



Interpretação das Assinaturas Geofísicas Relacionadas a Estrutura da Bacia de Cococi e Mineralizações de Barita - SW do CE

Francisco Fernando Barros dos SANTOS FILHO¹, Christiano MAGINI²,
Raimundo Mariano Gomes CASTELO BRANCO³

Resumo: Este trabalho apresenta os resultados da integração de estudos geofísicos e geológicos realizados na Bacia Sedimentar do Cococi, localizada no sudeste Estado do Ceará, município de Parambu. As integrações de informações geológicas com os dados geofísicos (gamaespectrometria, gravimetria e magnetometria) foram empreendidas com objetivo de compreender a arquitetura estrutural da bacia. A relação tectono-magmático e a formação da Bacia foram baseadas nos lineamentos magnéticos, geometria e profundidade da fonte e a separação de domínios magnéticos, e com essas informações foi realizada uma modelagem gravimétrica 2D. Estes resultados mostram que a bacia é caracterizada por dois semigrabens assimétricos orientados no sentido W-E, controlados por falhas normais e intrusões de granitos tardi a pós-tectônicos, e estão relacionados com as ocorrências de barita e que a evolução tectônica e magmática da Bacia do Cococi mostrando que a sua formação está ligada a reativações das zonas de cisalhamento Tauá e Senador Pompeu.

Palavras Chaves: Mapeamento Geofísico, Métodos Potenciais e Bacia do Cococi.

Abstract: *This paper present result of integration study of geophysical data and geologic was undertaken in Cococi Basin, in the southwest of Ceará, Parambu city. The integrated of information geological with geophysical data (gammaespectrometry, gravimetric and magnetometry) was undertake in order to understand structural architecture of Cococi basin. The tectono-magmatic relationship and basin formation based in magnetic lineaments, geometric and depth sources and separation in magnetic domains and with this information a 2D gravity model was generated. This results shows why basin characterized by asymmetries semigraben W-E trending, controlled by normal faults and granitic intrusions syn-to late Brasiliano, and are related with baryta occurrence and tectonic and magmatic evolution of the Cococi basin showing that its formation is related reactivations Tauá and Senador Pompeu shear zones.*

Keywords: *Geophysical mapping, Potential Field methods and Cococi Basin.*

¹ Programa de Pós-graduação em Geologia - Universidade Federal do Ceará

² Departamento de Geologia - Universidade Federal do Ceará

³ Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto - Universidade Federal do Ceará

Autor para correspondência: Francisco Fernando Barros dos Santos Filho

Programa de Pós-Graduação em Geologia – Universidade Federal do Ceará – Av. Humberto Monte, s/n, Campus do Pici,, bloco 912 – Fortaleza – CE. E-mail: franciscofernandob@gmail.com

Recebido em 16 de Junho de 2015 / Aceito em 19 de Janeiro de 2016.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos geológicos na porção circunscrita da Bacia do Cococi (BC), município de Parambu, vem aumentando nos últimos anos devido a potencialidade metalogenética para o cobre e não metálicos. Muitos desses estudos estão relacionados a mapeamento geológico, bem como caracterização geocronológica. As rochas expostas da região evidenciam episódios de tectônismos, sedimentação, magmatismo, metamorfismo, eventos ocorridos no Paleozoico e Proterozoico.

A BC é classificada como molássica transtensiva, de idade eo-paleozóica do tipo rifte e pull-apart, sendo controlada por reativações tardias das transcorrências, relacionadas ao colapso do orógeno brasileiro. Sua abertura ocorreu com o fim da convergência das zonas de cisalhamento Tauá e Senador Pompeu, passando para um sistema transtrativo (extensional) formando inúmeras sinécises, dentre elas a bacia em questão (Parente *et al.*, 2004). Além disso possuem litotipos afetados por hidrotermalismo juntamente com ocorrências de óxidos, comportamento semelhantes a de bacia inseridas no mesmo contexto geológico, como Jaibaras.

O objetivo deste trabalho é caracterização estrutural do rifte Cococi baseado nos dados gravimétricos, magnéticos e gamaespectrométricos. As informações geológicas em conjunto com as geofísicas integram-se para montar a evolução tectônica da região e para determinar a relação estrutural entre os processos que geraram a bacia e o processo de formação de barita.

2. SÍNTESE GEOLÓGICA

A área de estudo está localizada na porção oeste da Província Borborema

(PB). Esta província constitui a porção mais ocidental de uma unidade tectônica maior encontrada entre os crátons Oeste-Africano, Amazônico e São Francisco-Congo e prolongando-se por baixo da Bacia do Parnaíba. A origem da PB está relacionada com a junção de núcleos cratônicos Amazoniano, São Luiz-África Oeste e São Francisco-Congo, envolvidos em múltiplas e sucessivas colições edificadas em conjunto tectônico, durante a formação do Gondwana no Neoproterozoico (660 Ma), durante a principal fase orogênica do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano (Brito Neves & Cordani, 1991; Brito Neves *et al.*, 1995). A evolução da PB foi marcada por eventos tectonotermiais no Arqueano (3,4 a 3,2 Ga), no Paleoproterozoico (2,4 a 2,3 Ga) e no início do Neoproterozoico (1,0 a 0,95 Ga) (Brito Neves *et al.*, 1995; Van Shumus *et al.*, 2008).

Santos & Brito Neves (1984) propuseram dividir a PB em três sub-provínias limitadas por mega zonas de cisalhamento, são: Setentrional, Zonas Transversal e Meridional, posteriormente Brito Neves *et al.* (2000) caracterizou cinco domínios tectônicos, baseado em patrimônio litoestratigráfico, feições estruturais, dados geocronológicos e assinatura geofísicas. As subprovínias da zona setentrional são: Domínio Médio Coreau (DMC), Domínio Ceará Central (DCC), Domínio Rio Grande do Norte (DRGN), Domínio Central (DC) e Domínio Sul (DS). A Bacia do Cococi está inserida na porção meridional do DCC, delimitada pelas zonas de cisalhamento Tauá (ZCT) e Senador Pompeu (ZCSP), onde são encontrados tratos ocupados por sedimentos molássicos, marcando o final do Ciclo Brasileiro e cronocorrelatos ao Grupo Jaibaras, Neoproterozóico - Eopaleozóico (Cavalcante, 1999).

Segundo Gomes *et al.* (2000) o rifte Cococi possui idade eocambriana, pois as formações apresentam-se anquimetamorfizadas e deformadas em regime frágil, jazendo um semi-graben com sedimentos molássicos depositadas sobre rochas pré-cambrianas de forma discordantes, posteriormente eles são cobertos pelos sedimentos silurianos da Bacia do Parnaíba. A Bacia Cococi é alongada no sentido W-E, possuindo 70 km de comprimento, considerando a porção e 11 km de largura.

As rochas do embasamento da BC são constituídas por litotipos do DCC, (Menezes, 2012), Unidade Canindé e Arneiroz, Suítes Intrusivas Neoproterozoicas e gnaisses tonalito-trondhjemitos-granodioritos, TTG, pertencente a Unidade Mombaça. As ZCT e ZCSP são limítrofes da bacia transtensiva do Cococi com as unidades geológicas pré-cambrianas. A BC é delimitada pelas unidades litoestratigráficas: Complexo Cruzeta a nordeste, a norte está a Unidade Canindé e álcali granito, este também encontra-se ao sul da BC, juntamente com a Unidade Arneiroz e a leste a Bacia do Parnaíba, ilustrado na Figura 1.

O Complexo Cruzeta é caracterizado, na área de estudo, por um núcleo neoarqueano de idade 2.7Ga (Fetter, 1999), baseada nas datações U/Pb zircões em metabásicas ortoderivadas. As rochas geralmente encontram-se migmatizadas, possuem composição granodiorítica, a granítica e quartzo-diorítica com lentes metacalcário e metaultramáfica, associadas a tonalito-trondhjemitos-granodioritos (TTG) (Fetter *et al.*, 2000, Gomes *et al.*, 2000, Martins *et al.*, 2009, Vasconcelos, 1998).

O Grupo Orós, segundo Gomes *et al.*, (2000) possui a sedimentação e vulcanismos ocorridos no início

Mesoproterozoico (1,8 – 1,7 Ga), e sua evolução tecnotermal no Brasiliano, com deformações e metamorfismos. Embora sua idade seja bastante discutida (Cavalcante, 1987; Sá, 1991; Parente *et al.*, 1995; Oliveira & Cavalcante, 1993; e Parente & Arthuard, 1995), o presente trabalho considera a idade U/Pb sugerida por Gomes *et al.*, (2000), de 1.985Ma, obtida em monocristais de zircão. Caracterizado, de acordo com Gomes *et al.*, (2000), por uma sucessão de gnaisses, metavulcânica de composição ácida a básica, e quartzitos, interacamadados por granitos porfíricos, porém na área de estudo este Grupo é coberto, parcialmente, pela formação Jaicós do Grupo Serra Grande.

A Unidade Canindé é representada por metavulcânicas e metassedimentos associados a jazimentos estratóides e granitoides, contendo K-feldspato, e plagioclásio. A sua idade é estimada é 750 a 650 Ma (Arthuard *et al.*, 2007). Alongada na direção NW-SE a Unidade Arneiroz, de acordo Menezes (2012), é composta por muscovita quartzitos e micaxistos podendo haver presença de granada, possui idade Neoproterozoica.

Inicialmente denominado de formação Serra Grande por Small (1913) a qual representava um espesso pacote de arenitos. Porém Carozzi *et al.*, (1975) a elevaram para Grupo Serra Grande, inicialmente, com as formações: Mirador, Ipu, Tianguá e Itaim. Segundo Gomes *et al.*, (2000) este grupo foi redefinido por Góes & Feijó (1994), Caputo & Lima (1984) e Góes *et al.*, (1992) com as seguintes Formações, e que serão adotadas neste trabalho, Ipu, Tianguá e Jaicós, entretanto a única formação presente na área de estudo é a Formação Jaicós, representada por arenitos creme caulínicos, esbranqueçados, granulação média, grossa a conglomeráticas.

Exibe, na parte basal, estratificação cruzada, na parte média, arenitos finos a grossos com intercalações de conglomerados e na superior possui arenitos finos a médios, cremes e, às vezes, avermelhadas, de idade Siluriana (Gomes *et al.*, 2000 e Cavalcante *et al.*, 2003).

