

4 INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Os resultados apresentados a seguir são provenientes da análise dos dados e do uso das metodologias descritas no primeiro capítulo desta dissertação. Todos eles foram utilizados na caracterização e associação dos lineamentos transversais referentes às falhas de transferência.

4.1 Métodos Potenciais

Os dados de métodos potenciais podem auxiliar na interpretação integrada de elementos geológicos como falhas, altos e baixos estruturais, corpos intrusivos, limites de bacias e corpos minerais. Estes têm sido amplamente utilizados nos estudos de exploração petrolífera, em especial os magnéticos e gravimétricos, devido a possibilidade de detecção de locais de deposição sedimentar e controle estrutural em um primeiro estágio de regiões de interesse, sem demandar um custo tão elevado quanto outros tipos de levantamento geofísico. Além disso, este método permite uma análise regional com base de dados acessíveis de forma gratuita, como no caso desse estudo.

Os dados de levantamento magnético para a Bacia de Campos na parte sudoeste foram recentemente usados no trabalho de Lourenço *et al.* (2014). Estes autores destacaram o uso dessa ferramenta para detecção de estruturas tanto na parte *onshore* como *offshore* que evidenciaram o *trend* de possíveis falhas de transferência, ainda afirmam que estas afetavam diretamente alguns campos de óleo, sugerindo que estão relacionadas com o controle estrutural da bacia.

Já os dados de gravimetria, foram anteriormente interpretados em diversos trabalhos (GUARDADO, 2000; YALAMANCHILI *et al.*, 2002; ADRIANO *et al.*, 2013), sendo majoritariamente utilizados com finalidade de delimitar altos e baixos gravimétricos e correlacioná-los com depocentros da bacia.

4.1.1 Magnetometria

Levantamentos de caráter magnético tem por objetivo investigar a geologia com base nas anomalias de campo magnético da Terra em resposta às propriedades magnéticas dos minerais presentes nas rochas (KEAREY *et al.*, 2013). As rochas magmáticas, em geral, são as rochas que apresentam maior teor de minerais com respostas positivas à anomalia magnética, enquanto rochas sedimentares são tipicamente não magnéticas, sendo assim, em regiões de deposição sedimentar, anomalias de altos valores são correspondente à altos do embasamento ou intrusões ígneas.

Os dados de magnetometria, fornecidos pelo BDEP descritos na parte introdutória dessa dissertação, foram carregados com sucesso no software Oasis Montaj Geosoft, fornecendo grides regionais utilizados para identificação de lineamentos expressivos. O principal *trend* de interesse era de direção NW-SE, pois, segundo os estudos de Meisling *et al.* (2001) esses corresponderiam às zonas e falhas de transferência na bacia de Campos, porém este não é o único. Um segundo *trend* também carecia de maior atenção nas análises, esta direção era a E-W, sendo bastante presente na parte sul da área de estudo.

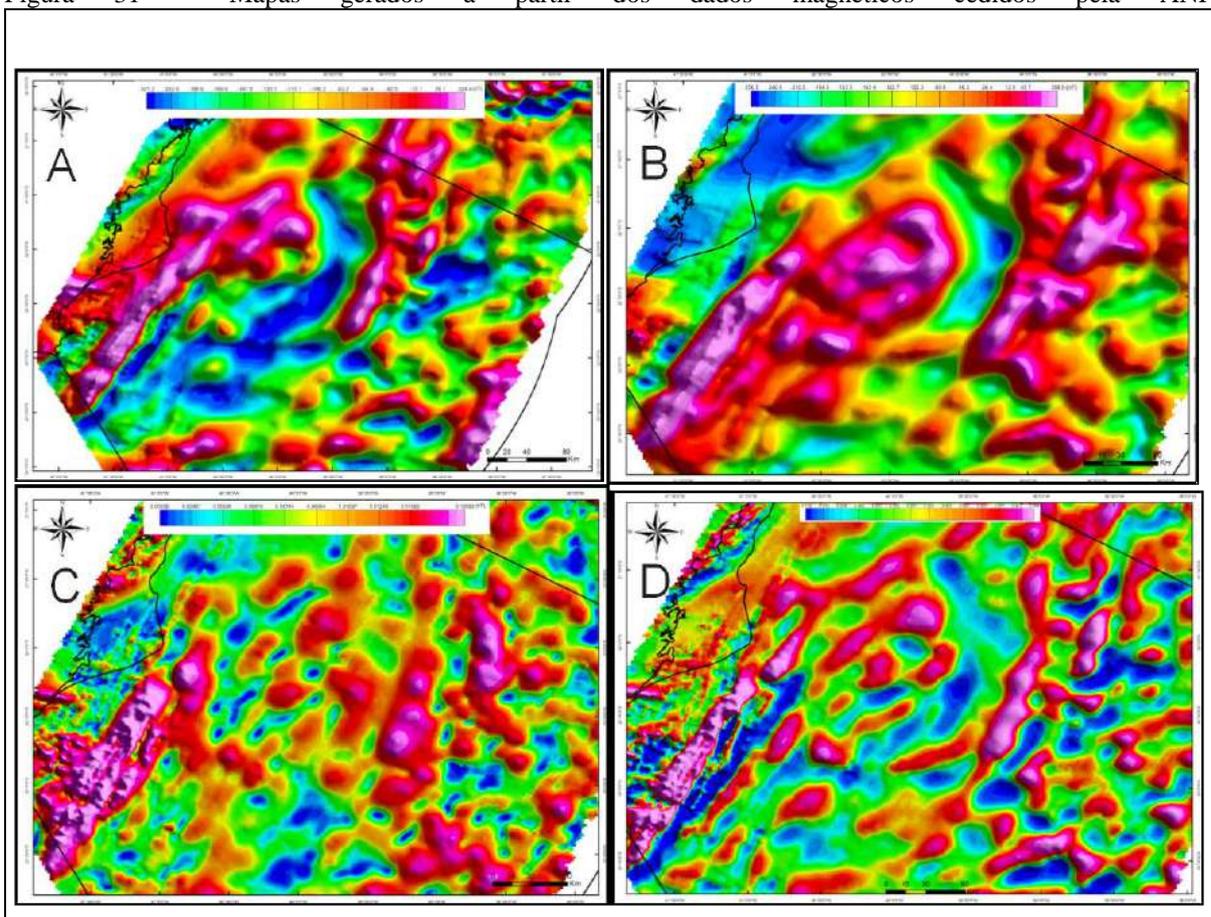
Ainda foram mapeados lineamentos com adensamento de isovalores de forma retilínea, que seriam indicativos de falhas em profundidade (MORAES, 2014).

Com o uso do software Geosoft, foram elaborados grides com malha de 3x3km, que é o distanciamento entre as linhas de voo. A partir da base de dados fornecida pela ANP, aplicou-se uma série de filtros para melhor visualização de feições de interesse regionais.

O primeiro mapa elaborado foi o do Campo Magnético Total (CMT - Figura 31a) a partir do *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF), que é um modelo global de representação do Campo Magnético Regional da Terra, através dele é obtido o campo de anomalias. Por se tratar de um campo magnético dipolar, os levantamentos magnéticos devem, quando não há muita distinção entre o dado original e sua variação, ser interpretados com base na redução ao pólo (RTP - Figura 31b). O RTP foi calculado com base nos dados fornecidos pela ANP, sendo a geoinclinação no valor de -34.3, a declinação -22.2 e a amplitude -70. Uma das formas de observar se esse dado é válido é através da análise estatística do gride a partir do sinal analítico (Figura 31c), o qual estabelece o limite dos corpos de acordo com a resposta magnética de derivadas verticais, que dependendo de seu valor podem salientar estruturas de baixo comprimento de onda, como altos estruturais na base do rifte (Figura 31d).

A primeira observação nesses mapas é em relação há uma distinção brusca entre anomalias positivas e anomalias negativas. Na parte sudeste da Bacia de Campos observa-se uma anomalia que varia de 13 à 390nT, coincidente com o Alto de Badejo, separada de uma feição negativa no extremo oeste que varia de -290 à -550nT, ambas de direção NE-SW, que é o *trend* principal das feições estruturais da bacia de Campos (STANTON *et al.*, 2010). O limite fica entre essas duas anomalias é caracterizado como a Charneira Pré-Aptiana.

Figura 31 - Mapas gerados à partir dos dados magnéticos cedidos pela ANP.



Legenda: A) Mapa do Campo Magnético Total da Bacia de Campos; B) Mapa do CMT reduzido ao Pólo; C) Mapa do Sinal Analítico; D) Mapa da primeira derivada vertical.

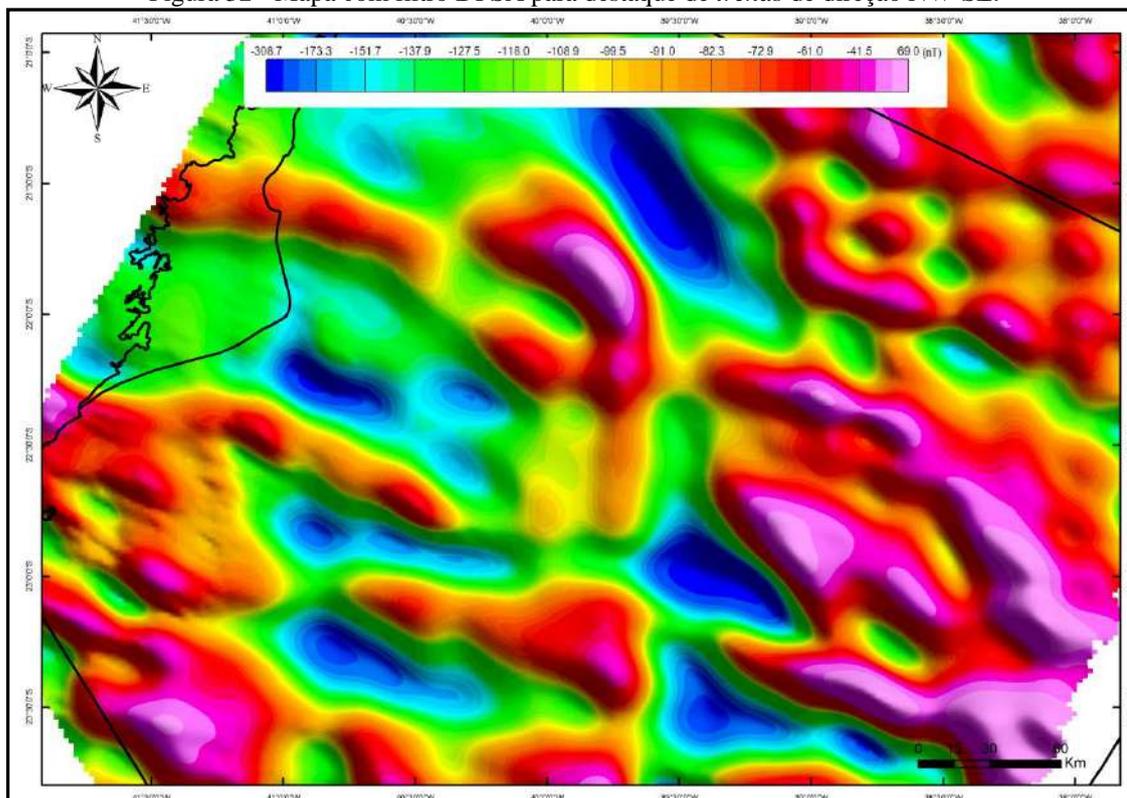
Fonte: A autora (2016).

Na parte central observa-se uma feição bastante distinta de direção leste-oeste que será discutida com mais detalhes adiante. Acima dessa anomalia positiva, observa-se uma anomalia negativa que varia de -163 à -240nT. Essa anomalia é coincidente com o gráben externo na parte leste, interpretado por Alves *et al.* (2011). Nessa região fica evidente uma mudança na direção principal, sendo que as anomalias se destacam na direção NE-SW, N-S. Por fim, têm-se uma anomalia positiva no extremo nordeste mapeada por Meisling *et al.* (2001) como um alto na camada pré-sal.

Em comparação com o Sinal Analítico, essas feições também estão presentes, porém, com destaque para a parte noroeste do mapa, onde há uma distinção maior entre os baixos e os altos magnéticos, coincidentes com feições como o baixo de São João da Barra e o de Corvina-Parati, por exemplo.

Apesar de diagnosticar feições de extrema importância para a bacia, esses filtros não foram suficientes na detecção dos *trends* transversais. Para que isso fosse corrigido, utilizou-se o filtro *DPSA - directionalpass/rejectfilter*, cuja finalidade é rejeitar anomalias que não correspondam à uma determinada direção. Para este estudo foram limitadas anomalias correspondentes à direção N45W (Figura 32), com uma variação de 15° para mais ou para menos, seguindo a metodologia do trabalho de Lourenço *et al.* (2014).

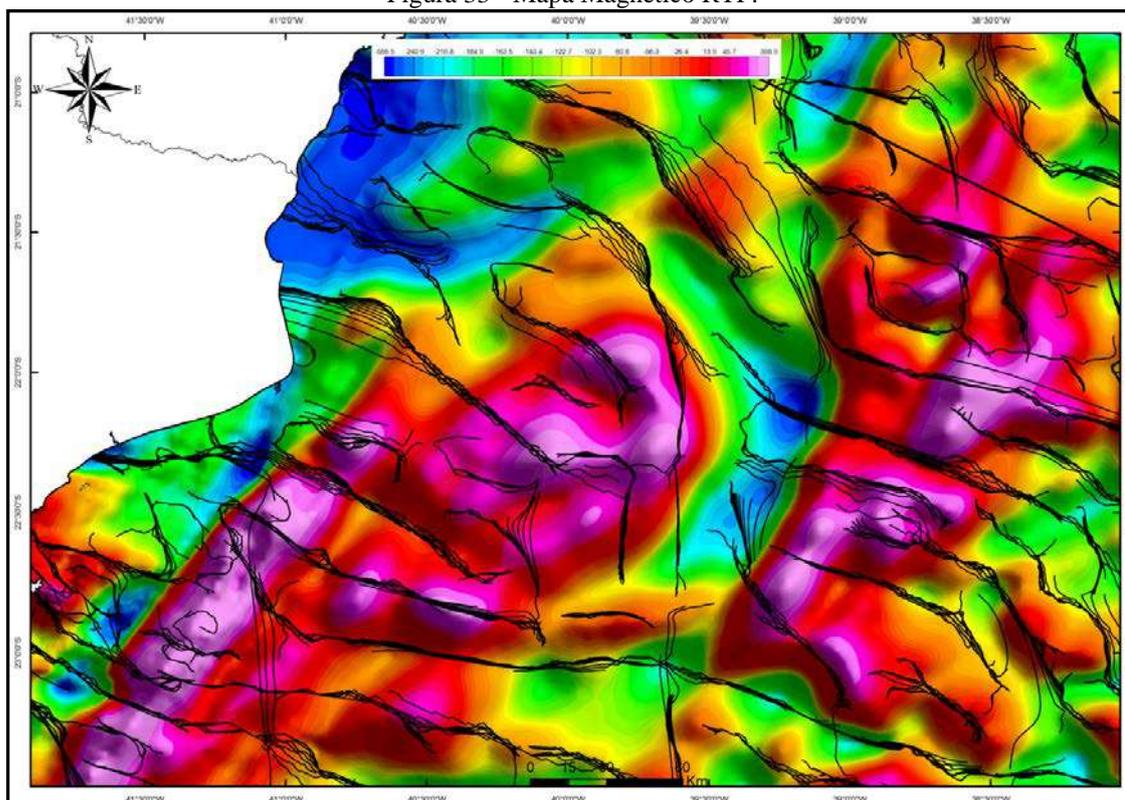
Figura 32 - Mapa com filtro DPSA para destaque de *trends* de direção NW-SE.



