

ESTUDO DA ANOMALIA GRAVIMÉTRICA DO CAMPO DE FAZENDA ALVORADA, BAHIA

GRAVITY ANOMALY OF THE FAZENDA ALVORADA FIELD, BAHIA

Julio Cesar S. O. Lyrio¹

RESUMO - O Campo de Fazenda Alvorada, descoberto em fevereiro de 1984, situa-se na porção nordeste da Bacia do Recôncavo, no bloco alto da Falha de Pedras, e é composto por três acumulações individualizadas, em pequenos blocos falhados da Formação Sergi. Com o propósito de resolver detalhes estruturais, usualmente mascarados pelas anomalias gravimétricas regionais, analisa-se o desempenho de diversas técnicas de separação regional-residual. Na primeira etapa, foram aplicados cinco diferentes tipos de filtragens aos dados gravimétricos. Os mapas residuais resultantes apresentam boa correlação com as estruturas associadas à área do campo. O detalhamento da anomalia foi realizado por meio do método de ajuste polinomial. Uma superfície polinomial de 7º grau foi utilizada para aproximar o campo regional, e o mapa residual mostra a subdivisão da anomalia principal em duas menores, situadas sobre as acumulações individualizadas que compõem o campo.

(Originais recebidos em 12.11.92).

ABSTRACT - The Fazenda Alvorada oil field, discovered by PETROBRÁS in 1984, is located in the northeastern portion of the Recôncavo Basin, Bahia, Brazil, in the upper block of the Pedras Fault. It comprises three individual oil accumulations in small faulted block of the Sergi Formation. With the purpose of resolving structural details generally masked by regional gravity anomalies, different techniques for regional-residual separation were analyzed. Bouguer anomaly data were submitted to five different filtering methods. The residual maps obtained were well correlated with the structure of the field area. Polynomial adjustment was used to detail the anomaly and a seventh-degree polynomial surface used to approximate the regional field. The residual map shows the subdivision of the principal anomaly into two smaller anomalies, correlated with the structure of the Fazenda Alvorada oil field.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

1 – INTRODUÇÃO

O propósito deste estudo é mostrar que aplicando-se procedimentos de filtragem sobre os dados gravimétricos da área de Fazenda Alvorada, pode-se separar uma anomalia gravimétrica e, posteriormente, detalhá-la.

A primeira parte compreende a aplicação de cinco diferentes tipos de filtragem, e procura demonstrar que as principais anomalias gravimétricas serão sempre destacadas, independentemente do tipo de filtro aplicado. A segunda trata do detalhamento de uma anomalia em particular, visando ao aumento da resolução gravimétrica.

No intuito de aumentar a confiabilidade, escolheu-se o Campo de Fazenda Alvorada, onde as informações estruturais obtidas por meio de sísmica e poços permitem conferir os resultados alcançados. O campo situa-se na porção nordeste da Bacia do Recôncavo (fig. 1), no bloco

alto da Falha de Pedras, e é formado por três acumulações individualizadas em pequenos blocos falhados que compõem o bloco principal.

2 – CAMPO DE FAZENDA ALVORADA

O Campo de Fazenda Alvorada (Rodovalho , 1982), descoberto em fevereiro de 1984, localiza-se a cerca de 150 km a nordeste de Salvador, no estado da Bahia, na porção nordeste da Bacia do Recôncavo, denominada Compartimento Nordeste (fig. 1).

Situado no bloco elevado da Falha de Pedras, o campo é formado por três blocos, separados por falhas e alinhados na direção SW-NE (fig. 2a). O bloco sudoeste, o maior dos três, é limitado em sua porção W-SW pela falha de Fazenda Alvorada, com rejeito da ordem de 600 m,

1 - Divisão Regional de Exploração e Exploração (DIREX), Distrito de Exploração da Bahia (DEXBA), Avenida Antônio Carlos Magalhães, 1113, CEP 41856-900, Salvador, Bahia, Brasil.