Segundo Machado (2006), as Suíte Granitoides brasileiras nos limítrofes do rifte Cococi são caracterizadas por granitos sin a pós tectônicos, cálcio-alcálica a alcalina. Os granitoides são pós-colisionais a orogenia brasileira, com idades de ca. 530 Ma (Fetter, 1999). Possuem a textura porfirítica, com forte tendência alcalina, variando de sienitos a sieno-granitos, e se encontram cortados por diques ácidos e basaltos de idade cretácica (Gomes *et al.* 2000).

A estratigrafia da BC divide-se em duas seqüências, Alfa Inferior (Vendo-Cambriano) representado pela Formação Angico Torto e Formação Cococi e Alfa Superior (Cambro-Ordoviciano) representada pela Formação Melância (Parente *et al.*, 2004).

A seqüência sedimentar foi dividida por Cavalcante *et al.*, (2003) subdividindo-a da base para o topo nas formações: Formação Angico Torto: corresponde à formação basal do Grupo Rio Jucá composta por conglomerados e brechas polimíticas, cujos clastos do arcabouço compreendem granitos, basaltos, gnaisses, milonitos, cristais de feldspatos e quartzo de dimensões que variam de seixo a matacão, sustentada por uma matriz arenítica mal selecionada de cor avermelhada; Formação Cococi: composta de pelitos com estratificação plano-paralela e arenitos de espessura centimétrica e de geometria tabular, com ou sem estratificação plano-paralela; Formação Melancia: Oliveira *et al.* (1974,

segundo Parente *et al.*, 2004), relatam que os ruditos dessa formação têm sua superfície basal marcada por uma discordância erosiva, acima da qual se depositaram conglomerados e brechas sustentadas pelo arcabouço, com predominância de seixos de quartzo e das rochas sedimentares subjacentes, em meio a uma matriz arenosa, no topo podem ocorrer intercalações de arenitos finos, siltitos e em alguns casos como pelíticos. Estas formações estão ilustradas na Figura 2.

A última fase deposicional do rifte Cococi (Parente *et al.*, 2004), aconteceu por volta de 440 Ma, devido a ausência de sedimentos Silurianos. Após isto passa a iniciar-se a sedimentação da Bacia do Parnaíba que por ventura a encobriu.

As ocorrências de barita, segundo Oliveira *et al.* (1974), estão localizadas em veios discordantes das estruturas das rochas encaixantes. Situam-se nas fazendas Canãa, Tabuleiro e Veados, possuem direções 315°Az, 45°Az e 235°Az, respectivamente, todas na forma de veios. As rochas encaixantes são sedimentos do Grupo Rio Jucá. Na fazenda Canãa a barita possui cor branca, translúcida e rósea, ocorrendo cristais entrelaçados tendo como encaixantes argilitos cinza esverdeados, bem laminados, aparentemente com grande espessura, com intercalações arenosas. Na fazenda Veados a barita mostra-se impura de cor arroxeadada, as rochas encaixantes são arenitos impuros, siltosos, avermelhados, acamados e bem litificados. Os arenitos arcoseanos conglomeráticos, quartzo-feldspáticos, possuem cor avermelhada, silicificado, a barita ocorre em cristais tabulares, de cor branca a rósea na fazenda Tabuleiro. Ainda segundo Oliveira *et al.* (1974), estes veios apresentam espessuras variáveis entre 0,8 m a 2,00 m e extensão média aflorante de 50 m.

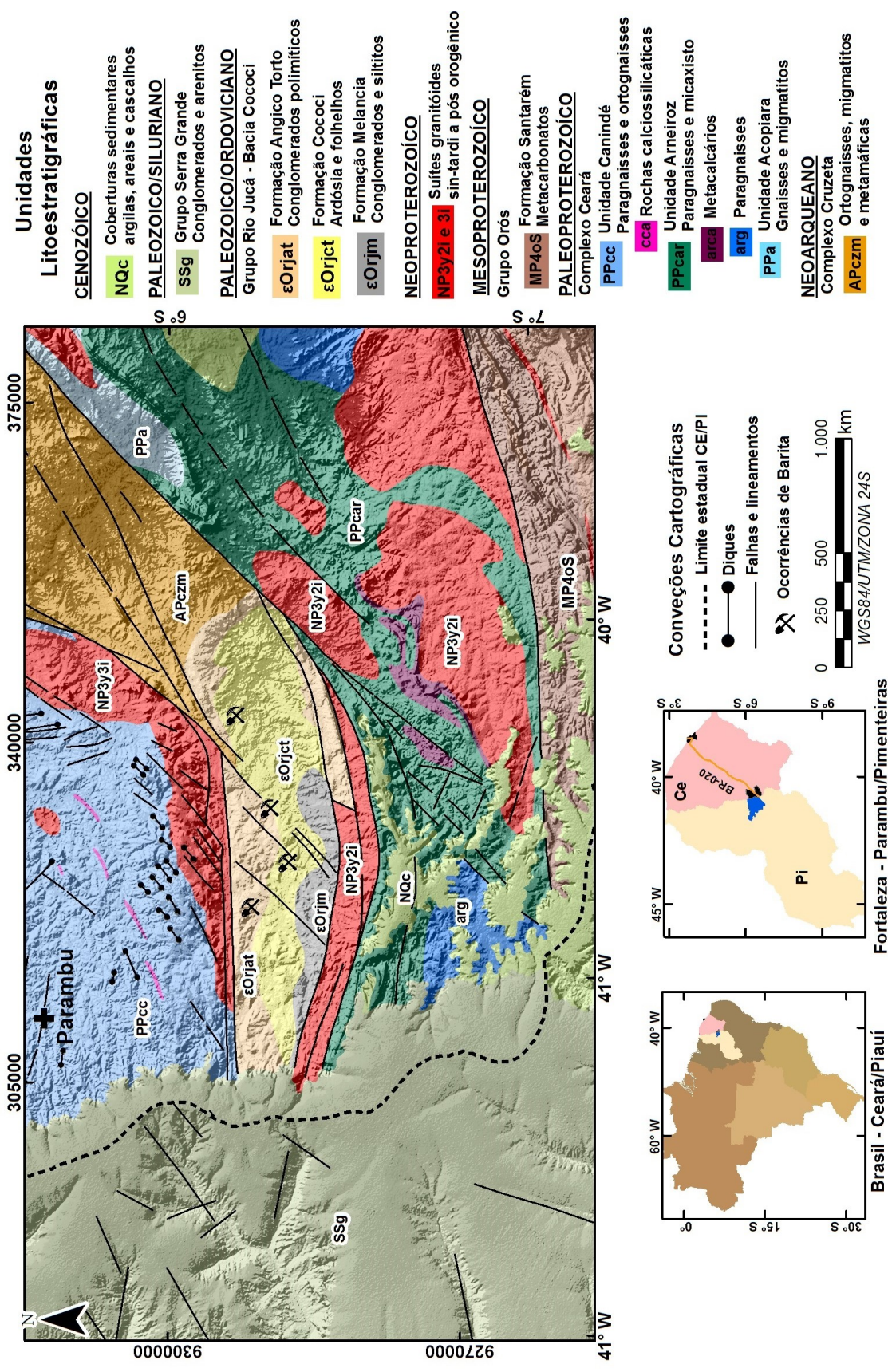


Figura 1 - Mapa geológico simplificado da estrutura da Bacia do Cocoi. As unidades litoestratigrafia são descritas no texto. Modificado de Cavalcante et al. 2003 (escala 1:500.000).

A origem desta barita está ligada a reativações causadas por eventos tectônicos o qual inicia uma anomalia termal em fraturas, evidenciando hidrotermalismo. Entretanto, de acordo com Godoy (2010), na Bacia do Cococi houve aquecimento do seu pacote sedimentar em três épocas distintas: no Eocarbonífero onde pode estar relacionado com o processo de subsidência da bacia do Parnaíba seguido de soerguimento regional com reativação dos lineamentos Transbásilios (Goes, 1995); no Neotriássico, desequilíbrio crustal associado com o processo vulcânico que gerou a Formação Mosquito na Bacia do Parnaíba e no Juro-Cretácico, relacionado com o vulcanismo Sardinha na Bacia do Parnaíba.

Este trabalho considera como idade provável do evento térmico gerador dos veios de barita seja de idade Eocarbonífero, pois nela a temperatura de resfriamento chegou aproximadamente a 240°C, patamar térmico necessário para a formação deste mineral. Este foco térmico afetou as intrusões graníticas ao longo de falhas, remobilizando a barita e precipitando durante hidrotermalismo e preenchendo as fraturas.

As ocorrências vulcânicas localizam-se preferencialmente nas bordas da bacia tanto no limite N como no limite S. Estão associadas ao intenso fraturamento e falhamento durante a estruturação da bacia, formam cataclasitos e milonitos compostos por rochas da bacia e clastos do próprio basalto e riolito. Por vezes, as rochas vulcânicas cimentam ortoconglomerados, formando depósitos vulcanoclásticos, principalmente no limite norte da bacia, localidade de Baixas. Alojaram-se nas bordas e na forma de diques intercalados

com arenitos. Datações realizadas em área geologicamente semelhantes apresentam idades que variam 550 Ma a 452 (Brito Neves & Pessoa, 1974), entretanto, Gomes *et al.*, (2002) consideram, e este trabalho também, que este vulcanismo, pertence ao final do Ciclo Brasileiro, sendo sincrônica a formação do graben Cococi.

3 . METODOLOGIA

3.1. Deconvolução de Euler 2D

A deconvolução de Euler é usada para uma interpretação rápida em dados gravimétricos e magnetométricos, sendo a particularidade desta técnica o delineamento de contatos e a estimativa de profundidade. As informações geradas dependem da escolha do índice estrutural e do tipo de amostragem dos dados geofísicos. Com os resultados obtidos é possível delimitar estruturas e corpos litológicos, permitindo realizar modelagem de corpos 2D e 3D. Embora não utilize nenhum modelo geológico, as distribuições elementares magnéticas, (um polo ou dipolos) devem ser interpretadas levando-se em conta a geologia local, como falhas, plútons, necks, fator este amplamente discutido por Hood (1963) e desenvolvido por Thomson (1982) e Reid *et al.* (1990).

Um contraste na magnetização pode ser representado como uma distribuição de polos magnéticos na interface de dois corpos diferentes, ainda que monopolos magnéticos não existam. A intensidade da anomalia magnética a partir de um arranjo de polo ou dipolos está relacionada com o decaimento da distância e o campo pode ser descrito através dessa equação:

Onde, x_0 , y_0 , z_0 é a posição da fonte magnética representada pelo campo magnético anômalo (T) e é detectado na posição x , y , z e N é a taxa de decaimento da força magnética em relação a distância da fonte que pode ser interpretada como índice estrutural.

