

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DO LINEAMENTO DE PIÚMA E SUA INFLUÊNCIA NA PORÇÃO NORTE DA BACIA DE CAMPOS

LETÍCIA CORNACHINI BRONZONI

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Amarante Simões

Co-orientador: Dr. Iata Anderson de Souza

“Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de (nome do curso) do (Instituto de origem) – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2011”

Rio Claro – SP
2011

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro (SP)

**CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DO LINEAMENTO DE PIÚMA
E SUA INFLUÊNCIA NA PORÇÃO NORTE DA BACIA DE CAMPOS**

Letícia Cornachini Bronzoni

Orientador: Luiz Sérgio Amarante Simões

Co-orientador: Iata Anderson de Souza

Rio Claro – SP
2011

551.8 Bronzoni, Leticia Cornachini
B869c Caracterização estrutural do Lineamento de Piúma e sua influência na
 porção norte da Bacia de Campos / Leticia Cornachini Bronzoni. - Rio
 Claro : [s.n.], 2011
 61 f. : il., figs.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geologia) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Luiz Sérgio Amarante Simões
Co-Orientador: Iata Anderson de Souza

1. Geologia estrutural. 2. Margem continental. 3. Faixa Ribeira. 4.
Seções sísmicas. 5. Embasamento continental adjacente. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Antônio e Soneli e
aos meus irmãos Antônio Ângelo e Cristiano

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela vida e ao meu anjinho Tony, por me protegerem, iluminarem e guiarem meus caminhos sempre.

Aos meus pais Antônio e Soneli, pela vida, amor, carinho e educação. Ao meu irmão Cristiano pelo apoio, dedicação, amor e carinho e pelos bons momentos vividos em família.

Aos meus avós, tios e primos por encherem meus dias de alegria sempre que nos encontramos. Aos meus padrinhos, tio Júnior, Penha, tia Rosane e tio Maurício, por me acolherem diante de Deus e terem um carinho especial por mim.

À minha melhor amiga Juliana, por fazer parte da minha vida desde sempre e por me escutar, apoiar e ajudar mesmo com a distância. Pelos bons momentos de nossa infância e adolescência.

Ao Marcos, pelo amor e carinho, por ser meu melhor amigo, companheiro e confidente. Obrigada por me incentivar e animar sempre com as atividades do TCC.

Aos amigos Paulo e Sueli por me fazerem tão feliz ao me chamarem pra ser madrinha da menina mais doce e linda, minha querida Thaís. À você minha linda Tatá por me deixar boba sempre que me dá um sorriso e um abraço. À Gisele e Bruna pelos anos de amizade.

Aos queridos amigos Nathália, Gabriel, Celso, Nelma, pelos momentos de alegria e por me acolherem sempre como parte da família.

À “família canadense”, Mathew, Kamis, John, Rodrigo, Flávinha, Sabatha e Amanda, obrigada por fazerem parte de um sonho perfeito e serem tão especiais em minha vida.

Aos amigos do Israel por estarem ao meu lado em momentos únicos da minha vida a partir dos quais passei a dar mais valor aos sentimentos e por me ensinarem a viver forte com Deus. Em especial à Vanessa (Vanzita), uma amiga querida que vou ter pra sempre em minha vida.

À Milena (Mimi), pela amizade durante estes 5 anos de faculdade, pelos trabalhos juntas, baladas, rabanadas e outros momentos que vou lembrar sempre.

Ao Adriano, pela amizade e companhia sempre. Saídas no centro, shopping, açaís, pelos momentos de bobeira. Por sempre me incentivar e também ajudar nas atividades do TCC.

Ao Daniel (Banana), colega de classe, do PET e de laboratório, por ajudar nas atividades desenvolvidas no decorrer do TCC e me fazer companhia no laboratório.

Às amigas Geozelithas Paula, Bárbara (Bah), Natália (Naty), Juliana (Sakura), Julia, Milena, Ana Luiza (Vamp) e Nayara, pela amizade, momentos inesquecíveis, festas, apoios, almoços e jantas.

Aos amigos Geozelithos Cícero (Ema), João Gabriel (John), Thiago (Gigolô), Fábio (Sacudinho), Alan (Bigas), Felipe (Xuxa), Diego (Cindy), Zé, Yuri (ChunLee), Nicolás (Argentino), Alex (Bomba), Rodrigo, Ílio Juninho, Filipe (Sujinho) e Gustavo, pelos anos de convivência, ajudas e compartilhamento de conhecimentos.

Ao Professor Luiz Simões, por sempre achar um tempinho em sua agenda pra me ajudar e ensinar, desde os tempos do PET, Estrutural, Campo II até o TCC.

Ao Iata por me co-orientar ensinando sobre os softwares necessários para a realização do meu TCC, pela ajuda no trabalho de campo.

À engenheira geofísica Gabriela Castillo por estar sempre disponível a ajudar explicando com clareza e boa vontade.

À equipe de campo composta pelos professores Hasui e Norberto, professora Mirna da UFES e aluno da UFES Leandro Kaut, pelo apoio e bons momentos em campo.

Ao PET, por ter me ensinado muitas coisas e ter proporcionado viagens inesquecíveis.

Ao professor Joel, nosso paraninfo, por sempre acompanhar nossa turma defendendo nossos interesses, pelas conversas animadas e estar sempre disposto a ajudar.

Aos professores Zaine, Paulina, Sturaro, Sebastião e George, por estarem sempre dispostos a ajudar nas aulas e conversar pelos corredores.

À todos os professores, por me ensinarem Geologia e me capacitarem para a profissão que escolhi para a minha vida. À todos os funcionários da UNESP.

Ao apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás (PRH-ANP/MCT) e do Programa de Formação de Recursos Humanos da Petrobras.

Ao PRH-05 pela concessão da bolsa de graduação, pelo apoio no desenvolvimento deste projeto e pelos cursos de verão que acrescentaram muito conhecimento sobre a área.

RESUMO

O estudo detalhado das bacias da margem continental brasileira se tornou possível com o avanço das ferramentas geofísicas, com destaque para a sísmica de reflexão. Ao caracterizar o arcabouço tecno-estratigráfico das bacias marginais do Brasil, observou-se uma relação com estruturas presentes no embasamento continental adjacente. Assim vários trabalhos começaram a ser feitos para buscar a fim de entender esta relação e conhecer os principais condicionantes que influenciaram a evolução da margem continental. A área de estudo do presente trabalho compreende a porção norte da Bacia de Campos e a porção continental aflorante nas áreas adjacentes, que corresponde ao norte do estado do Rio de Janeiro e o sul do estado do Espírito Santo. Nesta área destaca-se uma feição estrutural de direção NW-SE com projeção para a Bacia de Campos denominada de “Lineamento de Piúma”. As rochas do embasamento aflorante pertencem à Faixa Ribeira que foi aglutinada a outras faixas móveis durante o Ciclo Brasileiro formando o continente Gondwana Ocidental, que mais tarde fragmentou-se dando origem ao Oceano Atlântico. A abertura do oceano gerou as bacias marginais que possuem fácies continentais, transicionais e marinhas. A fase continental da Bacia de Campos deu origem a horsts e grábens limitados por falhas sintéticas e antitéticas. Ao continuar o rifteamento formaram-se lagos salinos que depositaram sedimentos siliciclásticos e carbonáticos. A fase transicional deu origem aos espessos pacotes de evaporitos compostos por halita e anidrita e foi depositado em ambiente lagunar, tectonicamente calmo e de clima árido a semi-árido. Na fase marinha depositaram-se sedimentos siliciclásticos e carbonáticos na Bacia de Campos dando origem a folhelhos, margas, calcários, ritmitos, turbiditos, arenitos e outros. O objetivo do presente trabalho é verificar a possível continuidade do Lineamento de Piúma, observado em continente, dentro da Bacia de Campos e se o mesmo tem alguma influência na estruturação da bacia. Para tal reconhecimento foram feitos os seguintes métodos de trabalho: levantamento bibliográfico, sensoriamento remoto, trabalho de campo, interpretações geofísicas através de interpretações de seções sísmicas, métodos potenciais (magnetometria e gravimetria) e mapas de contorno estrutural.

Palavras chave: Lineamento de Piúma, Bacia de Campos, Embasamento Continente Adjacente, Seções Sísmicas.

ABSTRACT

The detailed study of the Brazilian continental margin basins became possible with the advancement of geophysical tools, with emphasis on seismic reflection. Characterizing the structural and stratigraphic elements of Brazil's marginal basins they realized that there was a relationship with structures present on the adjacent continental basement. So many works began to be made to understand this relationship and know the major factors that influenced the evolution of the continental margin. The study area of this work includes the northern portion of the Campos Basin and the continental outcropping adjacent areas, which corresponds to the northern of Rio de Janeiro state and the southern of Espírito Santo state. This area stands an important structural feature of NW-SE direction with a projection to the Campos Basin called "Lineamento de Piúma". The outcropping basement rocks belongs to the Ribeira Belt which was bonded to other mobile bands forming the continent Western Gondwana during the Brasiliano Cycle, which later fragmented giving rise to the Atlantic Ocean. The opening of the ocean results on the formation of the marginal basins of Brazil. These basins have continental, transitional and marine facies. On Campos Basin the continental phase resulted on the formation of horsts and grabens bounded by synthetic and antithetic faults. Continuing rifting formed the saline lakes that deposited siliciclastic and carbonate sediments. The transitional phase resulted on thick packages consist of evaporites (halite and anhydrite) that was deposited in lagoon environment, tectonically quiet arid and semi-arid. The marine phase it deposited siliciclastic and carbonate in the Campos Basin resulting in shales, marls, limestones, ritmito, turbidites, sandstones and others. The objective of this study is to investigate the possible continuation of the Lineament Piúma observed in the continent, in the Campos Basin and recognize if it has any influence on the formation of the basin. For this recognition were made the following working methods: literature review, remote sensing, field work, geophysical interpretations through interpretations of seismic sections, potential methods (magnetometry and gravimetry) and structural contour maps.

Key words: Lineamento de Piúma, Campos Basin, Adjacent Continent Basement, Seismic Sections