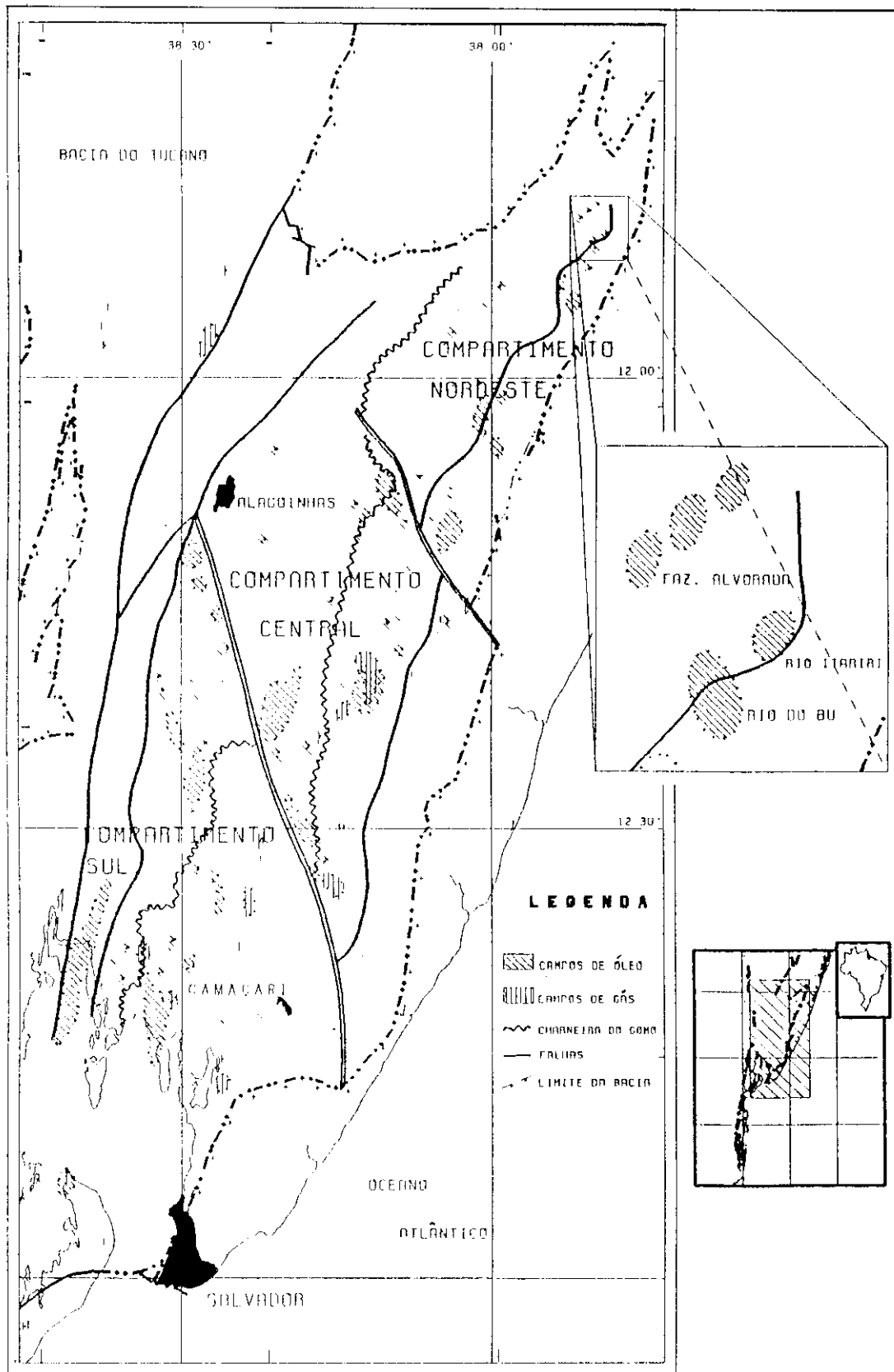


Fig. 1 - Mapa de localização com detalhe da área analisada.
 Fig. 1 - Location map with detail of study area.

e a E-NE pelo bloco central por meio de uma falha de direção NW-SE cujo rejeito é de cerca de 160 m. O bloco central é limitado a W-SW pelo bloco sudoeste, e a E-NE pelo bloco nordeste. Uma falha de direção NW-SE, com cerca de 250 m de rejeito, separa os blocos nordeste e central. A Falha de Pedras é o limite NW de todos os blocos, que mergulham para sudoeste com até 30° de inclinação (fig. 2b).

Os estratos do campo compõem-se de rochas sedimentares do Jurássico Superior, Cretáceo Inferior e Terciário. Da base para o topo, incluem, a partir do embasamento, as seguintes unidades: Formação Aliança (membros Boipeba e Capianga); formações Sergi e Itaparica, incluindo o Membro Água Grande; e Formação Candeias.

A seqüência *pré-rift* (formações Aliança, Sergi, Itaparica e o Membro Tauá da Formação Candeias) possui espessuras constantes e distribuição uniforme por todo o campo. Já a seqüência *rift* (Membro Gomo da Formação Candeias) possui espessura variável, espessando-se nos locais onde está estruturalmente mais baixa. Finalmente, a Formação Barreiras, de idade terciária, repousa sobre os folhelhos do Membro Gomo (Formação Candeias) por contato erosional e espalha-se por todo o campo. Sua espessura varia em função da topografia atual.

