Lopes de Castro², Reinhardt Adolfo Fuck³,
Neivaldo Araújo de Castro⁴ e João Paulo Araújo Pitombeira⁴

Recebido em 5 agosto, 2010 / Aceito em 14 junho, 2011
Received on August 5, 2010 / Accepted on June 14, 2011

ABSTRACT. This paper presents a 2.5D gravimetric model generated from 315 new gravity stations obtained along a NW-SE 750 km geophysical transect in the northeastern portion of the Borborema Province, NE Brazil. The regional and residual components of the gravity field were modeled separately. Modeling of the regional anomalies revealed a crustal thickness variation from 28 to 32 km, considering the average densities of about 2.8 g/cm³ for the continental crust and 3.3 g/cm³ for lithospheric mantle. High frequency residual anomalies were interpreted on the density contrasts between a 10 km thick upper crust and a broad assembly of supracrustal covers and basement units, which show density values between 2.55 to 2.9 g/cm³. The current configuration of the Borborema Province lithosphere is clearly the result of the Mesozoic South American – African breakup of West Gondwana, which overprinted the Brasiliano-Pan African orogenic structures.

Keywords: gravimetric modeling, lithosphere, Borborema Province.

RESUMO. Este trabalho apresenta um modelo gravimétrico 2,5D gerado a partir de 315 novas estações gravimétricas levantadas ao longo de uma seção transversal NW-SE com 750 km de extensão na porção setentrional da Província Borborema, NE do Brasil. A modelagem gravimétrica foi aplicada separadamente nas componentes regional e residual do campo gravitacional. A modelagem 2,5D das anomalias regionais revelou que a profundidade da interface crosta-manto varia de 28 a 32 km, considerando uma densidade média de 2,8 g/cm³ para a crosta continental e de 3,3 g/cm³ para o manto litosférico. As anomalias residuais de alta frequência foram interpretadas a partir do contraste de densidade da crosta superior, com uma espessura não superior a 10 km, e uma ampla associação litológica, com densidades variando de 2,55 a 2,9 g/cm³. A configuração geotectônica litosférica atual da Província Borborema é claramente resultado da ruptura dos continentes Sul-Americano e Africano no Mesozoico, na qual boa parte dos vestígios das estruturas tectônicas de grandes profundidades formadas durante a orogênese Brasileira/Pan-Africana foi mascarada pelo último episódio tectônico responsável pela fragmentação do Gondwana Ocidental.

Palavras-chave: modelagem gravimétrica, litosfera, Província Borborema.

¹Ministério do Meio Ambiente, SCEN L4 Norte, Trecho 2, Lote 4, Bloco H, 70818-900 Brasília, DF, Brasil. Tel.: (61) 2028-7221; Fax: (61) 2028-7194 – E-mail: liliana.osako@florestal.gov.br

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Geologia, Campus Universitário s/n, 59072-970 Natal, RN, Brasil. Tel.: (84) 3215-3808 – E-mail: david@geologia.ufrn.br

³Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia Geral e Aplicada, Campus Universitário, Asa Norte, 70910-900 Brasília, DF, Brasil. Tel.: (61) 3307-1018; Fax: (61) 3307-1113 – E-mail: reinhardt@unb.br

⁴Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia, Campus do Pici, Bloco 912, 60455-760 Fortaleza, CE, Brasil. Tel.: (85) 3366-9874 – E-mails: neivaldoac@hotmail.com; joao_pauloap@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Um levantamento gravimétrico foi realizado ao longo de um perfil de 750 km de extensão na parte setentrional da Província Borborema (PB) com o intuito de identificar a assinatura gravimétrica da litosfera. Esse estudo faz parte de um projeto maior intitulado “Estudos geofísicos e tectônicos na Província Borborema” – Programa Institutos do Milênio 2005/2008, cujo objetivo foi realizar o imageamento da crosta e do manto a partir do emprego simultâneo de métodos geofísicos distintos (refração sísmica profunda, gravimetria e sondagem magnetotélúrica) para compreender melhor a história geológico-evolutiva da PB.

A PB é considerada parte integrante do extenso sistema orogênico Brasileiro/Pan-Africano. O seu contexto geológico é bem conhecido, com a identificação de grandes segmentos crustais ou domínios tectônicos que se encontram seccionados por extensas zonas de cisalhamento transcorrentes (Jardim de Sá, 1994; Van Schmus et al., 1998; Brito Neves et al., 2000). No entanto, não há um consenso entre os pesquisadores se as extensas zonas de cisalhamento limitam ou não domínios tectônicos com evolução geológica distinta. Com o intuito de fornecer subsídios para a definição mais consistente para os limites ainda controversos dos domínios tectônicos, uma seção gravimétrica foi realizada transversalmente aos domínios tectônicos Médio Coarajú, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Zona Transversal e as principais zonas de cisalhamento transcorrentes como Sobral-Pedro II, Senador Pompeu, Portalegre e Patos (Fig. 1). Com base nos dados gravimétricos levantados ao longo da seção geofísica e dados de levantamentos pretéritos, o presente trabalho apresenta a compartimentação estrutural dos domínios tectônicos e o comportamento da interface crosta-manto através de uma modelagem gravimétrica 2,5D da porção setentrional da Província Borborema.

CONTEXTO GEOLÓGICO DA PROVÍNCIA BORBOREMA

O termo Província Borborema (PB) foi inicialmente introduzido por Almeida et al. (1981) para designar a porção nordeste da Plataforma Sul-Americana, uma vasta região com mais de 450.000 km². A PB é considerada como parte integrante do extenso sistema orogênico Brasileiro/Pan-Africano gerado pela convergência dos crátons Amazônico, São Luiz-Oeste Africano e São Francisco-Congo durante o Neoproterozoico e responsável pelo amálgama do Gondwana Ocidental (Fig. 1). A província é formada por um conjunto de grandes segmentos crustais (geralmente limitados por extensas zonas de cisalhamento preferencialmente transcorrentes), os quais comportam proporções

variadas de rochas do embasamento paleoproterozoico (com núcleos arqueanos preservados), rochas supracrustais meso- a neoproterozoicas e granitoides neoproterozoicos (Van Schmus et al., 1998). Esta caracterização atual é resultado, em grande parte, do acervo de informações geológicas e isotópicas disponíveis na literatura (Hackspacher et al., 1990; Jardim de Sá, 1994; Van Schmus et al., 1995, 2003; Dantas, 1997; Dantas et al., 1998; Fetter, 1999; Brito Neves et al., 2000, 2003).

Em relação à controvérsia existente sobre o limite dos domínios tectônicos na PB, destaca-se a proposta de compartimentação que considera a individualização de subprovíncias de Van Schmus et al. (1998) e de diferentes domínios tectônicos de Brito Neves et al. (2000). Nas diferentes subprovíncias ou domínios, os principais elementos envolvidos e gerados durante o desenvolvimento do sistema orogênico Brasileiro são relativamente bem conhecidos. Uma abordagem conjunta das duas compartimentações propostas é apresentada de forma sintetizada a seguir:

1. A Subprovíncia 1 (SP1) está localizada a sul da Zona de Cisalhamento Patos e a norte do Cráton São Francisco. Diversos domínios estruturais foram identificados na SP1, incluindo as faixas de dobramentos Sergipana, Riacho do Pontal, Piancó-Alto Brígida e Pajeú-Paraíba, as quais possuem componentes meso- e neoproterozoicos. Outros domínios incluem o domínio Pernambuco-Alagoas (situado entre a Zona de Cisalhamento Pernambuco e a Faixa de Dobramento Sergipana), blocos isolados do embasamento paleoproterozoico/arqueano e ainda rochas supracrustais neoproterozoicas. Brito Neves et al. (2000) compartimentam a SP1 em três domínios tectônicos, de sul para norte, representados pelos domínios do Cinturão Sergipano, Maciço Pernambuco-Alagoas e Zona Transversal;
2. A Subprovíncia 2 (SP2) está situada a norte da Zona de Cisalhamento Patos e a leste da Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II. O embasamento da SP2 é representado por gnaisses-migmatíticos paleoproterozoicos (~2,1 Ga) e núcleos arqueanos preservados representados pelos maciços São José do Campestre (~3,45 Ga), Troia-Pedra Branca-Mombaça e Granjeiro. Nesta subprovíncia ainda encontra-se o registro da tafrogênese Estateriana (1,8 a 1,7 Ga) com sedimentação e vulcanismo associado, preservado na Faixa Orós-Jaguaribe. As rochas supracrustais neoproterozoicas (800 a 640 Ma) são representadas pelo Grupo Seridó no Rio Grande do Norte, na qual a

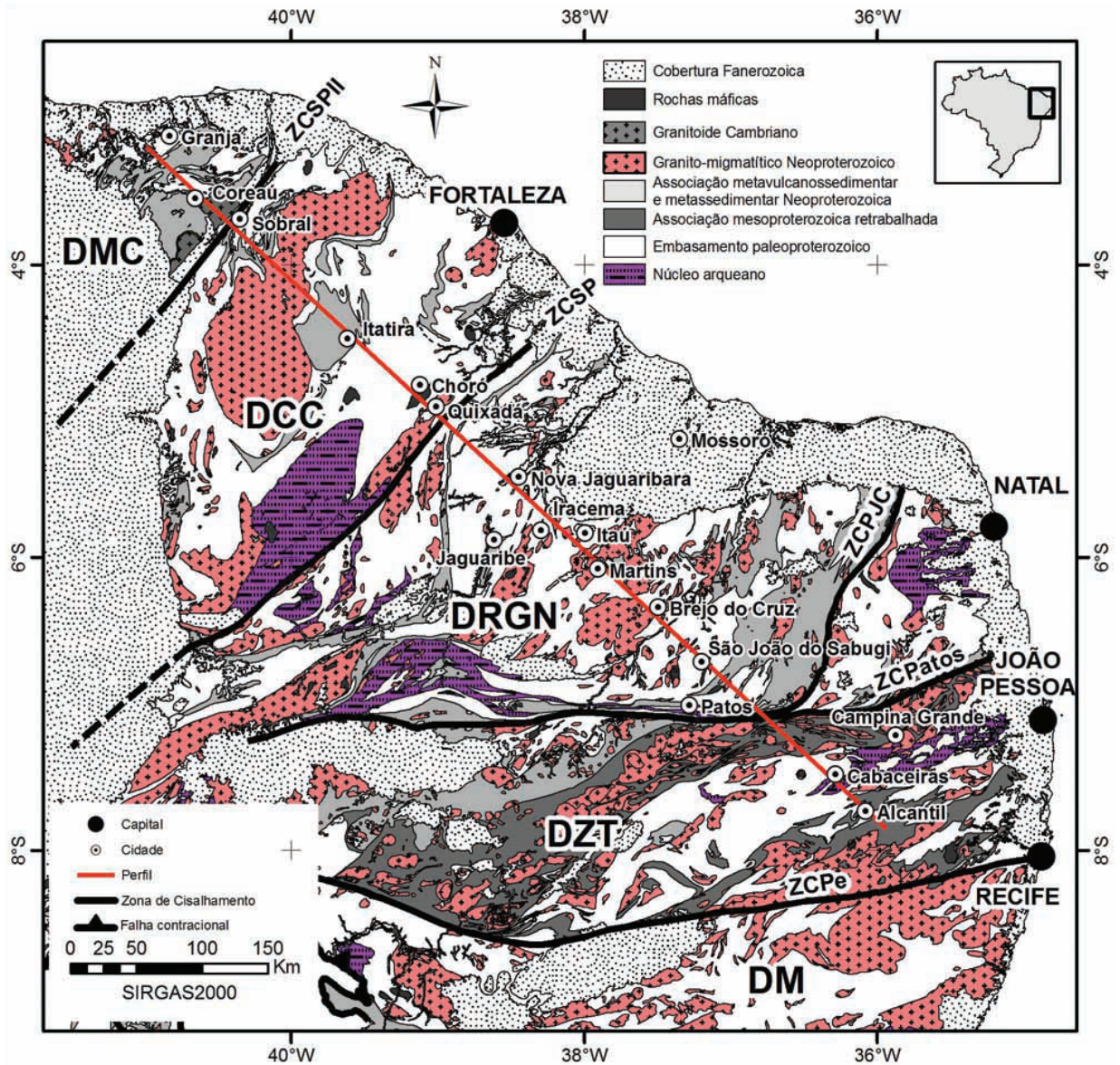


Figura 1 – Principais domínios geológicos da Província Borborema (Adaptado de Bizzi et al., 2003). Domínios Tectônicos: DMC – Médio Coreaú; DCC – Ceará Central; DRGN – Rio Grande do Norte; DZT – Zona Transversal; e DM – Meridional. Zonas de Cisalhamento: ZCSP-II – Sobral-Pedro II; ZCPJC – Picuí-João Câmara; ZCSP – Senador Pompeu; ZCPatos – Patos; e ZCPE – Pernambuco.

idade mínima conhecida é de 640 Ma e pelos grupos Independência e Ceará (~770 Ma) no estado do Ceará. Além disso, é observada ampla ocorrência de intrusões graníticas de idade neoproterozoica e localmente de idade ordoviciana, na forma de batólitos, *stocks* e diques. Brito Neves et al. (2000) consideram que a área abrangida pela SP2 pode ser compartimentada nos domínios Rio Grande do Norte (a sudeste da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu) e Ceará Central (a noroeste dessa zona de cisalhamento). Neste último domínio, encontram-se

presentes importantes registros de um arco magmático neoproterozoico, o Batólito Santa Quitéria (Fetter, 1999; Fetter et al., 2003);

3. A Subprovíncia 3 (SP3) está localizada entre o Cráton São Luiz-Oeste Africano e a Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II (Fig. 1). Para Brito Neves et al. (2000) a região caracterizada como SP3 é denominada de Domínio Médio Coreaú. O embasamento é de idade paleoproterozoica (~2,3 Ga), com a idade das rochas

supracrustais (Grupo Martinópolis) sendo neoproterozoica. Rochas supracrustais do Grupo Jaibaras e intrusões graníticas das suítes alcalinas a subalcalinas Mucambo e Meruoca de idade cambriana são identificadas no extremo leste da SP3.