Fonte: A autora (2016).

A próxima etapa consistiu na aplicação do filtro para detecção de *Worms* ou *Multiscale edge direction*, no software *GeoModeller*. Este método consiste no cálculo do gradiente horizontal de um dado do campo potencial e seleciona qualquer pico em pontos de máximo rejeito, correspondendo à limites geológicos. Este cálculo é feito para diferentes níveis de continuação para cima, e os picos são calculados para cada nível. Esses picos são interligados, de forma a fornecer uma informação tridimensional (Figura 33).

Figura 33 - Mapa Magnético RTP.



Legenda: Mostrando as principais feições da Bacia de Campos e aplicação do método de *worm* para destaque de lineamentos na direção NW-SE e E-W.

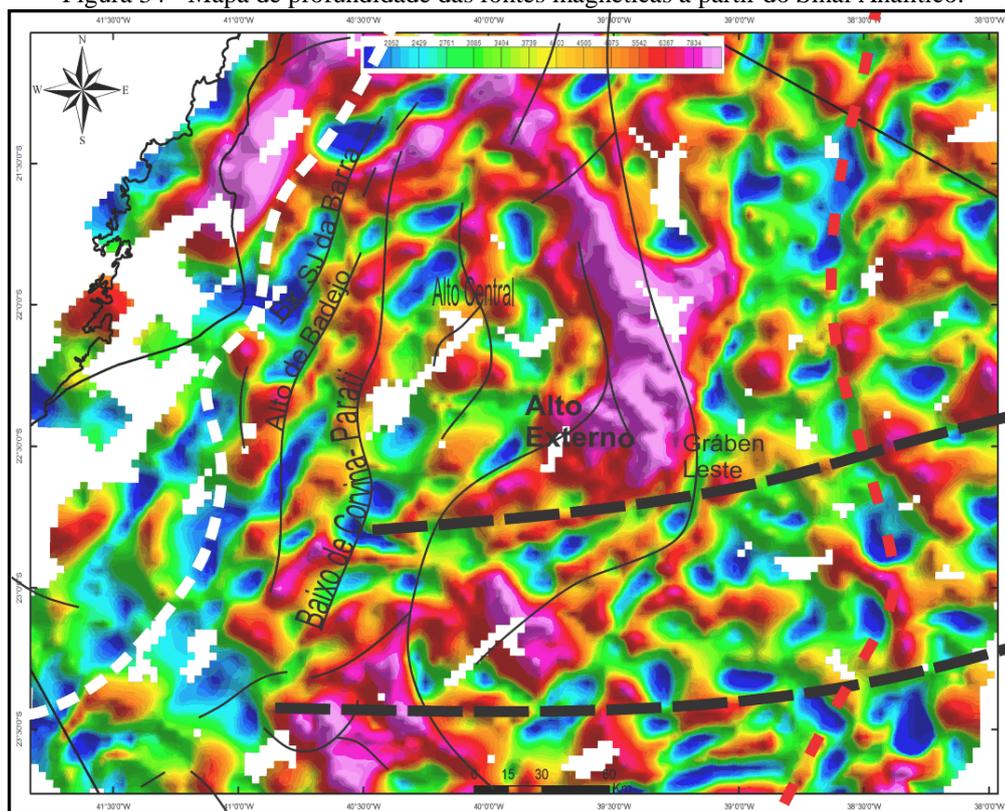
Fonte: A autora (2016).

Por fim, os dados magnéticos foram utilizados para gerar uma estimativa das profundidades do embasamento através da Deconvolução de Euler (Figura 34). Este método foi desenvolvido por Thompson (1982) e tem por objetivo obter a profundidade de fontes magnéticas sem necessidade de um conhecimento prévio da resposta magnética. A deconvolução é calculada a partir das derivadas de x , y e z e do *grid* do sinal analítico. Depois é importante definir o *structural index*, que é o valor que descreve a taxa de atenuação da anomalia.

Através deste mapa estimou-se que as profundidades do embasamento variam entre 2000 e 8000m, em uma análise regional. A correlação com os outros mapas é estabelecida de forma a caracterizar um alto externo na parte central da bacia, a direção principal das anomalias também é NE-SW, porém observa-se uma feição de direção NW-SE na parte norte.

Vale ressaltar que apesar de os métodos magnéticos serem de grande valia para interpretação estrutural, muitas feições podem corresponder a corpos magmáticos, especialmente na parte sul, à leste do alto de Cabo Frio, e na parte nordeste onde há a presença de montes vulcânicos e basaltos datados da fase rifte, como o caso do Alto Magmático de Campos (STANTON *et al.*, 2010).

Figura 34 - Mapa de profundidade das fontes magnéticas a partir do Sinal Analítico.



Legenda: Principais feições presentes na Bacia de Campos. Em branco a Linha de charneira, pontilhado em preto as zonas de fratura, em vermelho o limite oeste da crosta oceânica e em linhas pretas os eixos principais de altos e baixos.

Fonte: A autora(2016). Com dados extraídos de ALVES *et al.*(2011) e ZÁLAN *et al.* (2011).

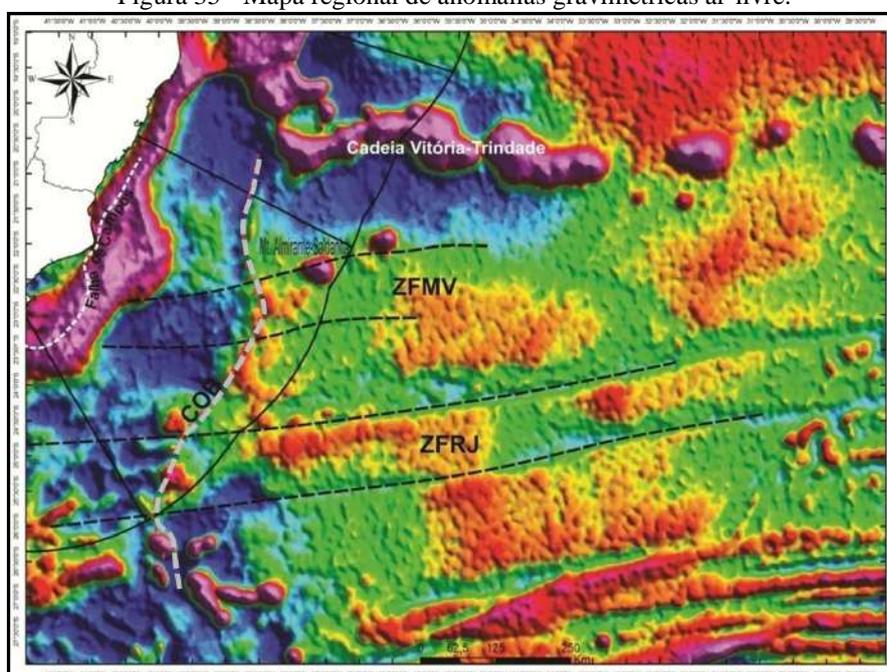
4.1.2 Gravimetria

A gravimetria é baseada nas medidas das variações do campo de gravidade da Terra, que correspondem à massa em seu interior, esta é medida em Gal. Para que uma anomalia gravimétrica ocorra, é necessário que haja uma fonte, que é um corpo rochoso que possui valores de densidade diferente do que a circunda. Os valores de gravidade são medidos a partir de gravímetros que determinam a variação no peso da massa relacionadas às variações na gravidade da Terra. No meio geológico as anomalias gravimétricas podem ser representadas desde corpos graníticos nas bacias sedimentares, ou ainda em menor escala por domos salinos.

As principais correções relacionadas aos levantamentos gravimétricos são a Free-air (Figura 35) e a Bouguer (Figura 36). A primeira corrige os efeitos de elevação acima do nível do mar, tratando da variação da distância do ponto de observação ao centro da Terra, estando

associado às feições associadas às diferenças batimétricas. Nesse caso, é possível observar as zonas de fratura que vão de encontro à cadeia meso-atlântica, além disso, algumas feições vulcânicas são fortemente destacadas em anomalias positivas, como a cadeia Vitória-Trindade e o Monte Almirante-Saldanha. Já a segunda, trata dos efeitos da aproximação da rocha que está abaixo do ponto de observação e a eleva para uma espécie de placa horizontal igualada à elevação de um ponto de observação acima do *datum*. Supõe-se que não há variação topográfica ao redor da estação que mede a gravidade, sendo de característica plana (KEAREY *et al.*, 2013).

Figura 35 - Mapa regional de anomalias gravimétricas ar-livre.



Legenda: Destaque para as principais feições relacionadas às anomalias como as Zonas de Fratura do Rio de Janeiro (ZFRJ) e a de Martin Vaz (ZFMV) e a linha da Charneira Pré-Aptiano em preto e branco, respectivamente, interpretadas por ALVES (2011); e o limite da Crosta Oceânica (COB) em cinza interpretada por ZALÁN *et al.* (2011).

Fonte: A autora (2016).

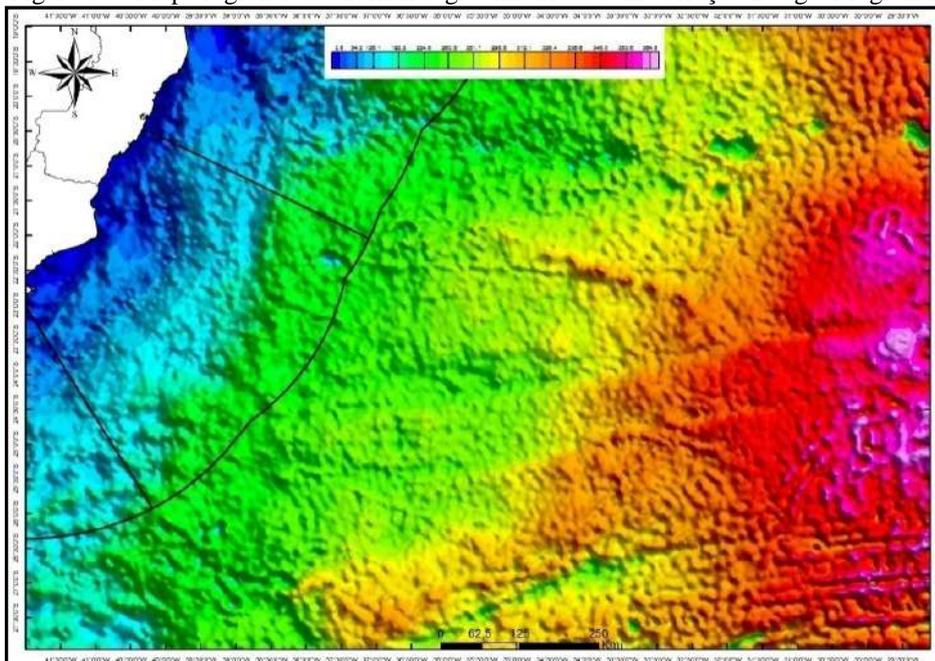
Geralmente as anomalias Bouguer são amplas, regionais e de pouca variação, sendo que o interesse principal de um determinado estudo pode se perder se não houver o devido tratamento do dado. Para isso, deve-se remover o campo regional afim de obter-se anomalias residuais. Nesse estudo, foram utilizadas as continuações para cima.

Usando parâmetros similares aos de Rigoti (2015), foram elaborados mapas com o filtro de continuação para cima de 3km (Figura 37), eliminando a alta frequência, e de 30km (Figura 38), gerando um mapa com de anomalias de baixa frequência. Com essa filtragem, o

mapa elaborado a partir da subtração desses grides não exibe a influência do manto, caracterizando feições relacionadas à crosta (Figura 39).

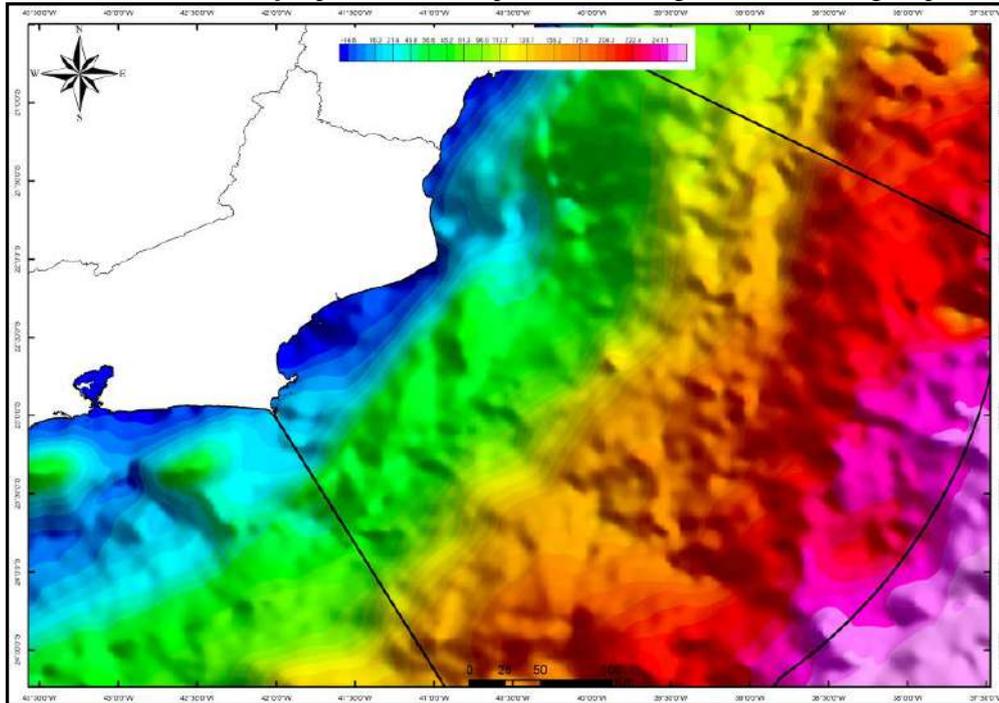
Nesse mapa pode-se observar desde a bacia de Santos a segmentação de uma feição positiva que acompanha a direção da linha de costa, esta feição está associada à linha de charneira. A segmentação desse elemento é um forte indício das falhas que subdividem a bacia transversalmente. À leste desse primeiro segmento positivo, tem-se um baixo gravimétrico onde se concentra a maior parte dos campos de petróleo da Bacia de Campos, sendo assim, estão associados à depocentros da fase rife. Mais à leste, têm-se um novo segmento de anomalias positivas, essa feição coincide com o que Meisling *et al.* (2001) interpretou com um alto pré-sal.