Reid (1995) utilizou esse método em dados gravimétricos a fim de delimitar corpos e estimar suas profundidades através do valor 1 do índice estrutural, mas Keating (1998) sugeriu a utilização de 0,5 do índice para obter soluções de contato entre anomalias, sendo confirmada e condizente com as suas

informações prévias.

Neste trabalho foi utilizado o índice 0,5 a fim de realçar falhas e contatos, principalmente entre o embasamento e as formações que constituem a BC. A profundidade máxima nas soluções de Euler, considerando a profundidade da bacia, obtida por trigonometria em campo e também sugerida por Oliveira *et al.*, (1974) foi de 4km, em uma janela espacial com o tamanho de 150m. A preferência por este valor do último parâmetro foi baseada na quantidade e na distribuição das soluções Euler.

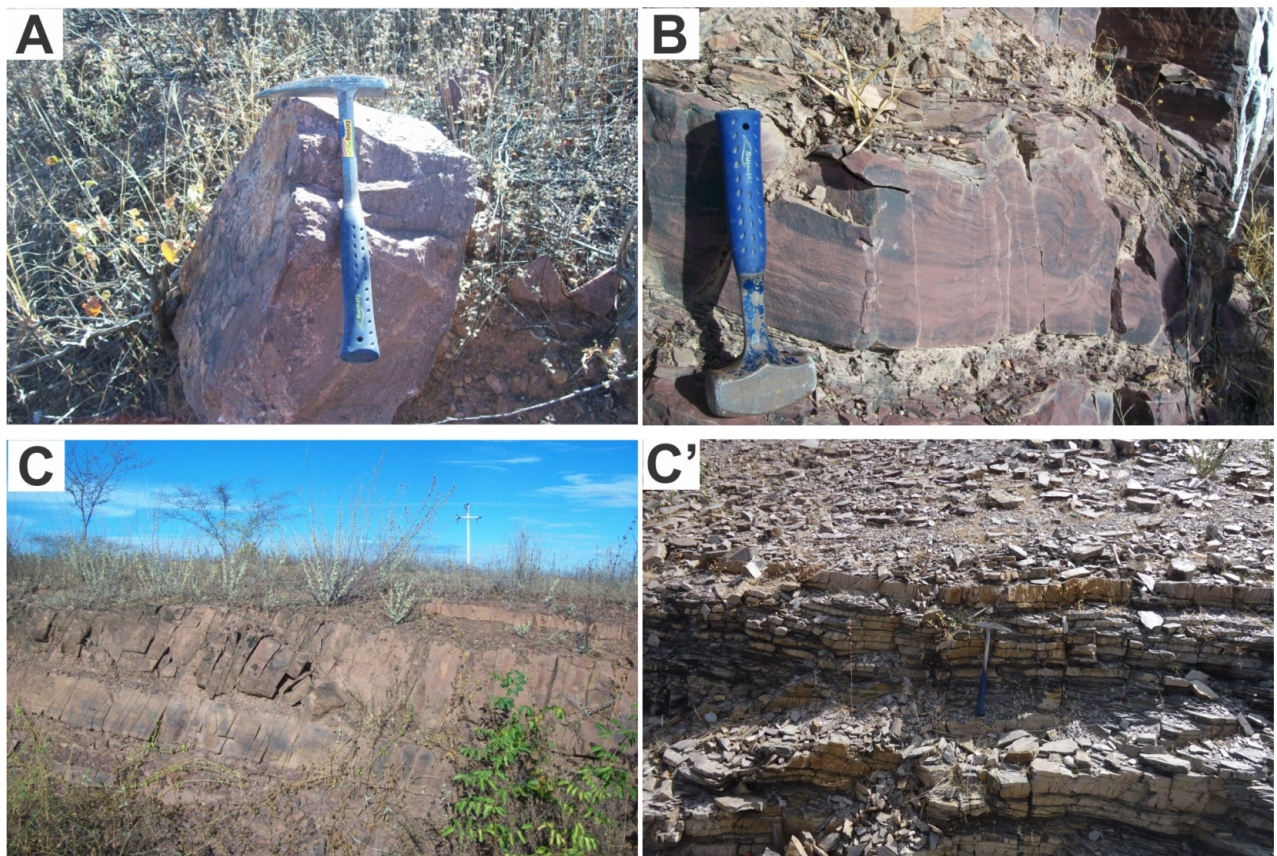


Figura 2 - Grupo Rio Jucá (A) Ortoconglomerado com estratificação plano paralela exibindo gradação de granulometria – Formação Angico Torto; (B) - Arenito-argiloso com estratificação plana paralela, dobras convolutas com eixo na direção E-W sub-horizontal – Formação Cococi; (C) - Ritimito entre estratos métricos de arenito/argiloso e estratos centimétricos de argilito; e (C') – Ritimito com variação centimétrica entre siltito e finas camadas de folhelho – Formação Melancia.

3.2. Sinal Analítico 2D

As estimativas dos limites das unidades geológicas da área de estudo foram realizadas através da técnica do sinal analítico a qual visa a localização dos limítrofes de corpos magnéticos bidimensionais e influenciadas pela magnetização remanescente. Em locais de baixas latitudes o campo magnético possui menor amplitude, prejudicando a interpretação dos dados.

O sinal analítico introduzido por Nabighian (1972 e 1974) basea-se nas derivadas direcionais. As derivadas horizontais do campo magnético transformam os efeitos da magnetização de um corpo em folhas horizontais magnetizada uniformemente, situadas nos perímetros dos corpos causativos. Uma simples transformada no domínio da frequência produz uma função analítica cuja parte real é nas derivadas horizontais e a parte imaginária é a derivada vertical.

Os parâmetros introduzidos seguiram os critérios de Phillips (1997), o ângulo entre o trend da anomalia e a direção do perfil é 90°. Os valores de comprimento da janela utilizadas foram máximo de 1000m e o mínimo de 500m, sendo este intervalo o mais aconselhado pelo o autor.

4. DADOS GEOFÍSICOS

4.1. Dados Aerogeofísicos

Os dados aerogeofísicos utilizados no âmbito deste trabalho foram disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil, CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), pertencentes ao Projeto Borda Leste da Bacia do Maranhão, realizado em 1979. Neste projeto foram adquiridos dados magnéticos e de gamaes-pectrometria em um intervalo de amostragem de 100 metros, numa área total de

levantamento de 29.000 km², abrangendo os Estados do Ceará, Piauí e Pernambuco. O espaçamento entre as linhas de voo foi de 1 km com direção N30W, e as linhas de controle possuindo 20 km de espaçamento na direção N60E, com altura de voo de 150 metros.

4.1.1 Dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos

Os dados foram previamente tratados para a exclusão de valores ausentes e espúrios, posteriormente foram interpolados, filtrados, em seguida foram gerados os mapas necessários para auxiliar na modelagem gravimétrica.

Foram aplicados diversos filtros no processamento dos dados, dos quais é possível destacar: i) cosseno direcional, para a remoção dos ruídos das linhas de voo; ii) redução ao polo, para centralizar as anomalias sobre suas fontes e iii) *ford high frequency enhancemen*, para realce de anomalias de baixo comprimento de onda e Cosseno Direcional usado para passar ou rejeitar características regionais ou residuais na malha regular.

A transformação do conjunto de dados magnetométricos para uma malha regular foi feita através do método bigrid, (Billing, 2000), por ser uma gridagem bidirecional designada por interpolar dados lineares paralelos. Este método é adequado ao levantamento aéreo, pois reforça as estruturas tanto no *trend* do levantamento quanto no *trend* perpendicular. Para o tamanho da célula empregou-se o critério de Blum (1999), que utiliza um quarto do espaçamento entre as linhas do levantamento, nesta pesquisa 250 metros. Na gamaespectrometria o método de interpolação empregado foi a mínima curvatura, utilizando o mesmo critério anterior para o tamanho da célula, 250 metros.

4.2. Dados Gravimétricos

Os dados gravimétricos foram coletados em três perfis: P1, P2 e P3, no sentido N-S, perpendicular ao trend das estruturas dentro da bacia, com 190 estações, concentradas ao longo de estradas e com o espaçamento variando entre 0,5km e 2km por 30km de extensão. As estações com o menor espaçamento estão dentro da bacia, a fim de ter uma melhor resolução, conforme a figura 3.

Na aquisição foi utilizado um gravímetro terrestre da marca

SCINTREX, modelo CG-5. Posteriormente foram realizadas as devidas correções: efeito de maré, drift instrumental e a correção da latitude, depois os cálculos das anomalias de ar-livre e *Bouguer* sequencialmente corrigida a influência do terreno em cada estação. Fora retirada a tendência dos dados gravimétricos através do filtro polinomial de n-ésima ordem por meio dos mínimos quadrados a fim de obter o residual como produto representativo da heterogeneidade do nível crustal raso.