Índice

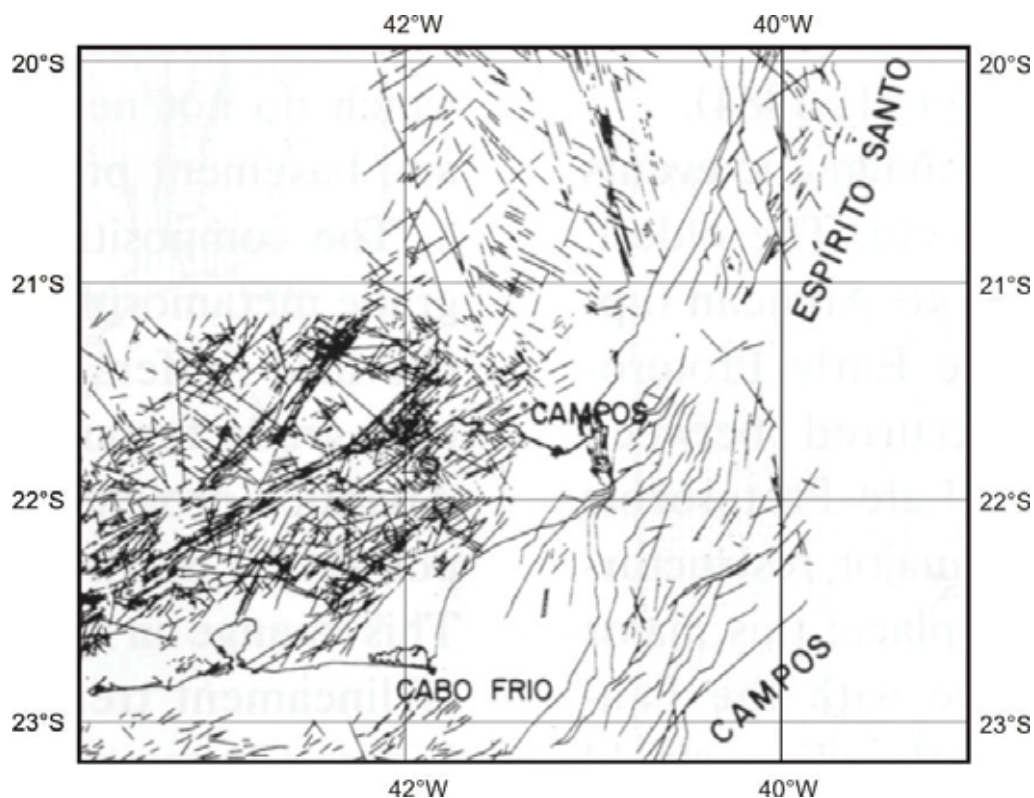
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	9
2. OBJETIVOS	12
3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO	13
3.1 Levantamento Bibliográfico.....	13
3.2 Sensoriamento Remoto	13
3.3 Trabalho de Campo	13
3.4 Interpretações Geofísicas	13
3.5 Integração dos dados em ambiente SIG	14
4. CONTEXTO GEOLÓGICO	15
4.1 Embasamento Pré-Cambriano	15
4.2 Bacia de Campos	20
4.2.1 Unidades tectono-estratigráficas da bacia	20
4.2.2 Feições estruturais da Bacia de Campos	23
4.2.3 Evolução da Margem Continental – Bacia de Campos.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1 Trabalho de Campo	26
5.2 Sensoriamento Remoto	31
5.2.1 Caracterização Estrutural do Lineamento na Área Continental	31
5.2.3 Análise da Batimetria	39
5.3 Interpretações Geofísicas	39
5.3.1 Etapas da Interpretação Sísmica.....	40
5.3.2 Interpretações das Seções Sísmicas.....	42
5.3.3 Mapas de Contorno Estrutural.....	49
5.3.4 Métodos Potenciais	55
6. CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O estudo detalhado das bacias da margem continental brasileira se tornou possível com o avanço das ferramentas geofísicas, com destaque para a sísmica de reflexão. A medida em que foram feitas caracterizações do arcabouço tectono-estratigráfico, veio à tona a relação com estruturas presentes no embasamento continental adjacente, podendo observar que as principais estruturas possuem direção semelhante (Figura 1). Com isso, diversos trabalhos foram desenvolvidos integrando dados continentais com dados da bacia submersa (*e.g.* Asmus & Guazelli, 1981; Dias *et al.*, 1987; Guardado *et al.*, 1989; Chang *et al.*, 1992), possibilitando conhecer os principais condicionantes estruturais que controlaram a evolução da margem continental, constituindo informação relevante para um bom conhecimento dos sistemas petrolíferos.

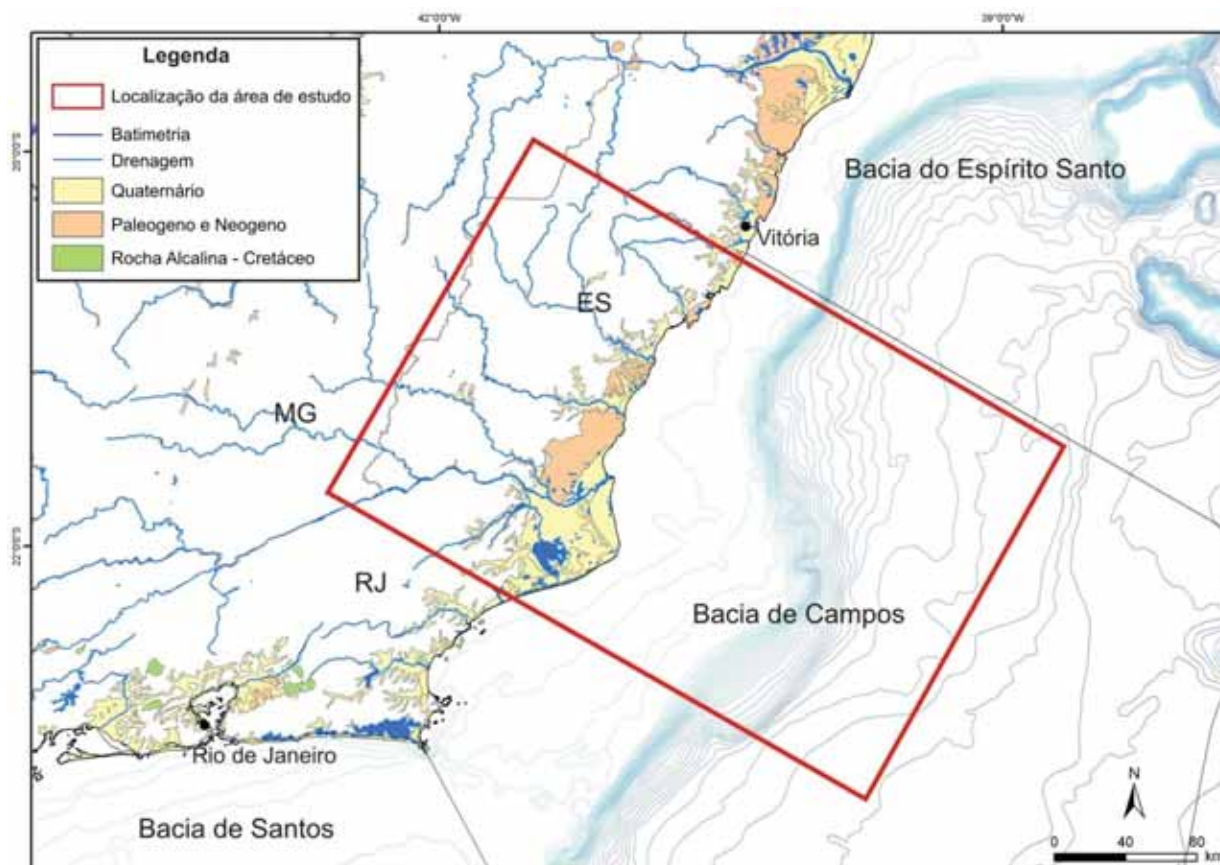
A interpretação das principais estruturas crustais é possível mediante o uso de dados gerados por sensores remotos. O reconhecimento de feições de relevo e drenagens alinhadas ou suavemente curvas pode representar a arquitetura interna do embasamento cristalino. Essas feições de relevo são denominadas lineamentos.

Figura 1 - Mapa de lineamentos continentais, obtidos por imagens aéreas de radar, e do embasamento das bacias, obtidos por dados sísmicos (Chang *et al.*, 1992).



A área de estudo do presente trabalho compreende a porção norte da Bacia de Campos e a porção continental aflorante nas áreas adjacentes, que corresponde ao norte do estado do Rio de Janeiro e o sul do estado do Espírito Santo (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo

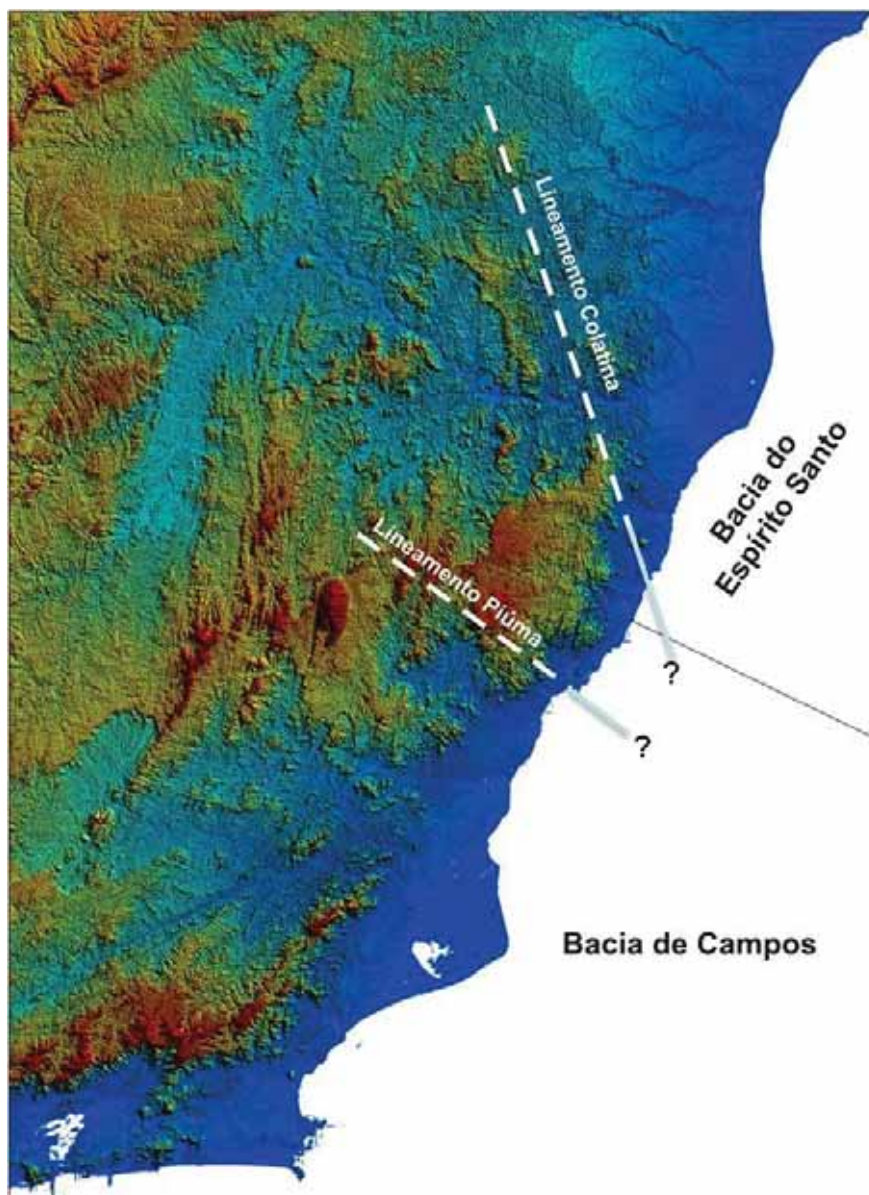


Próximo a área de estudo destaca-se a Faixa ou Lineamento Colatina (Figura 3) que é uma importante estrutura geológica da região Sudeste, sendo classificada como uma faixa cataclada de direção NNW-SSE, de idade neoproterozóica e com reativações durante o Fanerozóico, tendo cerca de 260 km de comprimento e 50 km de largura. De acordo com o trabalho de Novais et al. (2004) esta faixa pode ter controlado a deposição de rochas-reservatório da seção pós-rifte das bacias de Campos e Espírito Santo e influenciado na migração de hidrocarbonetos e na percolação de águas meteóricas.

Ao sul da Faixa Colatina observa-se outra significativa feição estrutural de direção NW-SE com projeção para a Bacia de Campos denominada de “Lineamento Piúma” (Figura 3). Em 1993, através de um trabalho da CPRM, essa feição foi identificada utilizando dados de métodos potenciais. Apesar de pouco estudo sobre esse

lineamento, acredita-se que pode ter um papel importante na estruturação da bacia, exercendo um forte controle nas trapas estruturais acumuladoras de hidrocarbonetos e pode ter deslocado rochas do Pré-Cambriano. É neste contexto que se insere este estudo.

Figura 3 - Imagem de satélite SRTM 90m destacando os Lineamentos Colatina e Piúma.