Figura 36 - Mapa regional de anomalias gravimétricas com correção Bouguer regional.



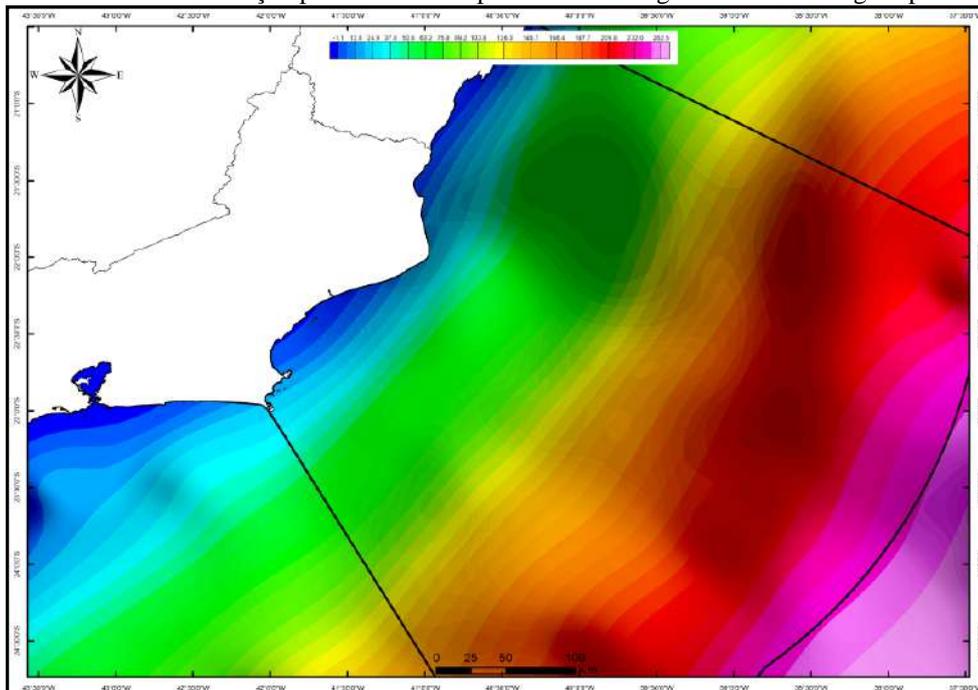
Fonte: A autora(2016).

Figura 37 - Filtro de continuação para cima no mapa de anomalias gravimétricas Bouguer para 3000m.



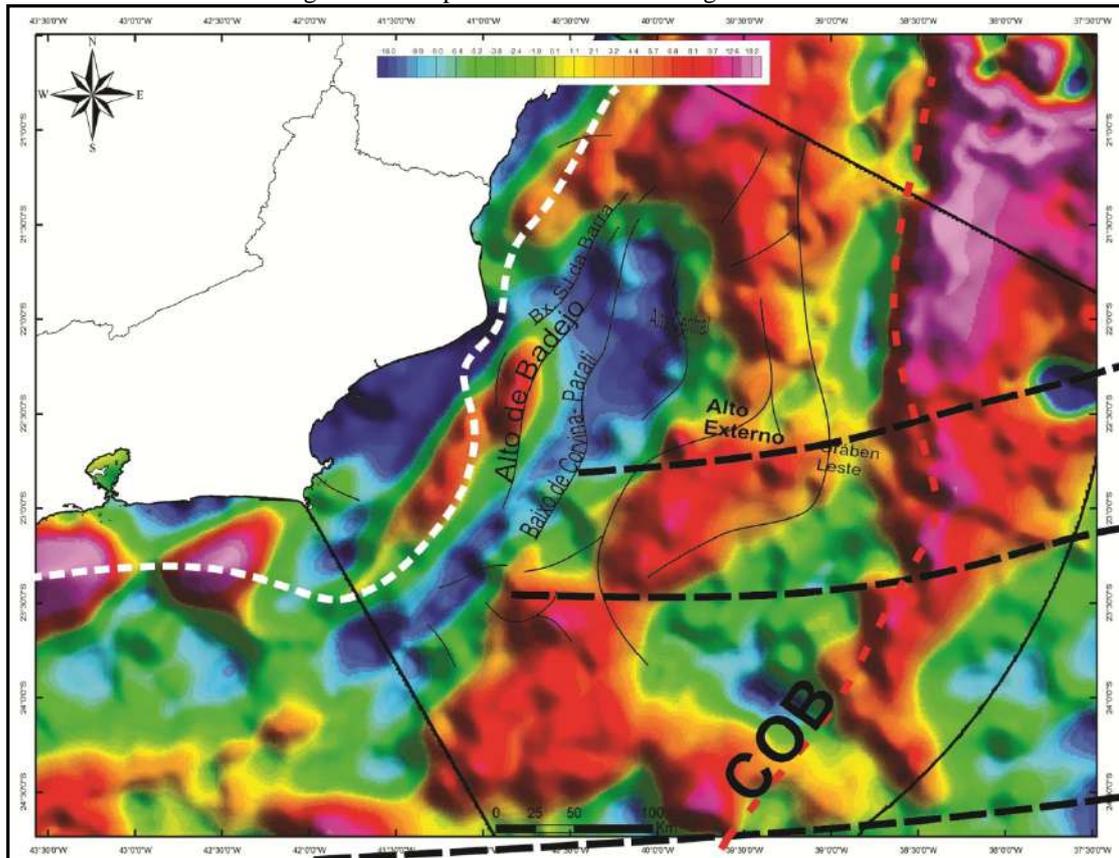
Fonte: A autora(2016).

Figura 38 - Filtro de continuação para cima no mapa de anomalias gravimétricas Bouguer para 30000m.



Fonte: A autora(2016).

Figura 39 - Mapa de anomalia residual gravimétrica.



Legenda: Filtro de continuação para cima de 30km subtraído do filtro de continuação para cima de 3km. Em preto estão as principais feições interpretadas por Alves *et al.* (2011), correlacionando altos e baixos gravimétricos com altos e baixos na Bacia.

Fonte: A autora(2016).

4.2 Perfis de Poços

Após a interpretação dos dados de métodos potenciais, deu-se continuidade às interpretações geofísicas. Afim de que os principais horizontes fossem mapeados, executou-se o processo de amarração como descrito no primeiro capítulo desta dissertação. Os dados de poço possibilitaram a determinação de intervalos estratigráficos que contribuíram na interpretação dos dados de sísmica 2D.

Três perfis foram analisados e carregados junto aos poços no processo de amarração e interpretação, estes foram: perfil sônico, resistividade e raio gama. Esses perfis vieram em formato.dlis, sendo que a maioria teve de ser reorganizado, agrupado e convertido para formato .las.

Cada perfil contribui com alguma característica das formações litológicas constituintes da bacia. O perfil de raio gama, por exemplo, mede a radioatividade gerada pela presença de átomos de urânio, tório e potássio. Este *log* é medido em unidade *American Petroleum Institute*(API). Normalmente, as rochas que têm uma resposta radioativa maior são de granulometria mais fina, e muitas das vezes a correlação que se estabelece é a diferenciação entre folhelhos e arenitos.

Outro perfil de extrema relevância é o de densidade. Este perfil é expresso como RHOB e registra a densidade total da rocha, nesta densidade estão contidas a matriz sólida e os fluídos contidos nas porosidades das formações. A unidade de medida é g/cm^3 (grama por centímetro cúbico). Este perfil é bastante usado na determinação de características petrofísicas, especialmente na determinação do cálculo de porosidade.

Por último, temos o perfil sônico que é medido em $\mu\text{s/ft}$ (microsegundos por pés), sendo representado pela sigla DT. Este perfil mede o tempo de trânsito, que é tempo que uma onda sonora compressiva leva para percorrer a formação. Também é bastante utilizado como ferramenta no cálculo de porosidade e junto com o RHOB é usado na construção de sismogramas sintéticos.

Por se tratar de um estudo amplo em termos de área e os dados dos doze poços serem incompletos, foram elaboradas seções com os poços que possuíam mais informações para que fossem definidos intervalos estratigráficos e horizontes que tivessem representatividade regional, sendo assim correlacionados com os dados de perfil composto e AGP (Figura 40).

Algumas mudanças nos perfis podem caracterizar mudanças significativas, como no caso do topo do Eoceno-Eooligoceno, onde observa-se uma subida nos picos de raio gama, possivelmente relacionada à superfície de inundação máxima do Marco Azul. Após a análise dos perfis, concluiu-se que os horizontes que estavam bem marcados em linhas sísmicas 2D e estavam presentes nos poços eram nove: Fundo do Mar, Mioceno Médio e Inferior, Oligoceno, Cretáceo, Albiano(mapeado em algumas seções), Topo e Base do Sal e Embasamento.

O intervalo do Embasamento foi interpretado diretamente nas seções sísmicas, pois nenhum dos poços selecionados continha informação relacionada a este horizonte. O Embasamento está relacionado à formação Cabiúnas e componentes da Faixa Ribeira de idade pré-cambriana. Este horizonte foi caracterizado pelo forte marcador de alto contraste abaixo das sequências sedimentares correspondentes à fase rifte.

O segundo intervalo vai desde o embasamento, cerca de 130Ma, até o topo da seção rifte em 123Ma, ou base do sal em 112Ma. Este intervalo incorpora os sedimentos depositados em ambiente lacustre até o topo do andar Jiquiá.

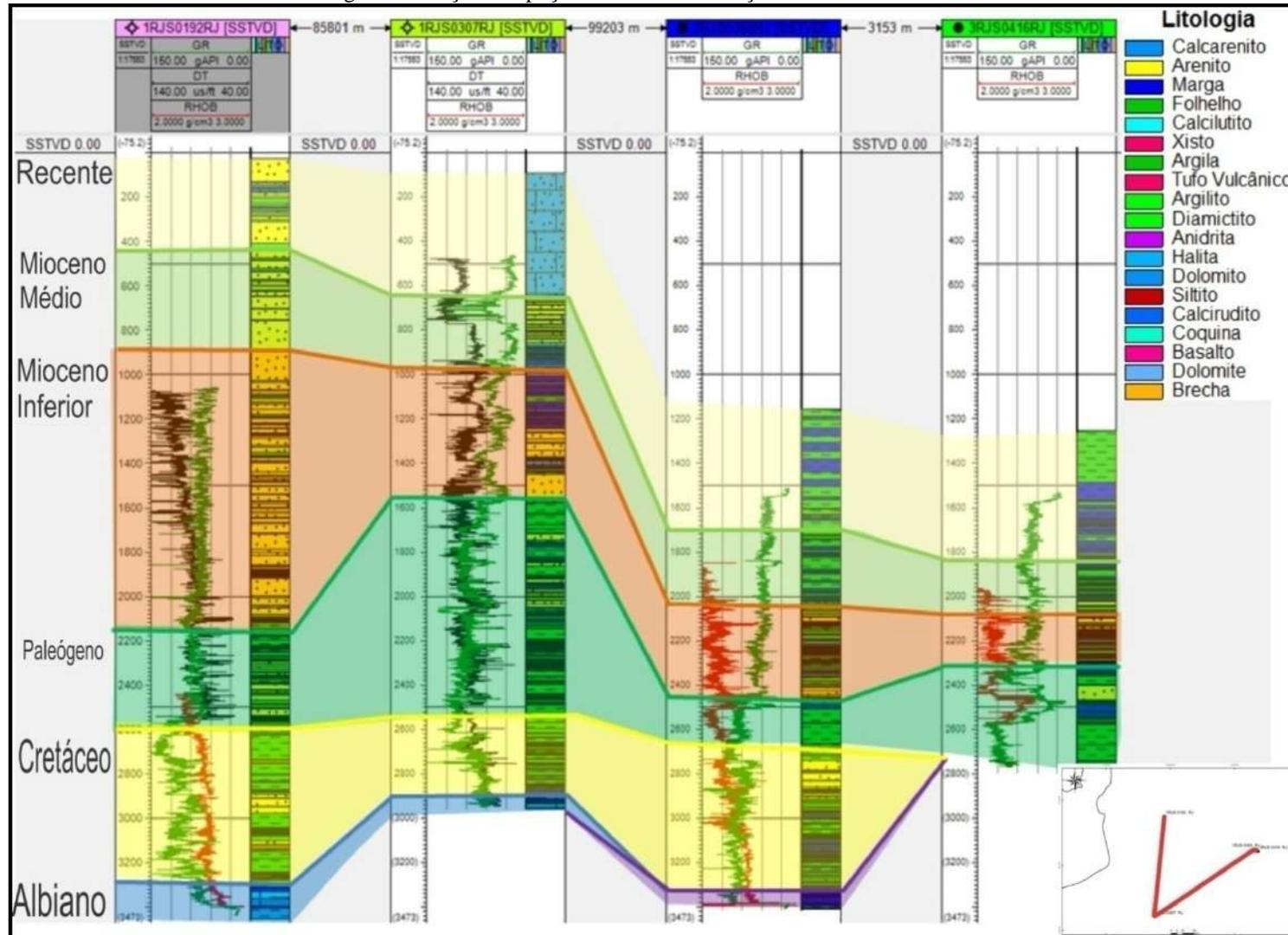
O intervalo seguinte é correspondente à deposição em ambiente marinho restrito da formação Retiro, correspondendo à seção evaporítica do Aptiano.

A seção acima da camada evaporítica é a da plataforma rasa com o registro de carbonatos de idade Albiana.

Acima dessa seção está presente o intervalo que corresponde aos sedimentos da fase marinho transgressiva, que vão até o topo do Cretáceo em 65Ma.

As seções acima desse horizonte foram divididas em quatro intervalos: o primeiro, até o Oligoceno-Paleógeno-EoOligoceno-Marco Azul; o segundo, até o Mioceno Inferior (17Ma, aproximadamente); o terceiro, até o Mioceno Médio-Marco Cinza; e o último, até o fundo do mar. Estes intervalos correspondem à sedimentos siliciclásticos em ambiente marinho regressivo.

Figura 40 -Seção dos poços usados na amarração das linhas sísmica 2D.