DADOS GRAVIMÉTRICOS

Três conjuntos de dados gravimétricos foram utilizados no presente trabalho. O primeiro conjunto representa os dados gravimétricos oriundos de levantamentos sistemáticos efetuados nos últimos 30 anos por órgãos e empresas públicas (Observatório Nacional, Petrobras, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, universidades federais e estaduais) e empresas privadas. Aproximadamente 29.500 estações gravimétricas do banco de dados do Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto (LGPSR) da UFC (organizado pelo Prof. Dr. David L. de Castro) e do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP (fornecido pelo Prof. Dr. Nelsi Côgo de Sá) foram utilizadas na presente pesquisa. As estações gravimétricas estão projetadas no sistema de coordenadas geográficas SAD69. Especialmente, estão distribuídas de forma aleatória, com locais apresentando maior adensamento das estações gravimétricas, como é o caso das regiões localizadas nas bacias sedimentares fanerozoicas (Bacia Potiguar, Rio do Peixe e Iguatu) e em corpos graníticos, como o Batólito Quixadá no município homônimo, e também em forma de linhas principalmente ao longo de rodovias estaduais e federais (Fig. 2).

O segundo conjunto representa os dados gravimétricos obtidos pela equipe de pesquisadores do LGPSR (UFC), por meio do projeto "Investigação gravimétrica da litosfera na porção setentrional do Nordeste do Brasil: Compartimentação Estrutural da Província Borborema", financiado pelo CNPq/FINEP/FUNCAP e parte integrante do Programa Institutos do Milênio 2005/2008. O perfil gravimétrico levantado possui direção NW-SE, 750 km de extensão e espaçamento entre as estações gravimétricas de cerca de 3 km. O extremo noroeste do perfil está localizado próximo de Granja no estado do Ceará e o extremo sudeste no município de Alcântil no estado da Paraíba (Figs. 1 e 2). O levantamento foi efetuado com um gravímetro LaCoste & Romberg modelo D, com precisão de 0,01 mGal, em circuitos fechados. As leituras gravimétricas iniciais e finais foram realizadas em estações gravimétricas de primeira ordem da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira (RGFB), localizadas nos municípios de Sobral e Quixadá no estado do Ceará, Mossoró no Rio Grande do Norte, Patos e Campina Grande no estado da Paraíba. Os da-

dos gravimétricos foram obtidos a partir das leituras relativas de gravidade multiplicadas por fator de escala, que é baseado em uma tabela de calibração do instrumento, disponível no manual do gravímetro LaCoste & Romberg.

O posicionamento geográfico das estações gravimétricas foi realizado com base nas cartas planialtimétricas (escala 1:100.000) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e com a utilização de um sistema de posicionamento por satélite diferencial (DGPS) para a obtenção das coordenadas geográficas e da altitude. O DGPS é constituído por dois receptores, denominados de GPS das estações base e móvel. O GPS da estação base foi instalado sobre marcos geodésicos ou referências de nível cadastradas pelo IBGE. O GPS da estação móvel foi instalado em cada estação de medida gravimétrica espaçadas de 3 km. A aquisição de dados geográficos e altimétricos foi realizada em um período de 10 a 20 minutos e a uma distância máxima de 25 km da estação base. Os dados geográficos foram obtidos com base no sistema de coordenadas geográficas SAD69. Os dados geográficos e altimétricos obtidos no GPS diferencial foram ajustados com a aplicação da técnica de correção diferencial. Para o cálculo da altitude das estações gravimétricas foi utilizado como referência a altitude ortométrica dos marcos geodésicos do IBGE (*datum* Imbituba) e o modelo de ondulação geoidal EGM96. Tal procedimento permitiu obter dados com uma incerteza da ordem de 5,0 cm, nas direções horizontais, e de 10 cm na direção vertical, fornecendo uma precisão das medidas gravimétricas de cerca de 0,1 mGal. Por outro lado, para os dados gravimétricos de levantamentos pretéritos que empregaram altímetros barométricos e GPS sem pós-processamento, a incerteza de posicionamento provoca uma diminuição na precisão dos valores de gravidade para uma ordem de 0,5 a 1,0 mGal. Contudo em face ao caráter regional desta pesquisa, tais diferenças aparentemente não geram distorções perceptíveis nas anomalias gravimétricas observadas. Tal avaliação está em concordância com análises estatísticas realizadas por De Castro et al. (1998) nos dados gravimétricos dos levantamentos mais antigos, constatando que a diferença entre valores medidos em estações distantes menos de 200 m entre si é inferior a 0,5 mGal para mais 85% dos casos.

No total, foram levantadas 315 novas estações gravimétricas ao longo do perfil geofísico (Fig. 2). Os dados gravimétricos obtidos passaram pelo processo de redução dos valores da gravidade com base nos cálculos matemáticos para as correções de maré (Longman, 1959), da deriva instrumental, da latitude, Ar-livre e Bouguer (Fig. 3). A correção de latitude requer o conhecimento da gravidade teórica na estação de medidas sobre o

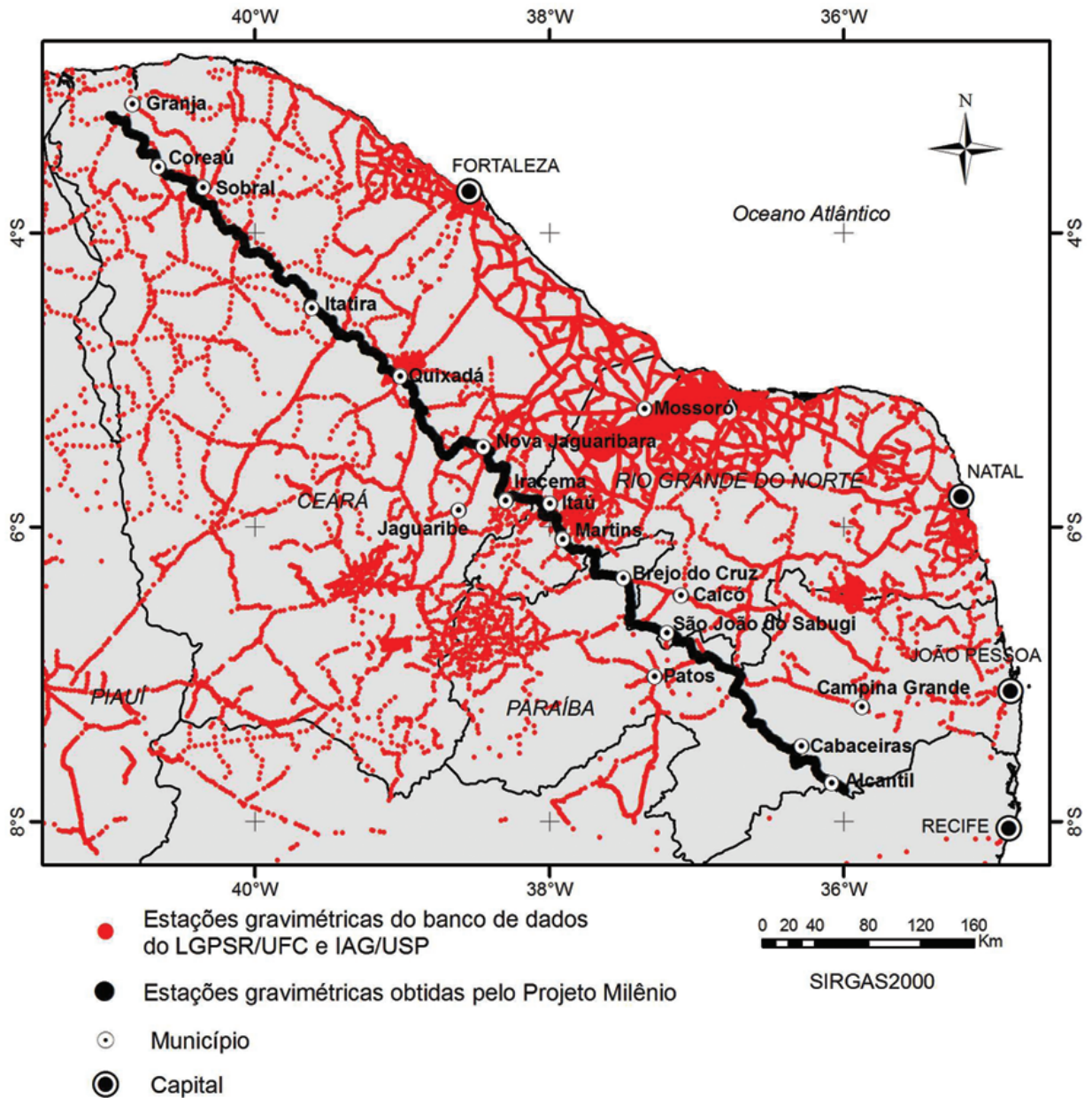


Figura 2 – Distribuição espacial das estações gravimétricas na região do Nordeste Setentrional do Brasil (banco de dados do Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Ceará e do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo).

elipsoide de referência (De Castro et al., 1998). Optou-se pela Fórmula de 1967, visto que o intuito da presente pesquisa é promover a integração dos dados levantados ao longo da transecta com o banco de dados pré-existente, cujas medidas são todas referenciadas à Fórmula de 1967. Utilizando-se a Fórmula de 1980, é observada uma diferença da ordem de $-1,0$ mGal entre os dados novos e aqueles obtidos em levantamentos pretéritos, gerando anomalias artificiais. Pelo mesmo motivo, não foi apli-

cada a correção de terreno, obtendo-se ao final das reduções gravimétricas a curva de anomalia Bouguer simples, ou simplesmente denominada neste artigo de anomalia Bouguer.

O terceiro acervo de dados gravimétricos compreende a integração dos dois conjuntos de dados acima apresentados. As estações gravimétricas dos dois conjuntos de dados foram obtidas no sistema de coordenadas geográficas SAD69 e reprojeta- das para o sistema SIRGAS2000. A análise dos três conjun-

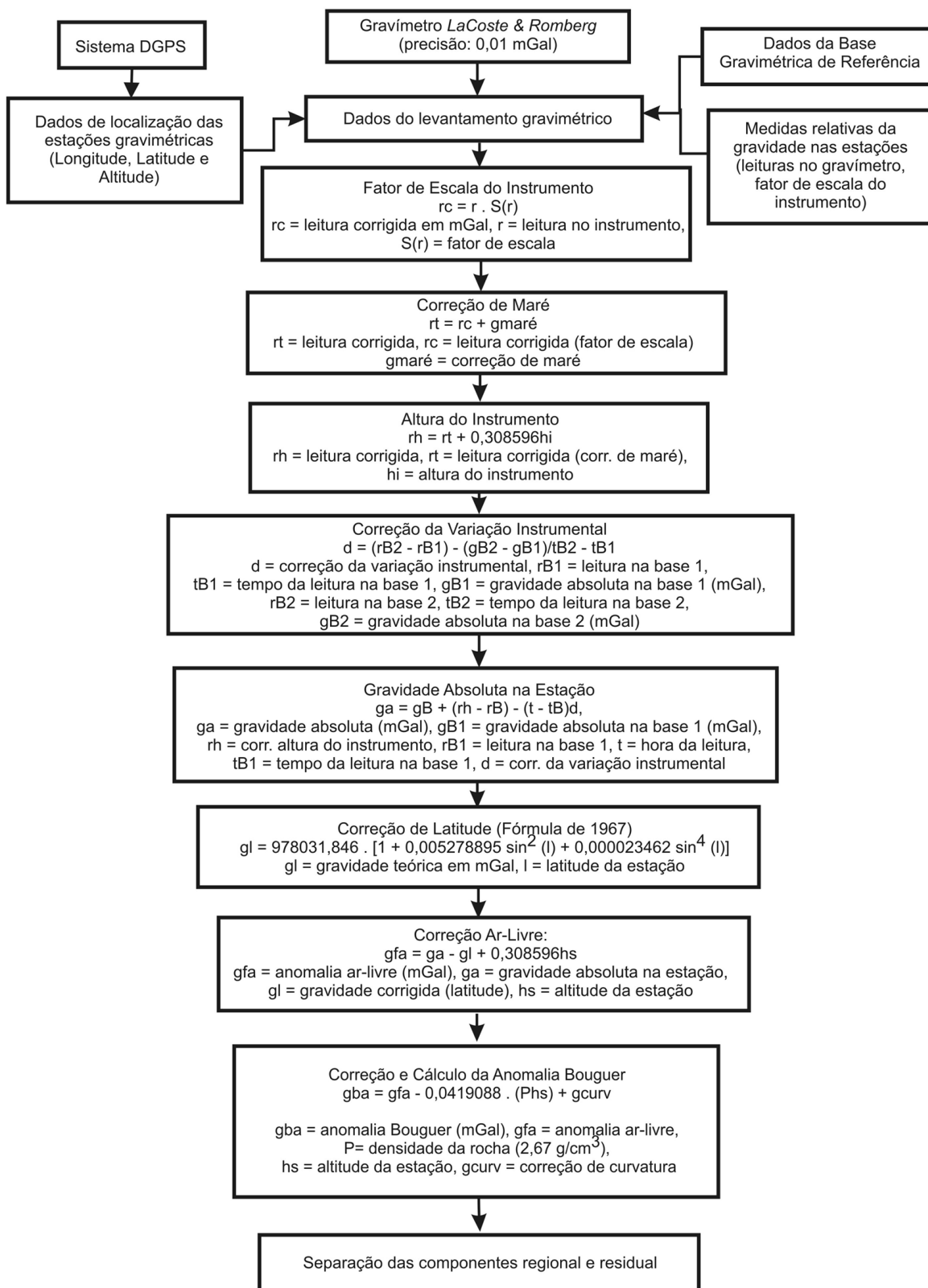


Figura 3 – Fluxograma da etapa de processamento dos dados do levantamento gravimétrico (adaptado de Oasis Montaj, 2009).

tos de dados gravimétricos permite observar a real contribuição dos dados levantados ao longo do perfil geofísico à assinatura gravimétrica da Província Borborema.