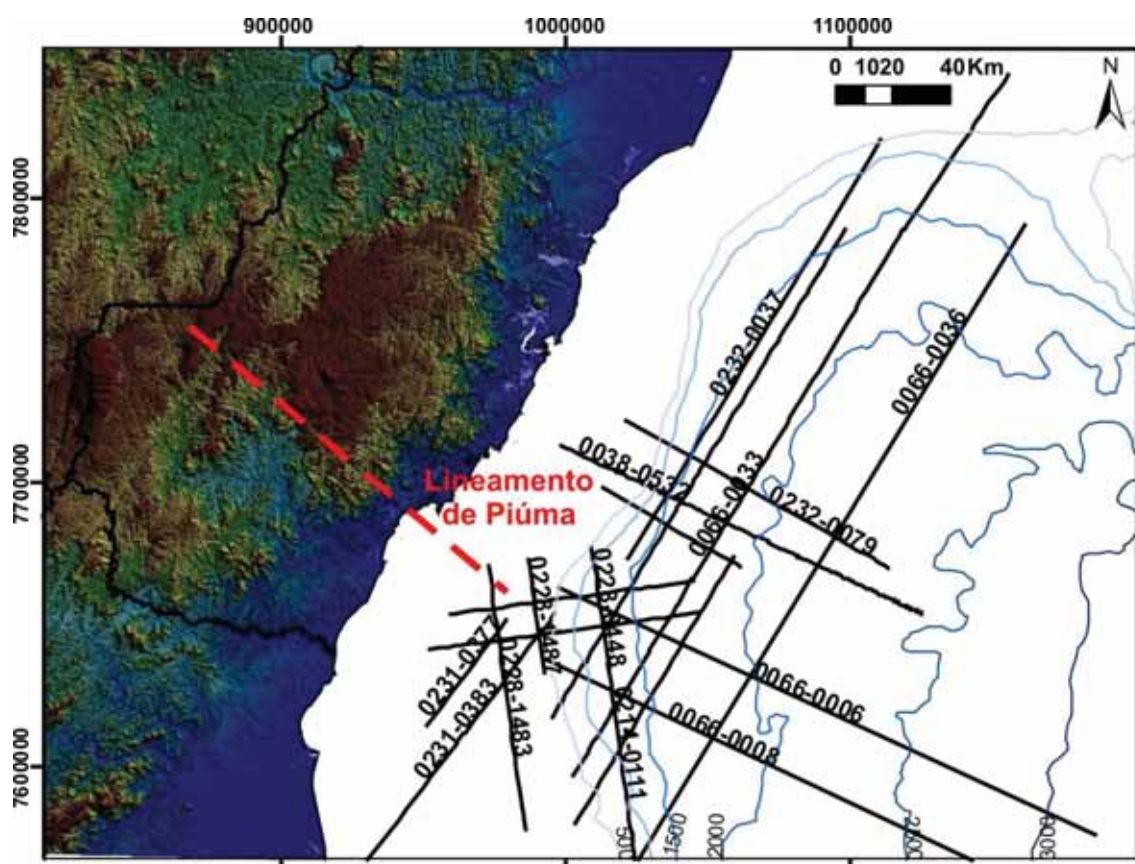
2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar em escala regional a estruturação tectônica da porção norte da Bacia de Campos e correlacionar com a porção continental aflorante nas áreas adjacentes a bacia. A caracterização foi feita a partir da integração de dados de subsuperfície (sísmica, magnetometria e gravimetria) com dados de sensoriamento remoto.

O principal objetivo do trabalho é identificar a possível continuidade do Lineamento de Piúma, bem evidente no embasamento adjacente, dentro da Bacia de Campos e verificar sua possível influência na estruturação e preenchimento sedimentar. Será possível identificar estruturas através da interpretação de seções sísmicas localizadas na porção de provável continuidade do lineamento. (Figura 4)

O Lineamento de Piúma foi pouco estudado até o presente momento, portanto o trabalho também ampliará conhecimentos sobre o mesmo.

Figura 4 – Imagem de satélite SRTM com localização do lineamento e das principais linhas sísmicas do presente trabalho



3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

3.1 Levantamento Bibliográfico

Para a realização do trabalho foi feito levantamento de dados do embasamento adjacente à Bacia de Campos: associações de rochas sedimentares, ígneas e metamórficas, estruturas tectônicas dúcteis e rúpteis; geomorfológicas, morfotectônicas, além de dados geofísicos (magnetométricos e gravimétricos). Levantamento de dados da Bacia de Campos: unidades estratigráficas, dados geofísicos (poços e seções sísmicas), paleoambientes, seções geológicas e evolução tectônica.

3.2 Sensoriamento Remoto

Utilizou-se imagens do satélite SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução de 90m para a visualização das feições geológicas (falhas e fraturas) e feições geomorfológicas, tais como, vales estruturais, anomalias de drenagem, bacias cenozóicas, escarpas das serras, etc, ao longo da região próxima ao Lineamento Piúma. Esses dados foram integrados com os dados geofísicos (sísmicas e métodos potenciais) na tentativa de correlacionar estas estruturas citadas com a porção norte da Bacia de Campos.

3.3 Trabalho de Campo

Após análise específica das imagens de satélite e no modelo topográfico tridimensional realizou-se levantamento de campo para a caracterização estrutural geométrica e cinemática das principais estruturas ao longo do Lineamento Piúma.

Foram coletados dados de atitude de falhas e fraturas. Esses dados foram consolidados no Trabalho de Conclusão de Curso de Leandro Nunes Kaut, do curso de Geologia da Universidade Federal do Espírito Santo e serão utilizados também neste presente trabalho.

3.4 Interpretações Geofísicas

Utilizou-se dados geofísicos para a caracterização do arcabouço estrutural da porção norte da Bacia de Campos e principalmente reconhecer feições da continuidade do Lineamento Piúma dentro desta bacia. Foram adquiridas seções sísmicas, dados de poços (contendo registros sônicos, raios gama e densidade), e dados de métodos potenciais (magnetometria e gravimetria), através do Banco de Dados de Exploração e

Produção (BDEP), administrado pela ANP. A interpretação desses dados foi executada utilizando softwares da Landmark Graphics Co, cujas licenças estão disponibilizadas no Laboratório de Interpretação Sísmica e Geológica (LISG), vinculado ao PRH 05-ANP. Essa fase consistiu em:

- Geração de banco de dados no LISG (Laboratório de interpretação de dados geológicos e geofísicos do PRH-05), com ajuda do software Geographix da Landmark Graphics;
- Identificação dos principais intervalos estratigráficos da Bacia de Campos através dos dados de poços.
- Interpretação das seções sísmicas com o software Seisvision 2D, com utilização do módulo que permite a interpretação e mapeamento das estruturas e dos intervalos estratigráficos;
- Confeção de seções geológicas interpretadas através das seções sísmicas e mapas estruturais para cada intervalo estratigráfico interpretado nas seções sísmicas.
- Interpretação dos dados magnetométricos e gravimétricos utilizando o software ArcGIS.
- Integração e análise dos resultados sísmicos e métodos potenciais.
- Análise e interpretação dos perfis sísmicos integrados com os principais lineamentos reconhecidos no embasamento para verificar a sua influência sobre a bacia e o seu caráter geométrico e cinemático.

3.5 Integração dos dados em ambiente SIG

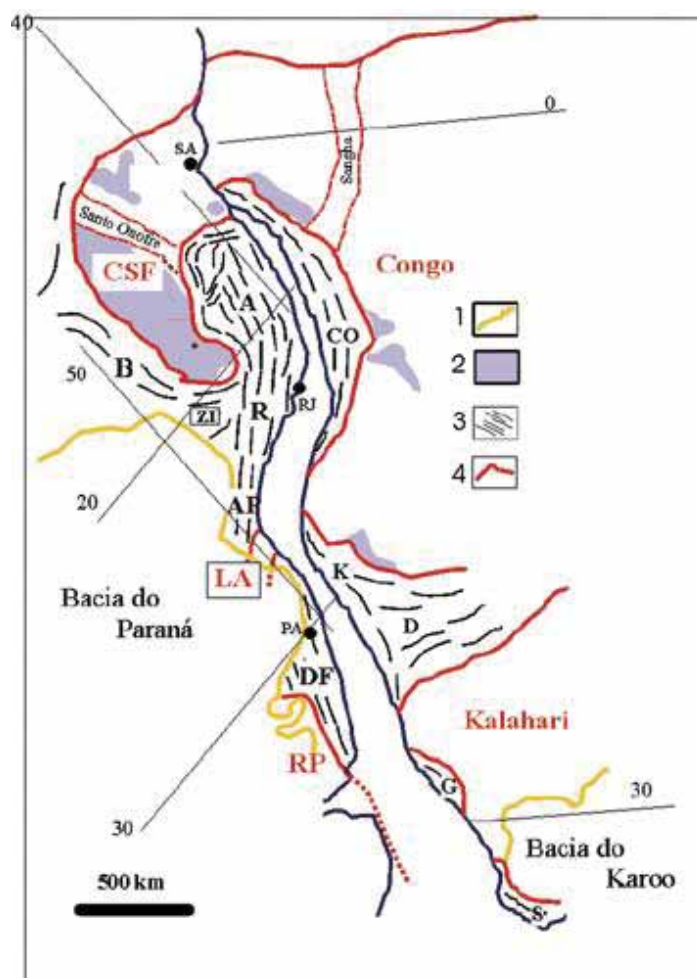
Todos os dados de superfície (sensoriamento remoto e etapas de campo), bem como os dados de subsuperfície interpretados (sísmica e métodos potenciais), foram integrados, para ambiente SIG (utilizando ArcGIS) para reconhecimento das estruturas da bacia e sua possível correlação com o Lineamento Piúma.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO

4.1 Embasamento Pré-Cambriano

Segundo Heilbron *et al.* (2004) o Sistema Orogênico ou Província Mantiqueira é constituído pelos orógenos Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano, São Gabriel e pela faixa de interferência entre os orógenos Ribeira e Brasília (Figura 5). O sistema estende-se pelo litoral brasileiro por cerca de 3000Km desde o sul do estado da Bahia até o Uruguai (Almeida *et al.* 1977,1981).