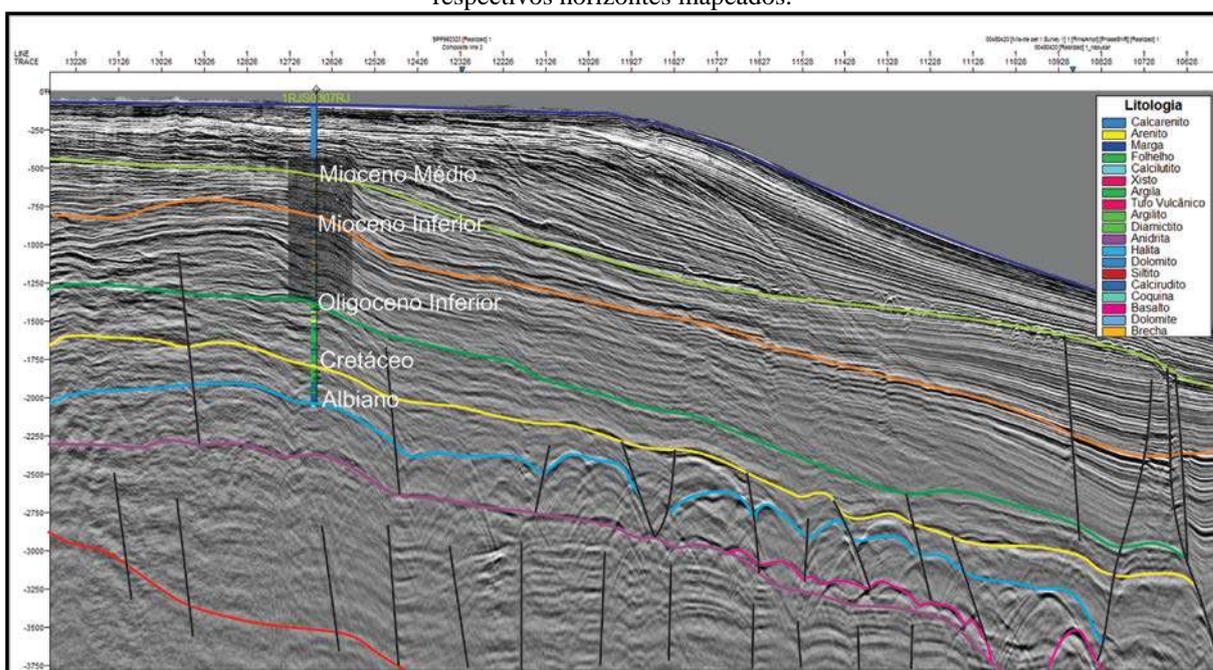


Fonte: A autora (2016).

4.3 Linhas Sísmicas 2D

Para o mapeamento dos horizontes as principais ferramentas utilizadas foram as correlações com mapeamento dos contratos de impedância, definição de polaridade, revisão bibliográfica, perfis de tempo x profundidade, perfis compostos dos dados de poço e sismogramas sintéticos. Os nove horizontes mapeados foram escolhidos com base na disponibilidade de informação do poço e se sua identificação e correlação era possível regionalmente (Figura 41). Um dos filtros utilizados no tratamento dos dados, foi o filtro TecVA, detalhado no primeiro capítulo. Este filtro auxiliou na identificação de elementos estruturais, camadas de sal e feições mais profundas como o mapeamento do topo do embasamento.

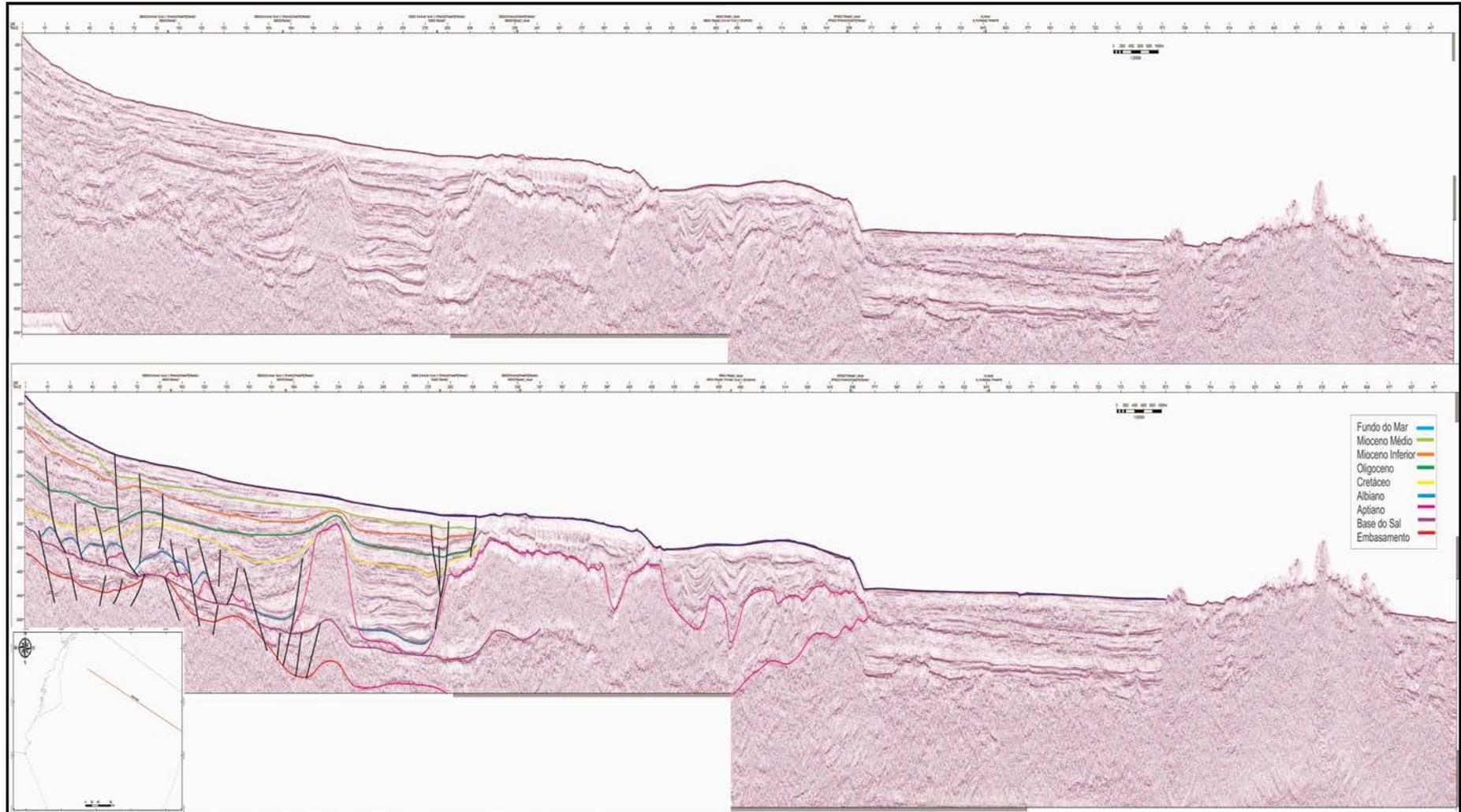
Figura 41 – Correlação litológica do poço 1RJS0307RJ já amarrado com a linhas sísmica 2D 02390363 com os respectivos horizontes mapeados.



Fonte: A autora (2016).

Após a amarração dos poços com as linhas sísmicas, o segundo tipo de correlação foi estabelecido com as linhas entre si, de forma que os principais horizontes fossem identificados ao longo de toda a bacia (Figura 42).

Figura 42 - Seção Sísmica da Linha 00660009.



Legenda: Na parte de cima a linha sísmica sem interpretação, abaixo a interpretação dos horizontes de caráter regional. Destaque para feição no extremo SE da linha que corresponde ao monte vulcânico Almirante-Saldanha.

Fonte: A autora (2016).

Por se tratar de seções de diferentes levantamentos, pode ocorrer de as correções se darem em diferentes processamentos, para isso é necessário aplicar o *mis-tie*, de maneira que a interpretação possa prosseguir. Depois de corrigidas, essa correlação é feita com base nos atributos sísmicos de cada horizonte. O horizonte correspondente ao Oligoceno, por exemplo, é representado por uma fase negativa, enquanto o topo do Albiano, tem uma resposta positiva na sísmica.

Além do mapeamento dos horizontes sísmicos em tempo, foram mapeadas diversas estruturas relacionadas às diferentes fases evolutivas da bacia. De maneira geral, existem duas abordagens em relação às estruturas encontradas: as relacionadas à tectônica halocinética e as relacionadas à tectônica do rifte.

As primeiras feições de destaque estão condicionadas aos primeiros estágios de abertura do Oceano Atlântico. Como exemplo, temos as falhas que vão desde o embasamento até à base da camada *sag*, época de quiescência da bacia. Essas falhas são geralmente verticais e ocorrem de forma recorrente. Apesar de na maioria das vezes se limitarem à fase rifte da bacia, em outras ocasiões essas feições se estendem para camadas mais recentes, indicando a reativação das mesmas ao longo da evolução no processo de abertura. Uma estrutura de caráter regional bastante significativa relacionada à ruptura do supercontinente Gondwana é a linha de charneira que delimita uma região de estabilidade, separando de outro local que sofreu processos de subsidência mecânica (Sequencia Rifte) e subsidência termal (Sequencia Margem Passiva).

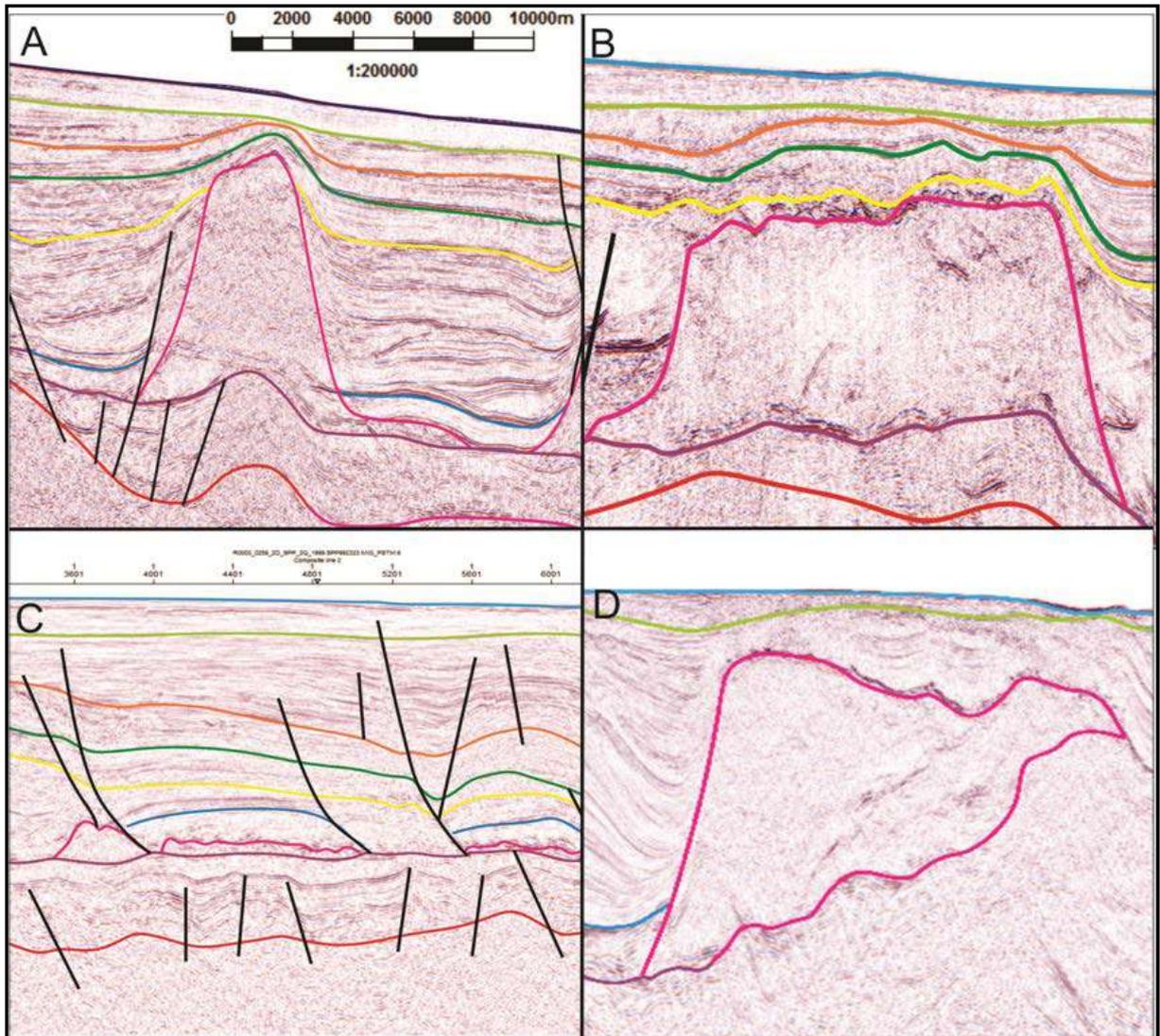
As estruturas que estão acima da base da camada de sal, geralmente estão atreladas com a tectônica halocinética. Uma das principais feições relacionadas à esta movimentação encontrada na parte proximal da bacia são as almofadas de sal, que são pacotes salinos de espessura reduzida que ocorrem de forma pontual. Outra feição bastante característica são os cascos de tartaruga, essas feições se formam na interação da movimentação do sal com as formações carbonáticas. O sal migra de forma a caracterizar uma mini-bacia, sendo que as camadas no centro dessa mini-bacia, após a deformação, configuram uma geometria semelhante a um casco de tartaruga. Na base dessas mini-bacias muitas vezes são encontrados resquícios da incidência das formações salíferas antes da migração, também chamadas de cicatrizes de sal. Outra feição também relacionada aos carbonatos são as jangadas de sal, que são formadas a partir do deslocamento das seções da plataforma Albiana. Ainda é possível observar *rollovers* de grande expressão associados à tectônica salífera. Essas estruturas são caracterizadas por falhas lítricas sintéticas de grande rejeito, geralmente mergulhando para

leste, enquanto os sedimentos se acumulam em direção à oeste, caracterizando um grande acréscimo na espessura das camadas envolvidas com esse tipo de estrutura. Associada à estas estruturas encontram-se falhas de menor porte, porém recorrentes que mergulham para oeste. Normalmente, esses elementos estão subordinados à ocorrência de falhas sintéticas, como a direção do mergulho é oposto à falha de borda da bacia, essa feição é chamada de falha antitética.

A migração do sal é condicionada por diversos fatores, sendo os principais: basculamento da bacia para leste, variações batimétricas, deslizamento gravitacional, linha de costa e tectônica gravitacional. A partir dessas condicionantes, uma série de estruturas são formadas. Na parte distal, por exemplo, foram mapeados domos e diápiros comprimidos. Mais próximo à crosta oceânica, as propriedades de mobilidade salina permitem com que essa camada cavalgue por sobre este elemento, formando línguas de sal e feições associadas, como falhas de empurrão e *nappes* (Figura 43).

Com base nessas estruturas, esta bacia foi dividida em cinco domínios relacionados à tectônica halocinética (MOHRIAK *et al.*, 2008), como exemplificado na figura 44.

