



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

*Northeast Geosciences Journal*

v. 8, nº 1 (2022)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n1ID21766>



## Caracterização do Embasamento Adjacente à Sub-Bacia Sergipe, Brasil: Modelagem Bidimensional direta e inversa de dados gravimétricos

### *Characterization of the Basement Adjacent to the Sergipe Sub-Basin, Brazil: Direct and inverse two-dimensional modeling of gravity data*

Mariana Rosário Conceição Sampaio<sup>1</sup>; Alanna Costa Dutra<sup>2</sup>; Alexandre Barreto Costa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia, Departamento de Geofísica/Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: mariana.rc.sampaio@outlook.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6271-2052/>

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia, Departamento de Física da Terra e do Meio Ambiente/ Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: alannacd@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9144-5683/>

<sup>3</sup> Universidade Federal da Bahia, Departamento de Física da Terra e do Meio Ambiente/ Instituto de Geociências, Salvador/BA, Brasil. Email: albarcos@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3406-8444/>

**Resumo:** Neste trabalho, a estrutura em subsuperfície do embasamento adjacente à sub-bacia Sergipe foi caracterizada utilizando dados gravimétricos que forneceram informações sobre a distribuição do contraste de densidade, a geometria e profundidades das principais fontes, a partir da aquisição, processamento, e modelagem bidimensional direta e inversa desses dados. Tais informações geraram uma otimização do entendimento em relação ao arcabouço do embasamento e sua relação com a seção sedimentar da sub-bacia Sergipe. Tivemos como base do estudo informações geológicas, densidade das rochas coletadas na localidade, dados gravimétricos, e interpretação de mapas magnéticos. A inversão bidimensional gravimétrica nos permitiu chegar a um resultado otimizado para o valor do contraste de densidade das principais fontes que foi de 0,15-0,20 g/cm<sup>3</sup>. Algumas fontes anômalas foram mapeadas alcançando profundidades de 5 a 7 km. Na região sedimentar da sub-bacia, a sua interface sedimento-embasamento chega ao limite de 4 a 5 km de profundidade. A integração desses dados permitiu ter um modelo de densidade em subsuperfície mais realista, assim como um modelo geológico interpretativo, e prevê que as regiões dômicas desse embasamento estão acomodados na parte superior da crosta.

**Palavras-chave:** Modelagem gravimétrica; Bacia Sergipe-Alagoas; Inversão gravimétrica.

**Abstract:** In this work, the subsurface structure of the basement adjacent to the Sergipe sub-basin was characterized using gravity data in order to provide information about the density contrast distribution, geometry, and depths of the main sources through the acquisition, processing, and direct and inverse two-dimensional modeling of these data. Such information generated an optimization of the understanding in relation to the basement framework and its relationship with the sedimentary section of the Sergipe sub-basin. The study was based on geological information, density of rocks collected in the locality, gravity data, and interpretation of magnetic maps. The two-dimensional gravity inversion allowed us to reach an optimized result for the density contrast value of the main sources, which was 0.15-0.20 g/cm<sup>3</sup>. Anomalous sources were mapped reaching depths of 5 to 7 km. In the sedimentary region of the sub-basin, its sediment-basement interface reaches a limit of 4 to 5 km in depth. The integration of these data allowed for a more realistic subsurface density model, as well as an interpretive geological model, and predicts that the dome regions of this basement are accommodated in the upper part of the crust.

**Keywords:** Gravity modeling; Sergipe-Alagoas basin; Gravity inversion.

Recebido: 17/07/2020 Aceito: 31/08/2021; Publicado: 27/01/2022.

## 1. Introdução

Neste artigo, a modelagem bidimensional direta e inversa de dados gravimétricos foi realizada na região da sub-bacia de Sergipe para se obter informações de contraste de densidade, contatos laterais, geometria e profundidade de fontes dispostas na subsuperfície do embasamento adjacente à sub-bacia.

A descrição do contexto geológico na área de estudo vem sendo bem explicado (SANTOS *et al.*, 2000; RANCAN *et al.*, 2008; MENDES *et al.*, 2017), no entanto, modelos em subsuperfície são escassos. Sendo assim, a geofísica é empregada como uma ferramenta eficaz para produção de modelos da distribuição de propriedades físicas em subsuperfície na região.

A utilização do método gravimétrico neste trabalho ofereceu a possibilidade de estudar o ambiente em escalas regionais, com baixo custo e uma boa quantidade de dados de qualidade disponíveis, através da detecção de anomalias relacionadas à variação de contrastes de densidade em subsuperfície. Apesar das suas vantagens, os métodos potenciais apresentam o problema da ambiguidade em sua interpretação, o que foi resolvido com a introdução das informações geológicas, propriedades físicas das rochas de amostras em superfície e dados magnéticos para posterior correlação com os dados gravimétricos. Tais informações foram importantes para fundamentar as interpretações geológicas da região, podendo indicar desde reativações de falhas a indicações de soerguimento do embasamento ou espessamentos crustais, além de fornecer informações essenciais para produzir modelos em subsuperfície.

A modelagem inversa contou com informações geológicas e geofísicas de trabalhos anteriores na área, como Dutra *et al.* (2019), Dutra *et al.* (2017) e de Argollo *et al.* (2011), trazendo respectivamente temas acerca da integração de resultados a respeito do controle tectônico da parte sul da Faixa Sergipana, determinação de espessura da interface sedimento-embasamento da sub-bacia Sergipe e a produção de calor radiogênico nos domínios aqui estudados.

Apesar de se encontrar em avançado estado exploratório, a sub-bacia sedimentar Sergipe apresenta áreas com potenciais ainda inexplorados e que merecem atenção. Uma das maneiras de se estudar estes possíveis locais de exploração mineral é obtendo características do embasamento adjacente a ela, supondo que a base dos seus sedimentos, pelo menos petrofisicamente, seja semelhante a área estudada. Assim, permite-se uma extrapolação das características e estruturas reconhecidas na porção vizinha para o embasamento da referida bacia.

## 2. Contexto geológico

A Bacia de Sergipe-Alagoas, localizada no nordeste da margem continental Brasileira, com uma extensão de cerca de 44.370 km<sup>2</sup> (onshore e offshore) e uma orientação geral NNE-SSW, localiza-se entre os paralelos 9°S e 11°30'S e os meridianos 34°30'W e 37°30'W. É limitada ao norte pela Bacia Pernambuco-Paraíba através do alto de Maragogi e ao sul pela Bacia do Jacuípe. Esta bacia possui um limite interno, marcado pelo Alto de Japoatã Penedo, que a subdivide em dois importantes complexos sedimentares, sub-bacia de Sergipe ao Sul (SBSE) e Alagoas ao Norte (SBAL) (ANP, 2017).

A Bacia Sergipe-Alagoas tem sua origem relacionada com a separação das placas Sul-Americana e Africana a partir do fraturamento e ruptura do mega continente Gondwana, propagada de sul para norte, ainda que existam registros sedimentares anteriores a este evento (ANP, 2017). Recentemente, em 2019, uma notícia divulgada pela Gás Energy (VICTAL, 2019) anunciou a descoberta de seis novos campos de gás natural na região de Sergipe-Alagoas pela Petrobras, aumentando o interesse em pesquisas na região. Além de ser importante para o estudo da bacia, o embasamento em questão pode ser tratado como um ambiente latente para pesquisas mais profundas acerca da geotectônica cronológica dos domínios geotectônicos abrangidos ou aprofundamentos na busca por possíveis pontos de exploração de corpos de interesse mineral (MENDES *et al.*, 2009).

O embasamento adjacente da sub-bacia Sergipe está inserido na sub-província Borborema Meridional e em parte do Cráton São Francisco. Em sua extensão, existem subdivisões (Figura 1), conhecidas por domínios geotectônicos, que constituem este embasamento, como: domínio Salvador-Esplanada-Boquim (SEB) relacionado ao Cráton do São Francisco (CSF); domínios Estância, Canudos-Vaza-Barris, Canindé, Macururé que estão relacionados à Faixa Sergipana (FS); domínios Rio Coruripe e Pernambuco-Alagoas (SANTOS *et al.*, 2000). Cada domínio é geologicamente dividido de acordo com aspectos estruturais e estratigráficos característicos da área e diferentes entre si.

Além dos elementos estruturais dos principais domínios em destaque, existem duas unidades dômicas inseridas no embasamento, que são destoantes litologicamente de seus arredores e evidenciam importantes assinaturas em medições geofísicas. Tais estruturas são os Domos de Itabaiana e Girau do Ponciano. O primeiro aflora no domínio Canudo-Vaza-Barris e está localizado entre duas importantes zonas de cisalhamento, a de São Miguel de Aleixo e a de Itabaiana. O segundo, Domo Girau do Ponciano, está situado no Domínio Macururé, adjacente à zona de cisalhamento Belo Monte

Jeremoabo. Nosso principal interesse neste trabalho é estudar o embasamento adjacente à sub-bacia Sergipe e suas estruturas que apresentam informações importantes para o entendimento do arcabouço crustal e a correlação tectônica entre o Cráton do São Francisco e a parte sul da Faixa Sergipana.