PROCESSAMENTO E MODELAGEM DOS DADOS GRAVIMÉTRICOS

Uma sequência de processamento de dados foi realizada entre os diferentes conjuntos de variáveis gravimétricas com o objetivo de avaliar a contribuição dos dados do levantamento gravimétrico do Programa Milênio ao longo do perfil. As principais etapas do processamento são apresentadas a seguir:

1. Interpolação dos dados gravimétricos – Devido à distribuição irregular das estações gravimétricas (banco de dados e integração de dados) foi efetuada uma interpolação das medidas gravimétricas pontuais pelo método de mínima curvatura. O tamanho das células geradas foi de $0,03^\circ$, o que corresponde a células de aproximadamente $3,3 \times 3,3$ km, que por sua vez se aproxima do espaçamento entre as estações gravimétricas levantadas ao longo do perfil.
2. Padronização dos dados gravimétricos – Para efetuar a análise comparativa entre os dados gravimétricos ao longo do perfil optou-se em usar como referência a localização geográfica das novas estações gravimétricas levantadas pelo projeto. Com base nestas coordenadas, foram extraídas de forma pontual as anomalias gravimétricas Bouguer do banco de dados e da integração de dados interpolados (Fig. 4).
3. Separação das anomalias regional e residual – As anomalias gravimétricas Bouguer constituem um sinal geofísico composto por diferentes comprimentos de onda. As anomalias de longo comprimento (>100 km) de onda possuem caráter regional e geralmente se sobrepõem ao conteúdo do sinal de alta frequência. Este último está associado às fontes gravimétricas rasas ou residuais. Com base na equação do campo gravitacional (Telford et al., 1998), as anomalias gravimétricas decaem com o inverso do quadrado da distância. Assim as fontes gravimétricas situadas em níveis crustais mais profundos produzem anomalias de baixa frequência e com maior amplitude em relação aos corpos mais superficiais. Portanto, para efetuar uma análise diferenciada das anomalias Bouguer geradas por corpos ou fontes situados em níveis crustais distintos foi realizada a separação das componentes regional e residual do campo gravitacional. Para o presente trabalho, a separação foi efetuada por meio da aplicação do ajuste polinomial por mínimos quadrados nas estações gravimétricas de cada conjunto de dados. A determinação do grau ou ordem polinomial baseou-se na análise qualitativa dos dados gravimétricos, considerando a melhor representação do campo gravimétrico regional gerado. Neste caso, o filtro polinomial de 5ª ordem apresentou resultado mais consistente para a separação das componentes regional e residual para os três conjuntos de dados.
4. Geração de perfis gravimétricos Bouguer, regional e residual – Perfis gravimétricos foram confeccionados para os três conjuntos de dados, denominados de curva 1 (banco de dados UFC e USP), curva 2 (dados gravimétricos levantados pelo Programa Milênio) e curva 3 (integração dos dados). Para a confecção das curvas 1, 2 e 3, os valores das anomalias foram rebatidos perpendicularmente no perfil projetado, e o azimute do perfil projetado baseou-se no primeiro e no último ponto do perfil original.
5. Análise estatística comparativa e por correlação das anomalias gravimétricas – A análise comparativa dos dados geofísicos consistiu principalmente na sobreposição das curvas gravimétricas, com a identificação de áreas onde há diferença significativa nos valores do campo gravitacional do levantamento da presente pesquisa em relação aos dados gravimétricos pré-existentes (banco de dados UFC e USP e o conjunto total dos dados). A análise estatística por correlação foi realizada com base na diferença entre os valores das anomalias gravimétricas do presente levantamento e do banco de dados pretérito para cada estação. Curvas de regressão linear foram calculadas para indicar a reta de melhor ajuste entre os diferentes conjuntos de dados para as anomalias Bouguer, regional e residual.
6. Modelagem gravimétrica 2,5D – Modelagens gravimétricas 2,5D foram realizadas separadamente para as anomalias regionais e residuais ao longo da transecta na PB. A modelagem da anomalia gravimétrica regional tem por objetivo revelar a configuração geotectônica da interface crosta-manto. Por sua vez, a modelagem das anomalias residuais fornece subsídios da estruturação interna dos níveis crustais mais rasos, destacando, sobretudo, as heterogeneidades da crosta superior. O procedimento de modelagem 2,5D escolhido é baseado na metodolo-

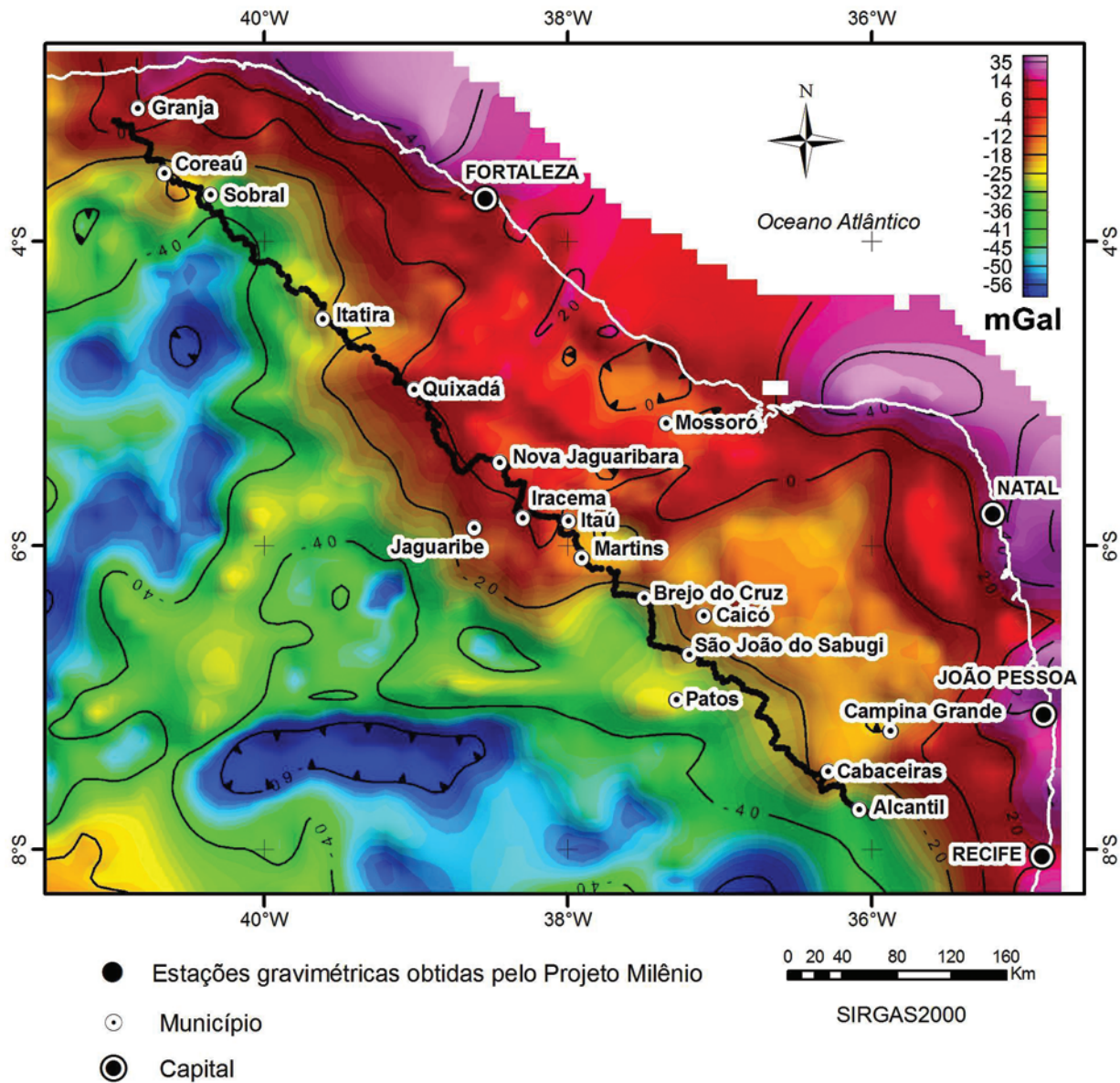


Figura 4 – Mapa de anomalias Bouguer gerado a partir da integração do banco de dados do LGPSR/UFC e IAG/USP com os dados do levantamento do Programa Milênio.

gia desenvolvida por Talwani et al. (1959) e Talwani & Heirtzler (1964). Os algoritmos empregados aqui para calcular a resposta dos modelos geométricos das fontes gravimétricas em subsuperfície são descritos por Won & Bevis (1987). A modelagem gravimétrica foi efetuada por meio do programa computacional GM-SYS (NGA, 2004). A partir dos dois modelos gravimétricos finais, foi confeccionada seção geológica interpretativa para a litosfera da porção setentrional da PB.

DADOS AEROMAGNÉTICOS

Com o intuito de obter informações geofísicas adicionais à interpretação da assinatura gravimétrica da PB, foram analisados dados magnetométricos de vários levantamentos aerogeofísicos, especialmente os projetos Seridó, Rio Acaraú, Cariris-Velhos, Esperança, Iguatu e Itatira, adquiridos nas décadas de 70 e 80 e cedidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). O processamento dos dados magnetométricos, previamente corrigidos da variação diurna e da componente principal do

campo magnético (IGRF), foi baseada nos trabalhos de IAEA (1991), Gunn et al. (1997), Horsfall (1997), Sharma (1997) e MacLoud & Dobush (2000), e que consiste nas seguintes etapas: 1) Interpolação dos dados pelo método de mínima curvatura para a geração de uma malha regular com células correspondendo a 1/4 do espaçamento das linhas de voo; 2) Identificação e remoção de ruídos, com a aplicação do filtro cosseno direcional para atenuação do ruído relacionado à maior concentração de dados ao longo da linha de voo; 3) Reagrupamento de todos os projetos em um único arquivo com a redefinição do tamanho de células para 250 m; 4) Geração de uma nova malha regular e obtenção do sinal analítico do campo magnético; 5) Aumento das amplitudes do sinal geofísico e uso de técnicas de sombreamento para realçar as anomalias magnéticas; e 6) Geração de perfis magnéticos paralelos à seção transversal NW-SE, cuja localização espacial dos dados magnéticos é a mesma das estações gravimétricas levantadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise estatística das anomalias gravimétricas

A Tabela 1 apresenta as variações estatísticas entre os três conjuntos de dados gravimétricos avaliados nesta pesquisa. As anomalias Bouguer dos três conjuntos de dados apresentam valores máximos de 11,7 a 12 mGal, mínimos de -48,5 a -45,6 mGal e média de -18,4 a -16,8 mGal. Em relação às anomalias regionais os valores máximos variam de 21,8 a 23,7 mGal, mínimos de -40,2 a -37,4 mGal e média de -18,4 a -16,8 mGal. Para as anomalias residuais foram obtidos valores máximos de 14,2 a 16,3 mGal, mínimos de -17,2 a -14,5 mGal, com valores de média de $-8,4 \times 10^{-13}$ a $-0,1 \times 10^{-13}$. Variações da ordem de 3 a 2,5 mGal foram observadas entre as anomalias Bouguer, regional e residual do banco de dados pretérito com os demais conjuntos de dados gravimétricos.