O óleo de Fazenda Alvorada, originado nos folhelhos da Formação Candeias, migrou para os arenitos das formações Itaparica, Sergi e Aliança através do contato direto entre o gerador e os reservatórios, proporcionado pelas falhas. Cada um dos blocos componentes do campo possui acumulação independente dos outros, com contatos óleo/água distintos. A área total da acumulação é de cerca de 2 km², e os volumes provados de óleo e gás são respectivamente 10,7x10⁶ m³ e 105,1x10⁶ m³.

3 – PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os levantamentos gravimétricos na área do campo de Fazenda Alvorada proporcionam uma densidade de estações gravimétricas compatível com levantamentos de detalhe, isto é, com intervalo de estações de aproximadamente 500 m (fig. 3).

O mapa de anomalias Bouguer (fig. 4) caracteriza-se pela interrupção de um baixo regional, separado em dois baixos distintos. Estas informações sugerem a existência de um alto estrutural na área do campo.

Entre os diversos métodos para separação de anomalias gravimétricas a partir de mapas Bouguer, analisou-se apenas os mais difundidos (Dobrin, 1981), a saber: método círculo-ponto central (Griffin, 1949); gradiente vertical (Evjen, 1936); ajuste polinomial (Agocs, 1951); análise de freqüências (Grant, 1972); e continuação para baixo (Peters, 1949).

Os parâmetros de filtragem utilizados em cada um dos mapas da figura 5 foram os seguintes: método círculo-ponto central com raio do círculo de 1 km; método de ajuste polinomial com polinômio do 3º grau; método de filtragem de freqüência com filtro passa-alta cujo *roll-off* foi determi-

nado por função \cos^2 com número de onda de *cut-off* igual a 0,0001 ciclos/m e número de onda de início de *roll-off* igual a 0,0002 ciclos/m; método de continuação para baixo, com altura de continuação igual a 1 000 m. O método de gradiente vertical não requer variação de parâmetros.

Os mapas residuais obtidos por intermédio dos diferentes tipos de filtragem podem ser analisados a partir da forma e da localização dos principais altos e baixos gravimétricos (fig. 5). A fim de facilitar a identificação ressaltam-se algumas isogálicas destas feições. Os principais altos estão evidenciados em linha grossa contínua enquanto os baixos estão em linha grossa tracejada. Os limites do campo foram plotados para facilitar a localização das estruturas e sua correlação com as anomalias.

A estrutura principal do Campo de Fazenda Alvorada fica evidenciada em todos os residuais pela presença de um alto gravimétrico, com eixo principal SW-NE na área do campo. Associado a este alto tem-se um baixo gravimétrico a norte, correspondente ao bloco baixo da Falha de Pedras, e outro, a sudoeste, associado ao bloco baixo da Falha de Fazenda Alvorada.

O método utilizado para o detalhamento da anomalia do Campo de Fazenda Alvorada foi o ajuste polinomial com polinômio do 7º grau (fig. 6). A escolha recaiu sobre este tipo de residual, principalmente pela facilidade de processamento e pela flexibilidade do processo.

Além das feições principais reveladas nos outros residuais, é possível, agora, identificar estruturas de menor porte. A anomalia principal mostra claramente sua subdivisão em duas menores, situadas aproximadamente sobre as áreas dos campos. Os falhamentos menores, de direção NW-SE, que separam os blocos componentes do campo, ficam evidenciados pelas quebras na anomalia principal.

A ausência de anomalia na região do bloco situado mais a NE pode ser explicada pela escolha do filtro inadequado, insuficiente para eliminar os efeitos que mascaram a estrutura regional, ou ainda pelo fato de o levantamento realizado ter sido inadequado para captar as influências desta fonte.

4 – CONCLUSÕES

Concluiu-se que, apesar das diferentes características de resposta dos filtros utilizados na área de Fazenda Alvorada, as anomalias principais serão sempre destacadas. As variações existentes na forma e amplitude das anomalias residuais não interferem na interpretação estrutural qualitativa, mas desaconselham quaisquer tentativas de análise quantitativa sobre tais mapas (Castro, 1987).

A análise do mapa residual a partir de um polinômio do 7º grau (fig. 6) mostra que, com o levantamento executado na área de Fazenda Alvorada, seria possível obterem detalhes à cerca do seu comportamento estrutural. A subdivisão da anomalia principal em duas anomalias menores, coincidentes com as estruturas do campo, é suficiente para comprovar a importância da utilização destes procedimentos, principalmente em áreas onde o co-