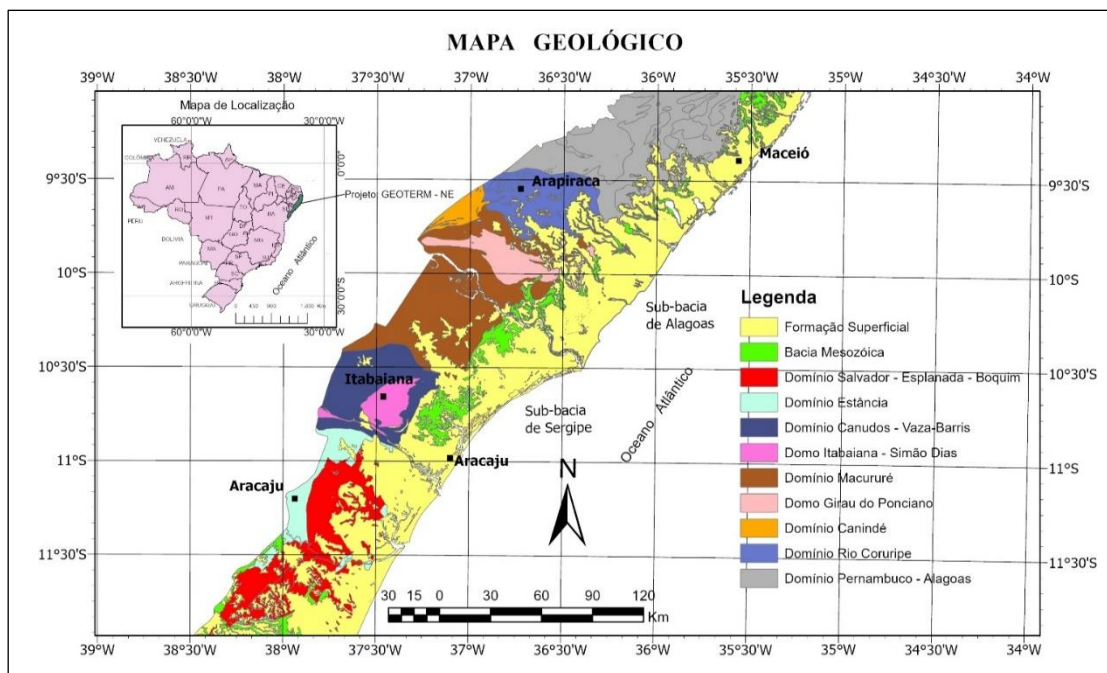


Figura 1 - Geológico simplificado da região de estudo, contendo indicações dos domínios geotectônicos presentes.  
Fonte: Adaptado de Argollo et al. (2011).

### 3. Dados e metodologias utilizadas

Os dados gravimétricos utilizados na modelagem direta e inversa são oriundos de campanhas terrestres do projeto Geoterm (IF-UFBA), em que as medidas foram realizadas com um gravímetro Scintrex CG-5, em conjunto com um levantamento planialtimétrico com GPS diferencial. Dados fornecidos pela Rede Nacional de Gravimetria através do banco de dados da ANP (Petrobras e outras empresas petrolíferas) e da CPRM, além de dados cedidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) completaram as informações gravimétricas empregadas na pesquisa. No processamento de dados, etapa seguinte à aquisição, foram realizadas as reduções gravimétricas necessárias e os tratamentos adequados para destacar as estruturas geológicas de interesse no embasamento adjacente, e assim gerar mapas e perfis para a modelagem 2-D. Para obtermos uma interpretação mais adequada dos dados espaciais e traçarmos os perfis para as modelagens em direções convenientes, foram utilizados dados magnéticos da região.

Assim, obtivemos as curvas das anomalias gravimétricas residuais, necessárias ao processo de inversão. Esta modelagem inversa baseou-se em uma concepção linear, no qual o substrato é representado por uma malha homogênea de posição e tamanho conhecidos, mas com contraste de densidade desconhecido. O processo consiste em determinar o contraste de densidade em cada célula e, com isto, delinear a geometria da fonte verdadeira (GUILLEN *et al.*, 1984; LAST *et al.*, 1983; SILVA *et al.*, 2006). As informações sobre densidade foram retiradas de amostras de rochas disponibilizadas pelo Projeto Geoterm-UFBA (BOEKER, 2011). Adquirindo informações de profundidade, contraste de densidade e/ou geometria de corpos oriundas da inversão, foram confeccionados modelos diretos em subsuperfície, no qual, a formulação teórica da modelagem bidimensional utilizada permite a representação das estruturas litológicas por polígonos (TALWANI *et al.*, 1959).

#### 3.1 Método gravimétrico

O método gravimétrico baseia-se no mapeamento da variação de valores de aceleração gravimétrica que correspondem à uma variação lateral de densidade ( $\rho$ ) em subsuperfície, detectando anomalias derivadas do contraste da propriedade em questão. Quanto maior a densidade do corpo, maior será a atração gravitacional naquele ponto, assim no caso de uma bacia sedimentar, seu depocentro deverá apresentar baixos valores gravimétricos, tendo em vista que suas rochas geralmente têm densidades menores que o seu embasamento e que as rochas no seu entorno, gerando contrastes negativos no local.

Apesar de ser um bom método geofísico com dados de qualidade disponíveis, ele apresenta problemas de ambiguidade, permitindo diversas interpretações para uma mesma curva de anomalia analisada. Logo, para diminuir os erros em suas conclusões, seu exame deve ser sempre associado a outros métodos e informações a priori. A aquisição gravimétrica é realizada com um aparelho chamado gravímetro e pode ser feita tanto de forma aérea como terrestre.

Sabemos que, devido à forma irregular do planeta e seus movimentos, o valor da aceleração gravitacional ( $g$ ) não é constante em toda a superfície. Logo, para alcançarmos nosso objetivo, as anomalias geradas pela variação de densidade em subsuperfície, é necessário eliminarmos as outras influências realizando assim as reduções gravimétricas. Para os dados gravimétricos utilizados neste artigo, foram realizadas as correções temporal e de maré, de latitude, Ar-Livre e Bouguer, além da correção de deriva intrínseca ao equipamento utilizado.

A anomalia Bouguer depende das dimensões, contraste de densidade e profundidade da fonte. Desta maneira, através da observação das curvas anômalas, é possível inferir se o corpo a que ela pertence é mais raso ou profundo. Estruturas profundas tendem a produzir anomalias mais achatadas que ocupam uma área maior, enquanto estruturas mais rasas tendem a produzir anomalias estreitas e de amplitude mais definida.

Durante a etapa do processamento, para separar a anomalia referente aos corpos mais profundos da anomalia referente aos corpos mais rasos, é realizada a separação regional-residual através de filtragens ou/e processos matemáticos de ajuste polinomial (BELTRÃO *et al.*, 1991). As filtragens ocorrem no domínio da frequência, onde as estruturas mais próximas a superfície apresentam frequências mais altas e seu campo característico é conhecido como residual. O campo regional é característico de corpos profundos responsáveis pelas baixas frequências no dado.

### 3.2 Modelagem direta 2-D

A técnica utilizada de modelagem bidimensional é baseada em Talwani *et al.* (1959), o qual permite que as estruturas litológicas sejam retratadas por polígonos e representadas por perfis ortogonais à direção da anomalia. O cálculo para o volume do corpo é realizado a partir da atração gravitacional causada por cada vértice do polígono modelado, de forma que a precisão do ajuste, avaliado pelo intérprete, aumenta com o aumento do número de vértices do(s) polígono(s). O contraste de densidade usado para caracterizar as variações desta propriedade devem ser constantes para cada corpo poligonal no modelo inicial (TALWANI *et al.*, 1959).

Matematicamente, adota-se um sistema de coordenadas cartesianas com origem no ponto P do plano xz, e o eixo-z positivo apontando verticalmente para baixo. Nessa geometria, consideram-se os ângulos entre o plano xz e uma reta que liga o ponto P ao ponto médio de cada lado do polígono ( $\theta_i$ ), e o ângulo ( $\vartheta_i$ ) entre o vértice i e o plano xz (TALWANI *et al.*, 1959). A componente vertical ( $\Delta g_z$ ) e Horizontal ( $\Delta g_x$ ) da atração gravitacional de um polígono de n lados e de densidade  $\rho$  são calculadas respectivamente de acordo com as equações 1 e 2 de Talwani *et al.*, (1959), onde os parâmetros  $Z_i$  e  $X_i$  são calculados a partir das equações 3 e 4.

$$\Delta g_z = 2G\rho \sum_{i=1}^n Z_i \quad (1)$$

$$\Delta g_x = 2G\rho \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

$$Z_i = a_i \sin(\vartheta_i) \cos(\theta_i) [\theta_i - \theta_{i+1} + \tan(\vartheta_i) \ln \frac{\cos(\theta_i)(\tan(\theta_i) - \tan(\vartheta_i))}{\cos(\theta_{i+1})(\tan(\theta_{i+1}) - \tan(\vartheta_{i+1}))}] \quad (3)$$

$$X_i = a_i \sin(\vartheta_i) \cos(\theta_i) \{ \tan[\vartheta_i(\theta_{i+1} - \theta_i)] + \ln \frac{\cos(\theta_i)(\tan(\theta_i) - \tan(\vartheta_i))}{\cos(\theta_{i+1})(\tan(\theta_{i+1}) - \tan(\vartheta_{i+1}))} \} \quad (4)$$

Segundo Blakely (1996), o grande problema da modelagem é conseguir representar a geologia através de formas geométricas com o máximo de fidelidade possível e com o mínimo custo computacional, assim, é imprescindível o máximo de informação geológica inicial e a integração de métodos geofísicos na interpretação da região.

### 3.3 Modelagem inversa 2-D

A metodologia de inversão aplicada neste artigo, produzida por Silva *et al.* (2006), é baseada na técnica de modelagem inversa de Guillen *et al.* (1984), modificado para permitir a interpretação de anomalias causadas por fontes complexas e interferentes. Tal ferramenta utiliza-se dos dados de anomalia gravimétrica observados, e de especificações iniciais indicadas pelo intérprete. Estas informações sugerem os contornos das fontes anômalas em termos de elementos geométricos (segmentos de linha e pontos) e o contraste de densidade associado aos elementos geométricos/ fontes.

A malha do modelo inverso de interpretação é subdividida em prismas 2-D justapostos, com valores de densidade constantes a serem determinados, enquanto as curvas de anomalias gravimétricas são dispostas ao longo de um perfil perpendicular à direção da estrutura. O método então estima a distribuição do contraste de densidade que se ajusta à observação dentro dos erros experimentais e representa fontes compactas mais próximas dos elementos geométricos especificados (SILVA *et al.*, 2006). O usuário tem o poder de modificar a estrutura das fontes a partir da alteração de parâmetros no modelo inicial inserido e testar modelos até que ocorra uma adequação satisfatória do modelo gerado e um ajuste entre a anomalia observada e calculada aceitável. Os procedimentos matemáticos envolvidos estão detalhados em Silva *et al.* (2006).

Os parâmetros aplicados às malhas empregadas nas inversões 2-D, referentes a cada perfil gravimétrico analisado no estudo, encontram-se dispostos na tabela 01.