A Figura 5 mostra as anomalias Bouguer, regional e residual do banco de dados UFC/USP (curva 1), dados do levantamento (curva 2) e dados integrados (curva 3). Nas Figuras 5A e 5C, os valores das anomalias Bouguer e da componente residual aumentam da curva 1 para a curva 2, principalmente entre as regiões de Sobral e Quixadá e de Brejo do Cruz e Cabaceiras. Em Sobral, os valores das anomalias Bouguer variam de -48 para -37 mGal e as anomalias residuais de -8 para -0,4 mGal. Em Cabaceiras, os valores das anomalias Bouguer variam de -26,4 para -11 mGal, e da componente residual de 1,4 para 14,7 mGal. Por outro lado, a diminuição dos valores das anomalias gravimétricas Bouguer e residuais da curva 1 para

curva 2 é observada nas regiões de São João do Sabugi (Fig. 5C) e Alcantil. Os valores da anomalia Bouguer diminuem de -26 para -29 mGal, e para a componente residual variam de 1 para -4,6 mGal. As diferenças entre as anomalias nas curvas 1 e 3 destacam a contribuição significativa dos dados gravimétricos oriundos do levantamento, sobretudo em regiões onde o banco de dados pretérito não possui registro de estações gravimétricas.

Na região a oeste de Martins, observa-se diferença marcante nos valores das anomalias Bouguer e residuais das curvas 1 e 3 em relação à curva 2 (Figs. 5A e 5C). Este fato ressalta que os novos dados gravimétricos (curva 2) nessa área específica da seção geofísica diferem consideravelmente da anomalia gravimétrica integrada (curva 3) e do banco de dados pretéritos (curva 1). Essa região está localizada próximo à borda da Bacia Potiguar e é coberta por número considerável de estações gravimétricas oriundas de projetos distintos, cujas medidas gravimétricas foram obtidas com a utilização de diferentes equipamentos e metodologias de aquisição de dados gravimétricos e planialtimétricos, o que deve ter resultado em um conjunto de dados gravimétricos localmente heterogêneo, com amplo intervalo entre os valores do campo gravitacional. Nesta região, as curvas 1 e 3 indicam o predomínio de anomalias Bouguer, variando de -19 a -10,4 mGal, ao passo que o levantamento gravimétrico efetuado na região (curva 2) mostra valores entre -6,5 e -2,0 mGal. Os valores das anomalias residuais das curvas 1 e 3 variam de -9,5 a -0,8 mGal, e para a curva 2 de 2,6 a 8,0 mGal. Os valores das anomalias gravimétricas da curva 2 podem então ser considerados como mais confiáveis, devido ao melhor controle da qualidade das medidas geofísicas durante sua aquisição e da etapa das correções gravimétricas adotadas no levantamento da presente pesquisa.

Por fim, a Figura 5B mostra que as anomalias gravimétricas regionais das três curvas apresentam pouca variação quanto aos valores das medidas analisadas. Variações secundárias, da ordem de 3 mGal, entre as curvas gravimétricas são observadas somente nas regiões localizadas entre Sobral e Quixadá e entre São João do Sabugi e Cabaceiras. Estas variações podem ser atribuídas à contribuição das novas estações gravimétricas à assinatura geofísica regional.

Os diagramas de correlação dos três conjuntos de dados gravimétricos são apresentados na Figura 6. As anomalias Bouguer e residual (Figs. 6A e 6C) apresentam valores do grau de correspondência R^2 igual a 0,936 e 0,6453, respectivamente. Observa-se claramente uma contribuição significativa das novas estações gravimétricas para a assinatura gravimétrica da PB ao longo do perfil geofísico. Os diagramas destacam o aumento nos

Tabela 1 – Dados estatísticos das anomalias gravimétricas Bouguer e das componentes regional e residual da seção geofísica transversal à porção setentrional da Província Borborema. Curvas: C1 – Banco de dados do LGPSR/UFC e IAG/USP; C2 – Dados gravimétricos do Programa Milênio; C3 – Integração do banco de dados do LGPSR/UFC e IAG/USP com os dados do levantamento do Programa Milênio.

	Bouguer			Regional			Residual		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Valor Máximo	12,0	11,7	11,9	23,7	21,8	22,4	16,3	14,9	14,2
Valor Mínimo	-48,5	-45,6	-45,6	-40,2	-37,4	-37,9	-14,5	-17,2	-15,1
Média	-18,4	-16,8	-17,2	-18,4	-16,8	-17,2	$-4,6 \times 10^{-13}$	$-0,1 \times 10^{-13}$	$-8,4 \times 10^{-13}$

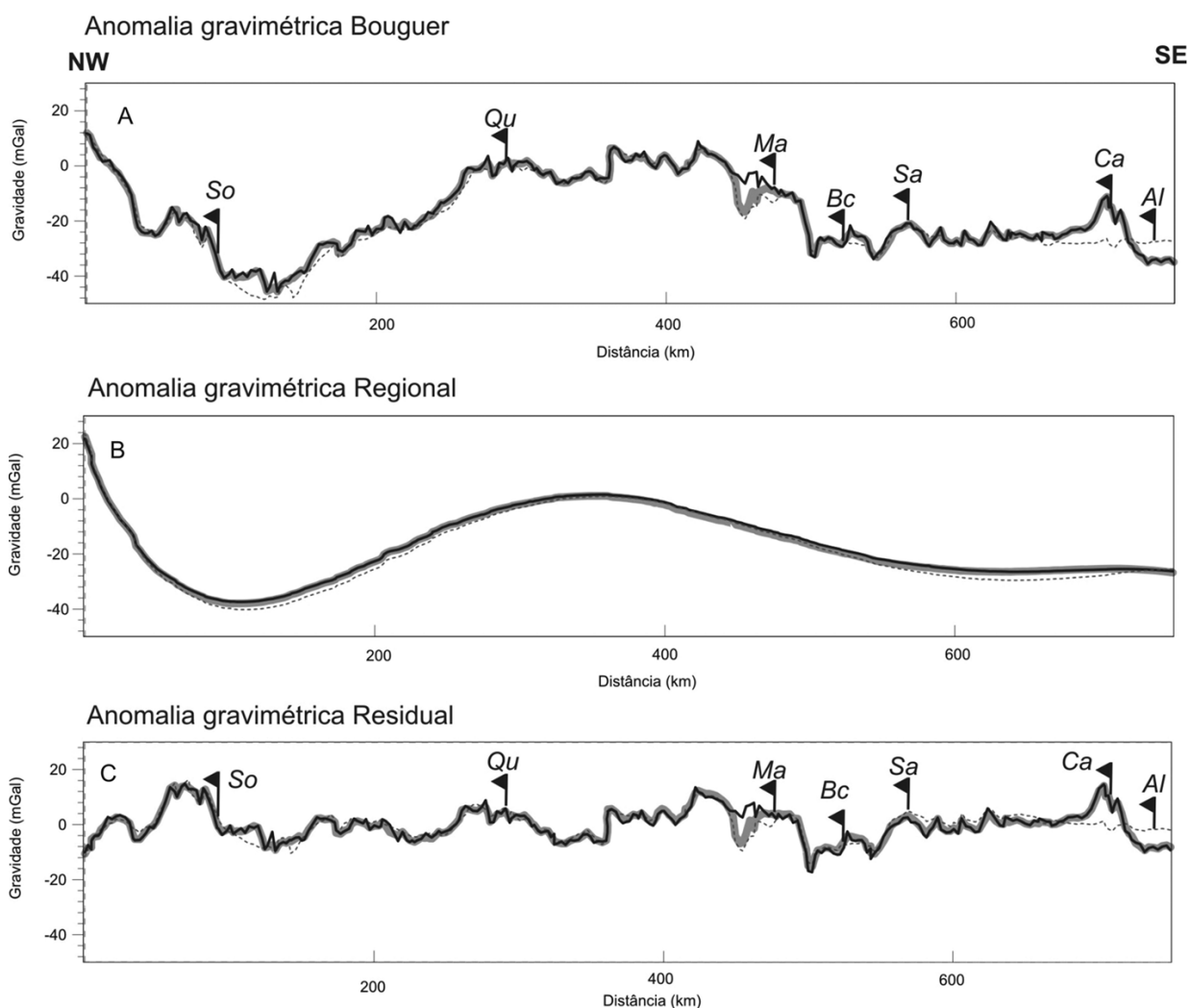


Figura 5 – Anomalias gravimétricas Bouguer (A), regionais (B) e residuais (C) da seção geofísica transversal a porção setentrional da Província Borborema. A curva gravimétrica 1 (linha tracejada) considera apenas o acervo de dados pretérito ao levantamento gravimétrico do Programa Milênio. A curva 2 (linha preta) foi obtida somente com os dados levantados ao longo da seção transversal. A curva 3 (linha cinza) representa a integração dos dois conjuntos de estações gravimétricas supracitadas. Cidades: So – Sobral; Qu – Quixadá; Ma – Martins; Bc – Brejo do Cruz; Sa – São João do Sabugi; Ca – Cabaceiras; Al – Alcantil.

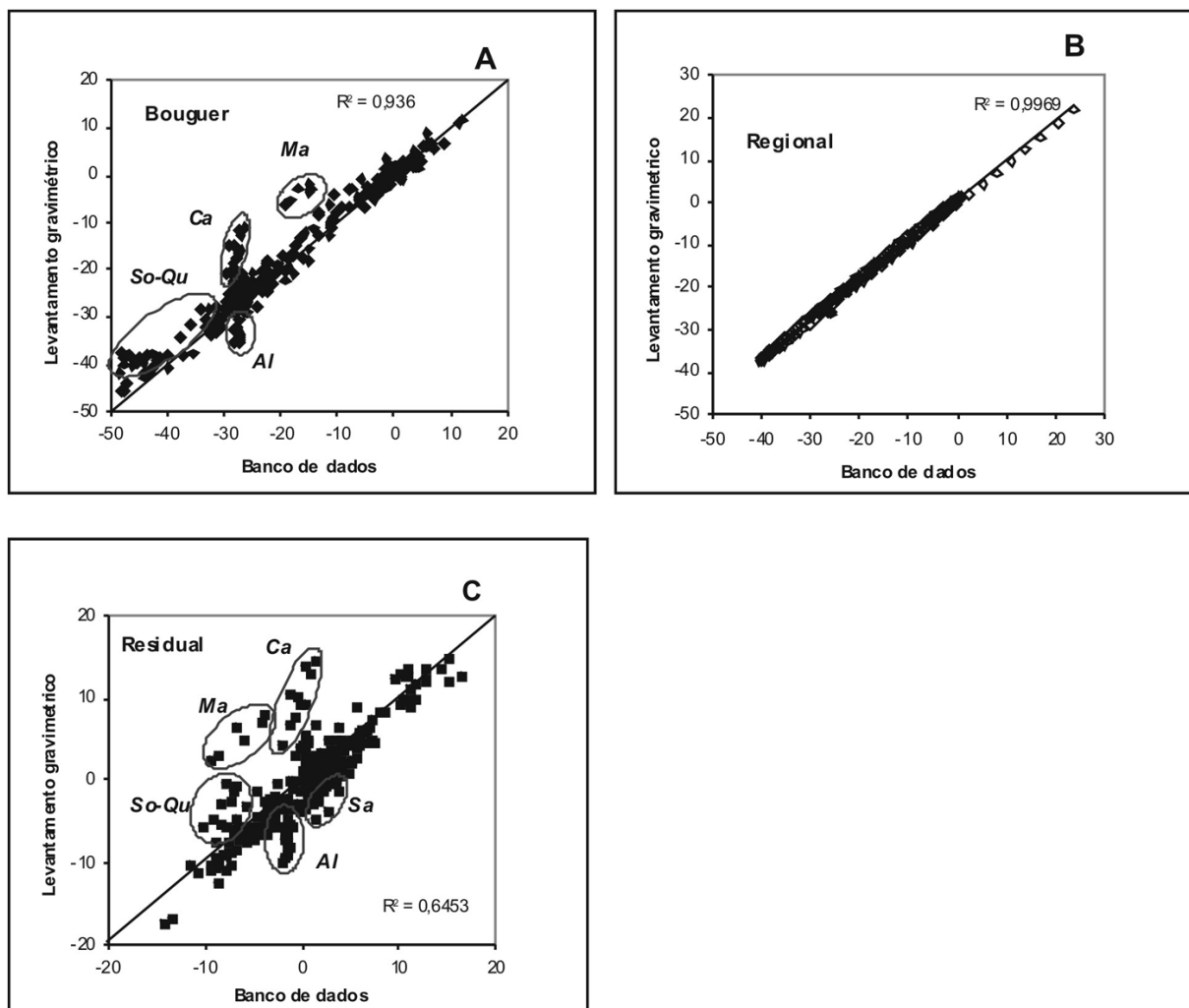


Figura 6 – Diagramas de correlação das anomalias gravimétricas Bouguer (A), regionais (B) e residuais (C) entre os dados levantados ao longo da seção transversal e o acervo de dados pretéritos. Siglas: So – Sobral; Qu – Quixadá; Ca – Cabaceiras; Ma – Martins; Sa – São João do Sabugi; Al – Alcantil.

valores gravimétricos do banco de dados para os dados do levantamento nas regiões de Sobral a Quixadá, Martins e Cabaceiras, e diminuição nos valores dos dados gravimétricos nas regiões de São João do Sabugi e Alcantil. Na Figura 6B, os dados das anomalias regionais entre o banco de dados e o levantamento gravimétrico mostram boa correlação, com grau de correspondência R^2 igual a 0,9969. Tais resultados eram esperados, visto que as diferenças entre os valores anômalos se concentram no conteúdo do sinal geofísico de menor comprimento de onda.