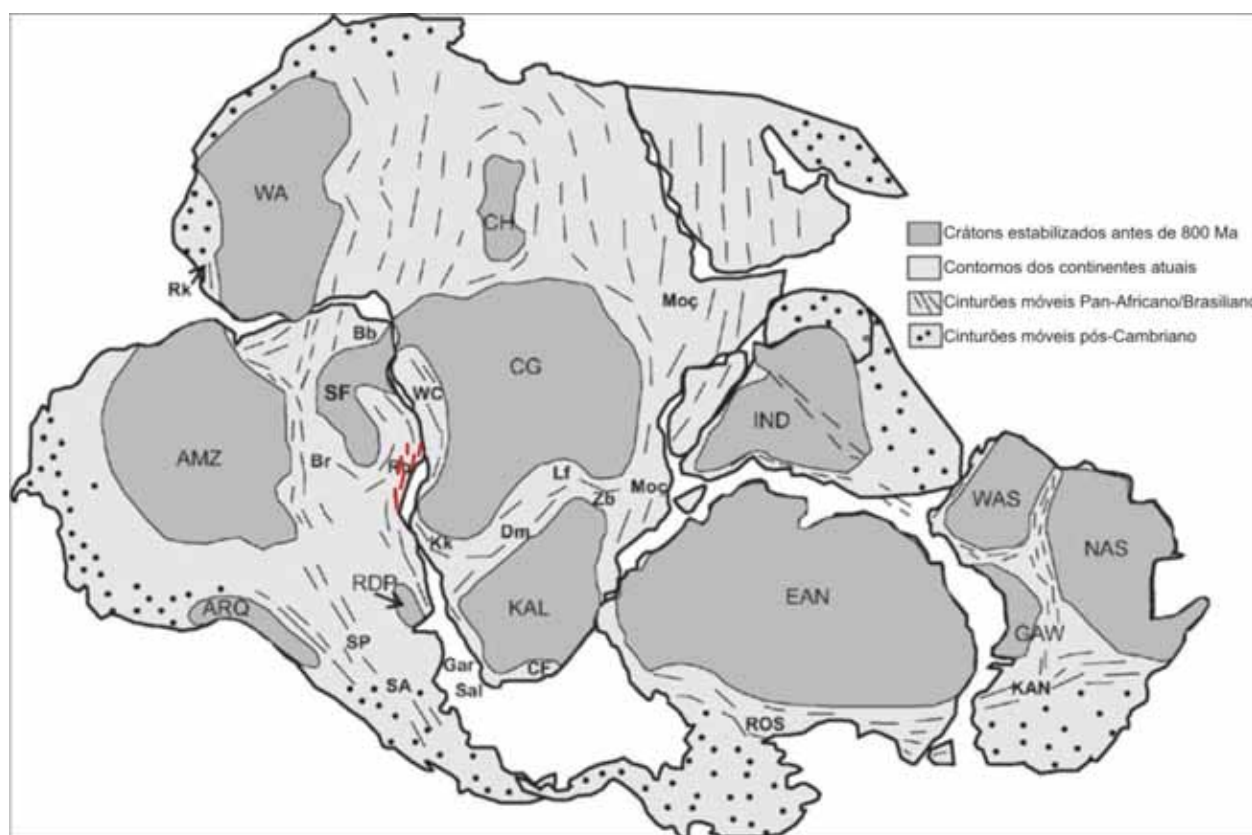
Figura 5 - Localização dos orógenos do Sistema Orogênico Mantiqueira no contexto do Gondwana Ocidental (modificado de Trompette, 1994). 1- Bacias fanerozóicas. 2- Coberturas cratônicas. 3- Orógenos neoproterozóicos (B- Brasília, A- Araçuaí, R- Ribeira, ZI- Zona de Interferência, AP- Apiaí, DF- Dom Feliciano). 4- Crátons neoproterozóicos (CSF- São Francisco, LA- Luis Alves, RP- Rio de La Plata). Na África localizam-se as faixas neoproterozóicas do Congo Ocidental (CO), Kaoko (K), Damara (D), Gariep (G) e Saldania (S), relacionadas aos crátons do Congo e Kalahari



A província desenvolveu-se durante a Orogenia Neoproterozóica Brasileiro Pan-Africana essencialmente diacrônica que resultou na formação do Gondwana Ocidental (Figura 6).

Na Província Mantiqueira, a Orogênese Brasileira inclui processos estritamente acrescionários, como a edificação do arco-de-ilhas São Gabriel no Rio Grande do Sul, colisões continente-continente, a exemplo da estruturação principal do Orógeno Ribeira e sua Zona de Interferência com o Orógeno Brasília, e tem seu término com o colapso extensional de partes dos orógenos, a exemplo do Orógeno Araçuai (Heilbron *et al.*, 2004).

Figura 6- Paleocontinente Gondwana com seus blocos cratônicos e cinturões móveis, destacada a Faixa Ribeira (traços em vermelho). Crátons: RDP, Rio de la Plata; AMZ, Amazonas; ARQ, Arequipa; WA, West African; CH, Chad; SF, São Francisco; CG, Congo; KAL, Kalahari; EAN, Cinturões movies: Rb, Ribeira; Br, Brasília; Bb, Borborema; WC, West Congo. (Schmitt *et al.*, 2004).



A área de estudo se localiza na porção nordeste da Faixa Ribeira que se encontra na porção central da Província Mantiqueira.

A Faixa Ribeira possui um *trend* estrutural NE SW e é resultado da interação entre o Cráton do São Francisco e outras placas, microplacas ou arcos de ilha que se situavam a sudeste do cráton.

Podem ser identificados três estágios colisionais na Província Mantiqueira (Heilbron *et al.*, 2004), sendo a Colisão II a mais influente na formação da Faixa Ribeira. A leste esta faixa colide com o Orógeno Brasília de forma oblíqua, fazendo com que o limite entre os compartimentos tectônicos são representados por empurrões com mergulhos mais íngremes ou por zonas de cisalhamento oblíquas.

A Faixa Ribeira é subdivida em quatro terrenos tectono-estratigráficos (Howell, 1989), separados ora por falhas de empurrão, ora por zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas. Os terrenos são denominados Ocidental, Paraíba do Sul, Oriental e Cabo Frio, sendo que os quatro primeiros se amalgamaram na Colisão II e apenas o último na Colisão III (Tabela 1).

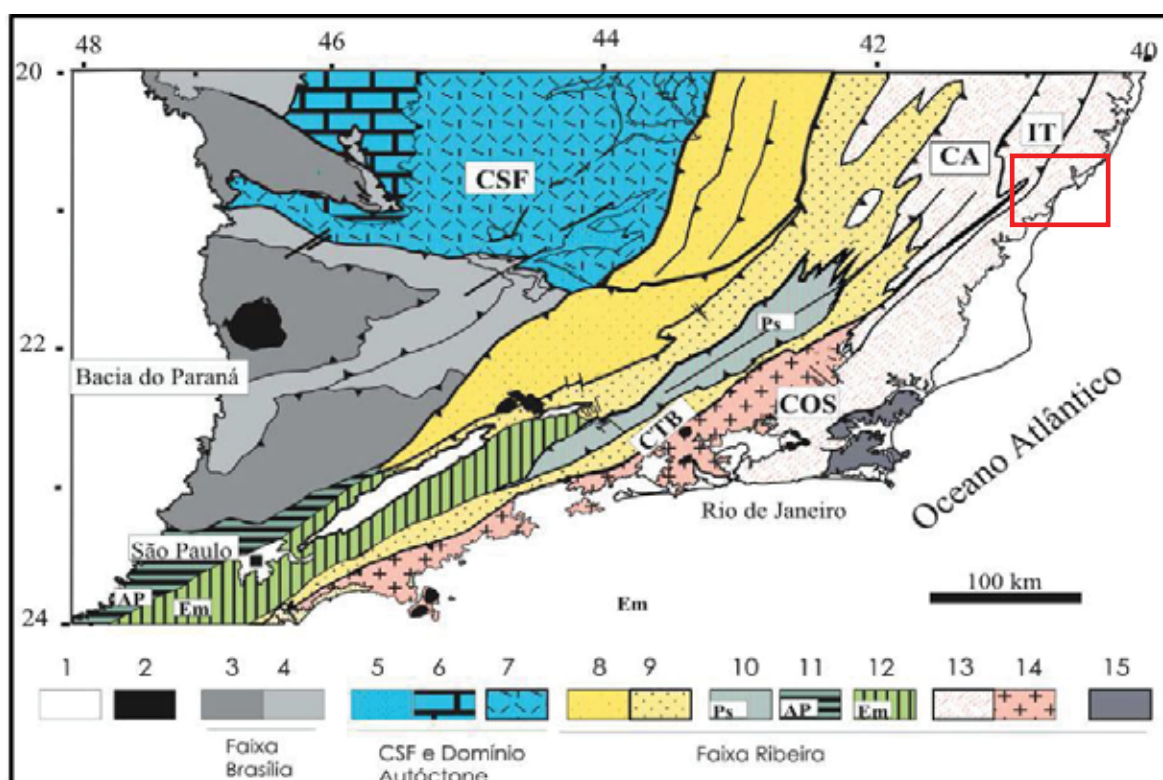
Tabela 1 - Síntese das principais características das unidades tectono-estratigráficas da Faixa Ribeira (modificado de PINTO, 2005).

Unidade Tectono-Estratigráfica	Domínio Estrutural	Embasamento Pré-1,8 Ga	Cobertura Sedimentar Pós-1,8 Ga	Granitóides Brasileiros	Principal Período Colisional	Vergência Tectônica
Terreno Ocidental	Domínio Autóctone	Greenstone Belt de Barbacena e Complexo Mantiqueira	Ciclos Depositionais Lenheiros e Tiradentes, Bacias Carandai e Andrelândia	Desconhecido	Colisão II ca. 580 Ma (605-560 Ma)	N-NW
	Domínio Andrelândia	Complexo Mantiqueira	Bacia Andrelândia	Granitóides sin a tardi colisionais		
	Domínio Juiz de Fora	Complexo Juiz de Fora	Bacia Andrelândia	Granitóides sin a pós colisionais		
Terreno Paraíba do Sul		Complexo Quirino (2,19-2,17 Ga)	Bacia Paraíba do Sul	Granitóides sin a pós colisionais		
Terreno Oriental	Domínio Cambuci	Complexo Serra da Bolívia - São Primo	Sillimanita granada biotita gnaisses com camadas dolomíticas, lentes de rochas calcilicáticas, gnditos e anfíbolitos	Granitóides sin colisionais, leucogranitos, e granitóides sem conhecimento da posição estratigráfica		
	Domínio Costeiro	Desconhecido	Bacia Itáva	Granitóides sin a pós colisionais e pós tectônicos do Arco Magmático Rio Negro		
	Domínio Itáva	Desconhecido	Bacia Itáva	Desconhecido		
Terreno Cabo Frio		Complexo Região dos Lagos (ca. 1,9 Ga)	Bacia Búzios	Leucogranitos	Colisão III ca. 520 Ma (535-510 Ma)	S-SE

Cada terreno possui subdivisões de domínios tectônicos. O terreno Oriental, onde está localizada a área de estudo, pode ser subdividido em três domínios constituídos por rochas geradas em ambientes de arco magmático e metassedimentos neoproterozóicos: Cambuci, Costeiro e Itáva. Como pode ser observado na figura 7, a área de estudo engloba rochas do Domínio Costeiro.

No Domínio Costeiro predominam gnaisses peraluminosos, ricos em granada e sillimanita. Esta sucessão possui muitas intercalações decamétricas de quartzitos impuros, biotita gnaisses bandados, rochas cálcio-silicáticas e anfibolitos (Heilbron *et al.*,2004).