*Tabela 01 – Especificações das malhas empregadas na modelagem inversa 2-D referente a cada perfil traçado.*

<b>Especificações das malhas empregadas na modelagem inversa 2-D</b>				
<b>Parâmetro</b>	<b>Perfil 1</b>	<b>Perfil 2</b>	<b>Perfil 3</b>	<b>Perfil 4</b>
Comprimento da célula em x (km)	0,8	0,8	0,8	0,8
Comprimento da célula em z (km)	0,8	0,8	0,8	0,8
Quantidade de células em x	131	137	91	184
Quantidade de células em z	15	15	15	15

*Fonte: Própria (2020).*

### **3.4 Método magnetométrico**

A Magnetometria é o método geofísico caracterizado pela detecção de anomalias no campo magnético da Terra, influenciadas pela variação da taxa de minerais magnéticos na composição das rochas em subsuperfície. Desta forma, a magnetometria utiliza as informações do campo magnético para investigar estruturas em subsuperfície, oferecendo informações como geometria e profundidade das fontes anômalas. Além da identificação das fontes, através dos processamentos do dado magnético, é possível delinear e mapear dobras, falhas e outras estruturas. Neste artigo, utilizamos as informações obtidas a partir da transformação linear da Amplitude do Sinal Analítico (NABIGHIAN, 1972), a fim de identificar e mapear em subsuperfície as estruturas dômicas de Girau do Ponciano e de Itabaiana.

O dado magnetométrico utilizado nesse trabalho é oriundo do levantamento aeromagnético 1102 ESTADO DE SERGIPE pertencente ao banco de dados da CPRM, onde, a aquisição destes foi feita ao longo de linhas de voo paralelas e equiespaçadas em 500 m, com direção de voo N-S. As linhas de controle (tie-lines) foram realizadas perpendicularmente às linhas de reconhecimento com espaçamento de 5 km e direção E-W.

### **4. Resultados e discussão**

Em posse dos dados gravimétricos devidamente processados, foi aplicada uma separação regional-residual ao dado interpolado, através do método polinomial robusto de grau três (BELTRÃO *et al.*, 1991). Esse procedimento foi empregado para destacar as estruturas interessantes à modelagem, tais como a sub-bacia de Sergipe e os domos de Itabaiana e Girau do Ponciano (Figura 2). Assim, obtivemos modelos inversos e diretos do conjunto formado pelo embasamento e a sub-bacia, traçando quatro perfis ao longo da região utilizando informações geofísicas e geológicas dos ambientes de interesse.

De acordo com os mapas gravimétricos da figura 2, podemos observar as mudanças nas anomalias devido a separação regional-residual, variando as tendências em alguns pontos do mapa. Um maior destaque foi dado à região com baixo

gravimétrico na porção sudeste do mapa, o qual deve ser relacionado à área sedimentar da sub-bacia Sergipe. Outra constatação deduzida através da figura 2 é a disposição do domo Girau do Ponciano em uma região de alto gravimétrico, indicando amplitudes de cerca de  $11,5 \pm 1,0$  mGal no mapa residual.

Quanto ao domo de Itabaiana, este se encontra em uma região que se torna menos destacada após a realização do processo de separação regional-residual, assinalando valores da ordem de  $0,2 \pm 0,1$  mGal, amplitudes não tão expressivas como na estrutura citada anteriormente. O mapa de anomalia Bouguer total apresenta valor máximo e mínimo de 58,3 mGal e -37,3 mGal, enquanto o mapa de anomalia Bouguer residual indicou amplitudes variando de -39,1 mGal a 22,4 mGal, assim, percebe-se que houve um acentuamento de anomalias negativas e uma redução na amplitude das anomalias positivas após a separação realizada.

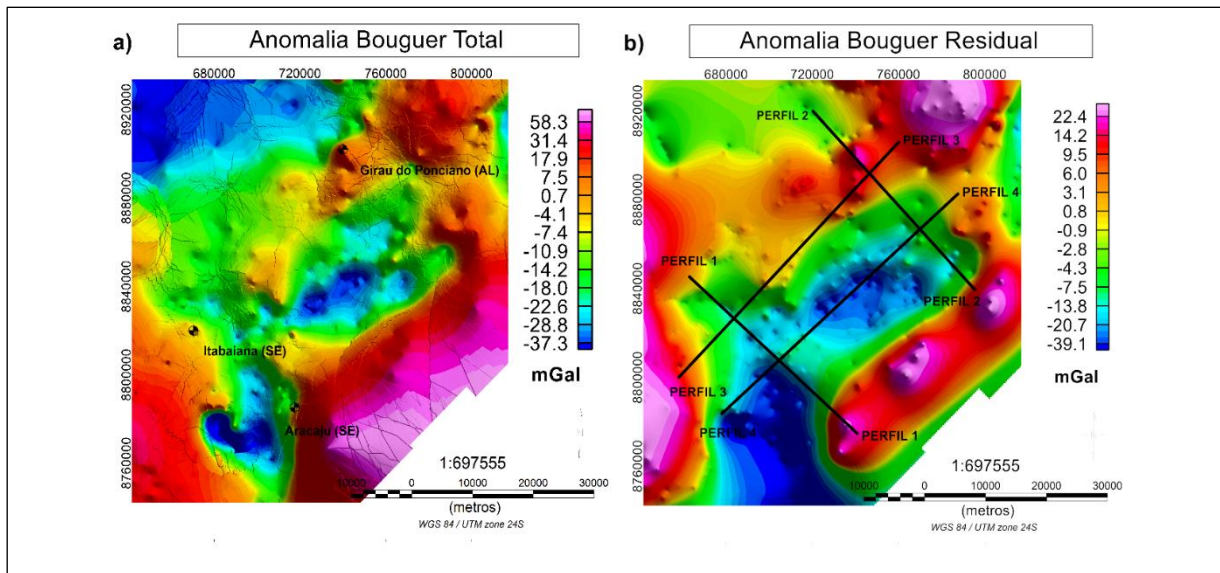


Figura 2 – a) Mapa de anomalia Bouguer total da região de estudo, com a indicação dos municípios de Aracaju, Itabaiana e Girau do Ponciano. b) Mapa de anomalia Bouguer residual da região de estudo, com a indicação dos 4 perfis analisados.

Fonte: Própria (2020).

O trabalho realizado previamente por Sampaio *et al.* (2019) apresenta a distribuição de valores de densidades para a área de estudo. Estes valores foram obtidos a partir de amostras de rochas coletadas em campo e as médias da propriedade em questão por domínio geológico também foram adquiridas neste trabalho (Figuras 3 e 4).

Na figura 5, temos o mapa representativo da Amplitude do Sinal Analítico aplicada ao campo magnético de anomalia total. Nesta imagem, é possível perceber a assinatura magnética do domo de Itabaiana na porção Sudoeste do mapa, a qual apresenta amplitudes de cerca de  $0,07 \pm 0,01$  nT/m, destacando-se do seu entorno irrelevante magneticamente. Quanto ao domo de Girau do Ponciano, seu relevo magnético destacado pode ser percebido na parte Nordeste do mapa, situado em uma região de intensas amplitudes, correspondente a domínios geotectônicos que apresentam estruturas e zonas de cisalhamento, as quais configuram-se como fontes magnéticas em evidência. Desta forma, os valores correspondentes a este domo são sobressalentes e da ordem de  $0,09 \pm 0,01$  nT/m.



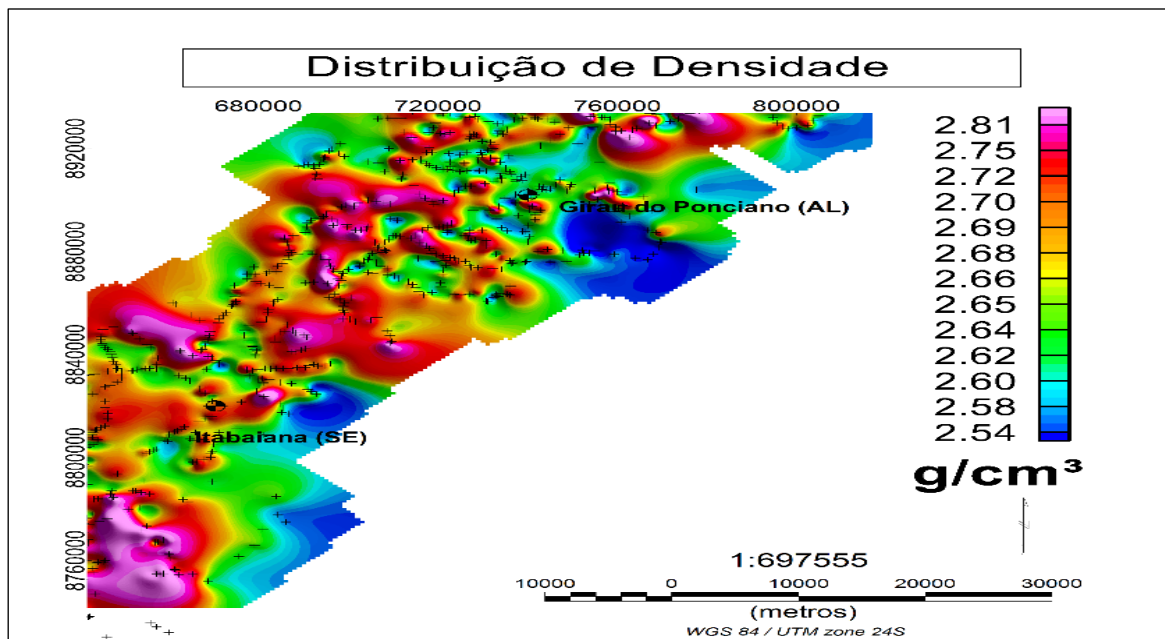


Figura 3 - Distribuição de densidades ( $g/cm^3$ ) de amostras de rochas coletadas em campo (pontos pretos).

Fonte: Própria (2020).

Nos pontos em evidência das assinaturas magnéticas dos domos, é perceptível uma identificação espacial de continuidade da estrutura que vai além do exposto em mapas geológicos. Considerando o caráter sequencial desta assinatura como uma indicação de seguimento em subsuperfície da formação geológica em questão, utilizamos informações de contorno das fontes magnéticas de interesse, retiradas da transformação linear vista na figura 5, auxiliando assim, a alocação correta dos perfis sobre os domos de Itabaiana e Girau do Ponciano. Desta forma, os quatro perfis foram confeccionados e podem ser vistos nas figuras 2 e 5, nos mapas de anomalia Bouguer residual e de amplitude do sinal analítico respectivamente.