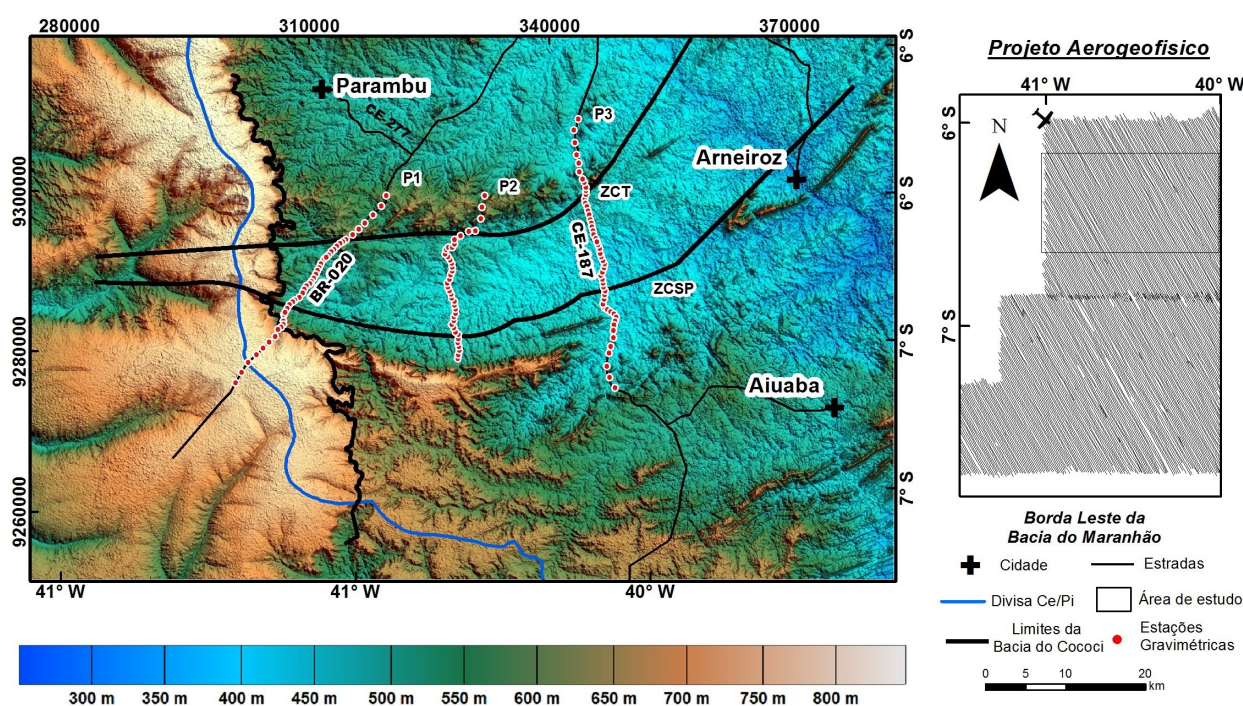


Figura 3 - Mapa de localização do projeto aerogeofísico da borda leste da bacia do Maranhão (PBLBM), (CPRM, 1979), em conjunto com as estradas que dão acesso à BC e as estações gravimétricas, ao longo de estradas. As estruturas geológicas contidas neste mapa são zonas de cisalhamento Tauá (ZCT) e Senador Pompeu (ZCSP), limitantes da BC.

5. RESULTADOS

5.1. Gamaespectrometria

Os mapas obtidos da interação entre os canais potássio (K), equivalentes tório (eTh) e urânio (eU) e composição ternária (RGB), foram sobrepostos com as imagens, ASTER GDEM (Global Digital Elevation Map) sendo interpretados de forma quantitativas com objetivo de obter informações das unidades

geológicas e suas estruturas.

A análise foi norteada pela metodologia de Ribeiro *et al.* (2013) que leva em consideração as características geoquímicas, a cristalografia, abundância de cada radioelemento e suas principais ocorrências.

O canal potássio apresentou as

as melhores respostas, sendo possível uma separação de unidades geológicas (Figura 4a), baseado, na concentração de potássio e em conjunto com o mapa de derivada vertical do campo magnético

anômalo, (Figura 4b). Os canais de eU (Figura 4c) e eTh (Figura 4d) foram utilizados para identificar lineamentos sutis e uma possível divisão da Bacia do Cococi.

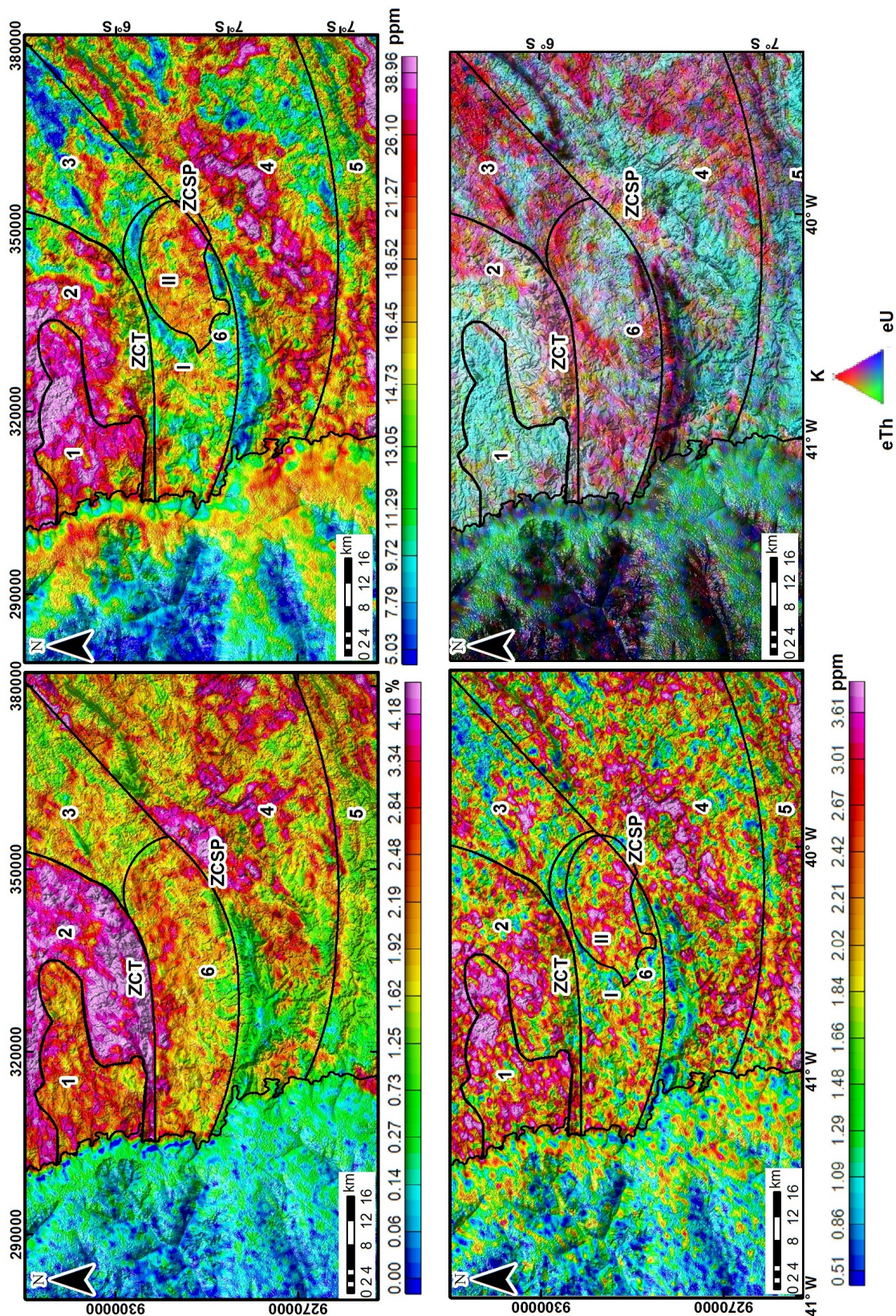


Figura 4 - Mapas gamaespectrométricos da área de estudo. a) Canal potássio com as respectivas unidades e enumeradas; (b) Canal equivalente urânio e (d) Ternário RGB. Destacando os limites da bacia e as unidades intrabacia.

No canal potássio (Figura 4a), a Formação Canindé, apresenta, em uma determinada porção, valores de concentrações distintas sendo separada em duas unidades gamaespectrométricas, 1 e 2. A unidade 1 possui concentrações médias de potássio 2,6% (Figura 4a), tório 28,20 ppm (Figura 4b) e urânio 2,79 ppm (Figura 4c). Segundo Ribeiro *et al.* (2013) alto valor do teor de tório e valores adimensionais próximos de potássio e urânio sugerem que a Unidade 1 representa rochas do tipo gnaisses, interpretação esta também obtida por Gomes et al. (2000). A unidade 2 é caracterizada por magmatismo calcialcalino a alcalino (Gomes *et al.*, 2000) e pelo granito porfirítico que limita a BC ao norte, logo, apresenta alto potássio, 5,2%, (Figura 4a).

A unidade gamaespectrométrica 3 foi correlacionada com o Complexo Cruzeta apresenta valores intermediários dos radioelementos K (1,74%) (Figura 4a), eTh (12,62 ppm) (Figura 4b) e eU (1,77 ppm) (Figura 4c).

A unidade gamaespectrométrica 4 representa Unidade Arneiroz, constituída por paragnaisses e micaxisto, apresenta valores médio de concentrações tório 13,52 ppm (Figura 4b) e urânio 1,93 ppm (Figura 4c), e seu alto potássio 4,18% (Figura 4a) é causado pela presença de granitoides.

A unidade gamaespectrométrica 5 possui altos teores do radioelementos tório 24,14 ppm (Figura 4b), baixo teores de urânio 3,0 ppm (Figura 4c), relacionando esta unidade gamaespectrométrica com as rochas do Grupo Orós, pois de acordo Ribeiro *et al.* (2013) este teores descrevem sedimentos originados a partir da erosão de rocha ígneas possuindo minerais resistentes de tório e urânio, presente em riolitos, dacitos do rifte Orós.

A unidade gamaespectrométrica 6 representa a cobertura pedológica da BC, apresenta valores intermediários a altos (2,84% – 4,18%) de potássio, principalmente algumas porções da Formação Angico Torto. Segundo Menezes (2012) esse comportamento deve-se ao latossolo vermelho-amarelo e podzólico vermelho-amarelo, resultado de um intemperismo atuante nas rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba representadas por arenitos e arcoseos causando uma alta concentração potássio.

Os radioelementos tório e urânio apresentam valores que variam entre 7,26 ppm a 26,52 ppm (Figura 4b) e 1 ppm a 4,13 ppm (Figura 4c), respectivamente. Os altos teores desses radioelementos estão concentrados em uma porção do rifte Cococi, denominada de porção II, enquanto que a porção I apresenta baixos teores. A porção II representa um predomínio de rochas sedimentares da Formação Cococi, enquanto a porção I caracteriza uma intercalação de rochas da Formação Angico Torto, Cococi e Melancia.

5.2. Magnetometria

As técnicas de filtragem são utilizadas para aumentar a razão sinal/ruído e para melhorar características específicas de fontes magnéticas. Para a remoção do ruído das linhas de voo, foi utilizado o filtro cosseno direcional, na mesma direção da linha de voo, 330 Az. Posteriormente, aplicou-se o filtro high frequency usado para ressaltar as anomalias com baixa amplitude, realçando assim assinaturas dentro da bacia. Em seguida foi gerado a Derivada Vertical de primeira ordem (Figura 5b), que permite visualizar nitidamente os contrastes entre os diferentes domínios

magnéticos. Entretanto a área situa-se próxima ao equador magnético dificultando determinar a posição da fonte causadora. Para contornar este fato, utilizou-se Amplitude do Sinal Analítico (Figura 5d).

A influência da resposta magnética dos sedimentos nos produtos gerados a

partir campo magnético anômalo fora desprezadas, resposta esta identificadas nos estudos de Gouveia (1995), Gunn (1977a e b), e Netteleh (1976) nos aerolevantamentos magnéticos regionais, relacionando as fontes causadoras apenas as rochas pré-cambrianas.