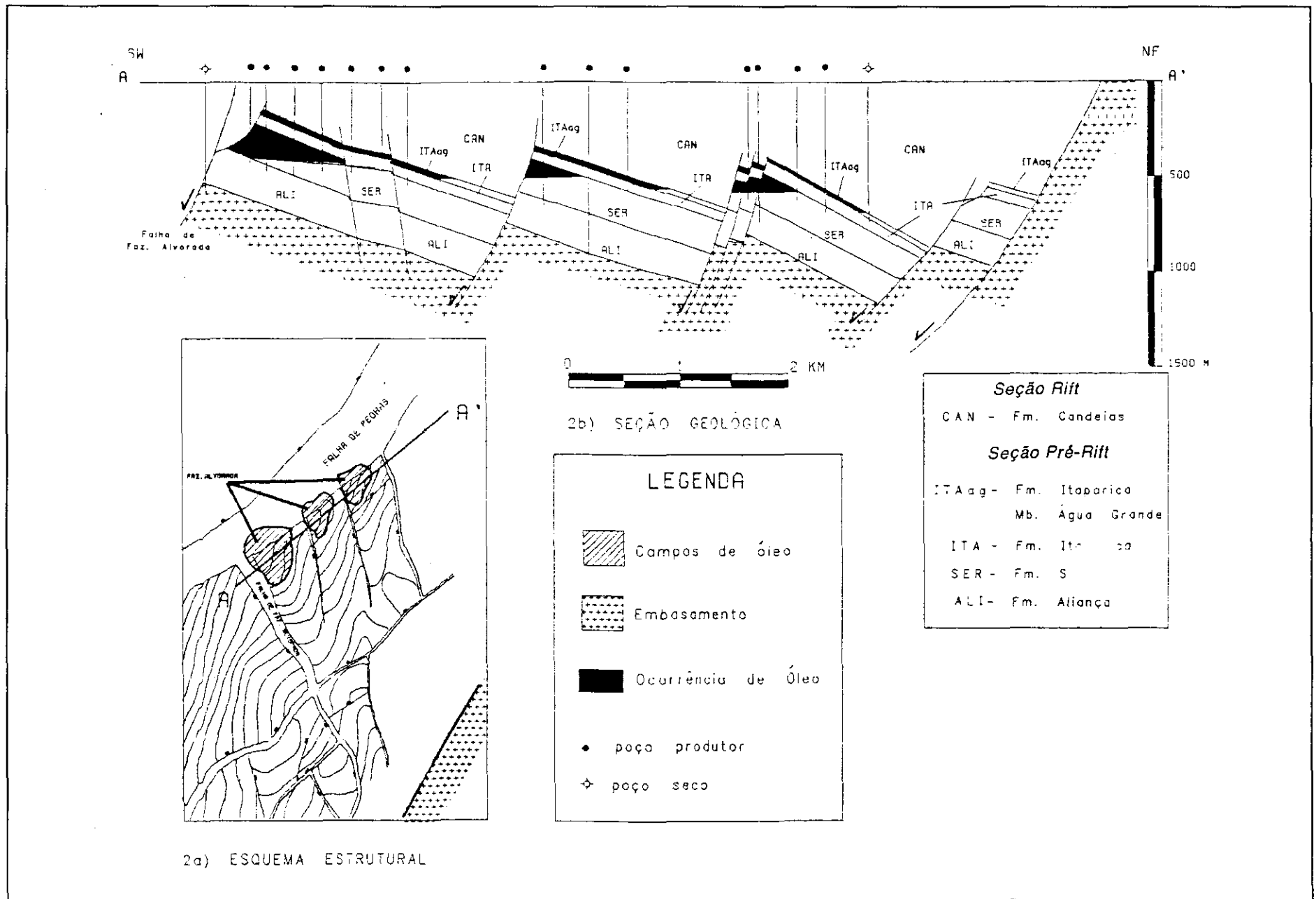


Fig. 2 - (a) Esboço estrutural do topo da Formação Sergi mostrando a compartimentação do campo de Fazenda Alvorada e localização da seção geológica AA'; (b) seção geológica AA' longitudinal ao campo de Fazenda Alvorada mostrando a distribuição do óleo ao longo dos blocos que compõem o campo.

Fig. 2 - (a) Location of geologic section AA' and structural scheme of the Fazenda Alvorada field, composed of three accumulation associated with faulted blocks; (b) Geologic section AA' along the Fazenda Alvorada field, showing oil distribution along the blocks that compose the field.