Modelagem gravimétrica 2,5D

Limite crosta-manto

Para a modelagem da interface crosta-manto foram utilizados dados da anomalia gravimétrica regional da curva 2 (Fig. 5B).

No modelo geofísico proposto foi considerada uma crosta continental homogênea, com densidade média de $2,8 \text{ g/cm}^3$. Por sua vez, a crosta encontra-se assentada sobre o manto litosférico com densidade média elevada, estimada em $3,3 \text{ g/cm}^3$ (Fig. 7; De Castro et al., 1998; Oliveira, 2008).

No limite noroeste do perfil gravimétrico, ocorre uma anomalia positiva de $21,7 \text{ mGal}$, próxima à linha de costa do litoral cearense na região de Granja (Figs. 1 e 7). Nessa região, o modelo gravimétrico mostra melhor ajuste para uma crosta com 28 km de espessura e tendência de diminuição gradativa da espessura em direção à linha de costa. A anomalia gravimétrica positiva observada e o afinamento crustal sugerido reforçam a teoria de que a interface crosta-manto estaria mais próxima da superfície na região de transição da crosta continental para a

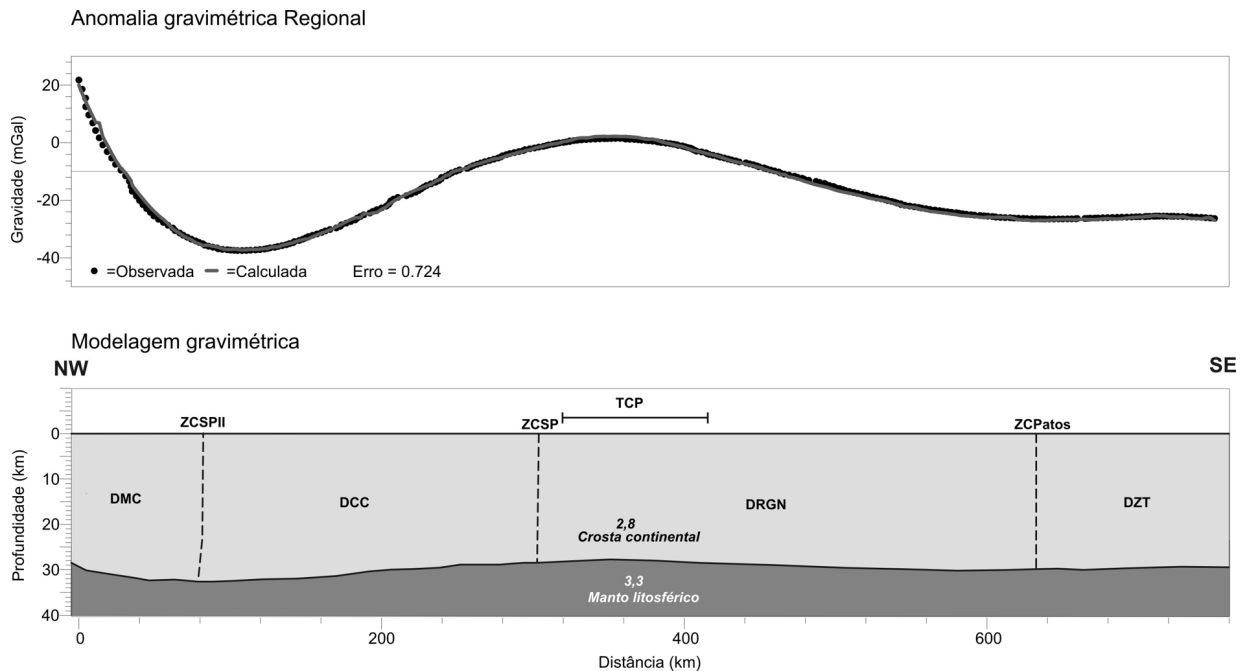


Figura 7 – Modelagem gravimétrica 2,5D da anomalia regional da seção transversal da porção setentrional da Província Borborema. Domínios Tectônicos: DMC – Médio Coreaú; DCC – Ceará Central; DRGN – Rio Grande do Norte; e DZT – Zona Transversal. Zonas de Cisalhamento: ZCSP II – Sobral-Pedro II; ZCSP – Senador Pompeu; e ZCPatos – Patos. TCP – *Trend* Cariri-Potiguar.

crosta oceânica, principalmente na margem continental do tipo passiva, como sugerido por De Castro et al. (1998).

Por outro lado, na região de Sobral, próxima à ZCSP II (Figs. 1 e 7), a anomalia gravimétrica atinge um valor mínimo de $-37,4$ mGal. Na modelagem 2,5D foi inferida uma espessura de aproximadamente 32 km para este segmento crustal, resultando em ótimo ajuste aos dados medidos. Tal espessura corrobora a estimativa máxima da crosta de 32,5 km sugerida por De Castro & Medeiros (1997) e Oliveira (2008) para região, cujo espessamento crustal seria o resultado da aglutinação de segmentos crustais ou domínios tectônicos (DMC e DCC), ocorrida durante a orogenia Brasileira.

No DCC, a anomalia gravimétrica regional volta a aumentar em direção ao DRGN, até atingir o valor de 1,5 mGal. No modelo gravimétrico, a espessura de 32 km da crosta na região da ZCSP II diminui gradativamente até aproximadamente 28 km em direção das bacias sedimentares interiores (Potiguar, Rio do Peixe, Iguatu, entre outras) do Sistema de Rifting do Nordeste. A espessura de 28 km inferida para esta região foi baseada nos dados de sísmica profunda, obtidos por Matos (1992) na região do Rife Potiguar. O aumento no valor da anomalia gravimétrica, que reflete um afinamento crustal regional, estaria relacionado à formação de uma série de bacias do tipo rife ao longo

do *trend* de estiramento crustal Cariri-Potiguar (TCP), durante o Mesozoico (Matos, 1992; De Castro et al., 1998, 2007).

Na parte sudeste do perfil gravimétrico a anomalia gravimétrica torna a diminuir no DZT até alcançar o valor mínimo de $-26,5$ mGal (Fig. 7). Para este domínio tectônico admite-se que a crosta varia da ordem de 30 km de espessura próximo à Zona de Cisalhamento Patos (Fig. 1). O mínimo gravimétrico observado estaria associado ao espessamento crustal na região do Planalto da Borborema, o qual teria sido soerguido durante o Cenozoico, como reportado por Oliveira (2008).

Compartimentação da crosta superior

A modelagem da crosta superior baseou-se nas anomalias gravimétricas residuais da curva 2 (Fig. 5C), cuja qualidade dos dados foi discutida anteriormente com base na comparação e correlação dos dados gravimétricos existentes com aqueles obtidos no levantamento. Para a crosta superior, foi assumida uma densidade média de $2,8$ g/cm³, cujo valor corresponde com a densidade média da crosta, como considerado na modelagem da interface crosta-manto. Os valores de densidade dos diferentes litotipos utilizados para o cálculo da modelagem foram extraídos da literatura pertinente (Dobrin & Savit, 1988; Sharma,

Tabela 2 – Densidade média dos segmentos crustais identificados na modelagem gravimétrica 2,5D ao longo da seção transversal da porção setentrional da Província Borborema.

Bloco	Densidade estimada (g/cm ³)	Litologia	Unidade litotectônica	Domínio tectônico
B1	2,78	Rochas granulíticas	Embasamento paleoproterozoico	DMC
B2	2,70	Ortognaisses	Embasamento paleoproterozoico	
B3	2,62	Metassedimentos	Supracrustais neoproterozoicas do Grupo Martinópolis	
B4	2,65	Monzonitos, granodioritos e sienitos	Suíte intrusiva alcalina cambriana – Suíte Meruoca	
B5	2,87	Rochas vulcânicas ácidas e básicas	Rochas supracrustais cambrianas da Bacia Jaibaras	
B6	2,90	Rochas granulíticas ou rochas básicas	Inferida em subsuperfície	
B7	2,67	Rochas graníticas-migmatíticas	Complexo neoproterozoico Tamboril Santa Quitéria	DCC
B8	2,68	Paragnaisses, quartzitos, metacalcários e rochas cálcio-silicáticas	Rochas supracrustais metamorfisadas do Complexo Ceará	
B9	2,70	Ortognaisses e granitoides	Suíte Madalena e Batólito Quixadá	
B10	2,90	Rochas anfibolíticas, metamáficas e formações ferríferas	Unidade Algodões-Choró	DRGN
B11	2,70	Rochas gnáissica-migmatíticas e granitoides	Complexo Jaguaretama e suítes intrusivas	
B12	2,90	Diques de basaltos toleíticos	Diques Rio Ceará-Mirim	
B13	2,55 a 2,60	Milonitos	Zona de cisalhamento	
B14	2,72	Ortognaisses e rochas supracrustais	Complexo Caicó	
B15	2,65	Metagranito	Suíte Poço da Cruz	
B16	2,68	Rochas supracrustais	Grupo Seridó	DZT
B17	2,70	Rochas supracrustais metamorfisadas e metaplutônicas	Complexos mesoproterozoicos e suítes intrusivas	
B18	2,76	Rochas metamáficas, cálcio-silicáticas, formações ferríferas, granulitos	Complexos Sumé e Cabaceiras (núcleo arqueano)	
B19	2,65	Rochas supracrustais metamorfisadas e metaplutônicas	Complexos mesoproterozoicos e suítes intrusivas	

1997; Telford et al., 1998) e geralmente referem-se a valores médios obtidos em um número considerável de diversos litotipos e segmentos crustais (Tab. 2). Além dos parâmetros de densidade, um número elevado de blocos crustais foi inserido no modelo crustal com a finalidade de representar as heterogeneidades crustais observadas na cartografia geológica de superfície da Província Borborema (Bizzi et al., 2003; Cavalcante et al., 2003). A assinatura magnética do sinal analítico foi também analisada em conjunto com a curva gravimétrica residual para a identificação e correlação das áreas com anomalias positivas mais expressivas (Figs. 8A e 8B).

Domínio Médio Coreaú – DMC

Com base na interpretação geológica de superfície, o DMC foi subdividido em seis segmentos crustais (B1, B2, B3, B4, B5 e B6 – Fig. 8). O primeiro segmento crustal B1, com anomalias gravimétricas variando de zero a 11,7 mGal, mostra um melhor ajuste entre as anomalias observadas e calculadas pela modelagem gravimétrica, considerando densidade média estimada de 2,78 g/cm³. B1 representa uma unidade litológica mais densa associada ao embasamento paleoproterozoico, provavelmente as rochas granulíticas do Complexo Granja (Santos, 1999; Caval-