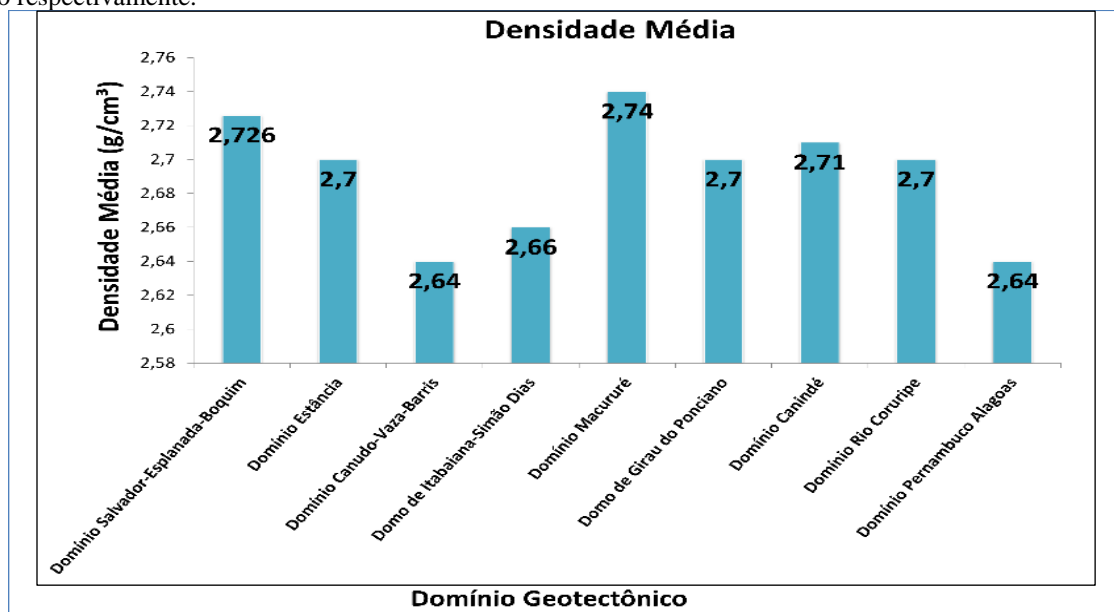


Figura 4 - Valor médio de densidade ( $g/cm^3$ ) por domínio geológico.

Fonte: Própria (2020).

Os perfis 1, 2 e 3 foram traçados propositalmente sobre os domos, tendo em vista o conhecimento prévio de características geofísicas e geológicas de tais estruturas que auxiliaram no processo de modelagem. Uma simples comparação com a figura 1, evidencia a congruência entre os formatos dos contornos geológicos e magnéticos dos domos, embora a figura 5 apresente informações a mais que a geologia não pode oferecer.

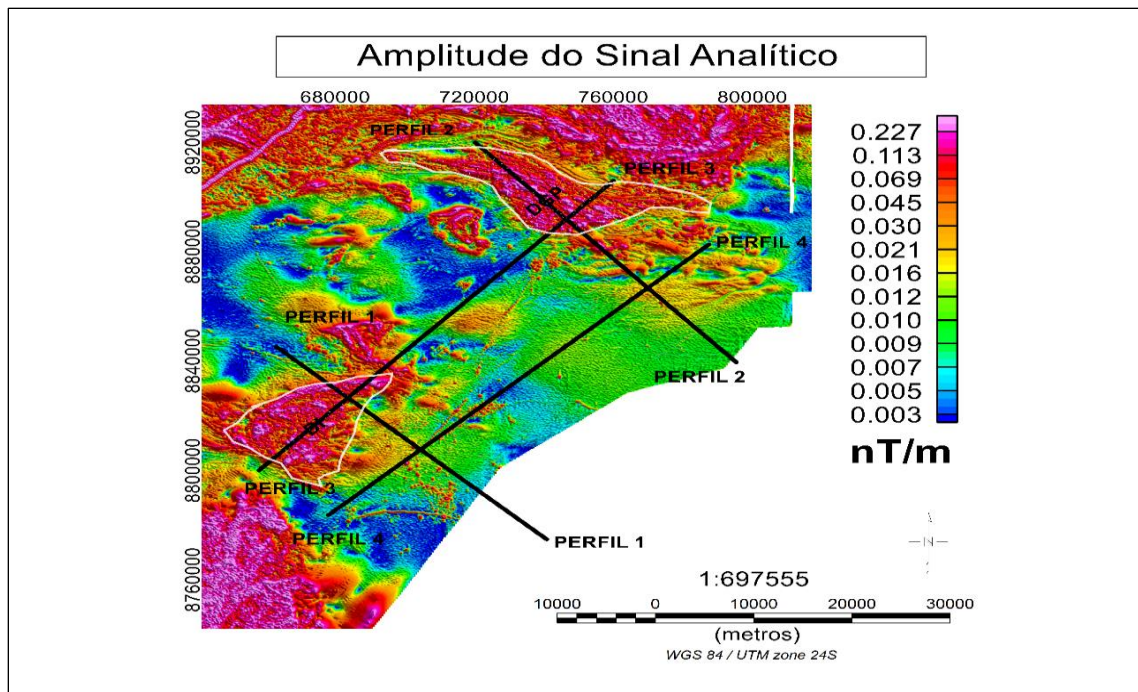


Figura 5 - Mapa da amplitude do Sinal Analítico, evidenciando os perfis traçados para realizar as modelagens com indicação dos Domos de Itabaiana (DI) e Domo Girau do Ponciano (DGP)

Fonte: Própria (2020).

Segundo a disposição da seção definida como perfil 1, esta será correspondente ao conjunto embasamento + domo de Itabaiana + sub-bacia Sergipe, enquanto o perfil 2 abordará o embasamento com enfoque no domo de Girau do Ponciano e a sub-bacia. O perfil 3 mostrará a região do embasamento adjacente, transpassando as estruturas dômicas e o perfil 4 exibirá apenas a região sedimentar em estudo.

Em posse das curvas de anomalias gravimétricas referentes aos quatro perfis, foi iniciada a modelagem inversa 2-D dos dados, a qual contou com informações geológicas a priori (SILVA *et al.*, 1995; BOEKER, 2011; SAMPAIO, 2019) para definir os contrastes iniciais de densidade dos corpos conhecidos, e geográficas, para localizar as fontes de interesse, e assim construir os modelos iniciais a serem inseridos no programa utilizado (SILVA *et al.*, 2006). Neste processo, o autor utilizou-se de formas pontuais para representar os domos estudados e retas para representar a profundidade média do embasamento na região do perfil, ou em determinados casos, a bacia, através de uma reta alocada na superfície. Para a confecção das malhas de inversão dos perfis, foram empregados os valores de comprimento e quantidade de células, na vertical e horizontal, dispostos na tabela 01. Os valores de contraste de densidade utilizados para os modelos inseridos em cada perfil são encontrados na tabela 02.

Obtendo os resultados da inversão 2-D trabalhada neste artigo, respeitando as informações geológicas da bibliografia (SILVA *et al.*, 1995; BOEKER, 2011; SAMPAIO, 2019) e empenhando conjuntamente o modelo inverso de profundidade retirado de Dutra *et al.* (2017) nos perfis que correspondiam a região invertida (perfis 2 e 4), foram confeccionados modelos gravimétricos diretos dos quatro perfis. Os valores de densidade utilizados para cada grupo/formação/estrutura geológica presente nestas representações, encontram-se dispostos na tabela 03.



Tabela 02 – Contrastes de densidade utilizados nos modelos iniciais da inversão 2-D referente a cada perfil traçado.

<b>Contrastes de densidade para modelagem inversa 2-D (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
<b>Estrutura geológica</b>	<b>Perfil 1</b>	<b>Perfil 2</b>	<b>Perfil 3</b>	<b>Perfil 4</b>
Embasamento	0,12	0,12	0,14	0,2
Sub-bacia Sergipe	-0,12	-0,12	X	-0,2
Domo de Itabaiana	0,12	X	0,2	X
Domo de Girau do Ponciano	X	0,2	0,15	X
Fonte identificada (F1)	0,25	X	X	X

Fonte: Própria (2020).

Os valores de densidade utilizados para os domos ortognaissicos de Itabaiana e Girau do Ponciano, além do embasamento gnaissico, seguiram os dados dispostos na bibliografia (SILVA *et al.*, 1995; BOEKER, 2011; SAMPAIO, 2019) de acordo com sua composição, enquanto os domínios Macururé e Canudos-Vaza-Barris correspondem aos valores de densidade média entre os grupos/formações que os compõem, segundo Silva *et al.* (1995). A densidade relacionada aos domínios adjacentes foi escolhida dentro do range definido para os dois domínios presentes (2,62 a 2,71 g/cm<sup>3</sup>) na região do perfil 3.

Tabela 03 – Densidades utilizadas nas formações representadas no modelo direto interpretativo 2-D referente a cada perfil traçado, respeitando os dados desta propriedade dispostos em Silva *et. al* (1995), Sampaio (2019) e Boeker (2011).

<b>Densidades utilizadas na modelagem direta 2-D (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
<b>Estrutura/ Formação</b>	<b>Perfil 1</b>	<b>Perfil 2</b>	<b>Perfil 3</b>	<b>Perfil 4</b>
Domo de Itabaiana	2,67	X	2,67	X
Domo de Girau do Ponciano	X	2,82	2,8	X
Embasamento	2,82	2,86	2,85	2,82
Sub-bacia de Sergipe	2,45	2,46	X	2,45
Sedimentos externos	2,6	2,6	X	2,6
Sedimentos superficiais	X	2,3	X	2,3
Domínio Macururé	X	2,73	X	X
Domínio Canudos-Vaza-Barris	2,62	X	X	X
Domínios adjacentes	X	X	2,71	X

Fonte: Própria (2020).

#### 4.1 Modelagens do perfil 1

O perfil 1 foi traçado na direção NW-SE, transpassando o Domo de Itabaiana e a porção sul da sub-bacia Sergipe, contabilizando cerca de 104,7 km de extensão. Na borda SE do perfil em questão, pode-se perceber uma forte anomalia gravimétrica positiva (Figura 2).