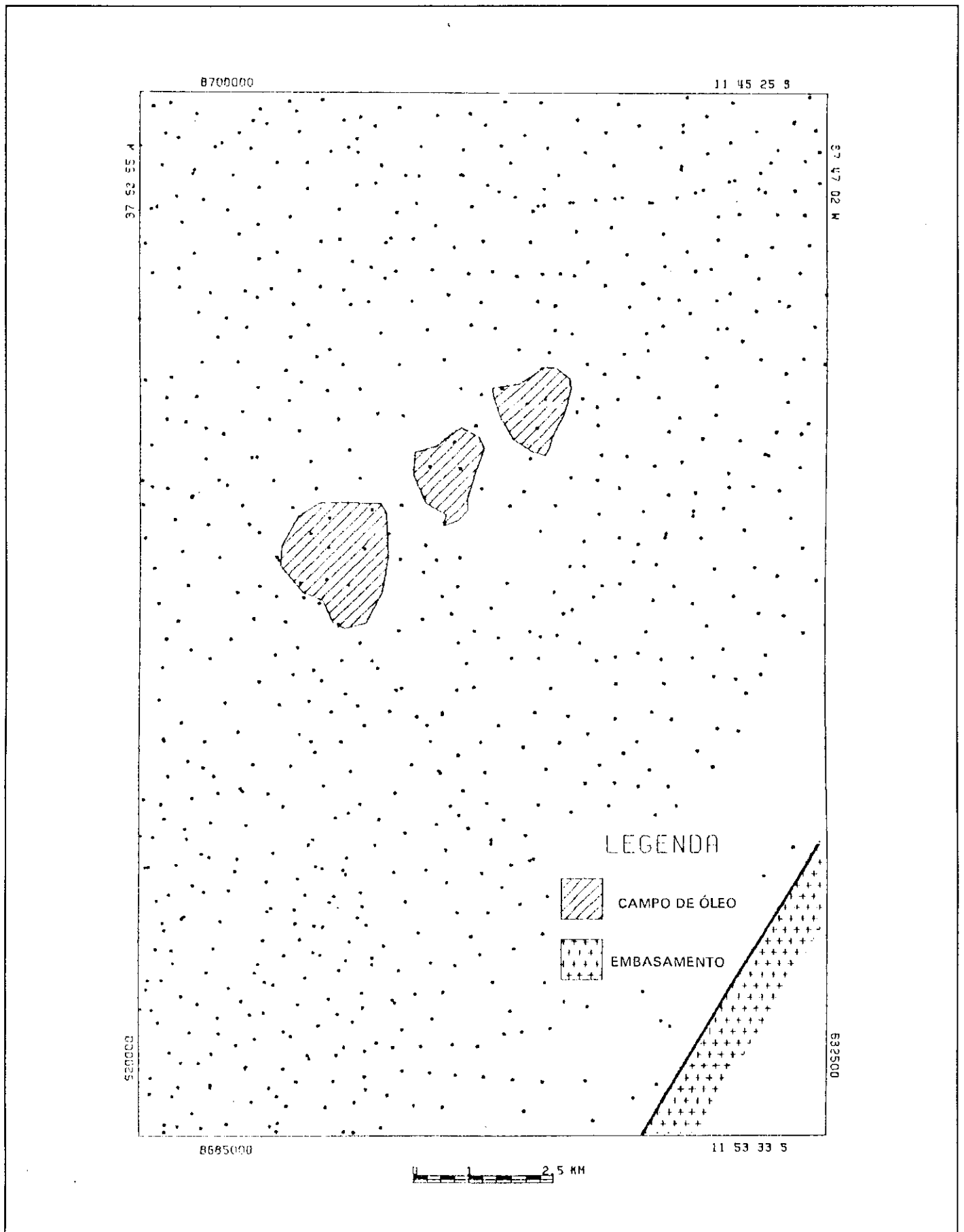


Fig. 3 - A alta densidade e a distribuição uniforme das estações permitem detalhar as anomalias.
 Fig. 3 - The high density and uniform distribution of gravity data make it possible to detail anomalies.