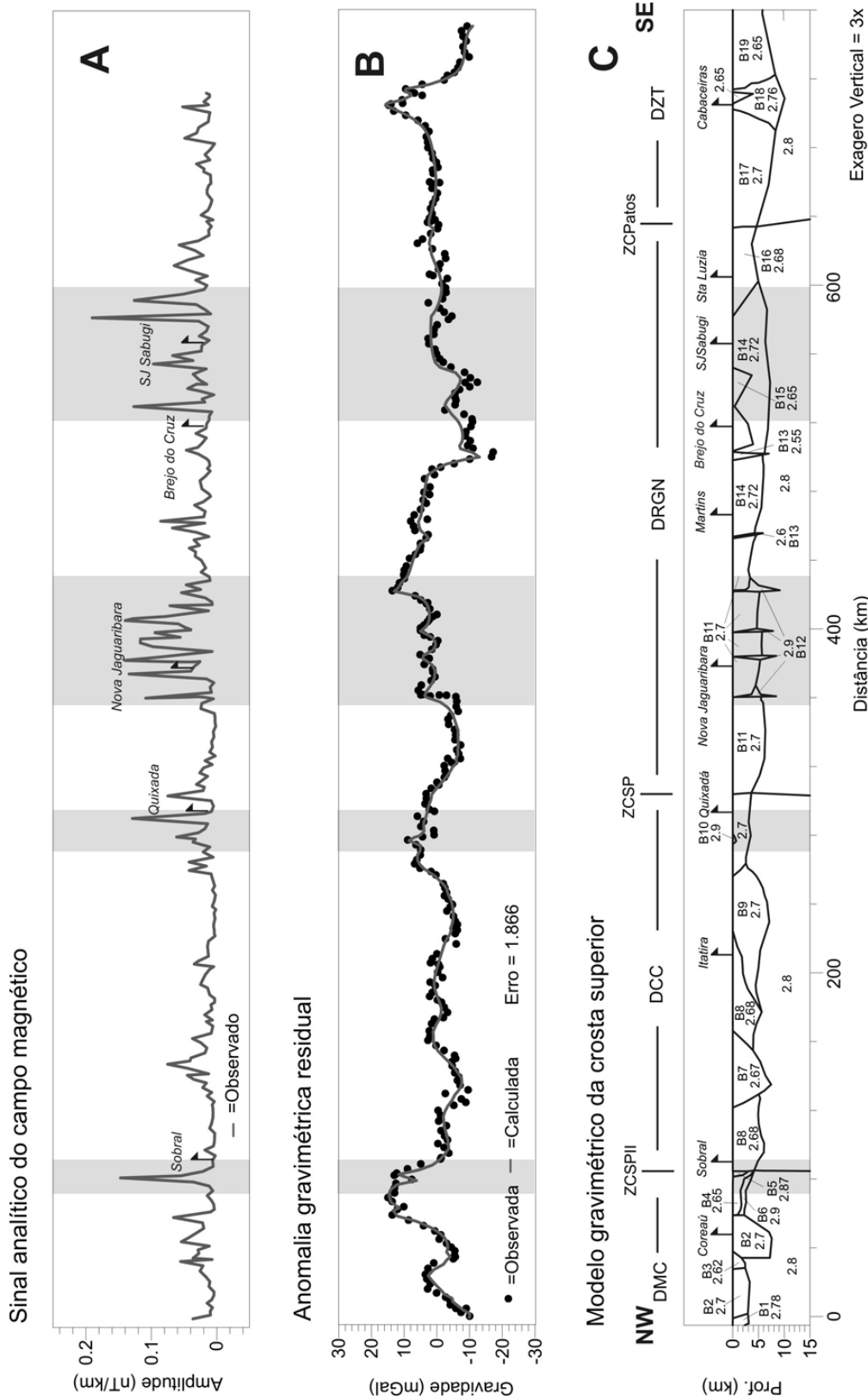


Figura 8 — Modelagem gravimétrica 2,5D (C) da anomalia residual (B) em conjunto com a análise da amplitude do sinal analítico (A) da seção transversal da porção setentrional da Província Borborema. As faixas em cinza representam áreas com anomalias do sinal analítico e a sua correlação com as anomalias gravimétricas residuais e a modelagem gravimétrica 2,5D. Domínios tectônicos: Médio Coreau (DMC); Ceará Central (DCC); Rio Grande do Norte (DRGN); e Zona Transversal (DZT). Zonas de Cisalhamento: Sobral-Pedro II (ZCSP II); Senador Pompeu (ZCSP); e Patos (ZCPatos).

cante et al., 2003), que ocorrem na parte noroeste do perfil gravimétrico (Fig. 1).

O bloco crustal B2, cujos valores da anomalia gravimétrica variam de -10 a $8,62$ mGal, possui densidade estimada de $2,7$ g/cm³ e espessura máxima de $7,4$ km. B2 corresponde aos ortognaisses TTG do embasamento paleoproterozoico (Complexo Granja), cuja densidade é menor em relação às rochas granulíticas. Na modelagem 2,5D, B2 ajustou-se como segmento crustal sobreposto pelo bloco B3, sugerindo empilhamento tectônico de noroeste para sudeste das unidades litotectônicas do DMC (Nogueira Neto et al., 1997; Santos et al., 2008).

O terceiro segmento crustal B3, com valores gravimétricos entre $-5,6$ e $2,7$ mGal, apresenta bom ajuste das anomalias gravimétricas para densidade média estimada em $2,62$ g/cm³. B3, menos denso que o segmento B2, corresponde a uma associação de rochas metassedimentares e metavulcanossedimentares neoproterozoicas (Grupo Martinópolis), dispostas ao longo das zonas de cisalhamentos de direção NE-SW na região central do DMC (Santos et al., 2008).

Os segmentos crustais B4 e B5 mostram valores gravimétricos variando entre $7,6$ e 15 mGal (Fig. 8). B4 possui densidade média estimada em $2,65$ g/cm³ e espessura em torno de 4 km. O segmento crustal B4 está associado à ocorrência da suíte intrusiva subalcalina a alcalina de idade cambriana, denominada de suíte Meruoca com ampla variação faciológica e composicional, desde monzonitos, granodioritos a sienitos (Sial et al., 1981; Cavalcante et al., 2003). O segmento crustal B5 é caracterizado por possuir dimensão espacial menor, com densidade elevada estimada em torno de $2,87$ g/cm³ e espessura aproximada de 3 km. Na região próxima ao segmento crustal B5, o perfil da amplitude do sinal analítico destaca uma anomalia magnética com valor aproximado de $0,15$ nT/km (Fig. 8). Em termos geológicos, B5 representa o conjunto de rochas vulcânicas ácidas e básicas, depositado na Bacia Jaibaras de idade cambriana, cujas rochas são representadas por andesitos, basaltos, riolitos, gabros, diabásios e dacitos da Formação Parapuí (Nascimento & Gorayeb, 2004). A Bacia Jaibaras é uma bacia do tipo *graben*, com o eixo maior de direção NE-SW e cujos limites são definidos pelas zonas de cisalhamento Café-Ipueiras e Sobral-Pedro II (Oliveira, 2000).

B6 é um bloco crustal inferido sob os segmentos crustais B4 e B5, cuja densidade estimada é de $2,9$ g/cm³. A anomalia gravimétrica positiva observada na região que engloba tanto B4 como B5 pode ser atribuída a B6, indicando a presença de rocha com densidade elevada, como por exemplo, as rochas

granulíticas pertencentes ao embasamento paleoproterozoico do Complexo Granja.

Domínio Ceará Central – DCC

Quatro segmentos da crosta puderam ser definidos no DCC (B7, B8, B9 e B10 – Fig. 8). Os segmentos crustais B7 e B8 mostram anomalias gravimétricas com valores mínimos variando de $-9,5$ a $2,7$ mGal. A modelagem geofísica apresenta melhor ajuste das anomalias observadas e calculadas para o segmento B7 com densidade em torno de $2,67$ g/cm³ e espessura de 7 km. Esta fonte gravimétrica estaria tectonicamente inserida no segmento crustal B8, que, por sua vez, foi modelado com densidade média de $2,68$ g/cm³ e espessura máxima de 6 km (Fig. 8). O bloco crustal B7, relativamente menos denso, representa a associação de rochas graníticas-migmatíticas neoproterozoicas do Arco Magmático de Santa Quitéria (Fetter, 1999; Fetter et al., 2003). O bloco crustal B8, por sua vez, está associado com a ocorrência de rochas supracrustais metamorfisadas (paragnaisses, quartzitos, metacalcários e rochas cálcio-silicáticas) do Grupo Ceará, dispostas em sistema tectônico de *nappes*, com transporte tectônico tanto para noroeste como para sudeste da associação granito-migmatito (Caby & Arthaud, 1986; Castro et al., 2004; Arthaud et al., 2008). Em ambos os flancos do Arco Santa Quitéria, Castro (2005) e Santos et al. (2009) descrevem pequenos corpos de rochas máficas e ultramáficas metamorfisadas que ocorrem na forma de lentes e guardam texturas e mineralogia reliquias de fácies eclogito. A presença destes corpos pode ser responsável pela densidade discretamente mais elevada nesta porção NW do DCC.

O perfil gravimétrico mostra um aumento da anomalia Bouguer residual em direção ao limite sudeste do DCC, atingindo valores em torno de $9,0$ mGal na região de Choró, próxima à ZCSP (Fig. 8). Nesse trecho, a crosta superior foi subdividida nos blocos crustais B9 e B10. O segmento crustal B9 permite bom ajuste na modelagem gravimétrica para densidade média de $2,7$ g/cm³ e espessura máxima de $7,0$ km. O segmento B9 estaria associado à ocorrência de rochas gnáissico-migmatíticas e quartzo dioritos de idade paleoproterozoica, denominada de Suíte Madalena, e granitoides neoproterozoicos (Castro et al., 2004; Castro, 2005; Arthaud et al., 2008). B10 é um segmento crustal pouco extenso, com densidade elevada estimada em $2,9$ g/cm³ e espessura de até 700 m. Na curva de amplitude do sinal analítico, são observadas duas anomalias magnéticas positivas, com valores de $0,06$ a $0,12$ nT/km, entorno do segmento crustal B10 (Fig. 8A). A geologia local é caracterizada por rochas anfíbolíticas, metultramáficas e formações ferríferas da unidade Algodões-Choró

(Arthaud et al., 2008). Esse segmento crustal é ainda marcado por foliação de baixo ângulo, sugerindo que o B10 é uma unidade alóctone que provavelmente representa uma lasca tectônica de idade paleoproterozoica.

Domínio Rio Grande do Norte – DRGN

No DRGN foram modelados seis segmentos crustais (B11, B12, B13, B14, B15 e B16 – Fig. 8). O segmento crustal B11 caracteriza-se por mínimo gravimétrico com 60 km de comprimento de onda, com valores entre $-7,3$ e 11 mGal, seguido por anomalias positivas de curto comprimento de onda. O procedimento de modelagem obteve excelente ajuste para as anomalias observadas e calculadas para uma fonte gravimétrica com densidade média estimada de $2,7$ g/cm³ e espessura média de $6,0$ km. Com respeito ao contexto geológico, B11 está relacionado a uma associação de rochas gnáissico-migmatíticas dos complexos Acopiara e Jaguaratama.

Em meio a esse segmento crustal (B11 – Fig. 8), destacam-se máximos gravimétricos de $5,0$ a $13,5$ mGal, além de uma série de picos de amplitude do sinal analítico, com valores máximos de até $0,14$ nT/km. Os picos anômalos são representados por quatro segmentos crustais (B12 – Fig. 8) com forma verticalmente alongada, densidades elevadas ($2,9$ g/cm³) e espessura máxima de $9,0$ km. Nessa região e mais para oeste, são registrados vestígios de rochas vulcânicas e sedimentares do tipo rifte, pertencentes à Faixa Orós-Jaguaribe (Arthaud et al., 2008). Tais segmentos crustais representariam a ocorrência de diques de rochas básicas. Outra atividade magmática que afeta esta região está relacionada a diques de basaltos toleíticos mesozoicos de direção E-W, que ocorrem na região de Iracema no estado do Ceará, e Itaú no Rio Grande do Norte. Esses corpos magmáticos compõem o enxame de diques do Rio Ceará-Mirim (Oliveira & Martins, 1992), de direção E-W e posicionados desde a região costeira a norte de Natal no Rio Grande do Norte até a proximidade do Rio Jaguaribe no Ceará.

Ainda no DRGN, entre Martins e Brejo do Cruz (Fig. 8), destacam-se decréscimos locais significativos nos valores das anomalias gravimétricas residuais, de $7,9$ mGal, em Martins, para o mínimo relativo de $-17,2$ mGal, a noroeste de Brejo do Cruz. Nessa região com grande concentração de anomalias gravimétricas de curto a médio comprimento de onda e com picos de amplitude do sinal analítico da ordem de $0,05$ a $0,09$ nT/km, foram modelados dois segmentos crustais, ambos denominados de B13, alongados em profundidade e com densidades estimadas em $2,6$ e $2,55$ g/cm³. Esses segmentos crustais representariam as zonas de cisalhamento Portalegre e a outra sem denominação formal na região de Brejo do Cruz.

Na região sudeste de B13, três segmentos crustais B14, B15 e B16 foram modelados com densidade média estimada em $2,72$ g/cm³, $2,65$ g/cm³ e $2,68$ g/cm³, respectivamente (Fig. 8). Amplitudes do sinal analítico da ordem de $0,14$ a $0,2$ nT/km são também observadas nessa região. O mapeamento geológico de superfície (Bizzi et al., 2003) mostra a ocorrência de ampla variedade de unidades litotectônicas nesse trecho do perfil. Com base nos litotipos aflorantes, é possível correlacionar o segmento crustal B14 com as rochas gnáissico-migmatíticas (Complexo Caicó), B15 com as suítes intrusivas (Poço da Cruz) e B16 com o conjunto de rochas supracrustais metamorfisadas (Formação Seridó) e suítes intrusivas. As espessuras estimadas destes segmentos são iguais a $7,0$, $3,8$ e $5,0$ km, respectivamente.

Domínio da Zona Transversal – DZT

O DZT foi subdividido em três segmentos crustais (B17, B18 e B19 – Fig. 8). A sudeste da Zona de Cisalhamento Patos, as anomalias gravimétricas residuais variam entre $-0,8$ e $5,7$ mGal, no segmento B17, apresentando aumento da anomalia Bouguer residual para $14,7$ mGal no segmento B18, na região de Cabaceiras. Já na região de Alcantil (B19), observa-se diminuição significativa para $-9,8$ mGal (Fig. 8).

Para o segmento crustal B18, associado à anomalia positiva, foi utilizada densidade de $2,76$ g/cm³ e a espessura estimada em torno de 10 km. Em termos geológicos, B18 está provavelmente relacionado com a ocorrência de unidades litológicas com elevada densidade, como rochas metamáficas, formações ferríferas, granulitos do Complexo Sumé e/ou rochas metaplutônicas do núcleo arqueano, denominado Complexo Cabaceiras (Brito Neves et al., 2001). Segmentos crustais adjacentes (B17 e B19 – Fig. 8) tiveram suas densidades médias estimadas em $2,7$ e $2,65$ g/cm³ e espessuras em torno de $7,0$ km. Esses segmentos crustais menos densos representam um conjunto de rochas supracrustais metamorfisadas (complexos São Caetano, Vertentes, Surubim, Sertânia) e metaplutônicas com ampla variação composicional (Suíte intrusiva Riacho do Forno, complexos Serra do Jabitacá e Salgadinho) de idades mesoproterozoicas a paleoproterozoicas (Santos, 1995; Santos & Medeiros, 1997; Neves et al., 2008).