Atribui-se a esta seção uma fonte anômala distinta, onde supõe-se pelo contexto geológico da área, que possa ser parte da região norte do Cráton São Francisco, alojada sob os sedimentos da sub-bacia Sergipe. Assim, para representar esta fonte identificada, nomeada como F1, foi acrescido no modelo inicial para a inversão, uma forma geométrica pontual com uma densidade diferente das outras estruturas representadas.

Completando o modelo inicial, ainda foram inseridas as formas representativas do domo (ponto próximo à superfície, pelo seu caráter aflorante), do embasamento (reta extensa à 4,2 km de profundidade) e da sub-bacia (reta superficial). Os parâmetros da malha e os valores de contraste de densidade utilizados na inversão estão dispostos nas tabelas 01 e 02 respectivamente. O resultado obtido pode ser visto na figura 6.

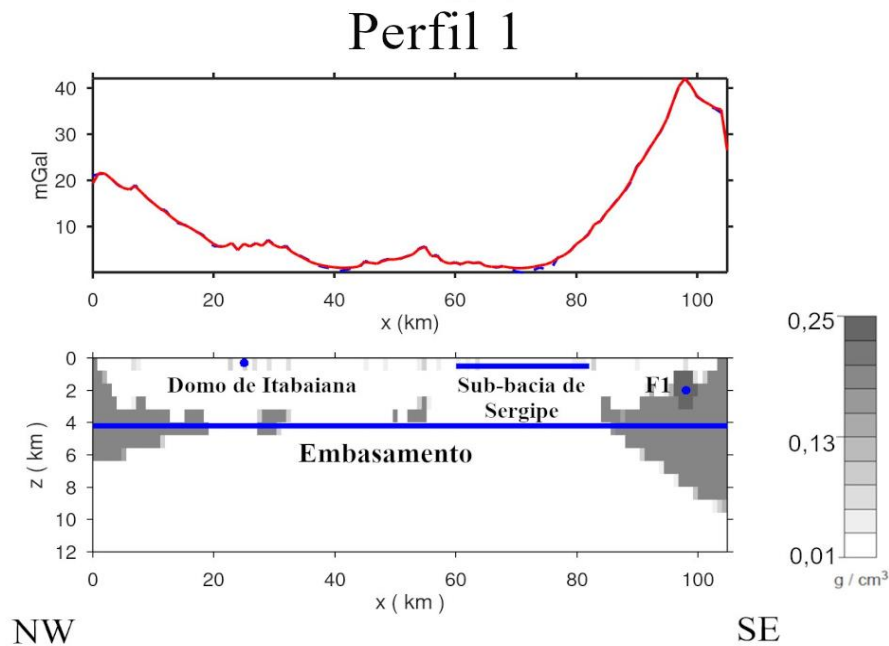


Figura 6 - Modelo resultante da inversão do perfil 1, onde o substrato é representado por uma malha de prismas 2-D justapostos com cada célula indicando um valor de contraste de densidade constante. A curva vermelha representa a anomalia observada e a curva pontilhada representa a anomalia calculada a partir do modelo invertido.

Fonte: Própria (2020).

Observando o perfil 1, verificamos concentrações de altos contrastes de densidade nas bordas e espaçadas ao longo do que se supõe ser o embasamento, ainda é possível identificar uma pequena variação de valores próximos ao ponto representante do domo e um contraste de densidade maior no entorno de F1. Quanto à geometria das fontes, não obtivemos muitas informações, com exceção do limite do relevo basal nas bordas, próximo a superfície. No mais, a curva ajustou quase que perfeitamente neste modelo, o que induz um olhar positivo à profundidade do topo do embasamento escolhida, assim como os contrastes de densidade dos corpos representados no modelo inicial. Os valores registrados variaram de 0,01 a 0,25  $\text{g/cm}^3$  neste perfil.

Por sua vez, a modelagem direta resultante (Figura 7) apresentou um erro de 0,740 mGal entre a curva de anomalia gravimétrica calculada e observada. No modelo, foram representadas a sub-bacia Sergipe, alocada de acordo com os dados geológicos obtidos, a estrutura dômica em questão, representada por um corpo aflorante e com forma aproximadamente oval, o topo do embasamento, mantido a uma profundidade média de 4,0 km, sedimentos externos à bacia, possivelmente fluviais (RANCAN *et al.*, 2008), e o domínio geotectônico Canudos-Vaza-Barris, onde o perfil encontra-se inserido. Segundo esta interpretação, o embasamento é mais profundo na região do domo, cerca de 4,8 km, e mais raso sob a bacia, sendo esta mantida a uma profundidade média de 2,1 km. Também se pode inferir uma profundidade máxima de 2,3 km para o Domo de Itabaiana nesta seção. Os valores de densidade utilizados em cada camada estão dispostos na tabela 03.

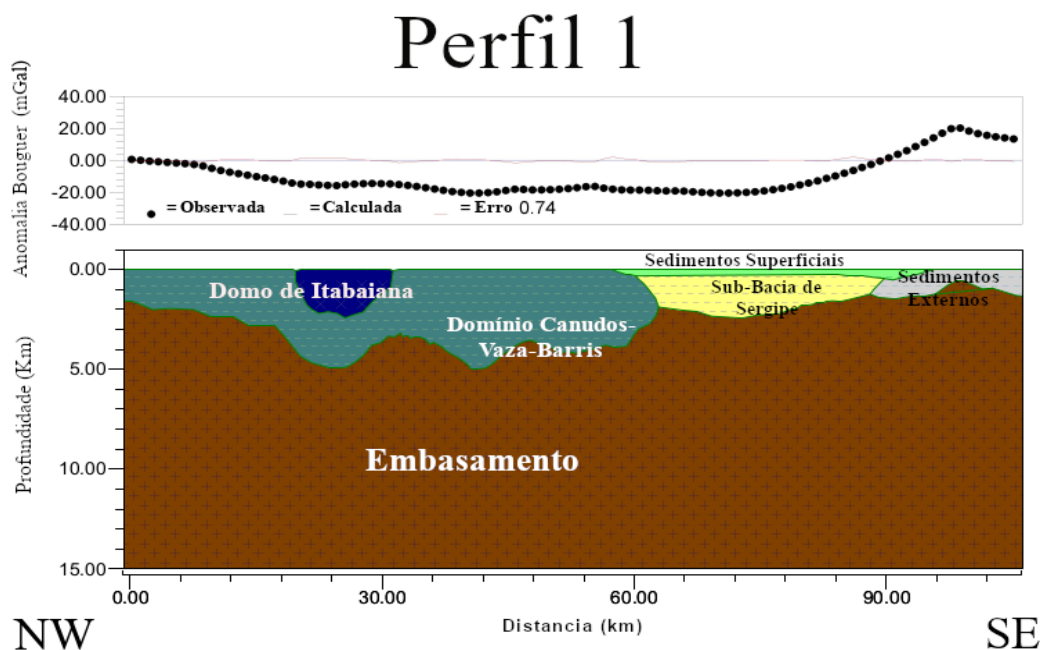


Figura 7 - Modelo direto interpretativo do perfil 1. A curva pontilhada representa a anomalia observada, a curva preta representa a anomalia calculada e a curva vermelha representa o erro entre ambas as anomalias. O substrato é representado pela malha em profundidade e modificado de acordo com a conclusão do intérprete.

Fonte: Própria (2020).

#### 4.2 Modelagens do perfil 2

O perfil 2 foi traçado na direção NW-SE, transpassando o Domo de Girau do Ponciano e a porção norte da sub-bacia Sergipe, contabilizando cerca de 110,3 km de extensão. Para produzir o seu modelo inverso, foram inseridos modelos iniciais representativos do domo (ponto próximo à superfície devido ao seu caráter aflorante), do embasamento (reta extensa à 5,6 km de profundidade) e da sub-bacia (reta superficial), desta forma, obtivemos como resultado o modelo da figura 8. Os parâmetros da malha e os valores de contraste de densidade utilizados na inversão estão dispostos nas tabelas 01 e 02 respectivamente.

Analisando o resultado, é possível identificar concentrações de altos contrastes de densidade nas bordas e demais locais correspondentes aos altos valores de anomalia gravimétrica, na região de onde acredita-se estar localizado o domo e na área sob a bacia, ainda que com pouca expressividade. A curva da anomalia calculada ajustou-se bem à anomalia observada, fortalecendo estes potenciais modelos iniciais. Podemos ainda verificar que na região de presumível localização do domo, não é possível identificar variação nos valores de contrastes de densidade na faixa de profundidade correspondente ao embasamento, o que pode significar densidades semelhantes entre estas estruturas.

Na região da bacia, podemos modelar as alterações do contraste de densidade negativo e profundidade de até 1,8 km, assim, pode-se supor que o arcabouço sedimentar desta área alcança pelo menos esta profundidade. Quanto à geometria das fontes, conseguimos retirar informações sobre o limite superior do embasamento e a sub-bacia Sergipe que auxiliaram a modelagem direta. Os valores registrados variam de -0,02 a 0,20 mGal. Na figura 9, mostramos a profundidade da interface sedimento-embasamento da sub-bacia Sergipe, segundo os resultados da inversão de dados gravimétricos em Dutra *et al.* (2017). Neste caso, a resposta em profundidade encontrada pela inversão acompanha os baixos da anomalia Bouguer, denotando a assinatura gravimétrica baixa geralmente observada em bacias sedimentares.