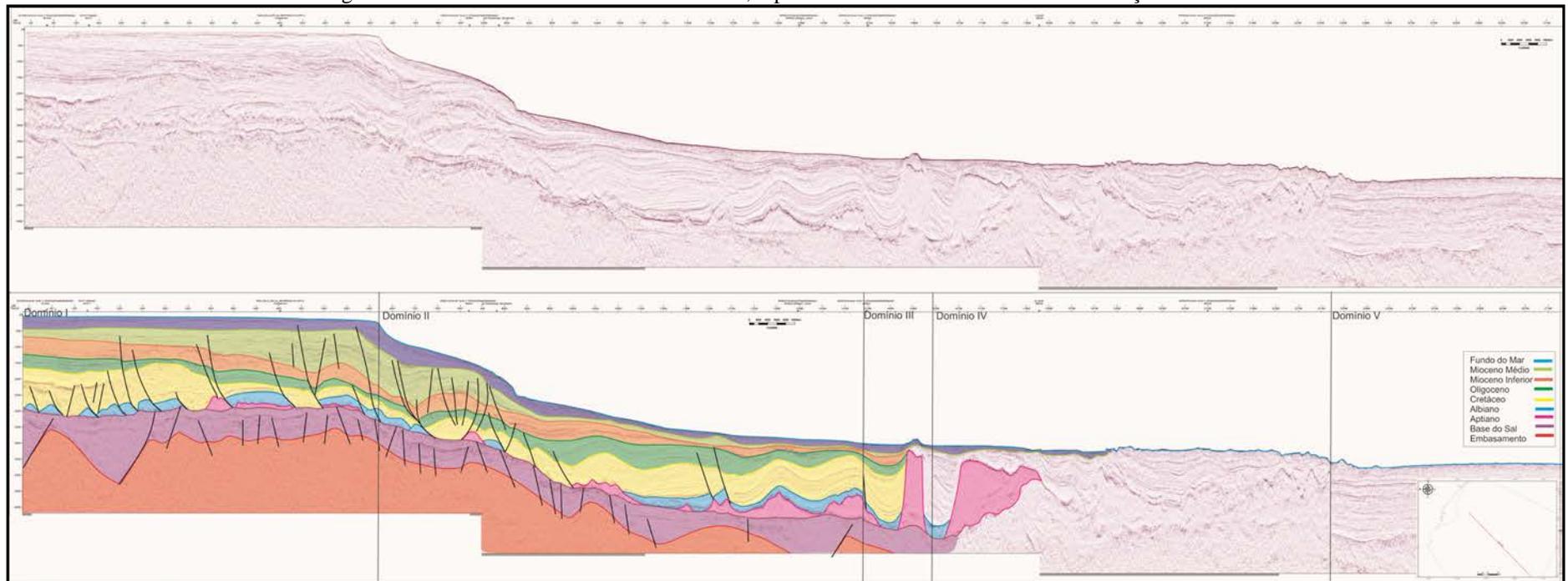
Figura 43 - Exemplos de estruturas relacionadas à movimentação halocinética na Bacia de Campos.



Legenda: a) Diápiro sal, jangada e mini-bacias; b) Muralha de sal; c) Almofadas de sal; d) Sal mobilizado por cima da crosta oceânica por cavalgamento.

Fonte: A autora (2016).

Figura 44 - Domínios Tectônicos Halocinéticos, representados na linha SPP992225 de direção NW-SE.



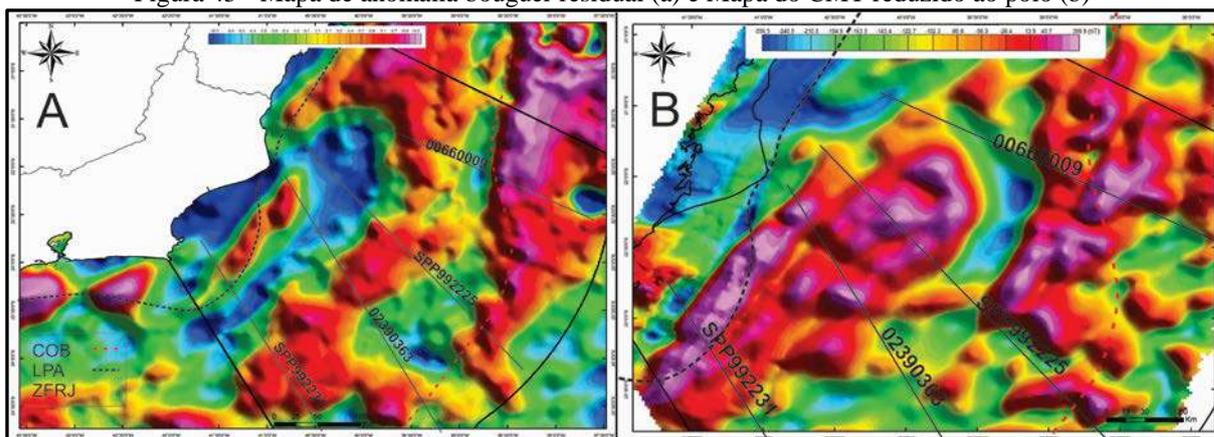
Legenda: O domínio I é o domínio extensional , onde são encontradas almofadas de sal e falhas lítricas; O domínio dois também é extensional, nele são encontradas anticlinais, cascos de tartaruga, diápiros de menos porte e falhas sintéticas e antitéticas e estruturas do tipo *rollover*; O domínio III é caracterizado pelo início da inversão compressional onde há registro de grandes diápiros de sal; O domínio IV é o domínio fortemente compressional com o sal cavalgando; O domínio V é onde está a crosta oceânica.

Fonte: A autora(2016).

As linhas de direção *strike* e *dip*, apresentam distinção ao longo da parte norte e sul da bacia. As linhas *dip* (Figura 45) apresentam os domínios apresentados na figura 44, porém distribuídos de forma não equivalente. A presença de diápiros, por exemplo, é restrita no domínio III, enquanto o domínio IV se estende por uma boa parte. Na figura 46 onde é mostrada a seção 02390363, observa-se uma disposição diferenciada para estes mesmo domínios. Nesta seção o domínio I, II e III são mais extensos, sendo este último, melhor caracterizado em relação à presença de diápiros de sal. Nessa linha também é possível estabelecer uma boa correlação entre os dados gravimétricos, magnetométricos e o perfil sísmico. No extremo noroeste observa-se a correlação entre um alto no embasamento e um alto gravimétrico e magnético. A partir deste ponto têm-se uma mudança na espessura da camada que vai desde o embasamento até à base do sal, correspondendo à um baixo gravimétrico e magnético. Na parte mais distal aponta-se a mesma correlação onde altos e baixos relativos aos métodos potenciais que se correlacionam com altos do embasamento e espessamento das seção rifte, respectivamente.

Apesar desta correlação ser bem estabelecida em outras seções da bacia, em alguns casos observa-se que os dados magnéticos apresentam um aumento nos valores da anomalia, mesmo quando correlacionados com espessamento dos depocentros da fase rifte. Isso pode ser explicado pela ocorrência de feições magmáticas relacionadas a eventos da fase rifte ou ainda por fontes largas e profundas, como na seção da figura 47.

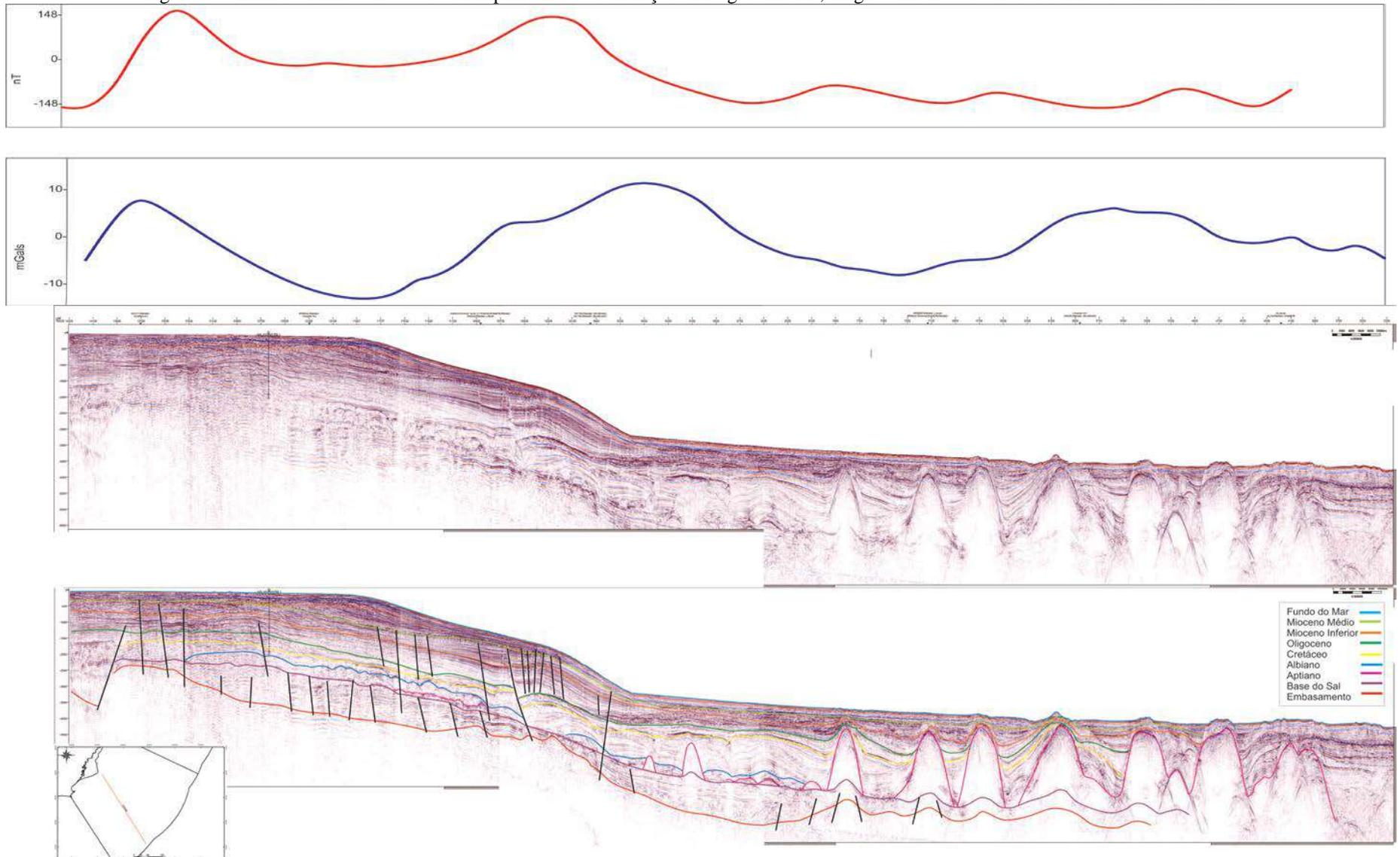
Figura 45 - Mapa de anomalia bouguer residual (a) e Mapa do CMT reduzido ao pólo (b)



Legenda: Com a localização das linhas de direção NW-SE, perpendiculares à linha de costa.

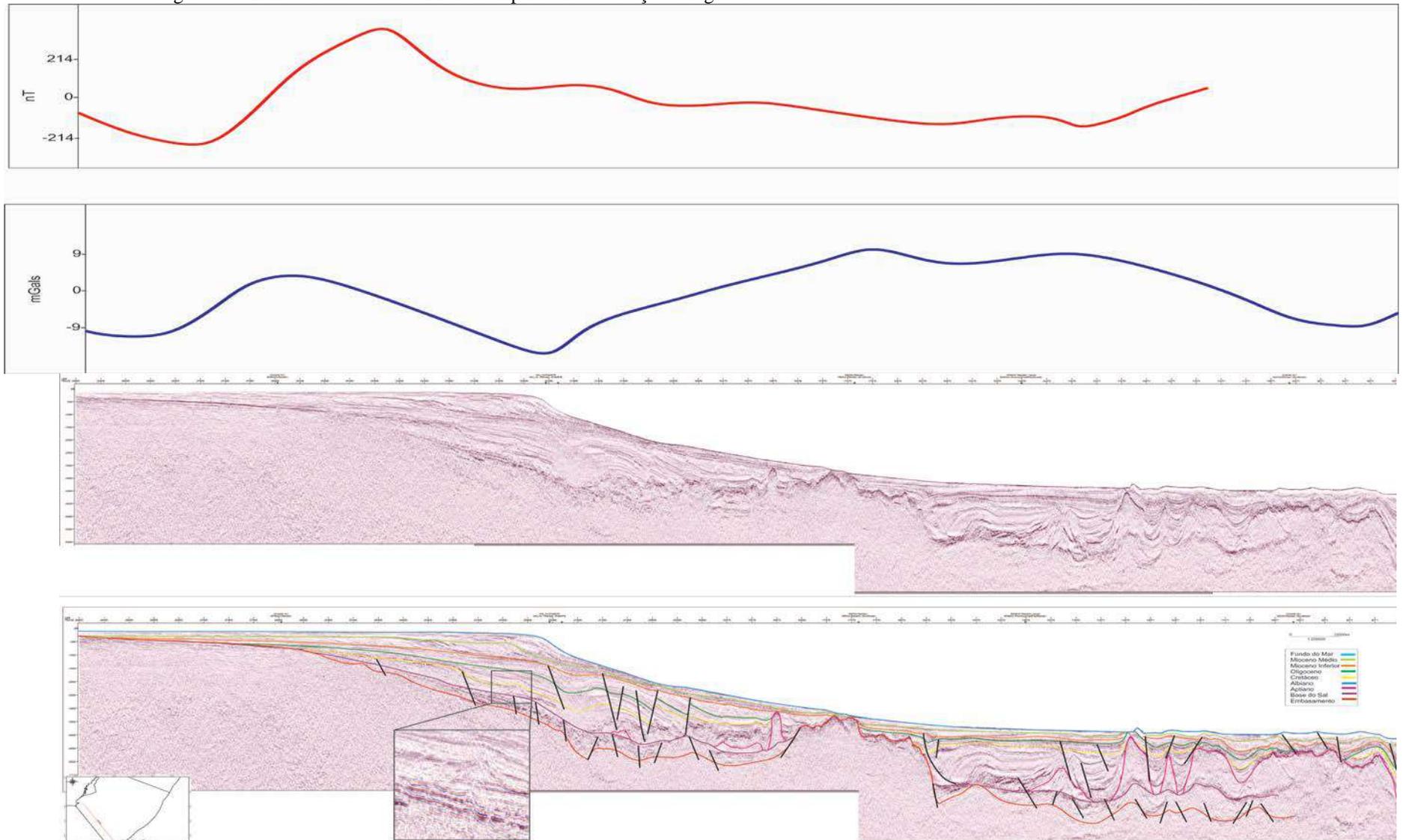
Fonte: A autora (2016).

Figura 46 - Linhas Sísmica 02390363 exemplificando a correlação entre gravimetria, magnetometria e os altos e baixos do embasamento.



Fonte: A autora(2016).

Figura 47 - Linha Sísmica SPP992231 exemplificando as feições magnéticas associadas a altos e baixos relacionados ao embasamento.