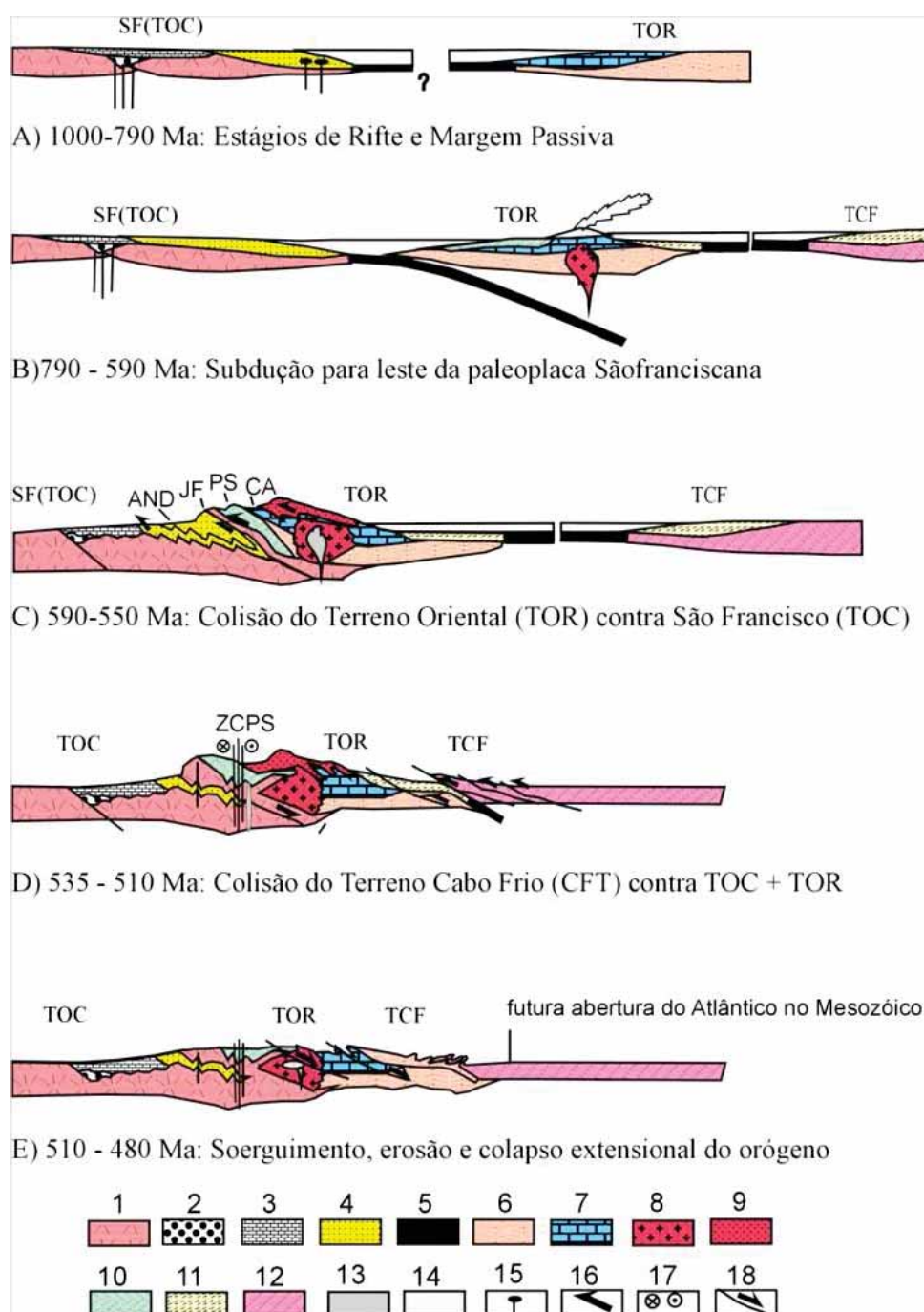
Figura 7 – Mapa de compartimentação tectônica da região da Faixa Ribeira. O retângulo vermelho corresponde a área do presente estudo, englobando rochas do Terreno Oriental (Domínio Costeiro). Legenda: 1-Coberturas Fanerozóicas; 2- Rochas Alcalinas do K/Eoceno; 3 a 4: Faixa Brasília: 3-Domínio Externo, 4- Domínio Interno; 5 a 7: Craton do São Francisco e Domínio autóctone: 5- Megassequência Andrelândia autóctone, 6- Supergrupo Bambuí, 7- Embasamento cratônico; 8 a 15: terrenos da Faixa Ribeira: 8- Terreno Ocidental/Domínio Andrelândia, 9- Terreno Ocidental/Domínio Juiz de Fora, 10- Terreno Paraíba do Sul, 11- Terreno Apiaí, 12- Terreno Embú, **13- Terreno Oriental**: CA- Domínio Cambuci, IT- Klippe Italva, **COS- Domínio Costeiro**, 14- Terreno Oriental/Arco magmático Rio Negro, 15- Terreno Cabo Frio. (Modificado de Heilbron et al 2004)



O terreno Oriental é separado do terreno Ocidental por uma importante zona de cisalhamento com mergulho para NW (Heilbron *et al.*,2004). Além das estruturas NE-SW, zonas de cisalhamento NW-SE subverticais com componente dextral transtensiva e vertical normal, com abatimento do bloco leste, são relacionadas a um estágio pós-colisional, de 510-480 Ma, resultante de colapso extensional do edifício orogênico (Heilbron *et al.*, 2000 e Heilbron *et al.*, 2004).

Segundo Heilbron (2004), a Província Mantiqueira se formou através de 3 estágios colisionais denominados: Estágio Colisional I (630-610 Ma), Estágio Colisional II (590-560 Ma) e Estágio Colisional III (535-510) (Figura 8). Como já descrito a Faixa Ribeira apresenta registros de amalgamento apenas nos estágios II e III.

Figura 8 - Etapas evolutivas da Faixa Ribeira. 1-Embasamento do São Francisco retrabalhado, 2- Bacia São João del rei, 3- Bacia Carandaí, 4- Bacia Andreelândia, 5- Litosfera oceânica, 6- Embasamento do TPS, 7- Bacia Costeiro, 8 e 9- Plutonitos e vulcanitos Arco Magmático Rio Negro, 10-Bacias Paraíba do Sul e Embú, 11- Bacia Búzios, 12- Embasamento do terreno Cabo Frio, 13 e 14- granitóides sin a tardi colisionais, 15- diques máficos, 16 a 18- Estruturas maiores. (Heilbron & Machado, 2003)



4.2 Bacia de Campos

A Bacia de Campos (Figura 9) está localizada no litoral do estado do Rio de Janeiro e do Espírito Santo e se estende por cerca de 120.000 Km². O Alto de Vitória limita a Bacia de Campos a norte, separando-a da Bacia do Espírito Santo e o Alto de Cabo Frio limita a bacia a sul, separando-a da Bacia de Santos.

O grande volume de hidrocarbonetos que ocorre na bacia é resultante de certas características na sua evolução tectono-sedimentar como as variações globais do nível do mar, baixo grau de afinamento crustal e outros.

Segundo Dias *et al.* (1990), na Bacia de Campos pode-se diferenciar três grandes unidades com características tectono-sedimentares distintas: Sequência Continental, Sequência Transicional e Megasequência Marinha.

4.2.1 Unidades tectono-estratigráficas da bacia

4.2.1.1 Sequência Continental – Fase Rifte

A ruptura crustal do continente Gondwana através de esforços distensivos deu origem às bacias de margem continental no Brasil. Durante a ruptura se desenvolveram horsts, grábens e semi-grábens limitados por falhas sintéticas e antitéticas.

Os falhamentos na fase Rifte são paralelos aos principais alinhamentos do embasamento Pré-Cambriano adjacente com direção NE-SW.

Uma importante estrutura formada nesta fase é a denominada Falha Charneira de Campos, que apresenta-se como uma falha normal e se estende paralelamente a linha de costa por centenas de quilômetros. Esta falha separa áreas de ocorrência de sedimentos mais velhos que o Cretáceo da área onde o embasamento se encontra mais raso, diretamente em contato com sedimentos terciários (Dias *et al.*,1990).

O início do rifteamento está associado à intensa atividade vulcânica que deu origem à Formação Cabiúnas, formada pela extrusão de lavas basálticas (Dias *et al.*,1987a)

Ao continuar o rifteamento formaram-se lagos salinos e alcalinos com deposição de grande quantidade de sedimentos siliciclásticos e carbonáticos dando origem à Formação Lagoa Feia. Algumas deposições carbonáticas deram origem a coquinas porosas que são importantes rocha reservatório na Bacia de Campos (Dias *et al.*,1990).

4.2.1.2 Sequência Transicional

Antecedendo a sequência transicional ocorreu um grande evento erosivo regional que nivelou o relevo formado na fase de rifteamento.

O registro sedimentar da sequência transicional é composto por uma espessa seção de sedimentos clásticos cobertos por evaporitos (halita e anidrita). Os sedimentos clásticos são compostos por sedimentos aluviais, representados por conglomerados e lamitos. O pacote evaporítico, composto por halita e anidrita, foi depositado em ambiente lagunar, tectonicamente calmo e de clima árido a semi-árido. (Dias *et al.* 1990)

4.2.1.3 Megassequência Marinha

Segundo Dias *et al.* (1990) a megassequência marinha pode ser subdividida em três sequências:

➤ Sequência Carbonática Nerítica Rasa (Albiano Inferior/Médio)

O progressivo afastamento entre as placas tectônicas da América do Sul e África passou a receber um ambiente pré oceânico, gerando uma plataforma clástico-carbonática.

Sedimentação carbonática desenvolveu-se sob clima quente e seco, formando uma rampa carbonática. Entre o Eoalbiano e o Mesoalbiano há registros de tectônica relacionada à movimentação do sal devido a sobrecarga de sedimentos.

A Formação Macaé inferior é formado por sedimentos terrígenos que ocorrem na parte costeira da bacia e por calcários que ocorrem nas plataformas. Os modelos deposicionais propostos através de trabalhos com sísmica evidenciam que o Macaé inferior foi depositado em rampa carbonática devido às fácies de águas rasas distribuírem-se em ampla faixa (Dias *et al.*, 1990).

➤ Sequência Oceânica Hemipelágica (Albiano Superior/Paleoceno Superior)

Corresponde à porção Superior da Formação Macaé e basal da Formação Campos.

Macaé Superior: Uma nova fase de movimentação halocinética ocorre devido ao progressivo basculamento da bacia e do efeito de sobrecarga. No fim da fase pré-oceânica as falhas de crescimento aumentam em quantidade e rejeito. A Formação Macaé superior é composta por carbonatos de plataforma, ritmitos e corpos turbidíticos.

Formação Campos: Marcam a fase oceânica profunda. Sedimentos são compostos por folhelhos e margas com ocorrência de corpos turbidíticos.

Durante o Cretáceo Superior o relacionamento tectônico entre a bacia e o embasamento adjacente foi notável, pois esses sofreram significativas mudanças estruturais conjuntas. Grande parte dessas mudanças estruturais se deve ao rejuvenescimento da Serra do Mar, que refletiu nas áreas adjacentes a ela gerando novas estruturas e reativando outras já existentes (Dias *et al.*, 1990).

O horizonte do Cretáceo é marcado por uma discordância devido a uma extensa erosão que ocorreu nesta época eliminando os sedimentos paleoceânicos em algumas áreas.

Devido às alterações estruturais e climáticas a Bacia de Campos passou a receber alta taxa de sedimentos clásticos alterando o padrão de sedimentação para progradante.

➤ Sequência Oceânica Progradante (Eoceno Médio/Recente)

No período Terciário a sedimentação da Bacia de Campos foi influenciada pelo Soerguimento da Serra do Mar, pelos movimentos halocinéticos e pela subsidência da bacia, mantendo um padrão progradante.

4.2.2 Feições estruturais da Bacia de Campos

O arcabouço estrutural da Bacia de Campos é dominado por dois principais arranjos estruturais típicos de bacias de margem divergente: estruturas extensionais no embasamento e na fase rifte e estruturas extensionais por sobrecarga e tectônica do sal (Guardado *et al.* 1989).

Durante o Cretáceo Inferior um sistema de rifte formou-se na direção NE-SW relacionado à separação da América do Sul e da África. A inconformidade no topo do embasamento cristalino possui uma topografia irregular refletindo no falhamento que ocorreu no início do rifte e na sedimentação inicial da bacia. A fase rifte é representada por uma série de horsts, grábens e semi-grábens que se estendem por longas distâncias. A orientação dessas falhas é paralela a alguns lineamentos da porção continental adjacente.

Uma das mais importantes desse tipo de falha é a Falha de Charneira de Campos, orientada paralelamente a linha de costa, esta separa a parte mais espessa a leste da bacia, contendo sedimentos mais velhos que Cretáceo da parte mais rasa a oeste, onde os sedimentos terciários se depositaram diretamente sobre as rochas do embasamento. A falha Charneira de Campos é considerada o limite entre a crosta continental normal e a crosta continental atenuada (Guardado *et al.* 1989).

Muitas falhas se tornaram inativas depois do desenvolvimento da discordância do Pré-Alagoas, porém em vários locais as falhas foram reativadas e passaram a cortar sedimentos da sequência transicional e mais raramente da megassequência marinha.