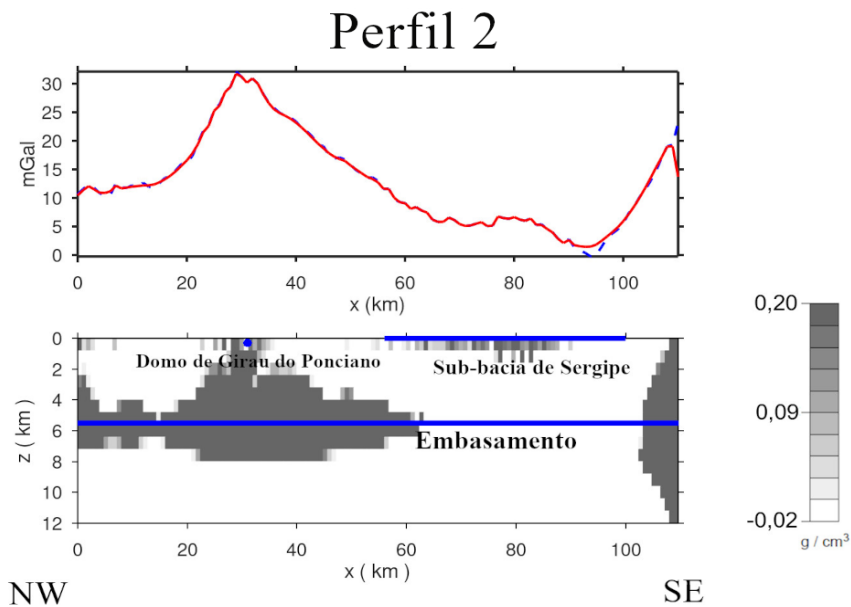


Figura 8 - Modelo resultante da inversão do perfil 2, onde o substrato é representado por uma malha de prismas 2-D justapostos com cada célula indicando um valor de contraste de densidade constante. A curva vermelha representa a anomalia observada e a curva pontilhada representa a anomalia calculada a partir do modelo invertido.  
 Fonte: Própria (2020).

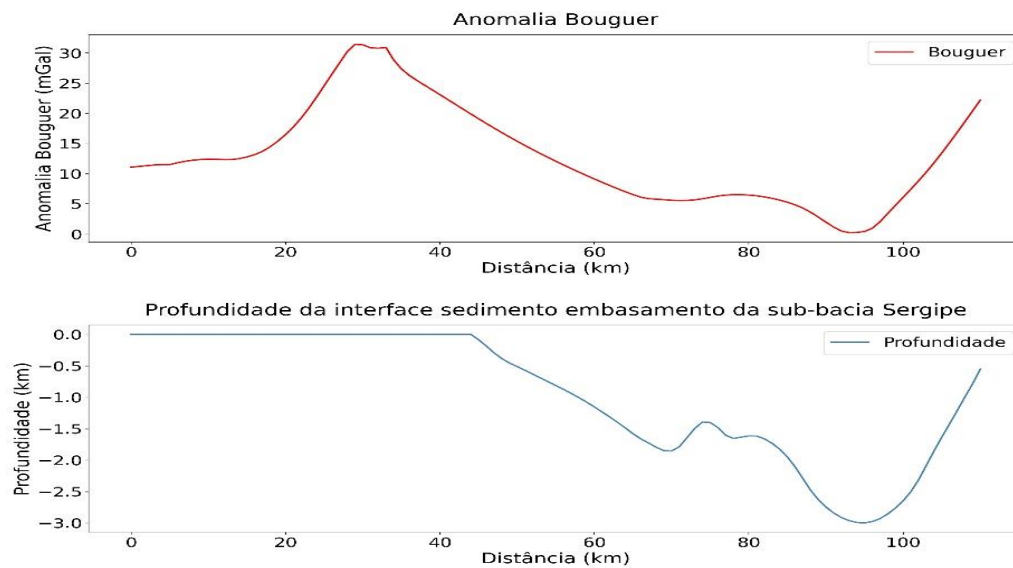


Figura 9 - Curvas representando a anomalia Bouguer, em vermelho, e a profundidade da interface sedimento embasamento da sub-bacia Sergipe, em azul, segundo os resultados da inversão realizada em Dutra et al. (2017) referentes ao perfil 2.  
 Fonte: Própria (2020).

A modelagem direta resultante do perfil 2 (Figura 10) apresentou um erro entre a curva de anomalia gravimétrica calculada e observada de 0,830 mGal. Neste modelo, utilizamos os dados obtidos da inversão de profundidade realizada em Dutra et al. (2017) (Figura 9), em que os sedimentos da sub-bacia Sergipe alcançam uma profundidade máxima de 3

km. Assim, a modelagem direta representou o arcabouço sedimentar com uma profundidade de 2 a 3 km em sua extensão, apresentando uma geometria semelhante aos modelos inversos obtidos.

O domo de Girau do Ponciano foi interpretado com um alcance de até 6 km de profundidade, apresentando densidade próxima a do embasamento (Tabela 03), como suposto pelo modelo de inversão. Ainda foram reproduzidos o embasamento, mais profundo na região correspondente ao domo, semelhante ao modelo inverso nesta parte do perfil, e mais raso na região da bacia, com profundidades médias semelhantes entre o modelo inverso e o direto. Os sedimentos externos à sub-bacia, os sedimentos/coberturas superficiais indicados pela geologia e o domínio Macururé, onde o perfil se encontra inserido, também foram representados. Os valores de densidade utilizados estão dispostos na tabela 03.

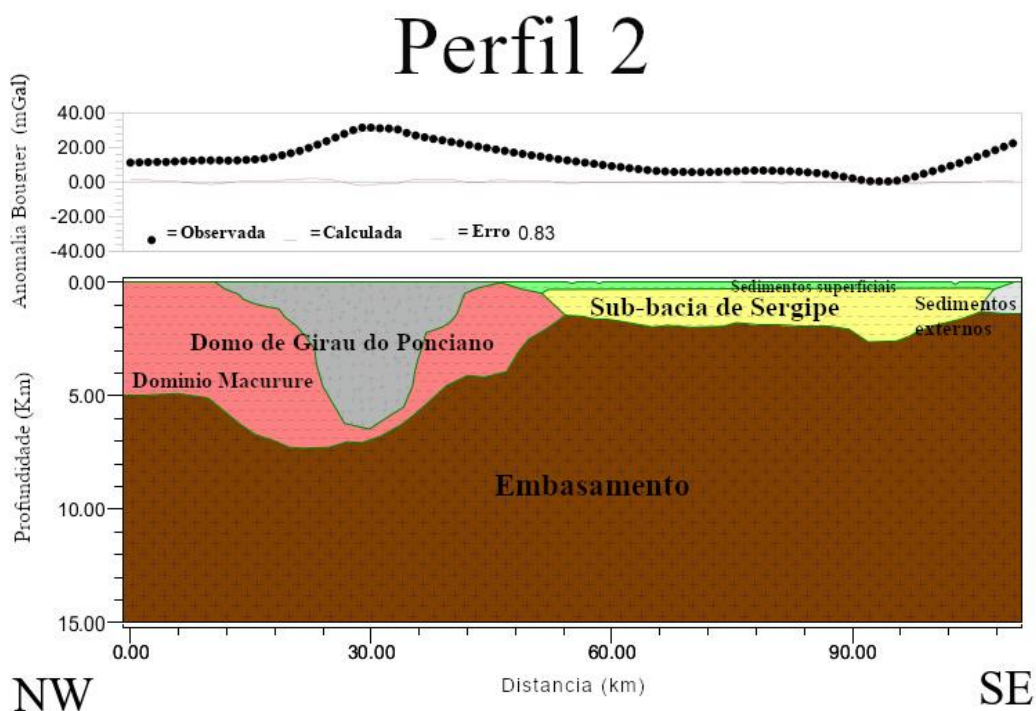


Figura 10 - Modelo direto interpretativo do perfil 2. A curva pontilhada representa a anomalia observada, a curva preta representa a anomalia calculada e a curva vermelha representa o erro entre ambas as anomalias. O substrato é representado pela malha em profundidade e modificado de acordo com a conclusão do intérprete.

Fonte: Própria (2020).

### 4.3 Modelagens do perfil 3

O perfil 3 foi traçado na direção SW-NE, transpassando o domo de Itabaiana ao sul e o domo Girau do Ponciano ao norte, contabilizando cerca de 145,8 km de extensão. Na confecção do seu modelo inverso, o dado foi repartido em duas partes para facilitar o processo de inversão, visto que os resultados obtidos na modelagem inversa do perfil completo não foram eficientes.

A primeira seção corresponde desde o quilômetro zero ao 74, enquanto a segunda vai do quilômetro 74 ao 145. Desta forma, no fragmento inicial (Figura 11a) foi representado o domo de Itabaiana (ponto próximo a superfície) e o embasamento (reta extensa a 5,0 km de profundidade), encontrando-se valores de contraste de densidade maiores próximo das bordas ao longo do embasamento e pequenas concentrações de maiores amplitudes no entorno do domo. As curvas anômalas se ajustaram muito bem e os contrastes variaram de -0,01 a 0,15 g/cm<sup>3</sup>.

No segundo fragmento (Figura 11b), a modelagem inversa final contou com a representação do embasamento (reta extensa a 5,0 km de profundidade) e do Domo de Girau do Ponciano (ponto na superfície). Foram destacados altos valores de contraste de densidade em toda a extensão do embasamento, ajustando eficientemente as curvas entre as anomalias a partir dos modelos iniciais utilizados. As amplitudes variaram de 0 a 0,20 g/cm<sup>3</sup> nesta seção.

## Perfil 3

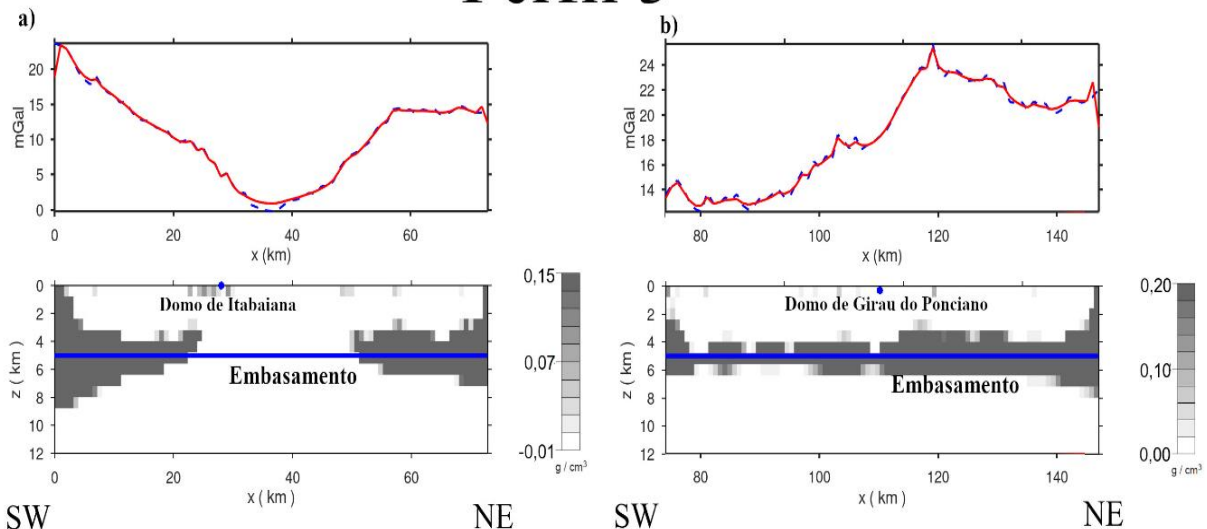


Figura 11 - a) Modelo resultante da inversão do perfil 3a, abrangendo a região do Domo de Itabaiana, onde o substrato é representado por uma malha de prismas 2-D justapostos com cada célula indicando um valor de contraste de densidade constante. A curva vermelha representa a anomalia observada e a curva pontilhada representa a anomalia calculada a partir do modelo invertido. b) Modelo resultante da inversão do perfil 3b, abrangendo a região do Domo de Girau do Ponciano, onde o substrato é representado por uma malha de prismas 2-D justapostos com cada célula indicando um valor de contraste de densidade constante.. A curva vermelha representa a anomalia observada e a curva pontilhada representa a anomalia calculada a partir do modelo invertido.