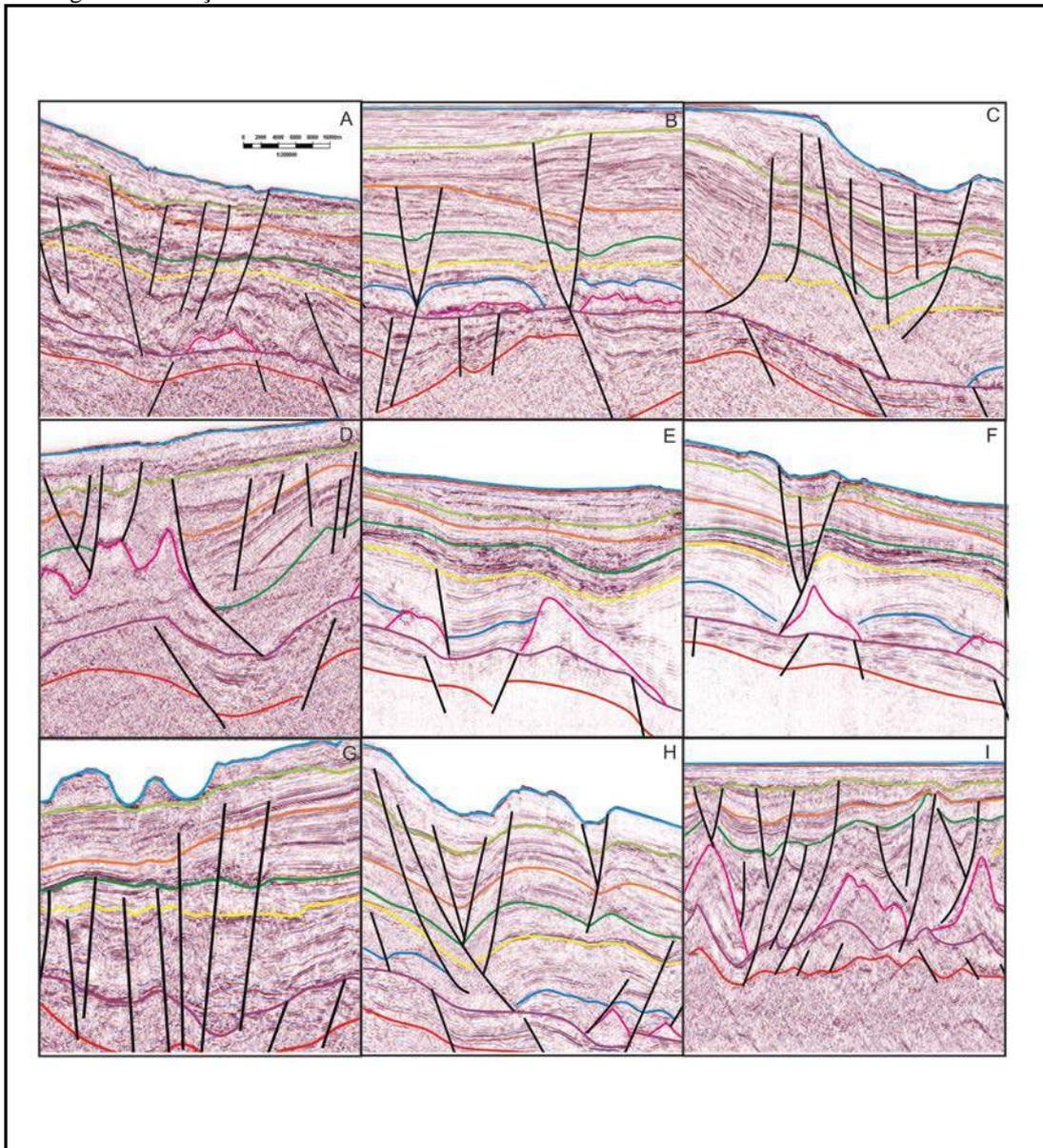


Fonte: A autora(2016).

Já nas linhas *strike*, de direção NE-SW, essas diferenças são marcadas por outras estruturas que estão relacionadas especialmente à caracterização de zonas e falhas de transferência. Na figura 48 são apresentados os elementos que facilitaram a identificação desses elementos, são eles: grábens e *horts*, estruturas em flor, inversão de rejeito, falhas com alto ângulo de mergulho e mudanças abruptas na espessura das camadas. Nessas linhas também fica clara a diferenciação entre a continuidade de algumas camadas (Figura 49 e Figura 50). A seção sísmica na parte superior da figura 49 contém altos e baixos no embasamento, nela ainda pode-se observar a presença de três zonas de falhamentos verticais que segmentam as camadas estratigráficas desde o embasamento até o Mioceno. Existe uma mudança brusca na espessura dessas camadas, em especial se compararmos o segmento do extremo sudeste ao extremo noroeste, estes divididos por um falhamento central. Ainda na parte sul, porém na porção distal, encontra-se a linha 00520230, na parte inferior da figura 49, onde também existem duas zonas de falhas bem marcadas, porém a da parte sudoeste afeta até o Mioceno Superior, enquanto que a do segmento nordeste afeta até o Fundo do Mar. Outra grande diferença que se observa é em relação à arquitetura do sal, sendo o segmento central entre os dois falhamentos repleto de estruturas dômicas salinas, enquanto na parte nordeste as estruturas de sal aparecem de forma mais escassa.

Na porção norte também é possível observar esse tipo de estruturas. Na linha superior da figura 50, encontram-se falhas que afetam desde o embasamento até o recente. Essas feições também segmentam a arquitetura do sal. Já na seção inferior desta mesma figura, acompanha-se a evolução dessas mesmas falhas para a parte distal, sendo que além de falhas verticais, há uma série de *horts* e grábens de pequeno porte. Nesse caso algumas das falhas não chegam à atravessar o horizonte que corresponde à base do sal, porém observa-se a influência das estruturas mais antigas sobre as que estão acima do topo do rifte.

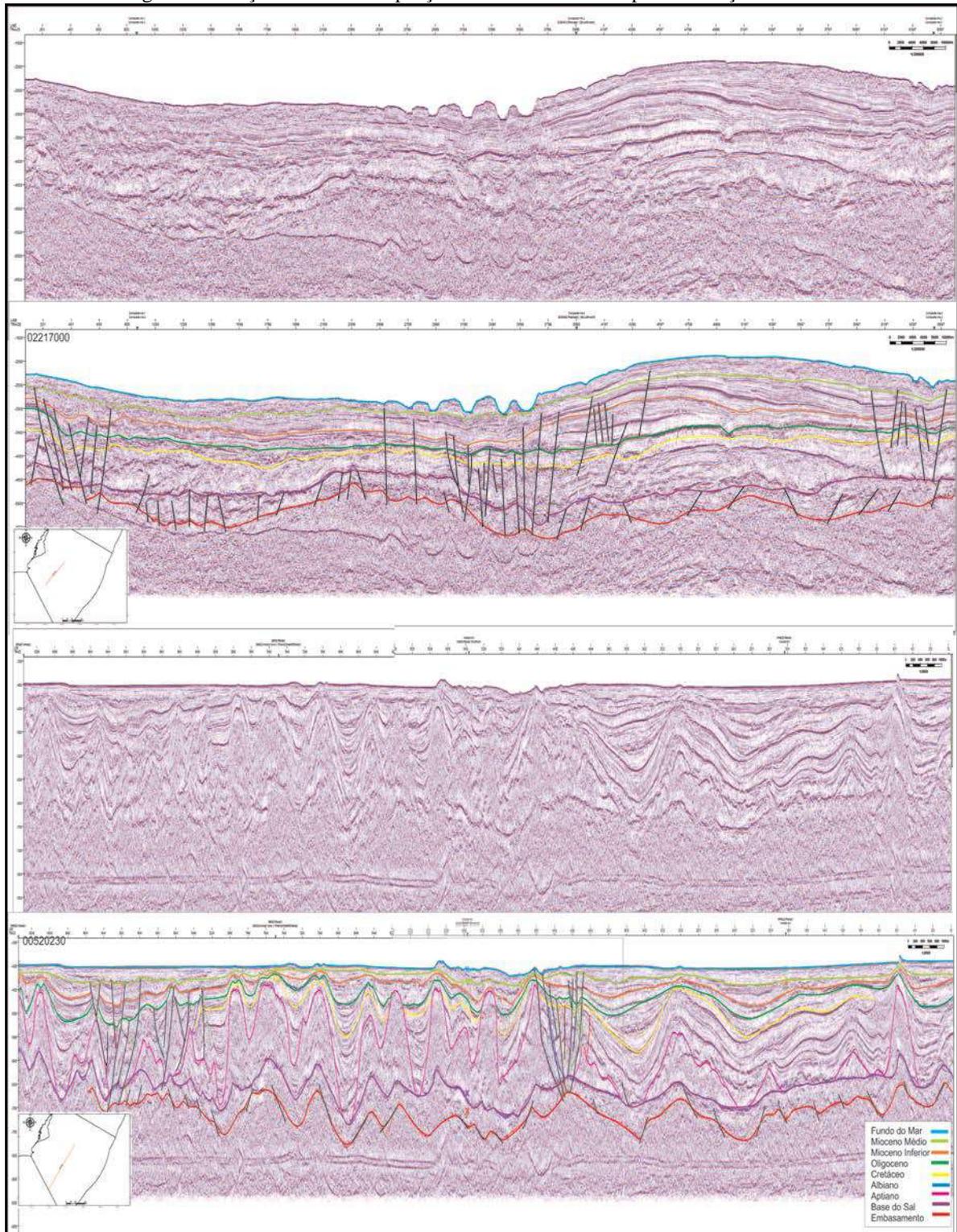
Figura 48 - Feições estruturais indicativas de falhas e zonas de transferência em linhas strike.



Legenda: a) Mudança no rejeito; b) Mudança abrupta na espessura das camadas; c) Estrutura em flor negativa; d) Mudança abrupta na espessura das camadas; e) Horts e gráben; f) Mudança abrupta na espessura das camadas e no rejeito; g) Falhas verticais; h) Estrutura em flor negativa; i) Zona de falhas verticais à subverticais com indícios de reativação.

Fonte: A autora(2016).

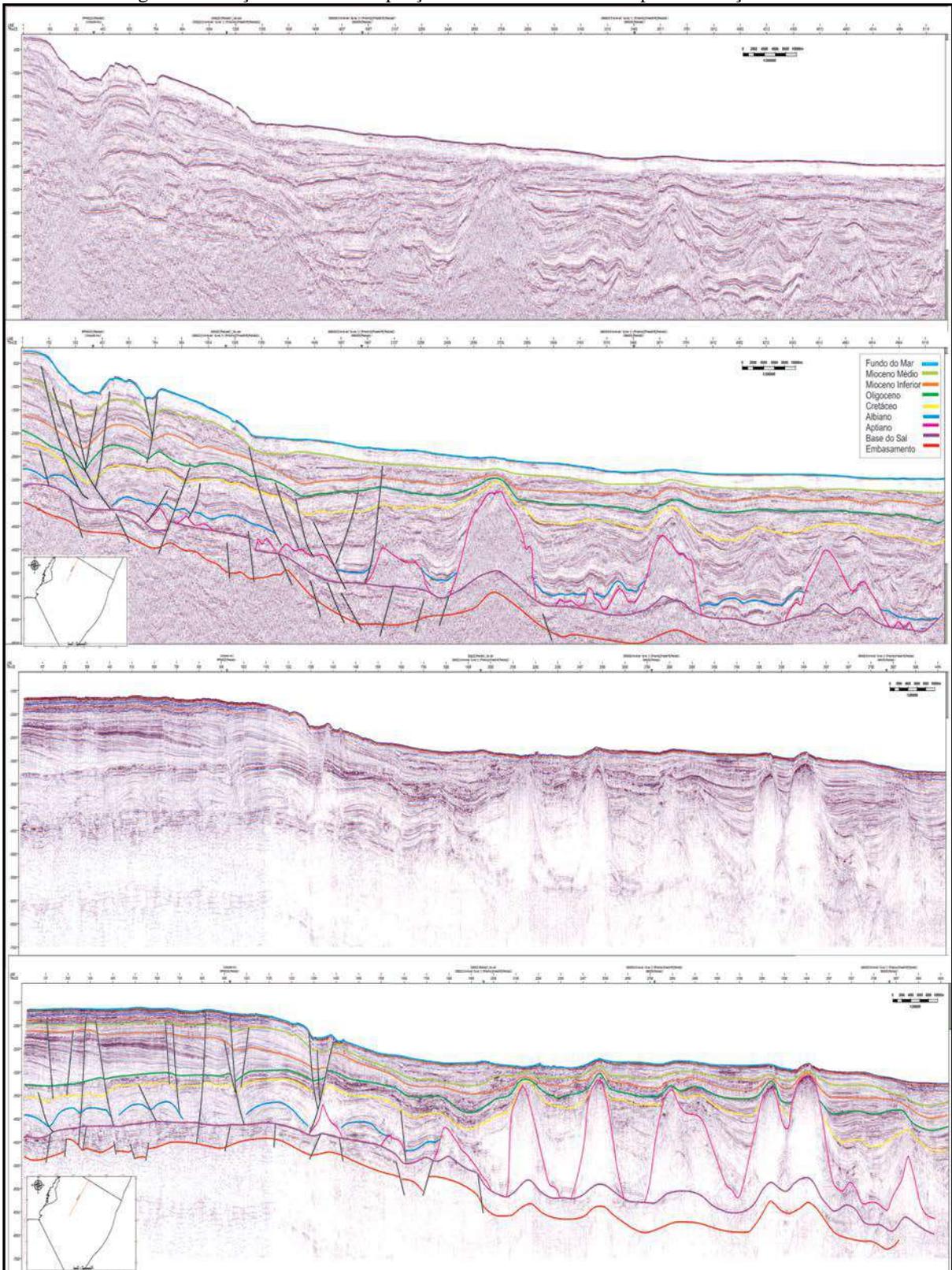
Figura 49 - Seções sísmicas na porção sul da Bacia de campos de direção NE-SW.



Legenda: Mostrando a diferenciação das camadas que são segmentadas por falhamentos verticais que vão desde o embasamento até o Fundo do Mar.

Fonte: A autora (2016).

Figura 50 - Seções sísmicas na porção norte da Bacia de Campos de direção NE-SW.



Legenda: Acima a linha 00660036 e abaixo a linha 00380251.

Fonte: A autora (2016).