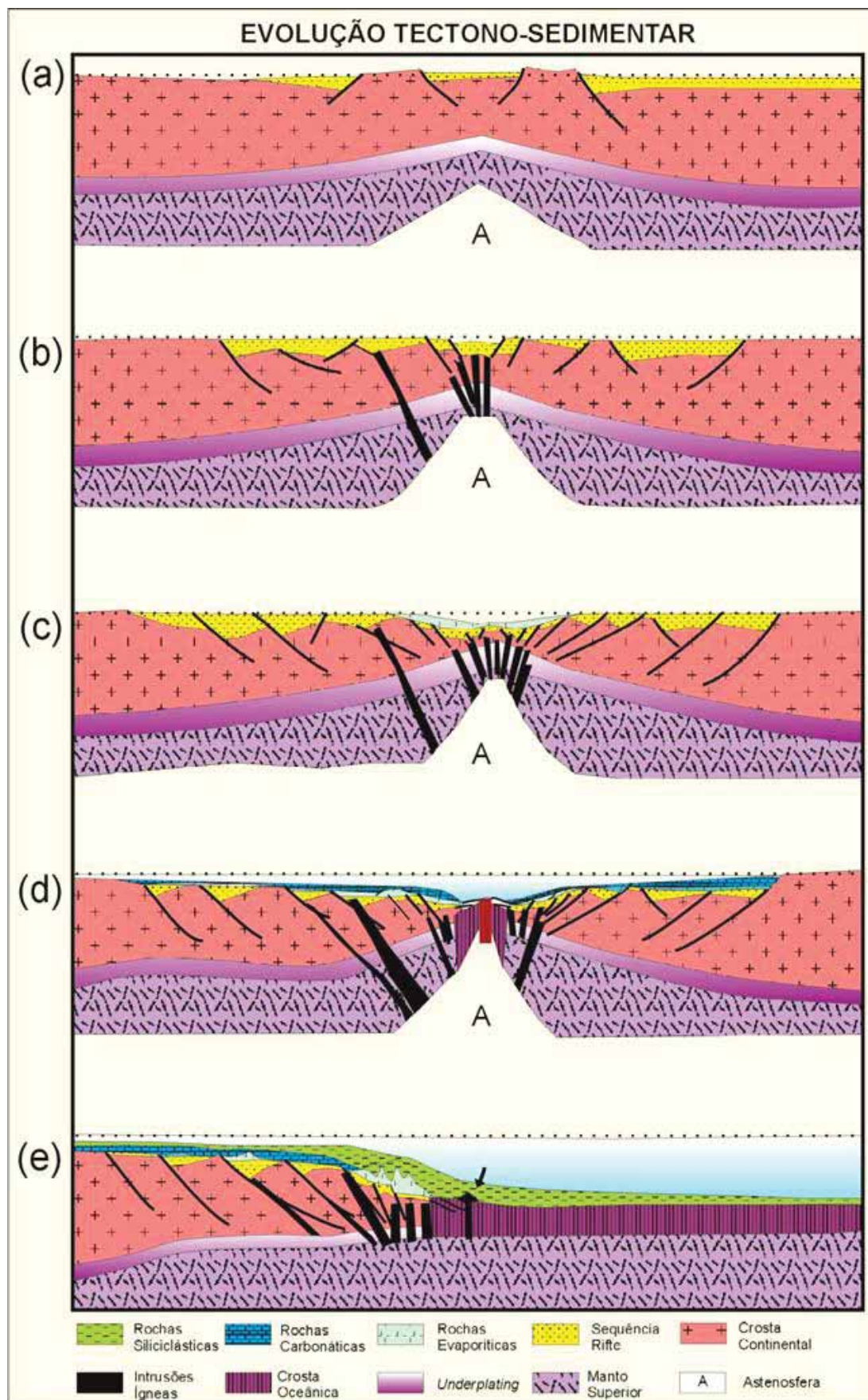
Após um período sem muita atividade tectônica, a inclinação da bacia para leste junto com a compactação diferenciada dos sedimentos desencadearam na movimentação do sal (halocinese) e conseqüente desenvolvimento de falhas de crescimento (Guardado *et al.* 1989). Esse tipo de falha persiste até o Holoceno e foi importante no controle de fácies sedimentares e formação de trapas.

A halocinese mais importante ocorre na porção central da bacia, provavelmente reflexo da grande espessura original da camada de evaporitos.

4.2.3 Evolução da Margem Continental – Bacia de Campos

Ponte & Asmus (1978) descreveram cinco megassequências para interpretar a evolução tectono-sedimentar da margem continental brasileira: continental, transicional, plataformar carbonática rasa, marinha transgressiva e marinha regressiva. A Bacia de Campos é uma das bacias de margem continental brasileira e por isso pode ser analisada segundo o modelo evolutivo proposto por Mohriak *et al.* (2003) (Figura 10).

Figura 10 - Modelo evolutivo esquemático da margem continental divergente (Mohriak *et al.*, 2003).



5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado na região sul do Estado do Espírito Santo para reconhecimento de feições estruturais do Lineamento de Piúma. Percorreu-se áreas entre os municípios de Anchieta, Piúma, Iconha, Alfredo Chaves, Vargem Alta, Castelo e Cachoeiro de Itapemirim (Figura 11). Mediu-se juntas e falhas em afloramentos de toda a região percorrida (Figura 12).

A partir da análise de imagens de SRTM com resolução de 90m foi possível identificar o lineamento que é bem marcante nas feições de relevo na porção sul do estado. Com o auxílio de GPS e mapas cruzou-se o lineamento diversas vezes para observar suas feições. Ao cruzá-lo foi observado um vale alinhado na direção NW-SE com drenagem encaixada (Figura 13). Ao longo do vale notou-se a presença de matações e não observou-se afloramentos que apresentassem falhas ou juntas.

Segundo Kaut (2010) a família de juntas mais expressiva, porém não mais abundante, na região sul do Espírito Santo possui orientação NW-SE e são marcadas por vales profundos e alinhados.

Figura 11 – Mapa de localização do campo com principais rodovias (Kaut, 2010)

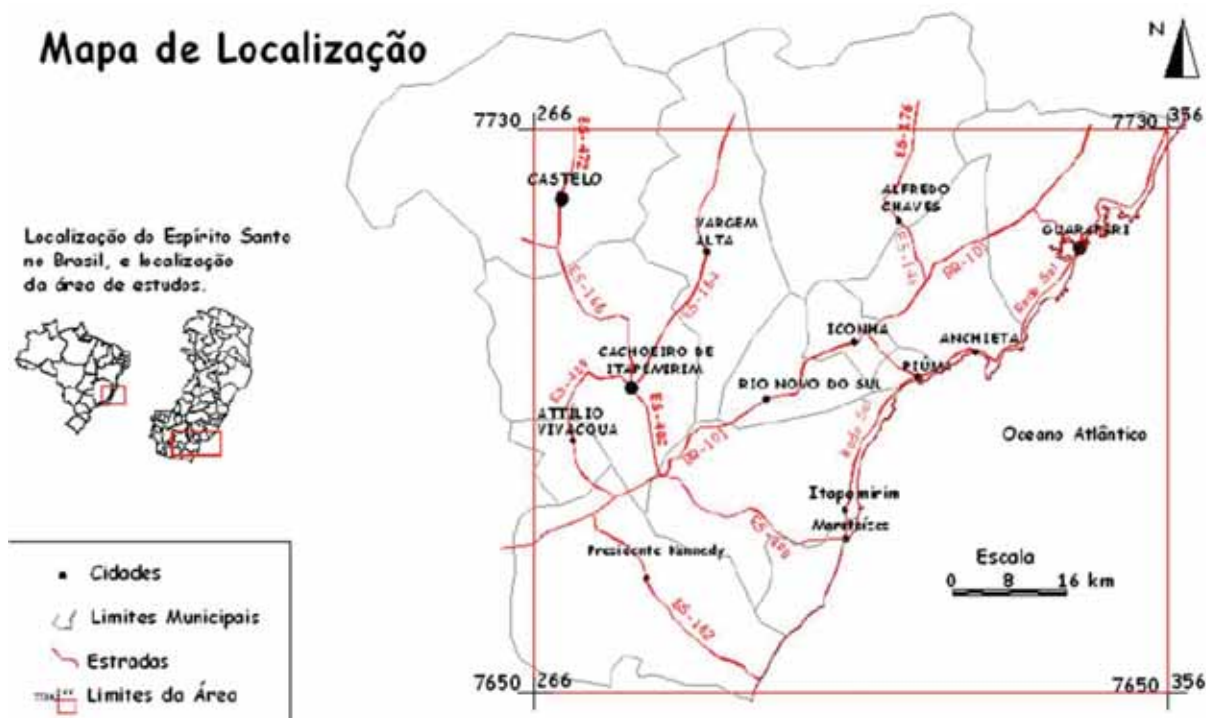


Figura 12 – Imagem de satélite SRTM 90m com pontos visitados no campo

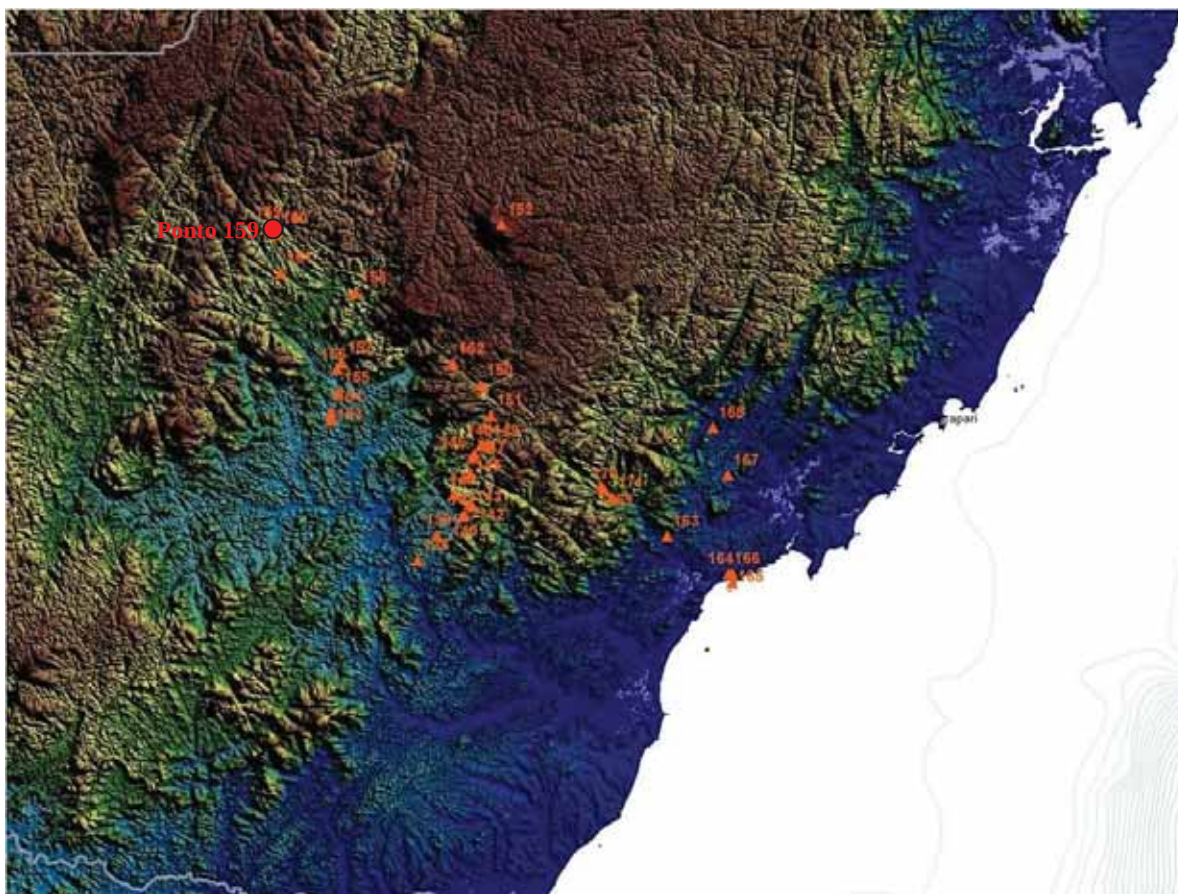


Figura 13 – Vale com drenagem encaixada alinhado na direção do Lineamento de Piúma (NW).
Ponto 159 do trabalho de campo.