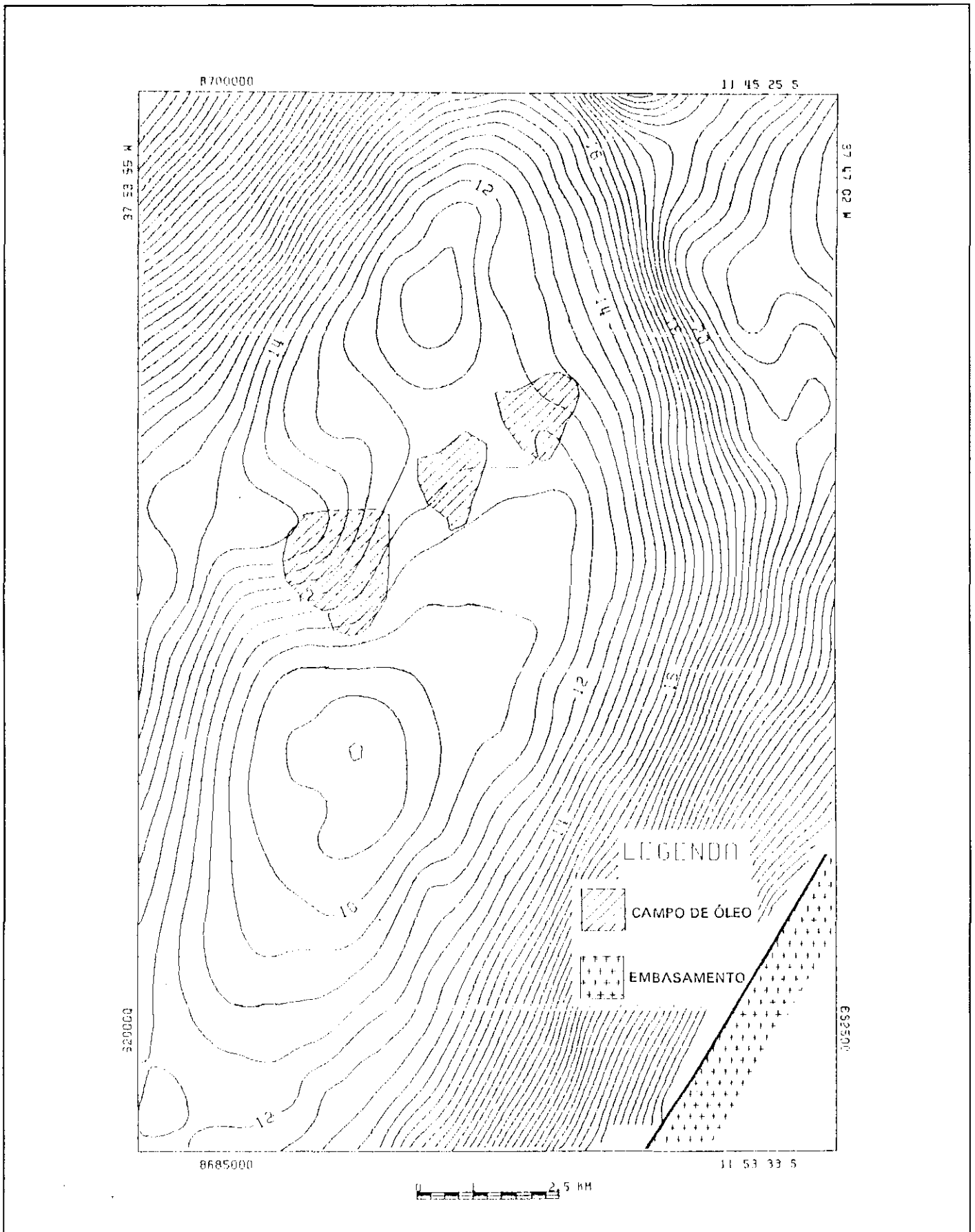


Fig. 4 - Mapa Bouguer mostrando a quebra de continuidade do baixo na área de localização do campo, o que suporta a hipótese da existência de um alto estrutural.

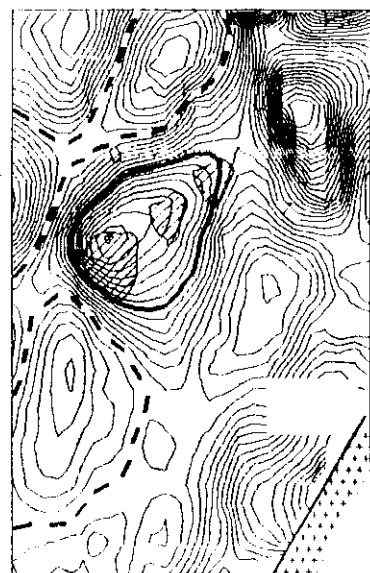
Fig. 4 - Bouguer map showing the break of continuity in the gravity low, indicative of a structural high.



5a) Círculo - Ponto Central
Raio do Círculo = 1 km

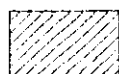


5b) Gradiente Vertical

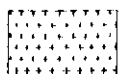


5c) Ajuste Polinomial
Polinômio 3º grau

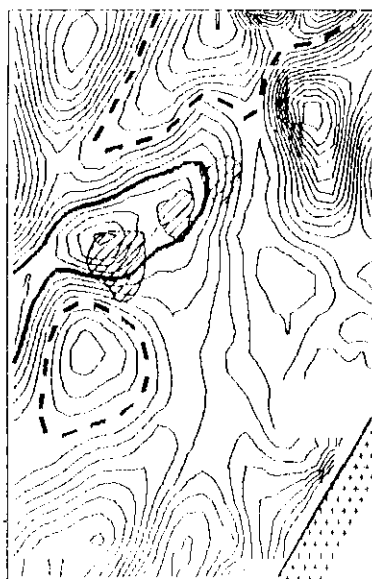
LEGENDA



CAMPOS DE ÓLEO



EMBASAMENTO



5d) Filtragem de Frequência
Passa-alta com roll off tipo \cos^2
Números de onda
 $cut\ off = 0,0001\ \text{ciclos/m}$
 $roll\ off = 0,0002\ \text{ciclos/m}$