Fonte: Própria (2020).

Os valores de contraste de densidade e parâmetros da malha utilizados na inversão estão dispostos na tabela 01 e 02 respectivamente. Quanto a geometria, retiramos informações do limite superior basal para auxiliar a modelagem direta deste perfil. A modelagem direta do perfil 3 (Figura 12) apresentou um erro entre a curva de anomalia gravimétrica calculada e observada de 0,744 mGal. A interpretação exposta neste modelo dispõe o domo de Itabaiana e de Girau do Ponciano de maneira congruente ao formato do embasamento, ambos alcançando cerca de 4 km de profundidade.



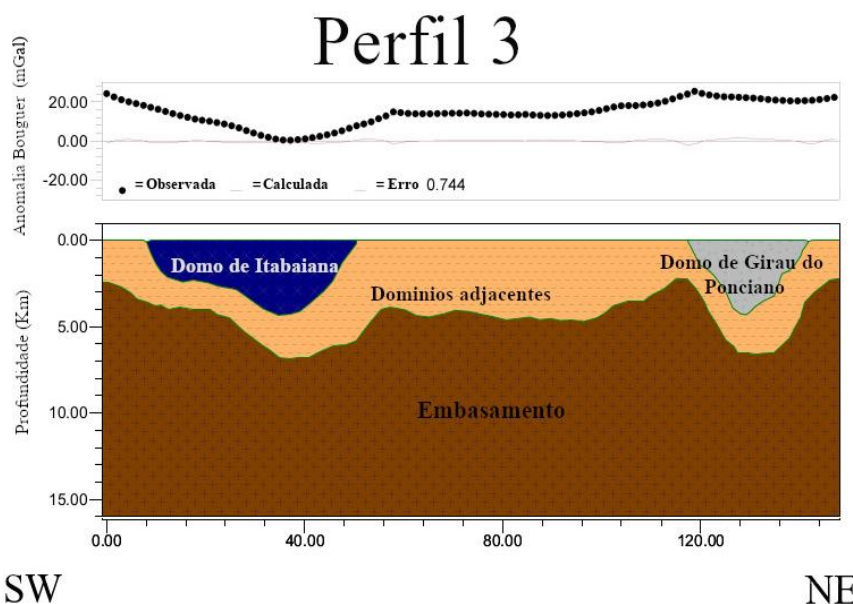


Figura 12 - Modelo direto interpretativo do perfil 3. A curva pontilhada representa a anomalia observada, a curva preta representa a anomalia calculada e a curva vermelha representa o erro entre ambas as anomalias. O substrato é representado pela malha em profundidade e modificado de acordo com a conclusão do intérprete.

Fonte: Própria (2020).

O embasamento apresentou profundidade média de 5 km, como nos modelos inversos, sendo mais profundo nas regiões sob os domos. Por último, devido ao perfil cobrir a região de dois domínios tectônicos diferentes, representamos o arcabouço sedimentar da região como um único domínio (“domínios adjacentes”), apresentando uma única densidade.

#### 4.4 Modelagens do perfil 4

O perfil 4 foi traçado na direção SW-NE, atravessando a sub-bacia Sergipe em toda a sua extensão, contabilizando cerca de 147 km de extensão. Os modelos iniciais inseridos na inversão representaram apenas o embasamento como uma reta extensa a 4,2 km de profundidade, resultando na figura 13. Os valores de contraste de densidade e parâmetros da malha utilizados na inversão estão dispostos na tabela 01 e 02 respectivamente.

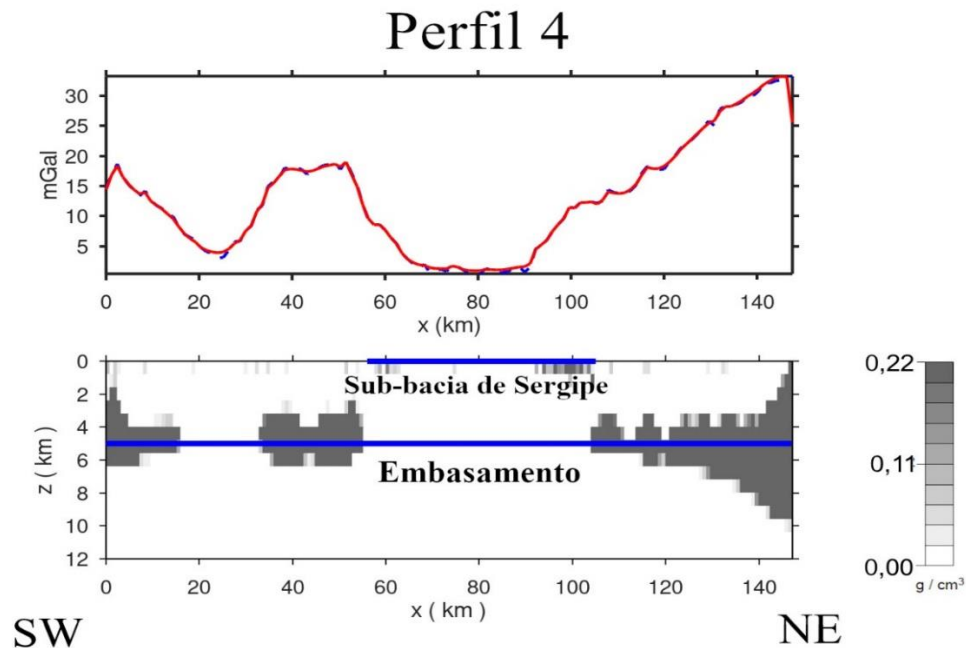


Figura 13 - Modelo resultante da inversão do perfil 4, onde o substrato é representado por uma malha de prismas 2-D justapostos com cada célula indicando um valor de contraste de densidade constante. A curva vermelha representa a anomalia observada e a curva pontilhada representa a anomalia calculada a partir do modelo invertido.  
 Fonte: Própria (2020).

O resultado obtido mostrou valores de contraste de densidade concentrados sob os altos de anomalia Bouguer na altura do embasamento, enquanto foram destacados poucas variações de contraste de densidade próximo a sub-bacia Sergipe. Os modelos iniciais provocaram um bom ajuste entre as curvas de anomalia calculada e observada, apresentando valores máximo e mínimo de constraste de densidade respectivamente de 0,22 e 0 g/cm<sup>3</sup>.

A modelagem direta resultante do perfil 4 (Figura 15) apresentou um erro entre a curva de anomalia gravimétrica calculada e observada de 0,524 mGal. Assim como no perfil 2, utilizamos os dados obtidos da inversão de profundidade realizada em Dutra *et al.* (2017) (Figura 14), em que os sedimentos da sub-bacia Sergipe alcançam uma profundidade máxima de 4 km. Ao analisar a curva da anomalia, comparando-a com a representação da interface sedimento-embasamento, é possível perceber a semelhança entre os dois contornos em destaque, evidenciando assim, o padrão de baixos gravimétricos usualmente relacionado a bacias sedimentares. Percebe-se ainda que quanto maior a profundidade encontrada, mais negativa a anomalia.

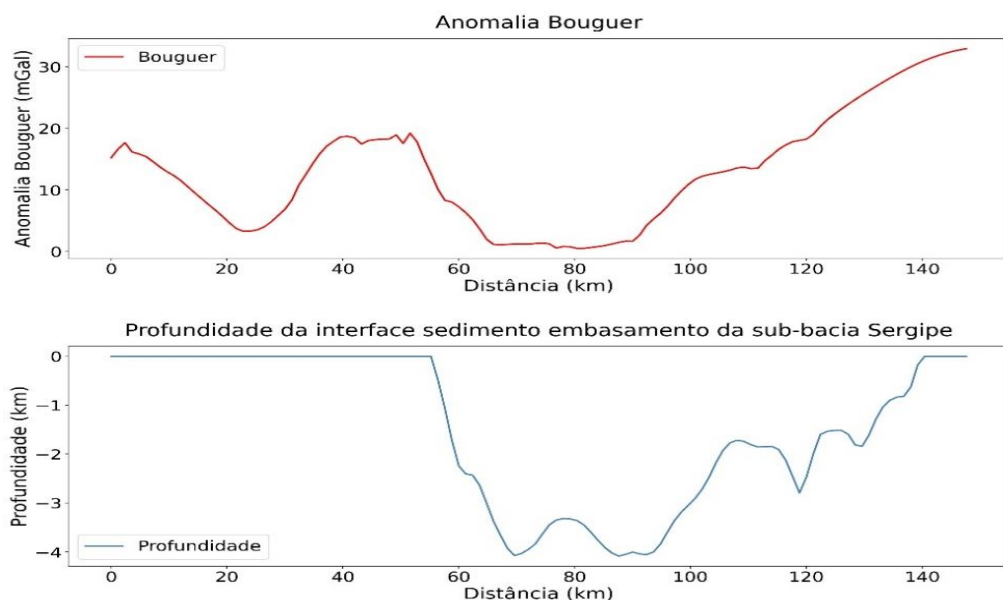


Figura 14 - Curvas representando a anomalia Bouguer, em vermelho, e a profundidade da interface sedimento embasamento da sub-bacia Sergipe, em azul, segundo os resultados da inversão realizada em Dutra et al. (2017) referentes ao perfil 4.  
 Fonte: Própria (2020).