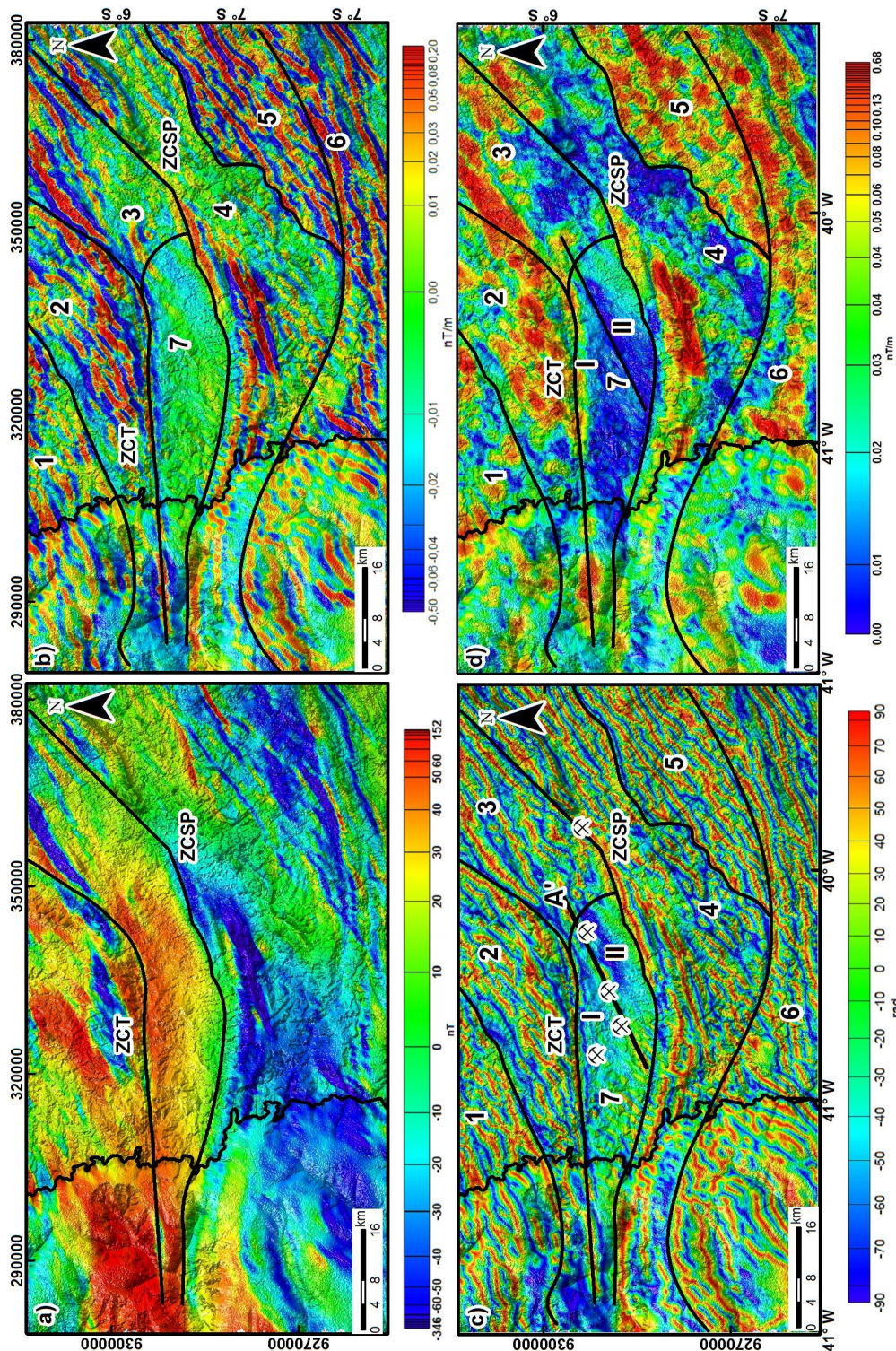


Figura 5 - Mapas magnetométricos: (a): Campo Magnético Anômalo com os lineamentos que delimitam a bacia, (b): Derivada Vertical com as unidades magnéticas correlacionadas com informações geológicas, e o lineamento no qual secciona a bacia e encontram-se as ocorrências de barita; (c): Inclinação do Sinal Analítico com as assinaturas magnéticas, obedecendo o trend da região, destacando as zonas de cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP) e Tava (ZCT) e (d): Amplitude do Sinal Analítico com as unidades magnéticas juntamente com dados geológicos, levando em consideração a intensidade do sinal.

As anomalias magnéticas da Bacia do Cococi e seu entorno, presentes no mapa de derivada vertical, mostram lineamentos magnéticos com os *trend* NE-SW e E-W. Seus limites foram demarcados pela descontinuidade dos padrões desses lineamentos no mapa de inclinação do sinal analítico, (Figura 5c), e da amplitude do sinal analítico, (Figura 5d). A divisão de domínios magnéticos deu-se através de áreas que obedeciam a um padrão de direção, amplitude, dimensão, e posteriormente foram enumeradas e correlacionadas com as informações geológicas, (Cavalcante et al., 2003).

As amplitudes magnéticas observadas no domínio magnético 1, com média de 60,47nT, estão correlacionadas as metaplutônicas e metassedimentos da Unidade Canindé a qual Gomes et. al (2000) denominou de Complexo Parambu. Nesta unidade o *trend* magnético está orientado N62°W (Figura 5c).

O domínio magnético 2 está localizado ao norte do rifte Cococi, correspondendo a Unidade Canindé. Apresenta amplitude máxima de 124,20 nT no campo magnético (Figura 5a) e está relacionado com a suíte granítica sin tectônica na qual possui injeções de basalto. Os lineamentos estão orientados N58°W, com ressalva para a ZCT, que possui orientação W-E e também NE-SW na porção leste da área (Figura 5b e 5c).

O domínio magnético 3 está relacionado ao Complexo Cruzeta que possui como principais litologias gnaisses do tipo TTG, além de gnaisses migmatíticos, embora este tipo rocha possui alta susceptibilidade, este domínio apresenta baixos valores do campo magnético devido ter sofrido inúmeros retrabalhamentos (Figura 5a), e amplitude

máxima de 72,38nT e com amplitude do sinal analítico (Figura 5d) 0,34nT/m, marcando lineamentos magnéticos (Figura 5c) na direção N55°W.

O domínio magnético 4 está localizado a sudeste da bacia do Cococi, sendo representado por uma faixa de baixa magnitude (-10,07nT), no mapa do campo magnético anômalo (Figura 5a), e destacado no mapa que representa amplitude do sinal analítico (Figura 5d) (0,03nT/m) pelos baixos valores. Os lineamentos magnéticos (Figura 5c) possuem o *trend* N50°W.

Domínio magnético 5 é caracterizado pelos altos valores no mapa do sinal analítico (Figura 5d) 0,51nT/m e pelo baixo valor do campo magnético (Figura 5a)(-50nT). As direções dos lineamentos (Figura 5c) é N45°W.

O domínio magnético 6 está localizado na porção sul da área, onde a geometria dos principais lineamentos magnéticos apresenta uma configuração sigmoidal, correspondendo ao comportamento semelhante à estrutura do Grupo Orós.

O domínio magnético 7 está relacionado com as anomalias visualizadas dentro da bacia (Figura 5c), entretanto estas anomalias foram relacionadas com seu embasamento, pois os sedimentos não produzem valores magnéticos aos encontrados para este tipo de levantamento. Os lineamentos magnéticos deste domínio apresentam comportamentos distintos, portanto, foram divididas em duas porções. Porção I orientada N45°W e a porção II orientada N30°W, e o limite entre essas porções é o lineamento magnético A'. Este lineamento é denominado por Oliveira et al. (1974) de lineamento Cococi, dividindo a bacia ao meio, representando uma falha transcorrente formando dois

semi-grabens.

5.3. Gravimetria

Na gravimetria foi utilizado apenas o perfil P2, pois este secciona a bacia no sentido N-S perpendicularmente as suas estruturas e ao lineamento Cococi. Os dados gravimétricos foram corrigidos e posteriormente obtidas as anomalias de ar-livre e Bouguer que posteriormente foram calculadas. A figura 6a mostra em perfil, o residual da anomalia Bouguer do perfil 2 (P2), o qual foi utilizado na deconvolução Euler 2D e no Sinal Analítico 2D.

A separação da componente regional e residual foi feita através do filtro polinomial de primeira ordem. O filtro calcula uma tendência de polinômio de n -ésima ordem, utilizando a técnica dos mínimos quadráticos. A tendência foi calculada e depois retirada dos dados originais gerando o residual. O polinômio dos dados possui uma tendência linear crescente. Os valores do trend gravitacional estão relacionados com as heterogeneidades crustais profundas e os residuais com heterogeneidades crustais rasas.

As anomalias Bouguer residuais, ao longo do perfil, no sentido N-S, apresentam valores do intervalo de -5,74mGal a 2,93mGal, o qual este representa ser o valor máximo do perfil e localiza-se próximo ao lineamento Cococi. Os limítrofes são destacados pelas anomalias negativas ou decaimentos delas.

5.4. Deconvolução de Euler e Sinal Analítico

Aplicação do método deconvolução de Euler do sinal analítico no perfil gravimétrico e magnético, como mostra na Figura 6a, revelou anomalias rasas com profundidades máximas de

2 km no Complexo Ceará e nas zonas de cisalhamento. Dentro da Bacia do Cococi as soluções da deconvolução de Euler (Figura 6b) e do sinal analítico (Figura 6c) atingiram profundidades máxima de 3 km.

O campo magnético anômalo varia nos primeiros 1,5km de -29nT a 84nT o qual e as anomalia gravimétrica residuais de -1,96mGal a 1,66mGal representam a Unidade Arneiroz. A nuvem de soluções da deconvolução de Euler atinge profundidades com máxima 1km e o sinal analítico de 1,5km.

A suíte intrusiva a qual delimita a bacia na porção sul apresenta valores do campo magnético que variam 6,02nT a 26,80nT e o gravimétrico residual -1,55mgal a 2,66mGal com profundidade média de 1,0km na deconvolução de Euler e no sinal analítico.

As soluções da deconvolução de Euler mostram uma descontinuidade na BC com profundidade de 3,0km na porção sul e 2km na porção norte. A anomalia gravimétrica nesta porção apresenta valores que variam de -1,10mGal a 1,11mGal e naquela 0,22mGal a 2,93mGal. Este dados revelam a presença de semi-grabens já identificados no tratamento magnético e confirmados na deconvolução Euler e no sinal analítico.