5e) Continuação para Baixo
Altura de continuação = 1 km

Fig. 5 - Mapas residuais obtidos por meio dos seguintes métodos de separação regional-residual: a) círculo-ponto central; b) gradiente vertical; c) ajuste polinomial; d) filtragem de frequência; e) continuação para baixo. Em todos os residuais, a anomalia positiva (linha grossa contínua) corresponde ao bloco alto da Falha de Pedras, enquanto as anomalias negativas (linhas grossas tracejadas) estão associadas aos blocos baixos das Falhas de Pedras (ao norte) e Fazenda Alvorada (a oeste). Nota-se que as anomalias principais aparecem em todos os mapas, com pequenas alterações na forma e nos valores, decorrentes do tipo de filtro aplicado. A área do campo está destacada com sombreado.

Fig. 5 - Residual maps obtained by the following methods; a) centerpoint-and-ring method; b) vertical gradient; c) polynomial fitting (third-degree); d) frequency analysis; e) downward continuation. In all maps, positive anomalies (solid dark line) correspond to the upper block of the Pedras Fault, while negative anomalies (broken dark line) are associated with the lower blocks of the Pedras (northern) and Fazenda Alvorada (south western) faults. Note that the main anomalies appear in all maps, with small changes in shapes and values due to the type of filter applied. Shaded zones represent area of field.