Logo, seguindo o padrão desta curva e utilizando uma profundidade máxima para a sub-bacia Sergipe de 3,8 km, o arcabouço sedimentar foi modelado e representado com uma cobertura de sedimentos superficiais, indicados pela geologia. Além destas formações, foram expostos o embasamento, cujo topo manteve uma profundidade média equivalente à utilizada na inversão de 4,2 km, e os sedimentos externos a sub-bacia. Os valores de densidade utilizados estão representados na tabela 03.

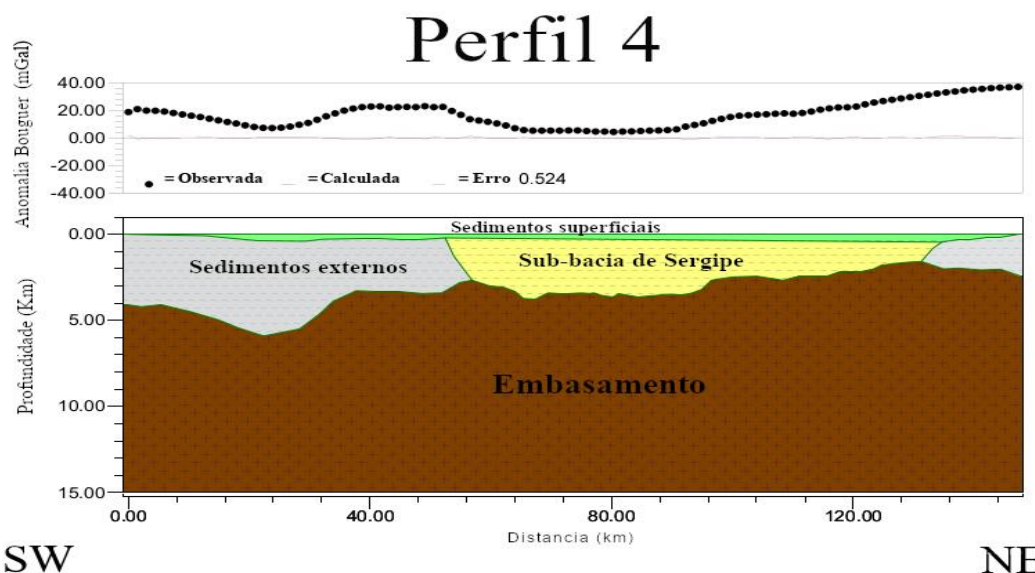


Figura 15 - Modelo direto interpretativo do perfil 4. A curva pontilhada representa a anomalia observada, a curva preta representa a anomalia calculada e a curva vermelha representa o erro entre ambas as anomalias. O substrato é representado pela malha em profundidade e modificado de acordo com a conclusão do intérprete.  
 Fonte: Própria (2020).

## 5. Considerações finais

Neste trabalho, foram apresentados modelos em subsuperfície da região da sub-bacia Sergipe e o seu embasamento adjacente, obtidos a partir da inversão e modelagem direta de quatro perfis traçados sobre o mapa de anomalia Bouguer residual. Para demarcar as seções utilizadas, o mapa magnético foi eficientemente empregado, visando o estudo do embasamento adjacente em conjunto com estruturas dômicas de Itabaiana e de Girau do Ponciano em destaque na região. Utilizando as curvas de anomalia gravimétrica conhecidas, foram obtidos modelos inversos que forneceram informações importantes sobre a geometria, profundidade e contraste de densidade em subsuperfície. Em alguns casos, tais informações foram auxiliares a etapa seguinte da modelagem direta. Os modelos diretos obtidos promoveram a interpretação geológica das seções definidas, expondo os limites geológicos entre as formações, a geometria das principais fontes expostas no escopo do trabalho e as densidades associadas a elas. Observando os 4 perfis interpretados, a sub-bacia Sergipe apresentou profundidades máximas da interface sedimento-embasamento de 2,3 a 3,8 km, enquanto na porção adjacente a ela, o topo do embasamento se manteve a uma profundidade média de cerca de 5 km. Para os domos de Itabaiana e Girau do Ponciano foram encontradas profundidades máximas de 4 km e 6 km respectivamente ao longo dos perfis analisados.

Os resultados de ambas as modelagens, diretas e inversas, apresentaram ótimos ajustes entre as curvas de anomalia gravimétrica observada e calculada, qualificando as interpretações obtidas. Assim, conclui-se que ambos os métodos forneceram bons resultados, coerentes com a geologia local, delineando o relevo do embasamento adjacente e da sub-bacia Sergipe. As informações expostas no artigo podem ser utilizadas para trabalhos futuros na região que necessitam destes conhecimentos, como uma eventual modelagem termomecânica da bacia em questão.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Promob – Cenpes – Petrobras pelo apoio através do projeto Petrobras 0050.0082543.13-9, à CPRM e ANP pelos dados fornecidos, à UFBA e o projeto PERMANECER pela bolsa de pesquisa concedida. Os autores agradecem ainda ao revisor da revista pelas ótimas sugestões indicadas.

## Referências

- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO; de FREITAS, V. A. e SILVEIRA, R. L.. *Sumário geológico e setores em oferta-Bacia de Sergipe Alagoas- Terra, Rel. Téc. 14 rodada de licitações*. Organizadores: Vivian Azor de Freitas e Renato Lopes Silveira, Superintendência de Definição de Blocos. 2017.
- ARGOLLO, R. M.; MARINHO, M. M.; COSTA, A. B.; FILHO, H. D. A. S.; DOS SANTOS, E. J. e COUTINHO, L. F. C. .Modelo crustal e fluxo de calor nos domínios Estância, Canudos-Vaza-Barris e Macururé adjacentes às bordas emersas da bacia Sergipe Alagoas. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, n. 20, p.283–304. 2011.
- BELTRÃO, J.; SILVA, J. e COSTA, J. Robust polynomial fitting method for regional gravity estimation. *Geophysics*, n.56, p.80–89. 1991.
- BLAKELY, R. J.. *Potential theory in gravity and magnetic applications*. 1 ed. Cambridge, UK: Cambridge university press, 1996. 440 p.
- BOEKER, L. A.. *Taxa de produção de calor radiogênico e propriedades térmicas do embasamento adjacente à Bacia de Sergipe. Domínio Canudos - Vaza Barris e Domos de Itabaiana-Simão Dias*. Trabalho de Graduação em Geofísica da Universidade Federal da Bahia, 2011.108 p.
- DUTRA, A. C.; ARGOLLO, R. M. Determinação da espessura da interface sedimento-embasamento da Bacia Sergipe-Alagoas a partir da assinatura gravimétrica. *Revista de Geociências do Nordeste*, n. 1, p. 28-47. 2017.
- DUTRA, A. C.; COSTA, A. B. ; ARGOLLO, R. M.. Gravity and magnetic modeling Sergipano belt, Brazil: Tectonic control and crustal thickness of the basement adjacent to the Sergipe-Alagoas basin. *International Journal of Geophysics and Geochemistry*, n. 5, p.59–71. 2019.
- GUILLEN, A.; MENICHETTI, V. Gravity and magnetic inversion with minimization of a specific functional. *Geophysics*, n. 49, p. 1354–1360. 1984.

- LAST, B.; KUBIK, K. Compact gravity inversion. *Geophysics*, n. 48 , p.713–721.1983.
- MENDES, V. A.; BRITO, M. F. L.; PAIVA, I. P. Programa Geologia do Brasil-PGB. *Folha Arapiraca SC-24*. v. 24. 2009.
- MENDES, V. A.; BRITO, M. F. L. *Geologia e recursos minerais da Folha Arapiraca sc. 24-xd: estado de Alagoas*, escala: 1: 250.000., Rel. Téc. CPRM. 2017.
- NABIGHIAN, M. N. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, n. 37, p.507–517.1972.
- RANCAN, C. C.; LIRA, F. S.; NISHIMURA, E. M.; DE ARAÚJO, A. L. N.. O soerguimento do domínio Macururé e sua influência na sedimentação turbidítica no Cretáceo Superior da Sub-bacia de Sergipe, Bacia de Sergipe-Alagoas. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, n. 17 p.45-67.2008.
- SAMPAIO, M. R. C.; DUTRA, A. C.; COSTA A. B. Integração de dados radiométricos e potenciais aplicados ao estudo do embasamento adjacente à Bacia Sergipe Alagoas. In: Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 16., 2019, Rio de Janeiro, Brasil. *Resumos [...]*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2019.
- SAMPAIO, M. R. C. *Interpretação e modelagem de dados geofísicos no embasamento adjacente à bacia de Sergipe-Alagoas*. Trabalho de graduação em geofísica da Universidade Federal da Bahia.2019. 113 p.
- SANTOS, E.; BRITO NEVES, B.; VAN SCHMUS, W.; OLIVEIRA, R. e MEDEIROS, V.. An overall view on the displaced terrane arrangement of the Borborema Province, NE Brazil, In: International Geological Congress, 31th, 2000, Rio de Janeiro, Brazil. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia. 2000.
- SILVA, J. B.; BARBOSA, V. C. Interactive gravity inversion. *Geophysics*, n. 71, p.1–9.2006.
- SILVA, L. J. H. D.; MCCLAY, K. R. Stratigraphy of the southern part of the Sergipano Belt, ne Brazil: tectonic implications. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 25. 1995.
- TALWANI, M.; WORZEL, J. L.; LANDISMAN, M. Rapid gravity computations for twodimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. *Journal of geophysical research*, n.64, p. 49–59. 1959.
- VICTAL, R.. Um novo pré-sal do gás brasileiro? In *Um novo pré-sal do gás brasileiro?*. 2019. Disponível em: [www.istoedinheiro.com.br/um-novo-pre-sal-do-gas-brasileiro/](http://www.istoedinheiro.com.br/um-novo-pre-sal-do-gas-brasileiro/). Acesso em: 25/04/2020.