A rocha mais comum na região do campo é um gnaiss migmatítico com bandamento composicional variando entre as cores cinza, branco e alguns de cor creme (Figura 14). É composto essencialmente por quartzo, feldspato, biotita e granada. As granadas apresentam tamanho variado entre 2mm e 1 cm. Os gnaisses apresentam-se dobrados com foliação bem marcante e em algumas regiões apresentam veios pegmatíticos, fraturas e falhas.

Figura 14 – Ponto 140 do campo. Gnaiss com bandamento composicional dobrado, cortado por um veio pegmatítico.



Outras rochas que apresentam significativa amplitude na região são quartzitos. As rochas possuem granulação grossa e coloração esbranquiçada, creme ou rósea apresentando-se fortemente fraturada (Figuras 15 e 16).

Figura 15 – Ponto 151 do trabalho de campo. Vista em planta. Quartzito de granulação grossa e coloração rósea apresentando veio pegmatítico sendo cortado por falhas.

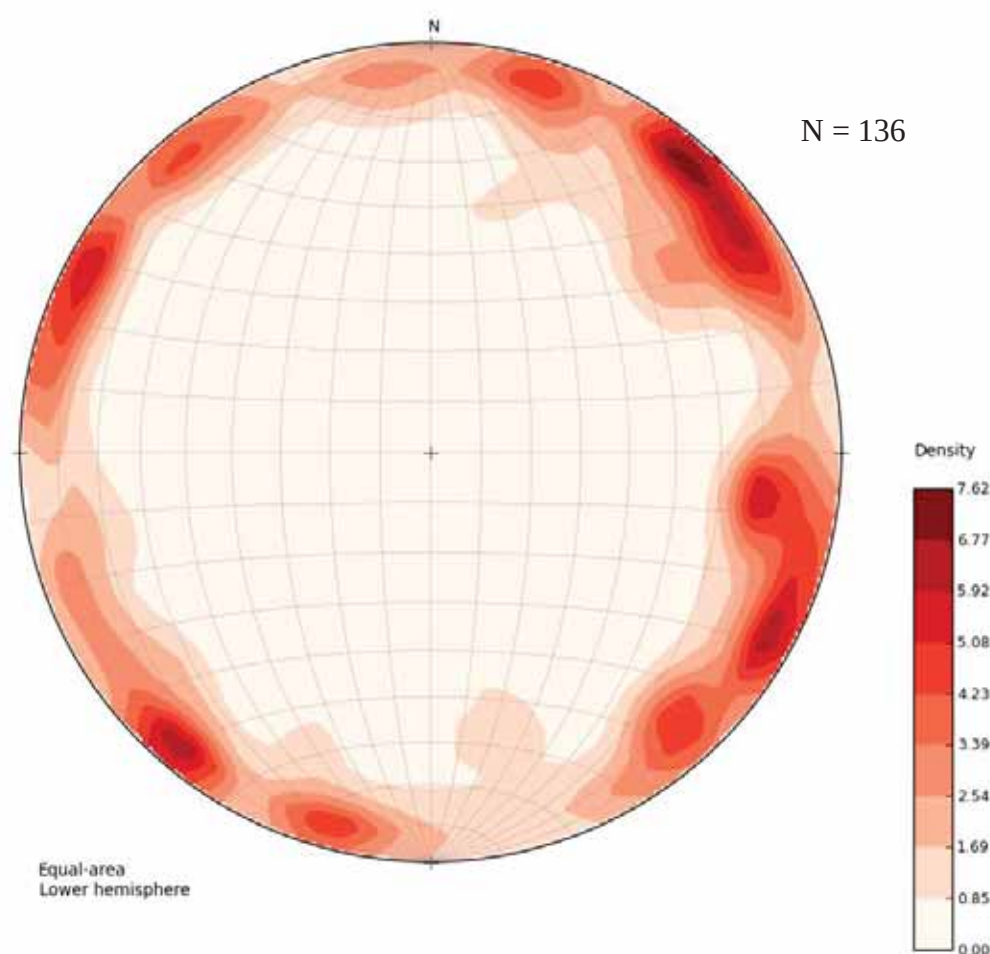


Figura 16 – Ponto 152 do trabalho de campo. Quartzito altamente fraturado na direção NE-SW



Foram utilizadas 136 medidas de fratura obtidas em campo para a elaboração do estereograma de fraturas (Figura 17). Através dele pode-se interpretar que na região existem duas direções principais de fraturas. No estereograma da figura 16 a direção principal é NW-SE, seguida pela direção NE-SW e WNW-ESE. Sabe-se, através da literatura, que a direção principal dos lineamentos da região é NE-SW. Como o campo foi realizado com enfoque no Lineamento de Piúma, acredita-se que o estereograma obtido por dados do campo não ilustra o contexto regional.

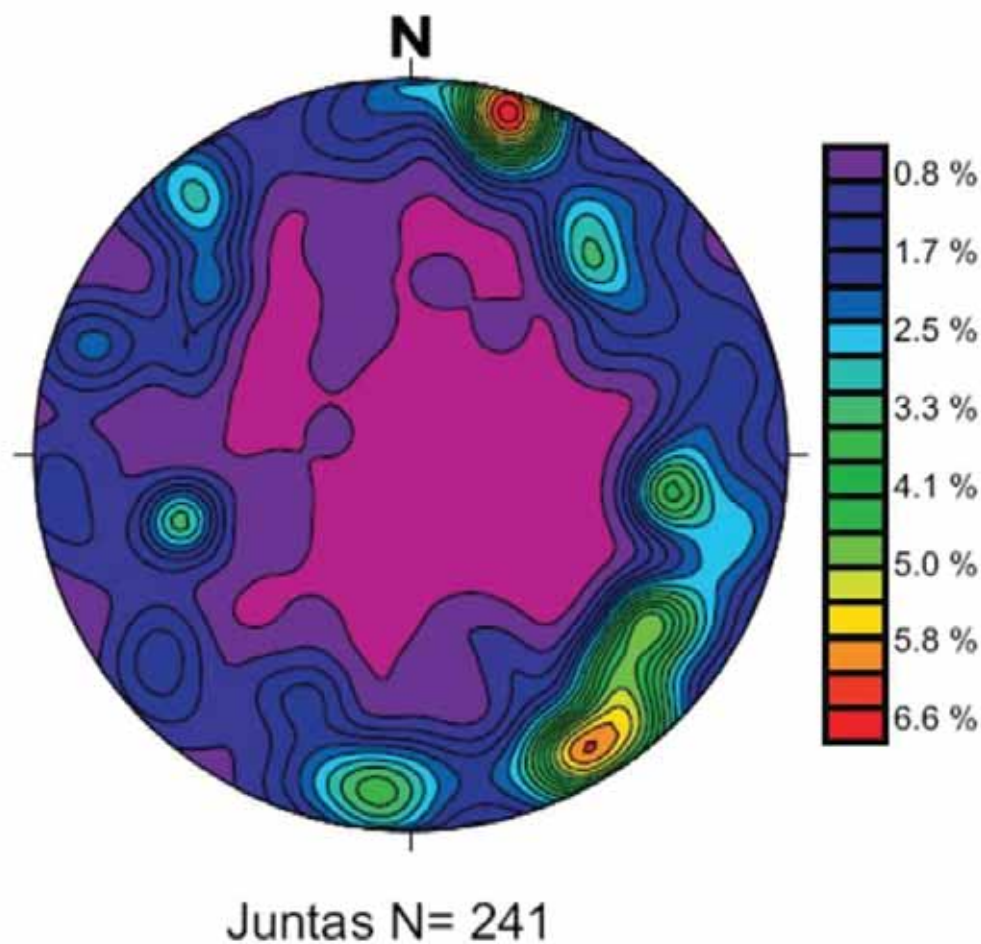
Figura 17 – Estereograma de fraturas obtido a partir de medidas do campo (Elaborado pelo autor).



Kaut (2010) fez o levantamento das estruturas geológicas rúpteis no sudeste do estado do Espírito Santo, abrangendo uma grande área de estudo coletando dados de uma maneira homogênea. Em seu trabalho a área de estudo foi dividida em três setores morfotectônicos. A área de estudo do presente trabalho se localiza no Setor 1 do trabalho de Kaut (2010).

Kaut (2010) obteve 241 medidas de fraturas no setor 1, que foram utilizadas na elaboração de estereograma (Figura 18). A principal direção de fratura é WNW-ESSE, seguida da direção NE-SW, N-S e NW-SE. Apesar de ser um trabalho regional o estereograma não ilustra o contexto observado em literatura e dados de sensoriamento remoto, nos quais a direção principal de lineamentos é NE-SW.

Figura 18 – Estereograma das medidas de fratura do trabalho de Kaut(2010)



5.2 Sensoriamento Remoto

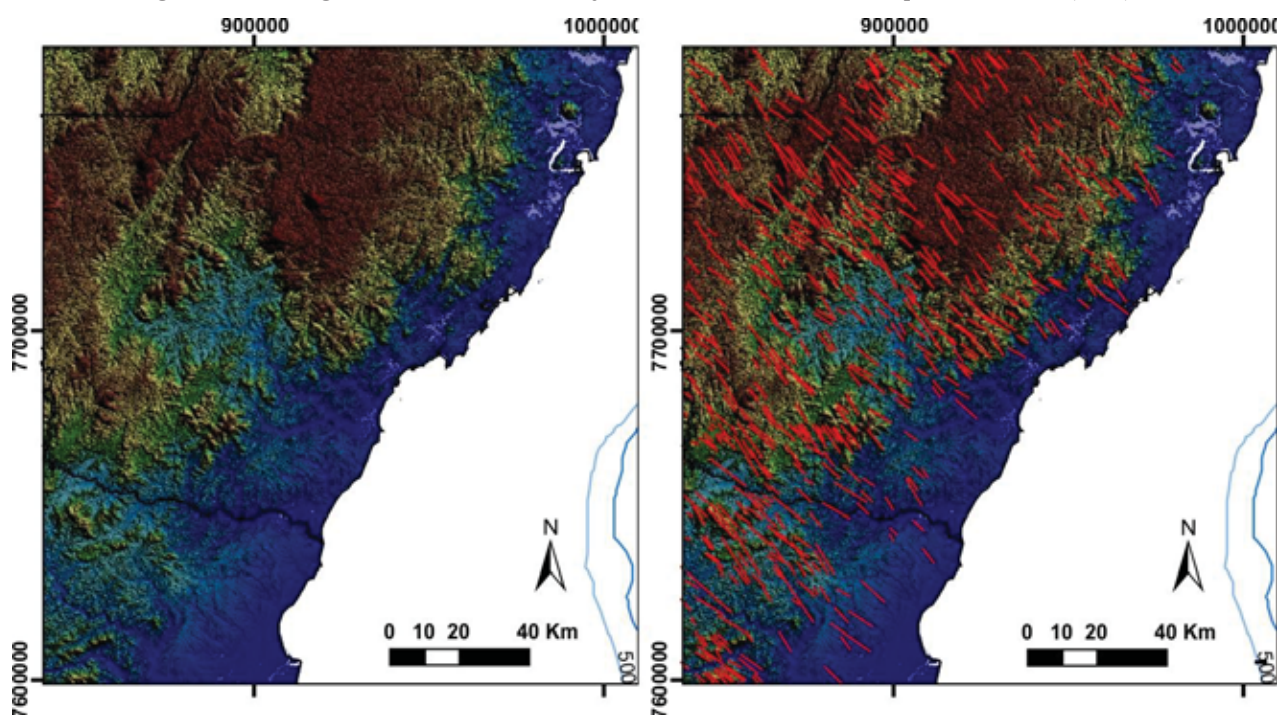
5.2.1 Caracterização Estrutural do Lineamento na Área Continental

Ao observar uma imagem de satélite SRTM é possível observar as feições de relevo, desde pequenos lineamentos até os mais expressivos. Na região serrana é possível observar muitas cristas e vales encaixados, já na parte mais plana essas feições ficam menos evidentes (Figura 19).