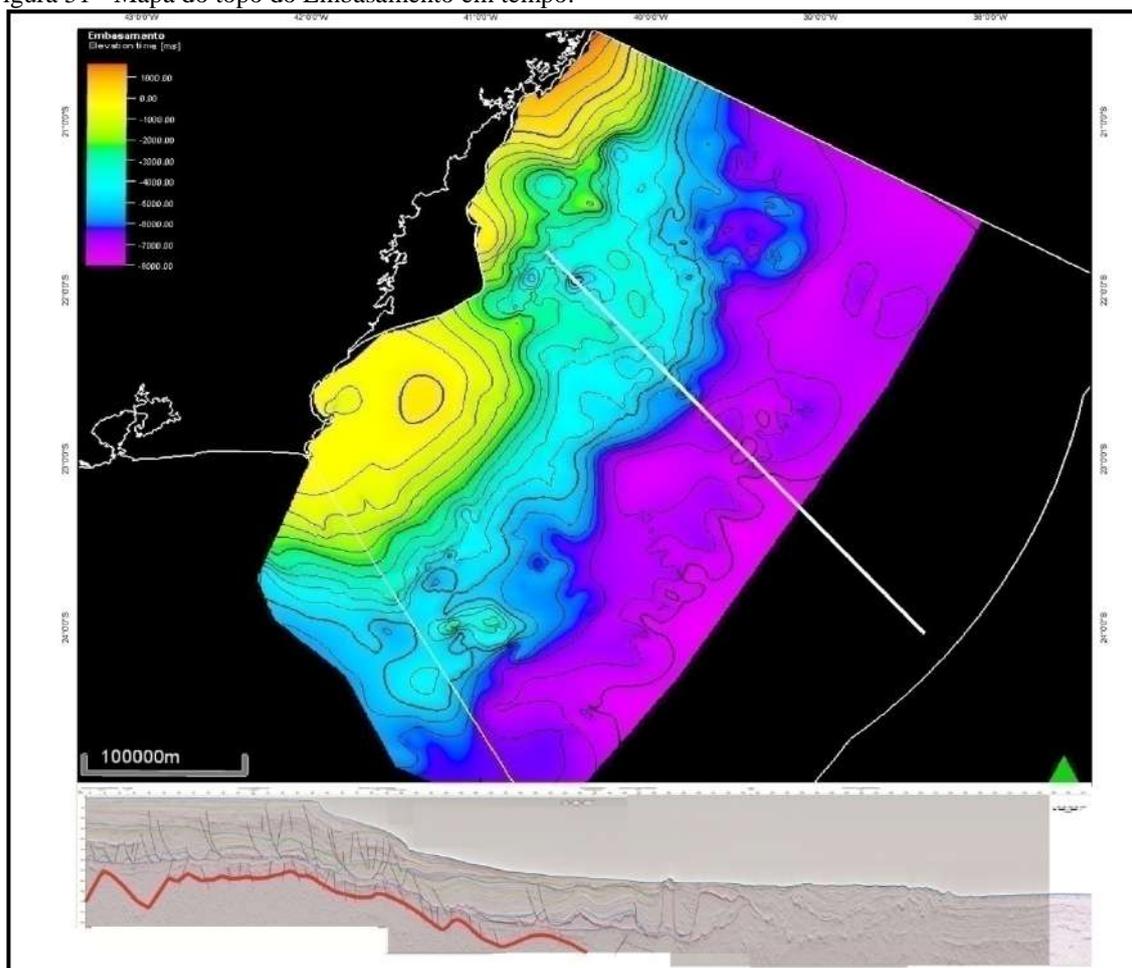
4.4 Mapas de Superfície em Tempo

Além do mapeamento dos principais horizontes e estruturas da bacia, foram elaborados mapas de superfície em tempo. Estes mapas auxiliam no entendimento da disposição do arcabouço estrutural da bacia. As falhas de transferência, muitas vezes, têm como característica o plano vertical. Sendo assim, a visualização dessas estruturas, pode ser facilitada através da identificação de segmentos nos mapas em planta.

Estes mapas ainda facilitam a correlação com os dados de métodos potenciais, observando esses mesmo deslocamentos em anomalias gravimétricas, por exemplo. Apesar desse estudo conter linhas regionais, apenas através da gridagem dos horizontes mapeados é possível estabelecer uma conexão entre as estruturas mapeadas nas diferentes seções sísmicas. A mudança na direção das curvas é o principal indício de estruturas transversais encontradas nesses mapas.

Limitado pelo polígono da bacia e extensão dos horizontes mapeados, o primeiro mapa elaborado foi o correspondente ao topo do embasamento (Figura 51). Este mapa é um dos principais deste estudo, já que as falhas de transferência tem sua formação originada a partir de elementos de fraqueza dessa superfície. Nele é possível reconhecer o *trend* principal da bacia de direção NE-SW, o adensamento das linhas também permite identificar a linha de charneira na parte oeste. Pode-se observar ainda um segundo *trend* transversal à linha de costana parte norte, seguindo até a região central da bacia. Na parte sul, evidencia-se um alto no embasamento de *trend* E-W. Outra característica importante nesse mapa é um alto externo, seguido de um rebaixamento à leste até o limite com a crosta oceânica.

Figura 51 - Mapa do topo do Embasamento em tempo.



Legenda: A figura também mostra a localização da linha sísmica SPP992225 de direção NW-SE (linha de cor branca, vide também a Figura 55).

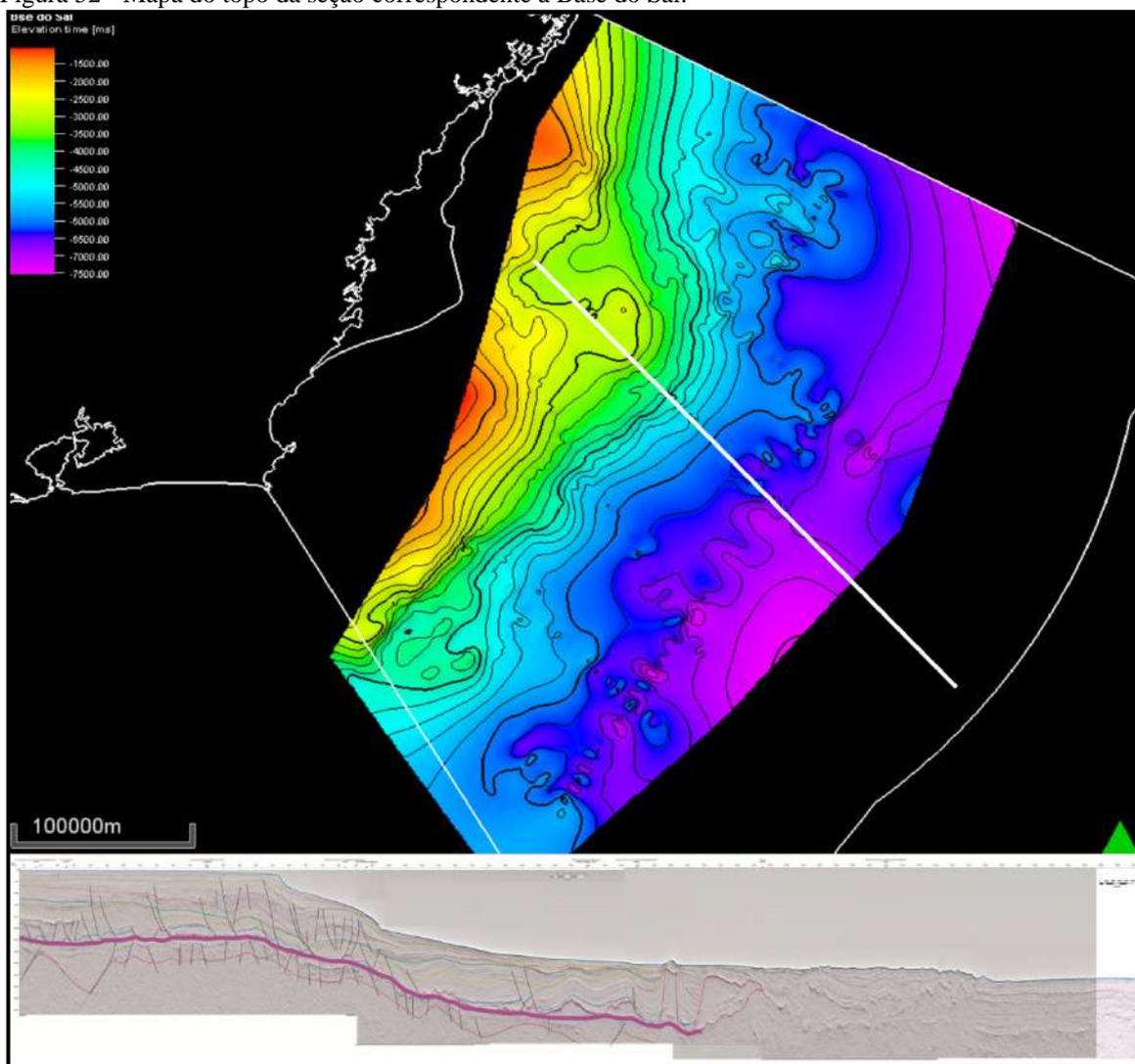
Fonte: A autora (2016).

O segundo mapa é correspondente à superfície que está na base do Sal (Figura 52). Essa superfície, algumas vezes é coincidente como topo da seção rifte e apresenta o mesmo *trend* NW-SE na parte norte da bacia, porém muito mais bem definido. Observa-se ainda o mesmo lineamento na parte sul de direção leste-oeste, porém não tão bem definido como o do mapa do embasamento. Essa superfície é limitada pela charneira pré-Aptiana, por isso seu gride tem uma cobertura menor do que a do primeiro mapa. Na parte leste é possível estabelecer uma relação entre a parte mais profunda dessa superfície e o limite proximal de diápiros de sal. Este limite também não é retilíneo, inflectindo de NE-SW pra NNW-SSE de sul para norte.

Os mapas seguintes foram elaborados com a mesma finalidade dos anteriores, visando a observação das estruturas em planta e se os deslocamentos persistiam até camadas mais recentes (Figura 53, Figura 54 e Figura 55). Os deslocamentos na parte norte

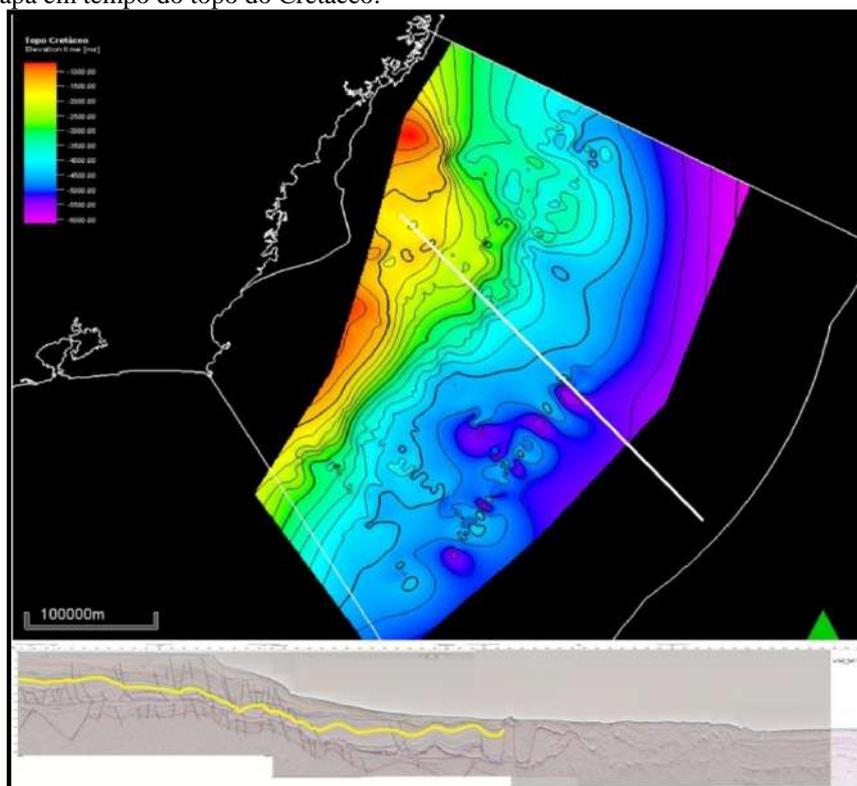
da bacia se estendem de forma significativa até as camadas mais jovens, o mesmo não pode-se afirmar das estruturas na parte sul. Vale ressaltar que neste trabalho, o mapa do topo do Sal utilizado é o interpretado por Mohriak *et al.* (2008), isto ocorre porque o gride do topo dessa camada elaborada à partir dos dados fornecidos pelo BDEP não possuíam um intervalo pequeno o suficiente para que as estruturas de sal fossem detalhadas de forma à caracterizar sua geometria.

Figura 52 - Mapa do topo da seção correspondente à Base do Sal.



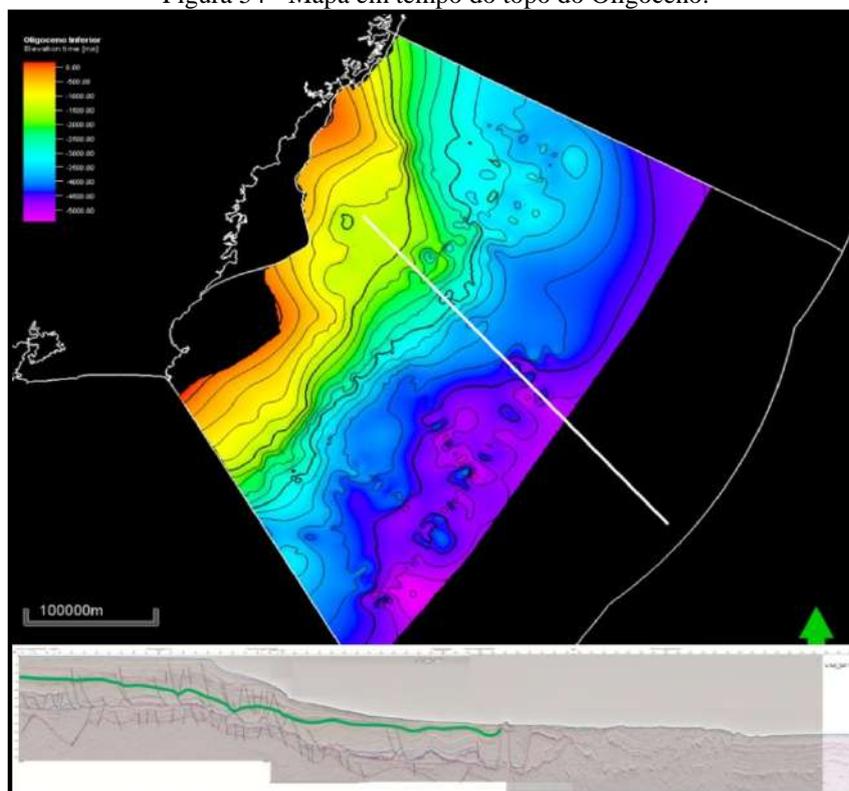
Fonte: A autora (2016).

Figura 53 - Mapa em tempo do topo do Cretáceo.