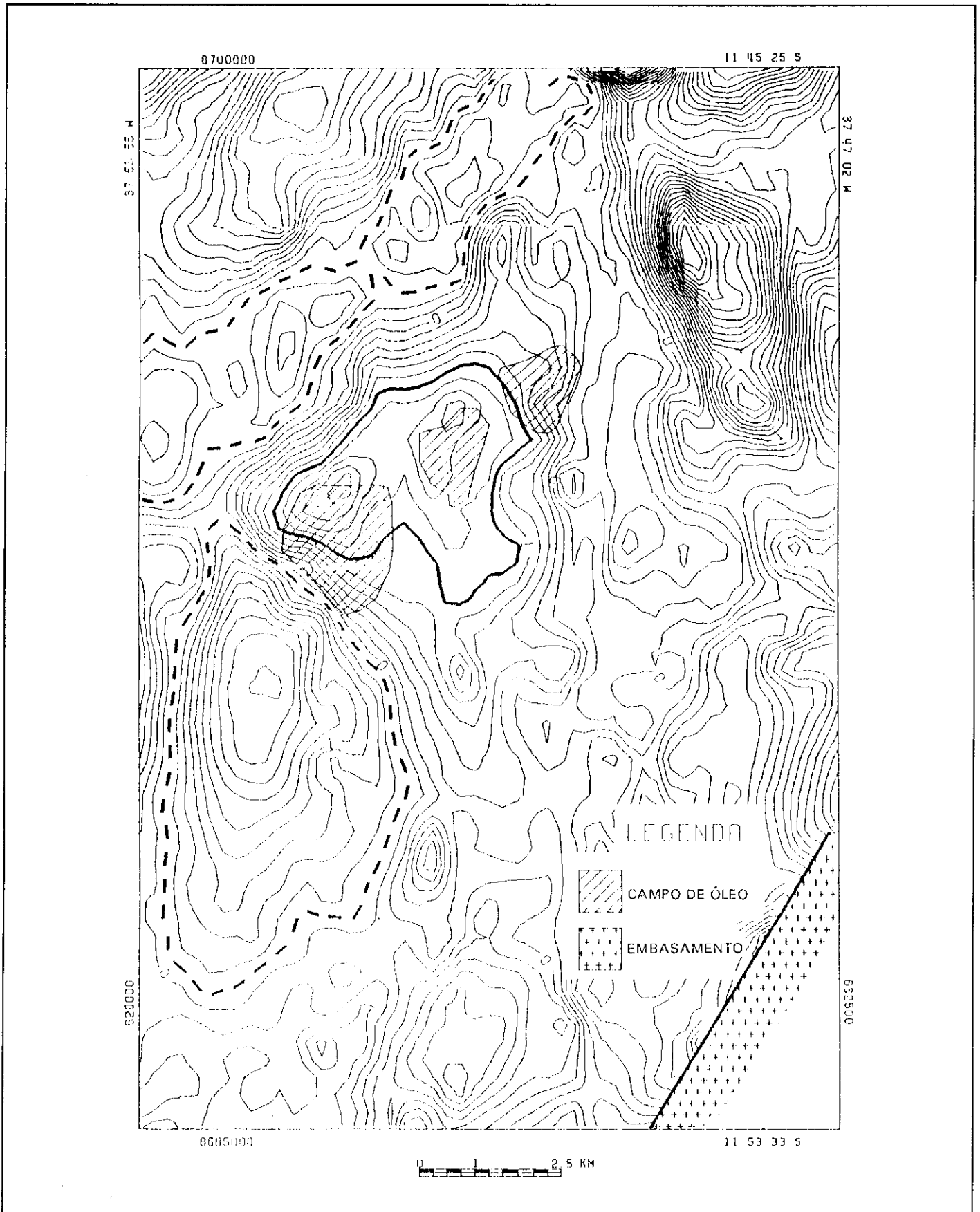


Fig. 6 - Detalhamento da anomalia do Campo de Fazenda Alvorada por intermédio de ajuste polinomial com polinômio do 7º grau. Nota-se que a anomalia principal é dividida em duas menores, evidenciando os falhamentos NW-SE que separam os blocos.
 Fig. 6 - Resolution of Fazenda Alvorada Field anomaly by means of polynomial fitting, using a seventh-degree polynomial surface. Note that the main anomaly is separated into two smaller ones, clearly indicating the NW-SE faults dividing the blocks.

nhecimento estrutural é ainda incipiente.

O grau de detalhamento estrutural a partir de uma anomalia gravimétrica é determinado, principalmente, pelo tipo do levantamento executado. Os procedimentos de filtragens são apenas secundários, isto é, nenhum filtro pode isolar com segurança uma anomalia cujo comprimento de onda seja menor que o espaçamento entre as estações de campo.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOCS, W.B. Least squares residual anomaly determination. *Geophysics*, Tulsa, v. 16, p. 686-696, 1951.

CASTRO, P.J.M. *Curso de métodos potenciais*. Rio de Janeiro:

PETROBRÁS/DEPEX/SEMEPO, 1987. Relatório interno.

DOBRIN, M. B. *Introduction to geophysical prospecting*. 3. ed. Tokio: McGraw - Hill, 1981. 630 p.

EVJEN, H. M. The place of the vertical gradient in gravitational interpretations. *Geophysics*, Tulsa, v. 1, p. 127-136, 1936.

GRANT, F.S. Review of data processing and interpretation methods in gravity and magnetics. *Geophysics*, Tulsa, v. 37, p. 647-661, 1972.

GRIFFIN, W.R. Residual gravity in theory and practice. *Geophysics*, Tulsa, v.14, p. 39-56, 1949.

PETERS, L.J. The direct approach to magnetic interpretation and its practical application. *Geophysics*, Tulsa, v. 14, p. 290 - 320, 1949.

RODOVALHO, N. *Campo da Fazenda Alvorada*: relatório de acompanhamento. Salvador: PETROBRÁS/DEXBA/DIRGED, 1982. Relatório interno.

EXPANDED ABSTRACT

Filtering processes were applied to gravity data in order to show that it is possible to isolate and detail the Fazenda Alvorada field gravity anomaly. The purpose was to show that the main anomaly will appear on the filtered map, despite the filter applied.

Discovered in February 1984, the Fazenda Alvorada oil field is located in the Recôncavo Basin and is composed of three individual accumulations associated with small faulted blocks along the upper block of the Pedras Fault. Its stratigraphy comprises sediments of the Late Jurassic, Early Cretaceous, and Tertiary. The pre-rift sequence has a constant thickness and a uniform distribution, while the rift sequence is thicker in structural lows. Oil accumulation in the Fazenda Alvorada Field were generated within the rift section and then migrated into the pre-rift section through direct contact permitted by faults.

The scale of gravity data available on the area is characteristic of detail surveys. The Bouguer map is characterized by a regional low divided into two parts, suggesting that the break is the result of a structural high.

There are various analytical methods for separation of gravity anomalies from Bouguer maps. Five were used:

circle-point, vertical gradient, polynomial fitting, frequency analysis, and downward continuation.

The residual maps were analyzed to define the form and location of the main gravity highs and lows. The principal structure of the Fazenda Alvorada field is highlighted on the residual maps by a gravity high over the field area.

Two lows are associated with this high, one of which is located to the north and corresponds to the lower block of the Pedras Fault, while the second, located in the southwestern portion of the field, is associated with the lower block of the Fazenda Alvorada Fault.

The polynomial fitting method was used to detail the anomaly. A seventh-degree polynomial surface was applied to approximate the regional field.

The principal gravity anomaly, which corresponds to the large structure of the Fazenda Alvorada field, is subdivided into two smaller anomalies. These in turn correspond to individual blocks in the field.

Analysis of the results on the different processes of regional-residual separation indicates that the main anomalies in the area will always appear, whatever filter is applied. Variations in the form and amplitude of each anomaly do not interfere with qualitative analysis but render it inappropriate for use in depth estimates.