Anomalia magnética dentro da BC comporta-se de forma linear decrescente com variação de -38,74nT a -6,52nT. As zonas de cisalhamento ZCT e ZCSP, as limítrofes da bacia, foram realçadas através do sinal analítico, ambas, atingindo profundidades de 2km.

O limite norte da BC localiza-se a suíte intrusiva a qual é evidenciada no campo magnético anômalo residual com amplitudes de -43,05nT a 73,25nT e no gravimétrico com valores negativo de -5,72mGal a -3,47mGal. As soluções do sinal analítico delimitaram de forma

latitudinal o granitoide com profundidade média de 1,5km.

Os blocos e a interface da modelagem gravimétrica foram baseados nas soluções da deconvolução de Euler e

do sinal analítico. Na região do perfil P2 há presença de rocha das unidade Arneiroz e Canindé e rochas sedimentares da Bacia do Cococi.

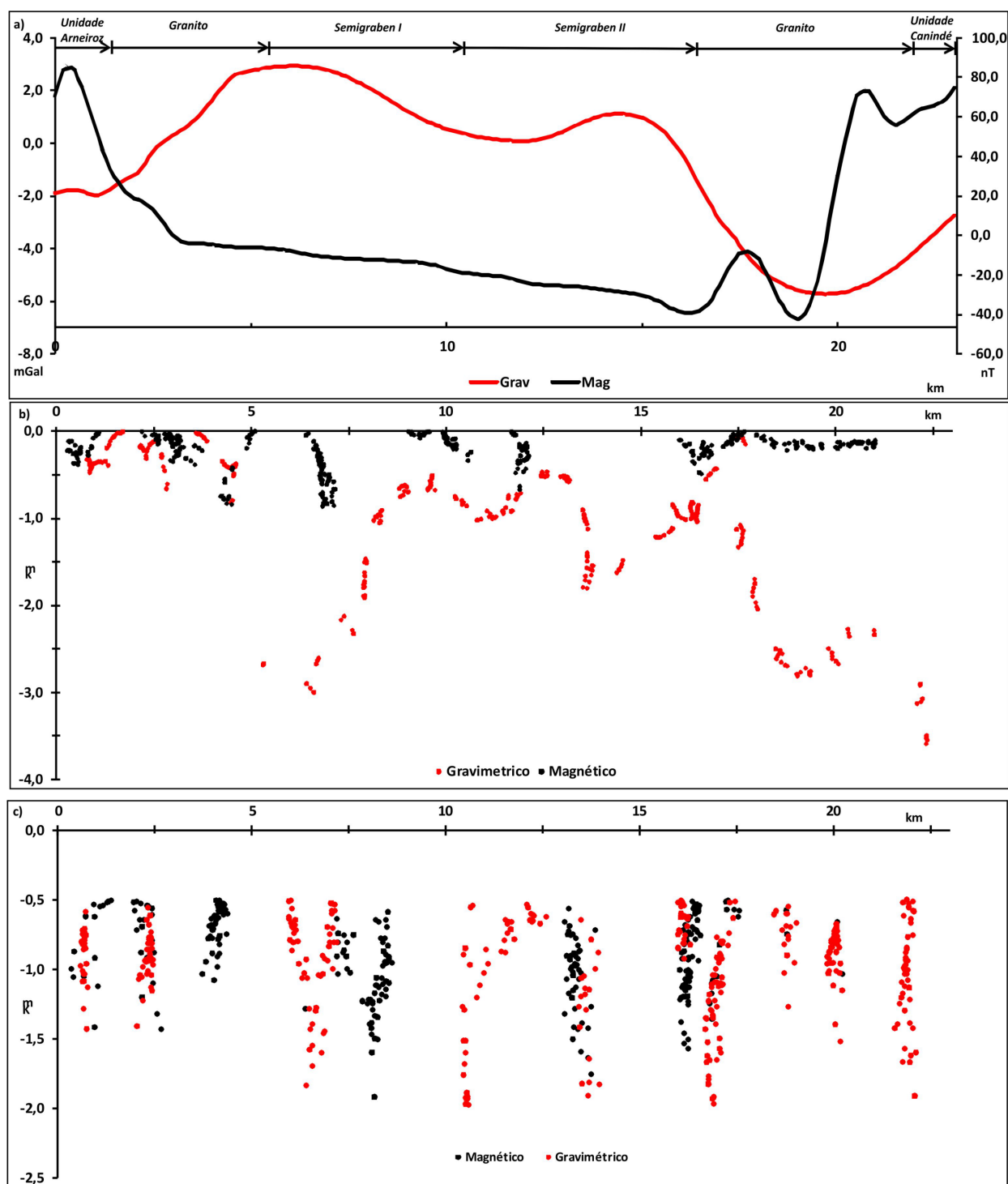


Figura 6 - Soluções de Euler e do Sinal Analítico. (a) Dados gravimétricos e magnéticos pertencente ao perfil (P2); (b) Mostra os resultados da deconvolução de Euler e (c) Sinal Analítico dos dados gravimétricos e magnéticos.

5.5. Modelagem Gravimétrica 2D

A modelagem gravimétrica baseou-se nas anomalias residuais (Figura 6a) que para a crosta superior foi considerada uma densidade média de $2,8 \text{ g/cm}^3$, bloco crustal 1 (Figura 7b), cujo o valor corresponde com a densidade média da crosta. Os valores de densidade dos diferentes litotipos utilizados para o cálculo da modelagem foram obtidos da literatura pertinente (Dobrin & Savit, 1988; Sharma, 1997; Telford et al., 1998;

Castrol et al., 2011). Este valores, comumente, referem-se a valores médios obtidos através de um número consideravelmente alto de diversos litotipos e segmentos crustais. A assinatura do campo magnético anomôlo (Figura 6a) e as soluções da deconvolução de Euler (Figura 6b) e do sinal analítico (Figura 6c) também foram analisadas em conjunto com os dados gravimétrico e a fim delimitar os blocos crustais.

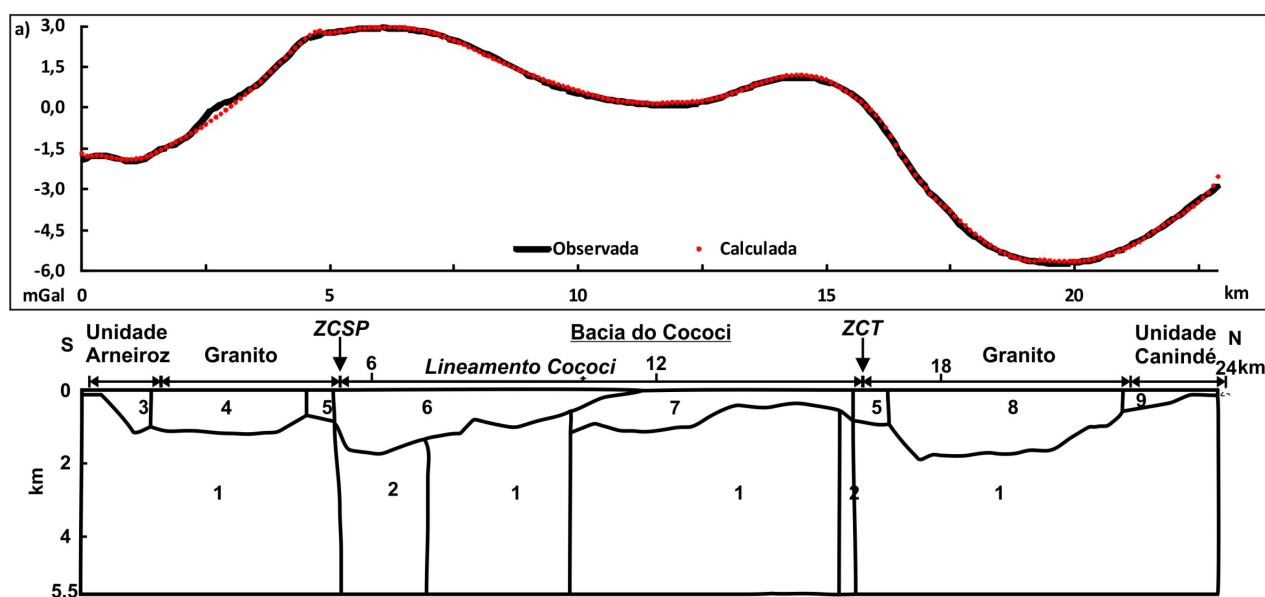


Figura 7- Modelagem do perfil gravimétrico. (a) Anomalias gravimétricas observada e a calculada com erro de 6.5%. (b) Interface e blocos de diferentes densidades na região do rifte Cococi. Os índices de cada bloco estão descritos na Tabela 1.

O bloco crustal 2 representa a rochas vulcânicas do tipo basalto, encontradas nos limites da Bacia, sendo responsáveis pelas maiores amplitudes no limite sul com valores de $2,93 \text{ mGal}$, aplicando-se a densidade de $3,00 \text{ mGal}$ a curva produziu um perfeito ajuste com curva observada, sendo este valor o mais indicado para o tratamento deste dados.

O bloco crustal 3 possui anomalias gravimétricas de $-1,96 \text{ mGal}$ a $-1,66 \text{ mGal}$, suas curva apresentam um melhor ajuste entre anomalias observadas e calculadas pela modelagem

gravimétrica, sua densidade foi estimada em $2,69 \text{ g/cm}^3$, correlacionado com o embasamento paleoproterozoico, Unidade Arneiroz (Gomes et al, 2000 e Cavalcante et al. 2003).

O bloco crustal 4 possui valores gravimétricos que variam de $-1,5 \text{ mGal}$ a $2,68 \text{ mGal}$ apresenta bom ajuste com densidade média de $2,70 \text{ g/cm}^3$. Este bloco relacionado a suíte intrusiva neoproterozoica a qual delimita a bacia na porção sul.

O bloco crustal 5 associada a suíte intrusiva milonotizada e cisalhada em

ambos limites, ao sul pela ZCSP e ao norte pela ZCT, característica aferida em campo.

O bloco 6 corresponde a Formação Cococi, constituída de ardósias e folhelhos. A anomalia observada que varia de 2,93mGal a 0,48mGal, ajusta a anomalia calculada estimando a densidade média do bloco em 2,65g/cm³.