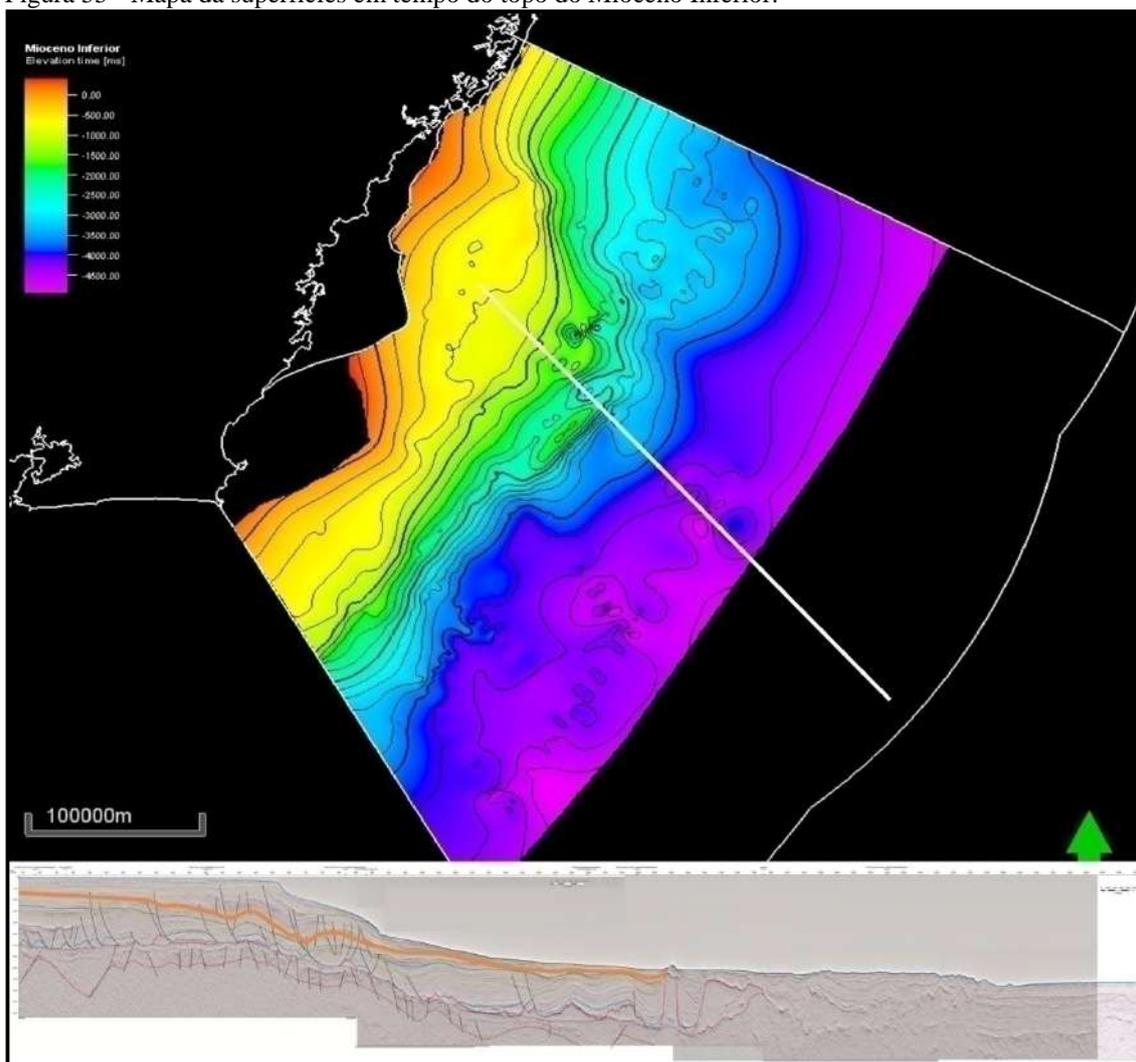
Fonte: A autora (2016).

Figura 54 - Mapa em tempo do topo do Oligoceno.



Fonte: A autora(2016).

Figura 55 - Mapa da superfícies em tempo do topo do Mioceno Inferior.



Fonte: A autora (2016).

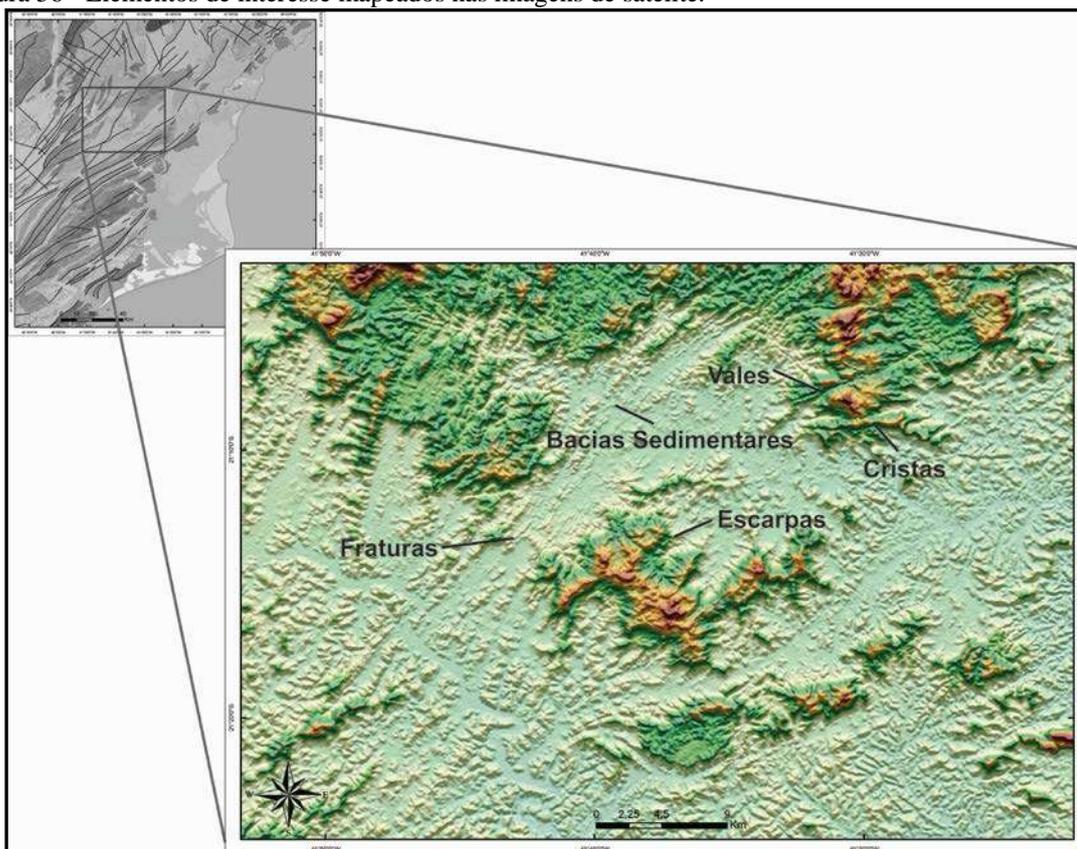
4.5 Imagens de Satélite

As imagens de satélite foram utilizadas a fim de se estabelecer uma correlação entre lineamentos no embasamento *onshore* e as feições mapeadas na parte *offshore* da bacia. Apesar de não haver dados de datação para esses elementos, Souza (2007) já estabeleceu essa relação de modo tentativo e preliminar para uma bacia análoga, a Bacia de Santos. Mais recentemente, Moura (2015) propõe uma possível correlação entre lineamentos e altos estruturais separando porções do rifte continental do sudeste brasileiro com feições estruturais na plataforma continental da Bacia de Santos.

Um total de quatorze imagens de satélite foram utilizadas, sete de relevo e sete de altitudes, sendo as primeiras sobrepostas em relação à segunda. Estas foram mapeadas na escala 1:300000 e cobriam a área onde está contido o Orógeno Ribeira, embasamento da Bacia de Campos, sendo que através delas foram extraídos cerca de mil lineamentos de diversas direções.

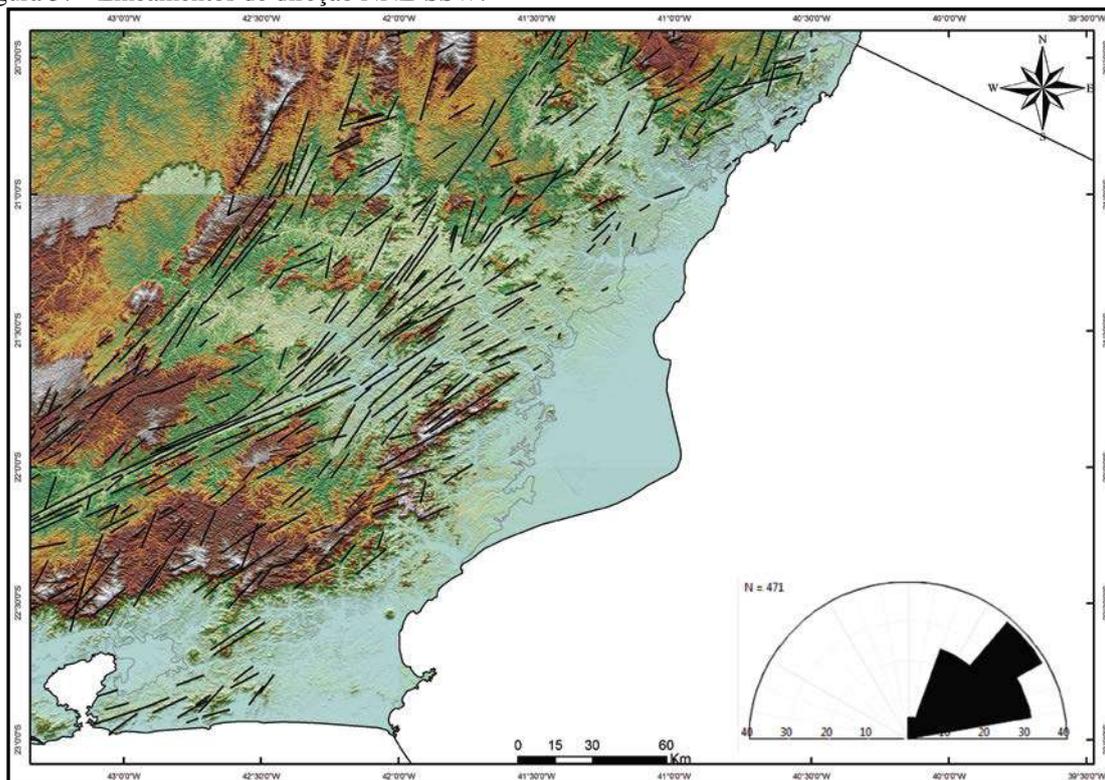
Seguindo o mesmo procedimento adotado por Souza (2007), as principais feições mapeadas foram escarpas, vales estruturais, bacias sedimentares, linhas de fraturamento e linhas de crista (Figura 56). A fim de facilitar a correlação com os elementos *offshore* essas feições foram divididas entre as duas principais direções: segmentos de direção NNE-SSW (Figura 57); e segmentos de direção NW-SE (Figura 58). De acordo com essa subdivisão, essas direções foram plotadas através de diagramas de rosetas no programa StereoNet para que fosse indicada a incidência de cada uma delas.

Figura 56 - Elementos de interesse mapeados nas imagens de satélite.



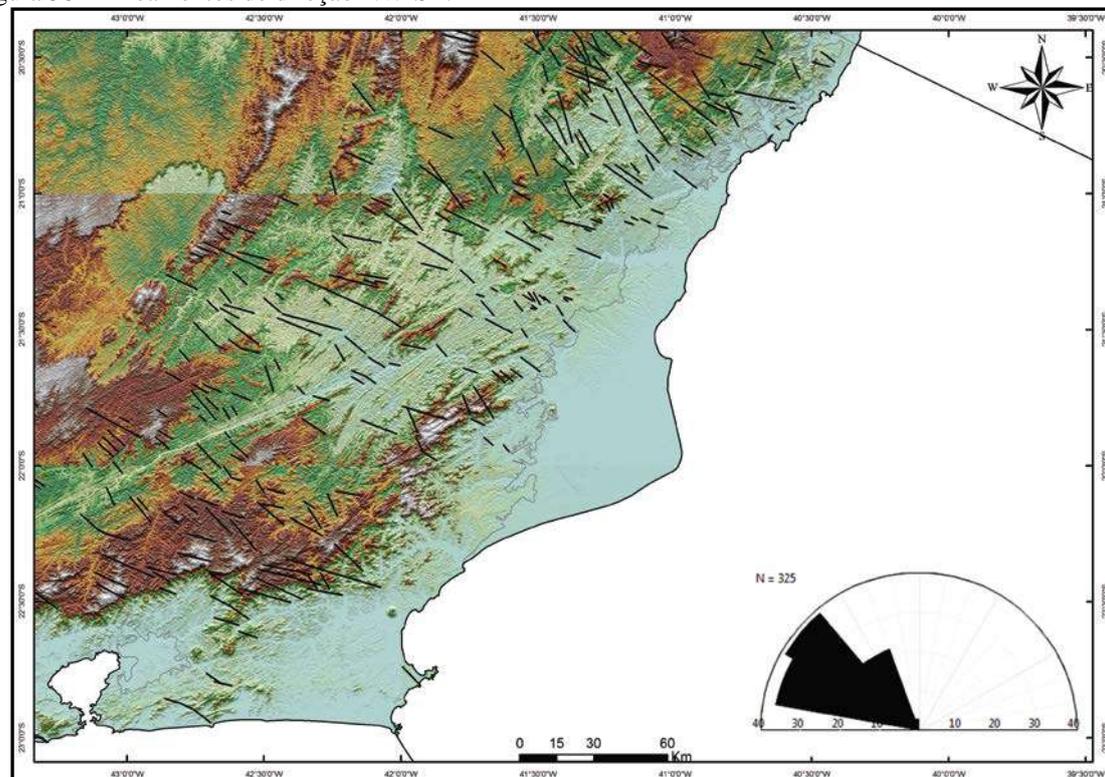
Fonte: A autora (2016).

Figura 57 - Lineamentos de direção NNE-SSW.



Fonte: A autora (2016).

Figura 58 - Lineamentos de direção NW-SE.



Fonte: A autora (2016).

Na figura 57, o padrão das estruturas para os 471 lineamentos mapeados vai de N10-80E, sendo a direção preferencial no eixo direcional de N40-60E. Os lineamentos vão de 10 à 60 km, variando de retilíneos à curvos. Para que a análise de direções fosse possível, esse lineamentos foram mapeados de forma segmentada, sendo assim, em alguns casos, ele pode se estender por mais de 60 km. Pode-se observar uma distinção entre a parte sudoeste e nordeste da imagem. Na primeira, têm-se um padrão de direção com tendência geral em torno de N60E, enquanto na segunda o ângulo tende a ser menor, tendendo mais ao eixo norte-sul.

Já para a figura 58, o padrão se concentra na direção N30-50W, onde 325 lineamentos foram mapeados. Essa direção apresenta lineamentos menos contínuos e em sua maioria mais retilíneos, quando comparados à figura 57. Em relação ao comprimento, eles variam de 5 à 50km. Esse lineamentos não ocorrem de forma contínua, porém quando identificados, há um adensamento nas estruturas que possuem essa direção. No extremo sudeste é possível identificar uma interação desse *trend* em direção à bacia.