Zonas de Cisalhamentos

Na região da Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II (ZCSPII) observa-se contraste expressivo das anomalias gravimétricas de aproximadamente 14 mGal no DMC e -2 mGal no DCC (Fig. 8). Na mesma região o sinal analítico magnético mostra

pico anômalo com valor de aproximadamente 0,15 nT/km. Na região da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP) foi observado contraste significativo da anomalia gravimétrica residual entre o DCC com valores em torno de 6,0 mGal e o DRGN com valores de -4,0 mGal. Também se observam amplitudes do sinal analítico que variam de 0,07 nT/km no DCC para 0,03 nT/km no DRGN.

Por outro lado, no limite entre DRGN e DZT, onde ocorrem as zonas de cisalhamento Picuí-João Câmara (ZCPJC) e Patos (ZCPatos) (Fig. 1), não foram observadas variações significativas nos valores das anomalias gravimétricas residuais (Fig. 8). Todavia, uma descontinuidade lateral da assinatura gravimétrica da ordem de 4,0 mGal ocorre na região limítrofe entre os dois domínios tectônicos DRGN e DZT. Na curva do sinal analítico (Fig. 8A), os valores de amplitude variam de apenas 0,07 nT/km, no DRGN, para 0,02 nT/km, no DZT.

CONCLUSÕES

A realização do levantamento gravimétrico com o acompanhamento de todo o processo de aquisição, processamento e análise dos dados permitiu estabelecer relação de confiabilidade quanto aos dados gravimétricos levantados. Os dados gravimétricos obtidos no projeto são considerados de boa qualidade devido à robustez e estabilidade do gravímetro LaCoste & Romberg e da precisão milimétrica dos dados planialtimétricos, adquiridos com sistema de posicionamento por satélite diferencial (DGPS). Com o intuito de aferir a qualidade das medidas gravimétricas e avaliar a real contribuição deste levantamento à assinatura gravimétrica da porção setentrional da Província Borborema ao longo de perfil geofísico, foram realizadas análises estatísticas comparativas com bancos de dados geofísicos pretéritos. Nesta avaliação foram identificadas áreas que necessitam de maior atenção no momento da interpretação criteriosa da resposta gravimétrica dos domínios tectônicos da província. As regiões de Sobral, Martins e entre Cabaceiras e Alcantil mostraram variações significativas quanto aos valores das anomalias Bouguer e residual entre os diferentes conjuntos de dados gravimétricos analisados. Os principais fatores responsáveis por essas variações podem ser atribuídos principalmente ao detalhamento do levantamento gravimétrico ao longo da transecta em locais com ausência de estações gravimétricas no banco de dados pretérito.

O modelo geológico interpretativo da seção transversal da porção setentrional da Província Borborema resultou da integração dos modelos gravimétricos 2,5D das anomalias gravi-

métricas regionais e residuais. Para a interpretação quantitativa das anomalias gravimétricas residuais de alta frequência, foram propostas 19 fontes gravimétricas, representativas dos diversos segmentos tectonoestruturais da crosta superior.

Neste sentido, uma série de anomalias residuais positivas foi modelada como associação de litotipos com densidade relativamente mais alta (núcleos arqueanos, rochas máficas e ultramáficas paleoproterozoicas a neoproterozoicas, e diques básicos mesozoicos), contrastando com associações litológicas menos densas (rochas supracrustais paleoproterozoicas a neoproterozoicas e granitoides), seccionadas por zonas de cisalhamento e falhas. As principais unidades litotectônicas da Província Borborema associadas às anomalias gravimétricas residuais positivas são: 1) Suíte Intrusiva Meruoca e Formação Parapuí da Bacia Jaibaras no Domínio Médio Coreaú. A primeira unidade é composta por rochas intrusivas alcalinas a subalcalinas, e a segunda é constituída basicamente por rochas vulcânicas ácidas e básicas; 2) Unidade Algodões-Choró no Domínio Ceará Central constituída por rochas anfíbolíticas, metaltramáficas e formações ferríferas; 3) Diques máficos mesozoicos localizados entre Nova Jaguaribara e Martins, no Domínio Rio Grande do Norte; e 4) Embasamento arqueano do Complexo Cabaceiras é formado por ortognaisses com porções anfíbolíticas.

Ao longo do perfil geofísico, os máximos e mínimos mais expressivos da componente residual da anomalia Bouguer também apresentam boa correlação com a localização das principais zonas de cisalhamento e falhas na Província Borborema. Dentre as principais feições estruturais, destacam-se: 1) Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, localizada entre os domínios Médio Coreaú e Ceará Central; 2) Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, entre os domínios Ceará Central e Rio Grande do Norte; 3) Zona de Cisalhamento de direção E-W e NE-SW (sem denominação formal), localizada entre Martins e Brejo do Cruz, no Domínio Rio Grande do Norte, próxima à Zona de Cisalhamento Portalegre; e 4) Zona de Cisalhamento Coxixola, na porção central do Domínio da Zona Transversal.

Por outro lado, as evidências da estruturação tectônica de idade pré-cambriana associada à orogenia Brasileira/Pan-Africana, como as zonas de cisalhamento Sobral-Pedro II, Senador Pompeu e Patos que limitam os domínios tectônicos (DMC, DCC, DRGN, DZT) na Província Borborema, são relativamente claras nos níveis crustais mais profundos. A modelagem gravimétrica das anomalias regionais revela espessamento crustal próximo à Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II (ZCSP II), com o limite da interface crosta-manto a 32 km de profundidade. Tal espessamento crustal seria resultado da colisão continental

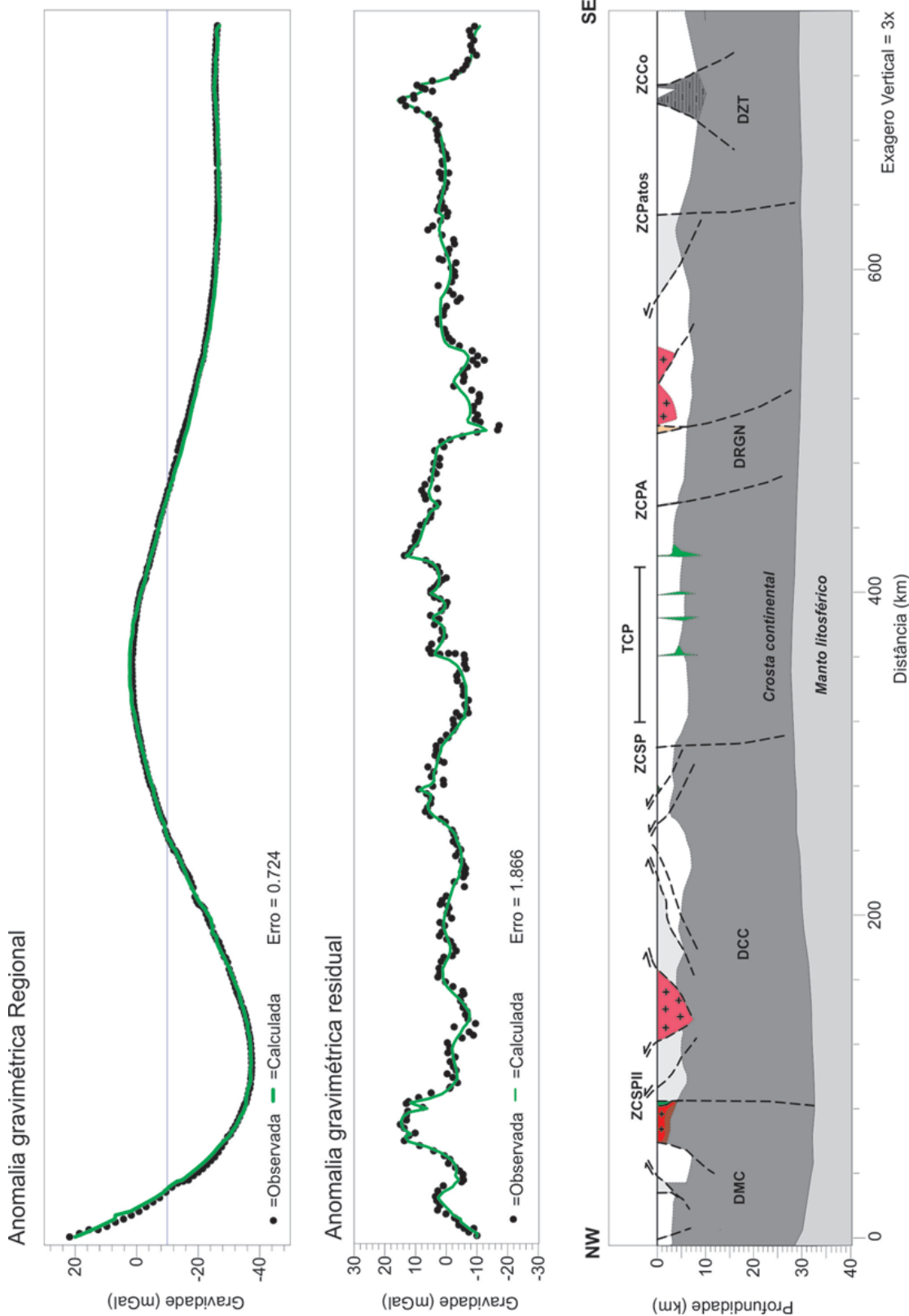


Figura 9 – Modelo geológico interpretativo ao longo da seção transversal na Província Borborema, obtido com base em modelagem gravimétrica 2.5D. Domínios Tectônicos: Médio Coreaú (DMC); Ceará Central (DCC); Rio Grande do Norte (DRGN); e Zona Transversal (ZCSP); Portalegre (ZCPA); Patos (ZCPatos); e Coxixola (ZCCo). *Trend* Cairiri-Poitiguar (TCP).

dos domínios tectônicos Médio Coreaú (DMC) e Ceará Central (DCC) durante a orogenia Brasileira/Pan-Africana, como parte da formação do Supercontinente Gondwana Ocidental. Soares et al. (2009) apresenta um modelo litosférico preliminar para a Província Borborema, obtido através de dados de refração sísmica profunda. Em concordância com a assinatura gravimétrica regional, o modelo sísmico 1D sugere uma correlação mais estreita entre o espessamento crustal no DCC, entre Sobral e Itatira, a SE da ZCSPII (Figs. 7 a 9), com o Arco Magmático de Santa Quitéria. Segundo Santos (1999), seu alojamento crustal deu-se por subducção, na placa cavalgante representada pelo DCC com o DMC, em ambiente tectônico de margem ativa.