O bloco crustal 7 foi relacionado com a Formação Angico Torto, observa-se a diminuição significativa da anomalia gravimétrica para 1,11mGal e varia até -0,35mGal. A anomalia calculada ajustou-se com a densidade de 2,69g/cm³.

O bloco 8 possui anomalia negativa que varia de -5,72mGal a -2,93mGal, associado a suíte intrusiva neoproterozoica, porém o que difere do bloco crustal 4 é composição química, alta concentração de potássio e a presença de magnetita, esta foi aferida em campo e comprovada com os dados magnéticos. A densidade na qual a curva da anomalia calculada ajustou-se foi de 2,65 g/cm³.

O bloco crustal 9 está relacionado com a Unidade Canindé apresenta anomalias negativas, porém crescente, representam rochas metassedimentares formadas por xistos e gnaisses.

6. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir dos dados magnéticos, gravimétricos e gamaespectrométricos, expuseram novas informações em relação a estudos anteriores. As anomalias magnéticas dentro da Bacia do Cococi foram causadas por movimentos rúpteis (fraturas e falhas) do embasamento, que geraram estruturas planares que estendem-se para o Complexo Cruzeta, sugerindo que houve reativações pós-sedimentação da Bacia.

Na porção sul da bacia do Cococi há anomalia magnética de grande amplitude e com altas concentrações dos canais equivalente tório e urânio, sendo interpretada como rochas do embasamento da bacia, pertencentes à Unidade Arneiroz.

Tabela 1 - Densidades de blocos com domínios crustais e as unidades geológicas correspondentes usadas na modelagem gravimétrica 2D.

Domínio Crustal	Unidades Geológicas	Litologia	Densidade (g/cm ³)	Índice
<i>Domínio Ceará Central</i>	Unidade Canindé	Gnaisse	2,66	9
	Suítes Granitoides	Granito	2,65	8
	Bacia do Cococi	Fm. Angico Torto	2,69	7
	Suítes Granitoides	Milonitos	2,66	5
		Granito	2,70	4
	Unidade Arneiroz	Gnaisses	2,69	3
	Rochas Vulcânicas	-	3,00	2
	<i>Crosta Superior</i>	-	-	2,80

Internamente, de acordo com Oliveira *et al.* (1974), a bacia possui planos de sedimentação basculados com mergulho de 25°W. Fraturas formam um par predominante nas direções NE-SW e E-O. As fraturas de direção NE-SW possuem percolação de fluidos ricos em óxidos de ferro e barita, que estão relacionados com o fraturas do embasamento, e conseqüentemente correlatas as anomalias magnéticas dentro da Bacia do Cococi (Figura 8).

A abertura da BC é resultado de um sistema de tensões representado pelo σ_1 horizontal, no sentido E-W, σ_3 aproximadamente, no sentido N-S e o σ_2 na vertical (Figura 9). Estes tensores

possuem seus registros nos lineamentos magnéticos orientados na direção N45W e N55W (Figura 9). O movimento dextral da ZCT e incrementada com a componente transtensional formando o rifte Cococi. As ZCT e ZCSP são caracterizadas por reativações dúcteis-frágeis durante o Cambriano, formando a depressão da bacia a qual não sofreu soerguimento. Nos limites existem cataclasitos que ocorrem juntamente com vulcânicas, estas feições também caracterizam a atuação do sistema rúptil nos limites externos da bacia interpretados como reativação das falhas geradoras da bacia ou mesmo gerando condutos para os eventos vulcânicos.

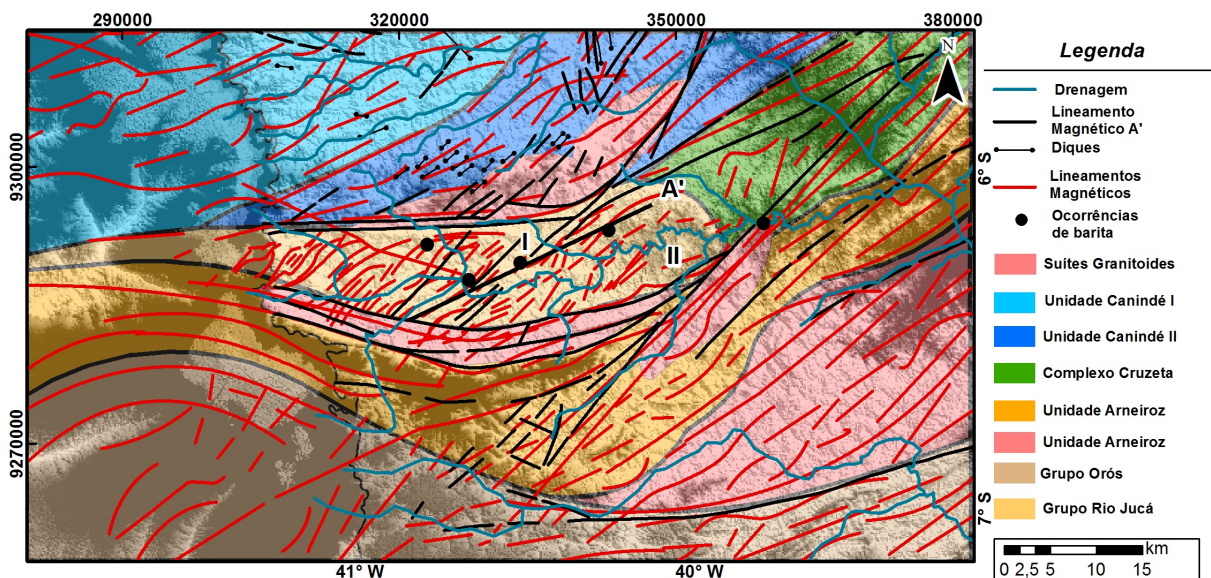


Figura 8 - Mapa de integração entre dados geofísicos e com as principais estruturas geológicas, com associação dos domínios magnéticos com as unidades geológicas.

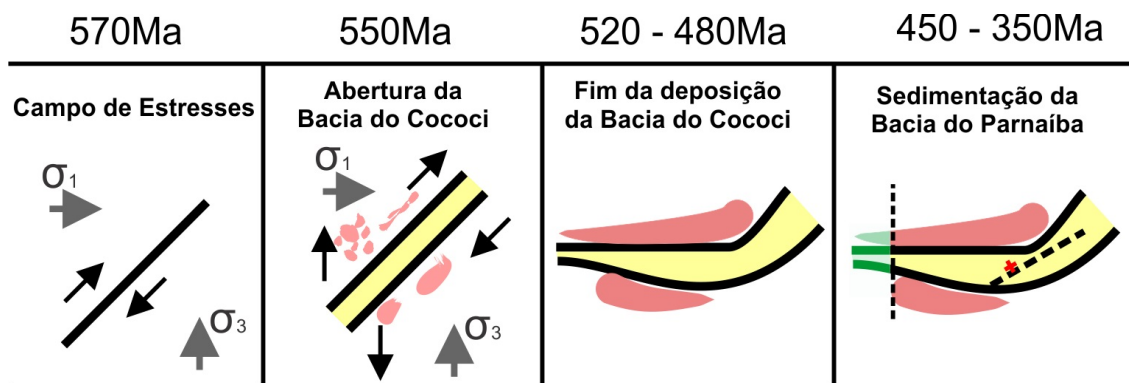


Figura 9 - Ilustração esquemática da evolução tectônica da Bacia do Cococi, proposto por Parente *et al.*, 2004.

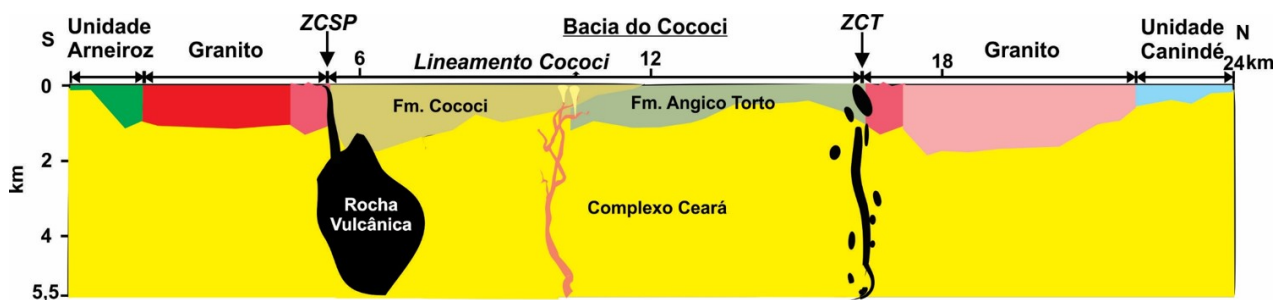


Figura 10 - Modelo geológico da bacia do Cococi. Baseado na informações geofísicas e geológicas.

A bacia é composta por dois semigrabens, sendo assimétricos, o maior situado no lado oeste possui profundidade de 2km e o menor situado no lado leste possui profundidade, 1,5km, o limite entre os semigrabens corresponde a falha/fratura que aloja os filões de barita.

Os limites da bacia são delimitados por rochas de elevada densidade, sendo relacionado com as rochas vulcânicas observadas em campo, tanto os basaltos como as vulcanoclásticas.

O controle da mineralização de barita que ocorre ao longo do lineamento que serve condutos para fluidos hidrotermais formando os filões de barita formou-se provavelmente no período Eocarbonífero, pois o mesmo secciona rochas sedimentares da bacia e as rochas do embasamento. As rochas encaixantes são silicificadas, e há alterações propilíticas em regiões mais próximas aos filões.

7. CONCLUSÃO

A sinéclese Cococi possui sua gênese ligada as reativações dos lineamentos transbásilios (ZCT e ZCSP) estas reativações ocorreram no período Cambriano formando além da Bacia do Cococi outras bacias intracratônicas como Jaibas, Rio do Peixe e Carnaubinha. Todas estas são classificadas como bacias poligonais ou romboédricas e apresentam sedimentação intracratônicas com predomínio de sedimentos arcoseanos, vulcanismo

bimodal e vulcanoclásticas em abundância.

A Bacia do Cococi é formada estratigraficamente da base para o topo, pelas Formações: Angico Torto (siltitos, ritmitos e pelitos), Cococi (argilitos e conglomerados) e Melancia (siltitos, conglomerado e arenitos). O vulcanismo presente na forma de basalto, riolitos e vulcanoclásticas não possuem até o momento denominação litoestratigráfica. Adotamos neste trabalho a denominação para o vulcanismo bimodal da Bacia e suas vulcanoclásticas como Formação Miranda em alusão ao riacho homônimo que ocorre na porção norte da bacia.