Outra variação importante no relevo da interface crosta-manto ocorre no DRGN, a leste da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP). A espessura da crosta, obtida no modelo gravimétrico final, diminui de 32 km para 28 km na região que concentra as bacias rifte (Potiguar, Araripe, Rio do Peixe, Iguatu, Icó, entre outras) na porção setentrional da Província Borborema. Essa zona de estiramento crustal compreende o eixo principal do *Trend* Cariri-Potiguar (TCP), cuja atividade tectônica foi mais intensa no início do Cretáceo. Neste caso, as bacias cretáceas do tipo *graben* e *pull-apart* foram formadas ao longo de *trends* estruturais pretéritos, associados a extensas falhas e zonas de cisalhamento pré-cambrianas. A reativação dessas estruturas tectônicas pré-cambrianas está associada à ruptura do Supercontinente Gondwana Ocidental, com o aumento do estiramento litosférico nos períodos Neocomiano e Albiano. O afinamento da crosta nesta região, observado na assinatura gravimétrica regional, sugere que os esforços extensionais foram predominantemente de direção principal NW-SE. O aumento nos valores da anomalia gravimétrica regional no limite noroeste do perfil tem sido interpretado como resultado da elevação do manto de 32 km para 28 km de profundidade na margem continental passiva do Nordeste Setentrional. A configuração atual da interface crosta-manto da Província Borborema seria, portanto, o resultado da ruptura dos continentes Sul-Americano e Africano no Mesozoico, na qual boa parte dos vestígios das estruturas tectônicas de grandes profundidades formadas durante a orogenia Brasileira/Pan-Africana foi parcialmente obliterada por esse último episódio geotectônico, responsável pela fragmentação do Gondwana Ocidental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto de Pesquisa “Estudos geofísicos e tectônicos na Província Borborema” (Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/MCT) e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico (FUNCAP/CNPq) pelo suporte financeiro desta pesquisa. L.S. Osako foi bolsista DCR (FUNCAP/CNPq), D.L. de Castro e R.A. Fuck são bolsistas PQ (CNPq) e J.P.A. Pitombeira foi bolsista IC (PIBIC – UFC/CNPq). Agradecemos também ao Prof. Nelsi Côgo de Sá (IAG/USP) e à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) pela cessão de parte dos dados gravimétricos da Província Borborema, utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FFM, HASUI Y, BRITO NEVES BB & FUCK RA. 1981. Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth Science Review*, 17: 1–29.
- ARTHAUD MH, CABY R, FUCK RA, DANTAS EL & PARENTE CV. 2008. Geology of the northern Borborema Province, NE Brazil and its correlation with Nigeria, NW Africa. In: PANKHURST RJ, TROUW RAJ, BRITO NEVES BB, WIT MJ (Eds.). *West Gondwana. Pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic region*. The Geological Society of London. Special Publication, 294: 49–68.
- BIZZI LA, SCHOBENHAUS C, VIDOTTI RM & GONÇALVES JH. 2003. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Mapa Geológico 1:2.500.000. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 692 p.
- BRITO NEVES BB, SANTOS EJ & VAN SCHMUS WR. 2000. Tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI G, MILANI EJ, THOMAZ FILHO AT & CAMPOS DA. (Eds.). *Tectonic evolution of South America*. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, p. 151–182.
- BRITO NEVES BB, CAMPOS NETO MC, VAN SCHMUS WR, FERNANDES TMG & SOUZA SL. 2001. O terreno Alto-Moxotó no leste da Paraíba (“Maciço Caldas Brandão”). *Revista Brasileira de Geociências*, 31(2): 185–194.
- BRITO NEVES BB, PASSARELLI CR, BASEI MAS & SANTOS EJ. 2003. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. *Geologia USP. Série Científica*, 3: 25–38.
- CABY R & ARTHAUD MH. 1986. Major Precambrian nappes of the Brazilian Belt, Ceará, Northeast Brazil. *Geology*, 14: 871–874.
- CASTRO NA. 2005. Evolução geológica Proterozóica da região entre Madalena e Tapera, Domínio Tectônico Ceará Central (Província Borborema). Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 221 p.
- CASTRO NA, BASEI MAS & CAMPOS NETO MC. 2004. Geocronologia e evolução tectônica proterozóica do Domínio Ceará Central (Região entre Madalena e Tapera, Província Borborema, NE do Brasil). In: *Simp. 40 anos de Geocronologia no Brasil*, São Paulo, IG-USP, Boletim de Resumos, 74.
- CAVALCANTE JC, VASCONCELOS AM, MEDEIROS MDF & PAIVA IG. 2003. Mapa Geológico do Estado do Ceará, Escala 1:500.000. In:

- VASCONCELOS AM & GOMES FEM (Coord.). Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará, SIG, Fortaleza.
- DANTAS EL. 1997. Geocronologia U/Pb e Sm/Nd de terrenos Arqueanos e Paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE Brasil. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, 201 p.
- DANTAS EL, HACKSPACHER PC, VAN SCHMUS WR & BRITO NEVES BB. 1998. Archean accretion in the São José do Campestre massif, Borborema Province, northeast Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2): 221–228.
- DE CASTRO DL & MEDEIROS WE. 1997. Afinamento crustal associado à implantação das bacias intracratônicas do *Trend* Cariri-Potiguar. In: XVII Simp. Geol. Nordeste, Fortaleza, Resumos Expandidos, 334–338.
- DE CASTRO DL, MEDEIROS WE, JARDIM DE SÁ EF & MOREIRA JAM. 1998. Mapa Gravimétrico do Nordeste Setentrional do Brasil e Margem Continental Adjacente: Interpretação com base na hipótese de isostasia. *Revista Brasileira de Geofísica*, 16(2-3): 115–131.
- DE CASTRO DL, OLIVEIRA DC & CASTELO BRANCO RMG. 2007. On the tectonics of the Neocomian Rio do Peixe rift basin, NE Brazil: Lessons from gravity, magnetics and radiometric data. *Journal of South American Earth Sciences*, 24: 184–202.
- DOBRIN MB & SAVIT CH. 1988. *Introduction to Geophysical Prospecting*. McGraw-Hill Book Co., New York, 867 p.
- FETTER AH. 1999. Geochronological evolution of the Ceará State-Borborema Province – Northeast Brazil. Ph.D. Thesis, University of Kansas, Lawrence, Kansas, 150 p.
- FETTER AH, SANTOS TJS, VAN SCHMUS WR, HACKSPACHER PC, BRITO NEVES BB, ARTHAUD MH, NOGUEIRA NETO JA, WERNICK E. 2003. Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, 6(2): 265–273.
- GUNN PJ, MAIDMENT D & MILLIGAN PR. 1997. Interpreting aeromagnetic data in areas of limited outcrop. *AGSO J. Aust. Geol. Geophys.*, 17(2): 175–186.
- HACKSPACHER PC, VAN SCHMUS WR & DANTAS EL. 1990. Um embasamento transamazônico na Província Borborema. In: 36º Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, 1990. *Anais...*, 6: 2683–2696.
- HORSFALL KR. 1997. Airborne magnetic and gamma-ray data acquisition. *AGSO J. Aust. Geol. Geophys.*, 17(2): 23–30.
- IAEA. International Atomic Energy Agency. 1991. *Airborne Gamma Ray Spectrometer Surveying*. Technical Reports Series, Viena, 323, 97 p.
- JARDIM DE SÁ EF. 1994. A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana. Tese de Doutorado, UnB-Brasília, 804 p.
- LONGMAN IM. 1959. Formulas for Computing the Tidal Acceleration Due to the Moon and the Sun. *J. Geophys. Res.*, 64: 2351–2355.
- MacLOUD IN & DOBUSH TM. 2000. *Geophysics – More than numbers, process and presentation of geophysical data*. Oasis Montaj v.5.0. Technical notes, 12 p.
- MATOS RMD. 1992. The Northeast Brazilian Rift System. *Tectonics*, 11(4): 766–791.
- NASCIMENTO RS & GORAYEB PSS. 2004. Basaltos da Suíte Parapuí, Gráben Jaibas, Noroeste do Ceará: caracterização, petrografia, geoquímica e química mineral. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(4): 459–468.
- NEVES SP, BRUGUIER O, BOSCH D, SILVA JMR & MARIANO G. 2008. U-Pb ages of plutonic and metaplutonic rocks in southern Borborema Province (NE Brazil): timing of Brasiliano deformation and magmatism. *Journal of South American Earth Sciences*, 25: 285–297.
- NGA. 2004. *GM-SYS – Gravity/Magnetic Modeling Software: User's Guide version 4.9*. Corvallis, Northwest Geophysical Associate, 101 pp.
- NOGUEIRA NETO JA, FETTER AH, SANTOS TJS & VAN SCHMUS WR. 1997. Evolução P-T-t da Faixa Granulítica de Granja (NW do Ceará). In: 6º Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Pirenópolis. *Boletim de Resumos...*, 97–100.
- OASIS MONTAJ. 2009. *Mapping and Processing System: User's Guide version 7.1*. Geosoft Inc., 325 pp.
- OLIVEIRA DC. 2000. Stratigraphic interplays between igneous and sedimentary events in the Early Palaeozoic Jaibas trough (Northeast Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3): 427–431.
- OLIVEIRA RG. 2008. Arcabouço geofísico, isostasia e causas do magmatismo Cenozóico da Província Borborema e de sua margem continental (Nordeste do Brasil). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 411 p.
- OLIVEIRA DC & MARTINS G. 1992. O enxame de Diques Rio Ceará-Mirim (EDCM) no contexto da abertura do Oceano Atlântico. *Revista de Geologia (UFC)*, 5: 51–78.
- SANTOS EJ. 1995. O Complexo Granítico Lagoa das Pedras: Acresção e colisão na região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 219 p.
- SANTOS TJS. 1999. Evolução Tectônica e Geocronológica do Noroeste da Província Borborema. Tese de Doutorado em Geologia Regional, UNESP, 219 p.
- SANTOS EJ & MEDEIROS VC. 1997. Constraints from granitic plutonism on proterozoic crustal growth of the Zona Transversal Domain, Borborema Province, NE Brazil. In: Intern. Symp. on Granites and Associated Mineralization, 2. Salvador, Extended Abstracts. p. 237–239.

- SANTOS TJS, FETTER AH, HACKSPACHER PC, VAN SCHMUS WR, NOGUEIRA NETO JA. 2008. Neoproterozoic tectonic and magmatic episodes in the NW sector of Borborema Province, NE Brazil, during assembly of Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 25(3): 271–284.
- SANTOS TJS, GARCIA MGM, AMARAL WS, CABY R, WERNICK E, ARTHAUD MH, DANTAS EL & SANTOS HM. 2009. Relics of eclogite facies assemblages in the Ceará Central Domain, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, 15(3-4): 454–470.
- SHARMA PV. 1997. *Environmental and engineering geophysics*. Cambridge University Press, 475 p.
- SIAL AN, FIGUEIREDO MCH & LONG LE. 1981. Rare-earth element geochemistry of the Meruoca and Mucambo plutons, Ceará, Northeast Brazil. *Chemical Geology*, 31: 271–283.
- SOARES JEP, FUCK RA, MEJIA NIM, TAVARES EJ, SCHMIDT K, MONTEIRO LR, OLIVEIRA MC & GUIMARÃES VOM. 2009. Características sísmicas da litosfera do estado do Ceará: resultados preliminares de experimento de refração sísmica profunda. In: 23^o Simpósio de Geologia do Nordeste, Fortaleza. Anais..., Resumos. v. 1.
- TALWANI M & HEIRTZLER JR. 1964. Computation of gravity anomalies caused by two dimensional structures of arbitrary shapes. *Geological Sciences*, 1(9): 464–480.
- TALWANI M, WORZEL JL & LANDISMAN M. 1959. Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with the application to the Mendocino submarine fracture zone. *Journal of Geophysics Research*, 64: 49–59.
- TELFORD WM, GELDART LP, SHERIFF RE & KEYS DA. 1998. *Applied Geophysics*. 5 ed., Cambridge University Press, 860 p.
- VAN SCHMUS WR, BRITO NEVES BB, HACKSPACHER P & BABINSKI M. 1995. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. *J. South Am. Earth Sci.*, 8(3/4): 267–288.
- VAN SCHMUS WR, BRITO NEVES BB, HACKSPACHER P, FETTER AH, KOZUCH M, DANTAS EL & BABINSKI M. 1998. The Borborema Province: a collage of polycyclic crustal domains in NE Brazil. In: *International Conf. Basement Tectonic*, 14, Ouro Preto, Extended Abstracts, p. 80–83.
- VAN SCHMUS WR, BRITO NEVES BB, WILLIAMS IS, HACKSPACHER P, FETTER AH, DANTAS EL & BABINSKI M. 2003. The Seridó Group of NE Brazil, a late neoproterozoic pre- to syn-collisional basin in West Gondwana: insights from SHRIMP U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd crustal residence (T_{DM}) ages. *Precambrian Research*, 127: 287–327.
- WON IJ & BEVIS M. 1987. Computing the gravitational and magnetic anomalies due to a polygon. *Algorithms and Fortran subroutines. Geophysics*, 52: 232–238.

NOTAS SOBRE OS AUTORES

Liliana Sayuri Osako é geóloga formada pela Universidade de São Paulo, mestre em Metalogênese pela Unicamp em 1999 e doutora em Evolução Crustal e Litogeoquímica pela UFPE em 2005. Desenvolveu o presente projeto através da bolsa de pesquisa de Desenvolvimento Científico Tecnológico Regional pela FUNCAP/CNPq no Departamento de Geologia da UFC. Atualmente é servidora pública do Ministério do Meio Ambiente. Áreas de interesse: cartografia geológica, aerogeofísica, sensoriamento remoto e SIG.

David Lopes de Castro é geólogo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e concluiu o doutorado em Geofísica Marinha na Universität Christian-Albrechts – Kiel (Alemanha) em 1995. Atua na área de Geociências, com ênfase em Geofísica Aplicada à cartografia geofísica regional e ao estudo de bacias sedimentares, hidrogeologia e meio ambiente. Atualmente, é Professor Associado do Departamento de Geologia da UFRN e membro da Sociedade Brasileira de Geofísica e da Sociedade Brasileira de Geologia.

Reinhardt Adolfo Fuck possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1963), doutorado em Geologia pela Universidade de São Paulo (1972) e pós-doutorado pela University of Durham (1975). Atualmente é Professor Titular da Universidade de Brasília, membro de corpo editorial dos periódicos indexados *Revista Brasileira de Geociências*, *Journal of South American Earth Sciences*, *Precambrian Research*, *Gondwana Research*, *Revista Pesquisas em Geociências (Online)*, *Geociências (São Paulo)*, *Revista de Geologia (Fortaleza)* e *Journal of the Virtual Explorer (Online)*. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Cretáceo, magmatismo alcalino, Petrografia, Litogeoquímica.

Neivaldo Araújo de Castro é geólogo pela Universidade Federal do Paraná, mestre em Metalogênese pela Unicamp (1997) e doutor em Geociências pela USP (2005). Áreas de interesse e atuação: cartografia geológica, aerogeofísica, sensoriamento remoto, SIG, exploração mineral, geocronologia e evolução tectônica.

João Paulo Araújo Pitombeira é geólogo pela Universidade Federal do Ceará. Foi bolsista PIBIC/CNPq.