A estrutura interna da bacia apresenta dois semigrabens formados por um tectonismo que retrabalhou os sedimentos através de falhas e fraturas, formando um bloco a oeste de 2km de espessura e intercalções entre as Formações Angico Torto, Cococi e Melância, e um bloco a leste de 1,5km de espessura com predomínio da Formação Cococi. O limite entre os semigrabens é marcado por falha/fratura preenchida por barita e óxido de ferro, este lineamento é denominado em trabalhos anteriores de lineamento Cococi o qual inferimos aqui de idade Eocarbonífera.

A idade do vulcanismo possui apenas a referência de Brito Neves & Pessoa (1974) quando foi obtida a idade entre 500Ma e 452Ma idade esta muito provável para o vulcanismo da bacia do Cococi e que posiciona o mesmo como

sincrônico a formação da mesma, este fato é corroborado pela presença de vulcanoclástica nas bordas da bacia.

A ocorrência de barita e ferro está inevitavelmente ligada a formação de falhas e fraturas que seccionam os sedimentos e as rochas do embasamento. Lineamentos desse tipos requerem que os sedimentos estejam consolidados, e que fluidos ricos em bário e ferro sejam remobilizados e precipitados nos lineamentos em temperatura aproximada de 240°C, durante o Eocarbonífero.

Os dados geofísicos permitiram traçar as feições macroestruturais da bacia, as feições interna da bacia, como as os semigrabens além do fraturamento posterior. Os dados permitiram visualizar a continuidade de rochas pré-cambrianas sob a Bacia do Paraníba, por exemplo, Grupo Orós.

As soluções da deconvolução de Euler permitiram traçar com certa precisão a profundidade dos semigrabens e os limites dos mesmos assim como o da própria bacia. Os tratamento dos dados aeromagnético permitiram traças os lineamentos internos da bacia, o tratamento dos dados gravimétricos permitiram delimitar os corpos graníticos, sedimentares e vulcânico, descritos e modelados nos blocos diagramas.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pela cessão dos dados geofísicos. O primeiro autor também é grato à Coordenação do Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior e aos colaboradores do Laboratório de

Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto (LGPSR) da UFC, em especial Nilo Pedrosa Júnior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLUM, M. 1999. Processamento e interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil central e sua aplicação à geologia regional e prospecção o mineral. Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 229 p.
- BRITO NEVES, B. B. de & PESSOA, R. J. R., 1974 Considerações sobre as rochas graníticas do Nordeste Oriental. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28º, Porto Alegre. Sociedade Brasileira de Geologia, v.4, p. 143-157.
- BRITO NEVES, B.B & CORDANI, U. G., 1991. Tectonic evolution os South of America during the late Proterozoic. In: Stern, R.J., Van Schums, W. R. (Eds.), *Crustal Evolution in Late Proterozoic, Precambrian Research*, 53, pp 23-40.
- BRITO NEVES, B.B, SÁ, J. M., NILSON, A. A., BOTELHO, N. F., 1995. A trafogênese estateriana nos blocos paleoproterozóicos da América do Sul e processos subsequentes *Rev. Geonomos* 3, 1-21.
- BRITO NEVES, B. B., SANTOS, E. J., VAN SCHUMS, W. R., 2000. The Tectonic history of the Borborema Province, In: CORDANI, U. G., MILANI, E. J., THOMAZ FILHO, A., CAMPO, D.A. *Intenational Geological Congress, Rio de Janeiro, Tectonic Evolution of South America*, 31, pp. 151-182.
- CAPUTO, M. V. & LIMA, E. C., 1984. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33º, Rio de Janeiro, SBG, vol. 2, 1984.
- CAROZZI, A. V., 1975. Análise ambiental e evolução tectônica sin-sedimentar

- secção siluro-eocarbonífera da Bacia do Maranhão. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Série Ciência-Tectônica-Petróleo, nº7
- CAVALCANTE, J. C., 1987. Estratigrafia das folhas Mombaça e Catarina. Uma proposta. CPRM/REFO, 15 p.
- CAVALCANTE, J. C., 1999. Limites e evolução do sistema Jaguaribeano, Província Borborema, Nordeste do Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, (Dissertação) Mestrado 169 p. il.
- CAVALCANTE, J. C., VASCONCELOS, A. M., MEDEIROS, M. F., PAIVA, I. P., GOMES, F. E. M., CAVALCANTE, S. N., CAVALCANTE, J. E., MELO, A. C. R., DUARTE NETO, V. C., BENEVIDES, H. C. 2003. Mapa geológico do Estado do Ceará, escala 1:500.000. Fortaleza, Ministério das Minas e Energia, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
- CPRM, DNPM, Convênio DNPM/CPRM. 1979. Projeto Borda Leste da Bacia do Maranhão (Levantamento aeromagnetométrico e aerogamespectrométrico), Relatório Final, Volumes I e II, Rio de Janeiro.
- FETTER, A. H., 1999. U-Pb and Sm-Nd Geochronological Constraints on the Crustal Framework and Geologic History of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of Gondwana. PhD thesis. Department of Geology, The University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA, p. 164.
- FETTER, A. H., VAN SCHUMS, W. R., SANTOS, T. J. S., ARTHAUD, M. H., NOGUEIRA NETO, J. A. 2000. U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the Crustal Evolution and Basement Architecture of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic supercontinent. "Atlantica". Rev. Bras. Geociências 30, 102-106.
- GODOY, D. F., 2010. Evolução Termocronológica pro Traços de Fissão em Apatita e Zircão das Bacias da Transição Proterozóico – Fanerozóico de Camaquã (RS), Castro (PR), Eleutério (SP/MG), Jaibaras e Cocoli (CE). Tese de Doutorado. UNESP. São Paulo, 141 p.
- GÓES, A.M.O.; TRAVASSOS, W.A. & NUNES, K. 1992 Projeto Parnaíba – Reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias. Belém, PETROBRAS. Rel. Interno.
- GÓES, A. M. O. & FEIJÓ, F. J., 1994. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da PETROBRAS, Rio de Janeiro, v. 8, nº 1, jan/mar. pg. 57-67.
- GÓES, A. M., 1995. A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba. Tese de Doutorado, IG – USP, Brasil.
- GOMES, J. R. C., VASCONCELOS A. M., TORRES, P. F. M. 2000. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Programa Jaguaribe SW, Folha SB.24-Y, escala 1:500.000. Fortaleza, de Pesquisa de Recursos Minerais, 167 p.
- GOUVEIA, J.L. & COSTA E SILVA, L. M. DE. Geofísica de Prospecção. 1995, Editora Universitária UFPA, 311 p.
- GUNN, P. J., 1997a., Regional gravity and magnetic responses of extensional sedimentary basins, AGSO Journal of Australian Geology & geophysics, 17(2): 115-131.
- GUNN, P. J., 1997b, Application of aeromagnetic surveys to sedimentary studies, AGSO Journal of Australian Geology & geophysics 17(2): 133-144.
- HOOD, P. J., 1963. Gradient measurement in aeromagnetic surveying. Geophysics 30(1), 891-902.

- KEATING, P. B., 1998. Weighted Euler deconvolution of gravity data. *Geophysics*, 63: 1595-1603.
- MACHADO, M. A. 2006. Caracterização Descritiva e Genética de Ocorrências Cupro-Hematíticas no Setor Sudoeste do Sistema Orós-Jaguaribe Província Borborema. Mestrado em Geoências, Universidade de Brasília, 100 p.
- MARTINS, G., OLIVEIRA, E.P., LAFON, J.M. 2009. The Algodões amphibolite-tonalite gneiss sequence, Borborema Province, NE Brazil: geochemical and geochronological evidence for Paleoproterozoic accretion of oceanic plateau/back-arc basalts and adakitic plutons. *Gondwana Res.* 15, 71-85.
- MENEZES, L. B. 2010. Mapeamento Geológico e Aspectos Tipológicos das Ocorrências de Cobre da Porção Oeste da Bacia Eo-Paleozoica do Cococi-CE. Relatório de Graduação. UFC, Fortaleza-CE, 101 p.
- NABIGHIAN, M. N. 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal crosssection: Its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37(3): 507-517.
- NABIGHIAN, M. N., 1974. Additional comments on the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. *Geophysics*, 39(1): 85-92.
- OSAKO, L. S., CASTRO, D. L., FUCK, R. A., CASTRO, N. A., PITOMBEIRA, J. P. A., 2011. Contribuição de uma Seção Gravimétrica Transversal ao Estudo da Estruturação Litoférica na Porção Setentrional da Província Borborema, NE do Brasil. *Rev. Brasileira Brasileira de Geofísica.* 29(2).pp 309-329
- PARENTE, C. V. & ARTHAUD, M. H., 1995. O sistema Óros-Jaguaribe no Ceará, NE do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências.* V.25 Nº 24, 297-306.
- PARENTE, C. V., FILHO, W.F.S., ALMEIDA, A. R. 2004. Bacias do Estágio de Transição do Domínio Setentrional da Província Borborema (Parte Integrante do Texto Bacias Do Estágio Da Transição Da Plataforma Sul-Americana. In: Mantoso Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito Neves, B.B. (Org.). *O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* v. 1, pp 525 – 536.
- REID, A. B., ALLSOP, J. M., GRANSE, H., MILLERT, A. J., SOMERTON, J. W. 1990. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. *Geophysics* 55, 80-91.
- RIBEIRO, B. V., MANTOVANI, M. S. M., ABUD LOURO, V. H. 2013. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. *Rev. Terra e Didática* 10: 29-51
- SÁ, J. M. 1991. Evolucion geodynamique de la ceinture protérozoïque d'Orós, Nord-Est du Brésil. Thèse de doctorat de L'Université de Nancy I, 117p.
- SANTOS, E. J. & BRITO NEVES, B.B., 1984. In: *Precambriano do Brasil*, O., de Almeida, F. F. M., Hasui, Y. (Eds), Província Borborema. Ed. Blucher, Brasil, pp. 123-186.
- SMALL, H. L., 1913. *Geologia e supprimento d'água sub-terrânea no Piauhy e parte do Ceará.* Rio de Janeiro. Inspectoria de Obras Contra as Seccas, Brasil, 146p.
- TELFORD, W. M., GELDART, L. P., SHERIFF, R. R., KEYS, D.A., 1998. *Applied Geophysics*, 5 ed., Cambridge University Press, 860 p.
- VASCONCELOS, A.M. et al. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Iguatu. Folha SB.24-Y-B. Estado do Ceará. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 1998.