Na região da área de estudo há predomínio de feições com direção NE-SW, pertencentes ao Lineamento Guaçuí, porém apesar de serem abundantes e controlarem grande parte das drenagens, estes não são os mais expressivos na área. Este lineamento possui largura quilométrica e extensão de aproximadamente 180Km e é cortado por vários outros lineamentos com direções diferentes, como por exemplo o Lineamento de Piúma.

Nota-se que as feições de direção NW-SE são as mais expressivas na região e entre elas se destaca o denominado Lineamento de Piúma. Devido ao enfoque do trabalho ser o Lineamento de Piúma, este foi analisado em maior escala para obter um detalhamento e observar sua possível influência nas feições de direção NE-SW que o cruzam.

Figura 19 – Imagem SRTM com a direção de lineamento de enfoque do estudo (NW)



5.2.2 Análise das Principais Direções de Lineamentos

A partir de imagens de satélite SRTM é possível identificar lineamentos como falhas e fraturas. Estes podem ser identificados como drenagens, cristas e vales alongados, etc.

Ferroni (2008) extraiu cerca de 22.500 lineamentos em sua área de estudo, dos quais cerca de 4.600 se localizam na área de estudo do presente trabalho, sendo possível utilizá-los para o mesmo.

Os lineamentos que se encontravam na área de estudo foram selecionados para serem estudados e correlacionados com outros dados obtidos do Banco de Dados do Laboratório de Interpretação Sísmica e Geológica (LISG).

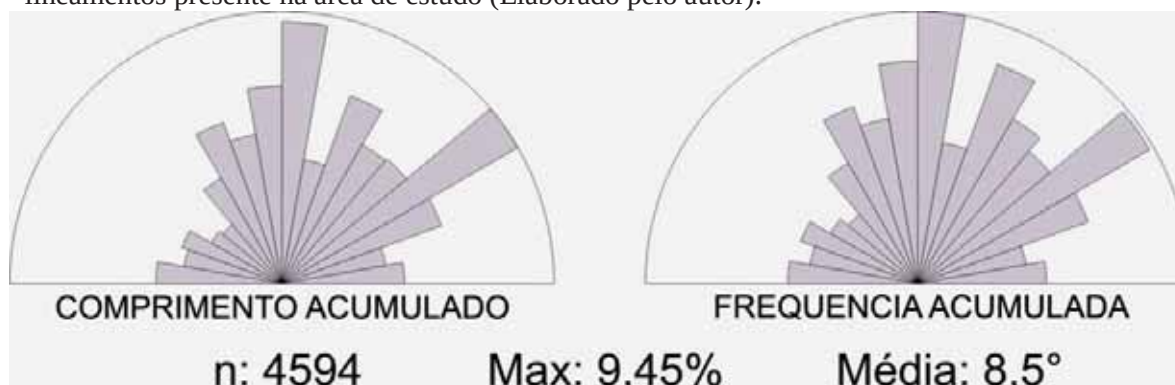
Os lineamentos foram subdivididos de acordo com sua orientação distribuindo-se entre as direções EW, WNW, NW, NNW, NS, NNE, NE e ENE. Cada direção foi tratada de modo separado e também foram tratadas juntamente para ver quais apresentam maior influência na estruturação da área.

Foram elaborados diagramas de rosetas semi-circulares de comprimento acumulado e frequência acumulada com intervalos de 10° com todas as direções de lineamentos juntos (Figura 20), identificando a quantidade de lineamentos, a concentração máxima da direção preferencial e a média da direção preferencial.

Elaborou-se também diagramas de rosetas semi-circulares de comprimento acumulado e frequência acumulada com intervalos de 10° para cada direção de lineamento. Em cada roseta tem identificado a quantidade de lineamentos (n), a concentração máxima da direção preferencial (Max) e a média da direção preferencial (Média) (Figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28).

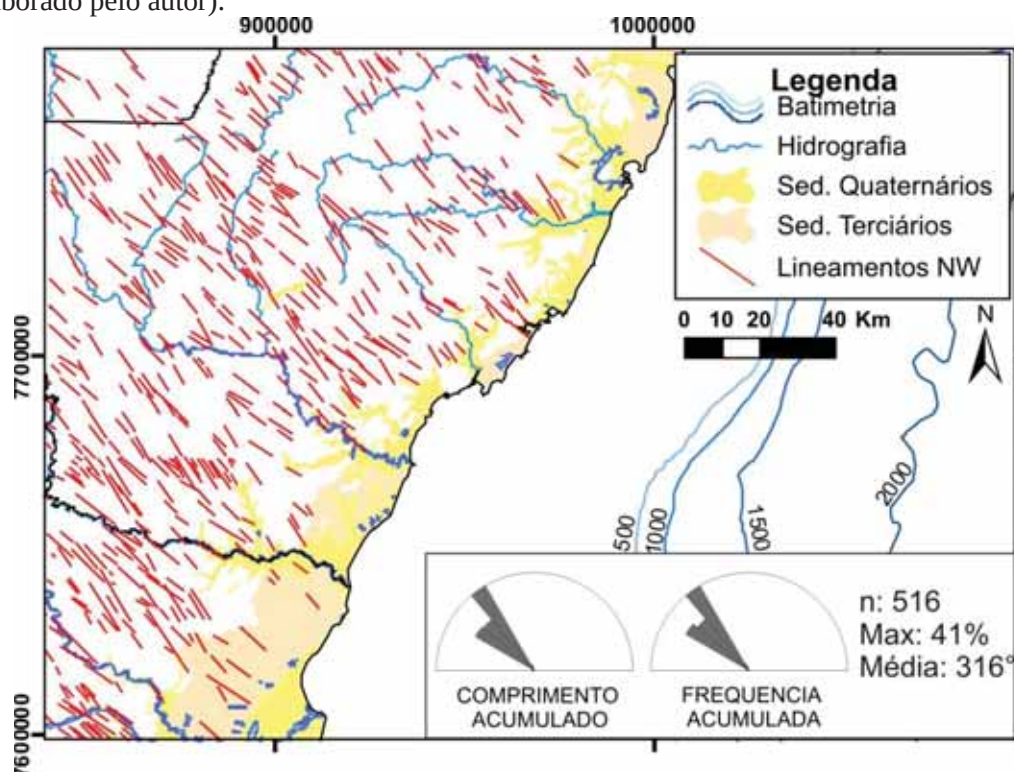
No diagrama total (feito com todas as direções de lineamento presentes na área de estudo) com intervalos de 10° foram analisados 4594 lineamentos. Observa-se que a roseta indica direção preferencial N-S entre 0 e 10° e a segunda preferencial de direção NE-SW entre 50 e 60° . Ao observar a frequência de cada direção de lineamento separado, sabe-se que a direção NE-SW possui 974 lineamentos enquanto a direção NS compete apenas com 424 lineamentos. Porém no diagrama de rosetas total a direção NNE-SSW apresenta lineamentos entre os ângulos 5 e 10° , somando com os de direção N-S e portanto ficando com uma frequência maior que a preferencial NE-SW.

Figura 20 – Diagrama de roseta semi-circular com intervalos de 10° de todos os 4594 lineamentos presente na área de estudo (Elaborado pelo autor).



O estudo enfoca na direção do Lineamento de Piúma, que apresenta orientação NW-SE porém não se destacou no diagrama de rosetas total. Para o diagrama de rosetas NW-SE (Figura 21) foram utilizados 516 lineamentos, obtendo 41% destes na direção preferencial entre 320 e 330°. Os outros 59% distribuem-se aproximadamente em 30% na direção entre 300 e 310° e os outros 29% entre 310 e 320°, resultando em uma direção média no diagrama de 316°. Os lineamentos com maior comprimento encontram-se também entre 320 e 330°.

Figura 21 – Mapa com direção preferencial de lineamentos NW-SE e diagrama de roseta (Elaborado pelo autor).



Na direção WNW-ESE, foram utilizados 455 lineamentos para a elaboração do diagrama de rosetas (Figura 22) dos quais 40% estão na direção preferencial entre 290 a 300°, aproximadamente 38% entre 280 e 290° e 22% entre 270 e 280°, resultando em uma direção preferencial média de 288°.

A direção com maior número de lineamentos foi a NE-SW. Para o diagrama de rosetas NE-SW (Figura 23) foram utilizados 974 lineamentos, obtendo 41% destes na direção preferencial entre 50 e 60°. Os outros 59% distribuem-se aproximadamente em 30% na direção entre 30 e 40° e os outros 29% entre 40 e 50°, resultando em uma direção média no diagrama de 46°.

Figura 22 - Mapa com direção preferencial de lineamentos WNW-ESE e diagrama de roseta (Elaborado pelo autor).

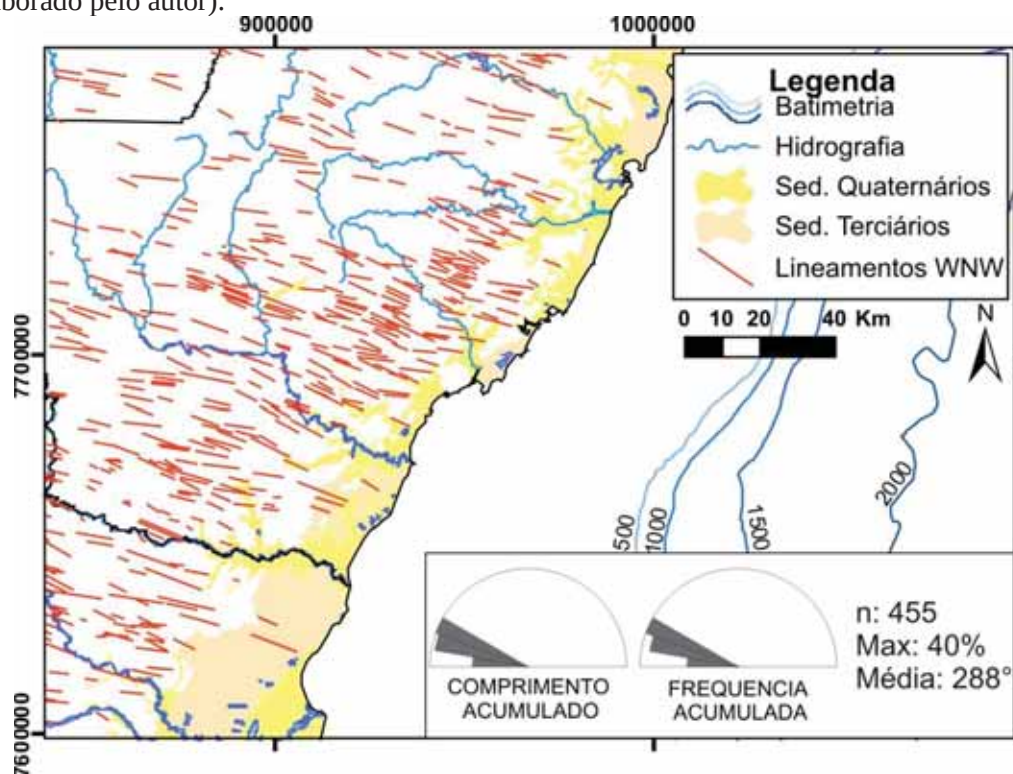
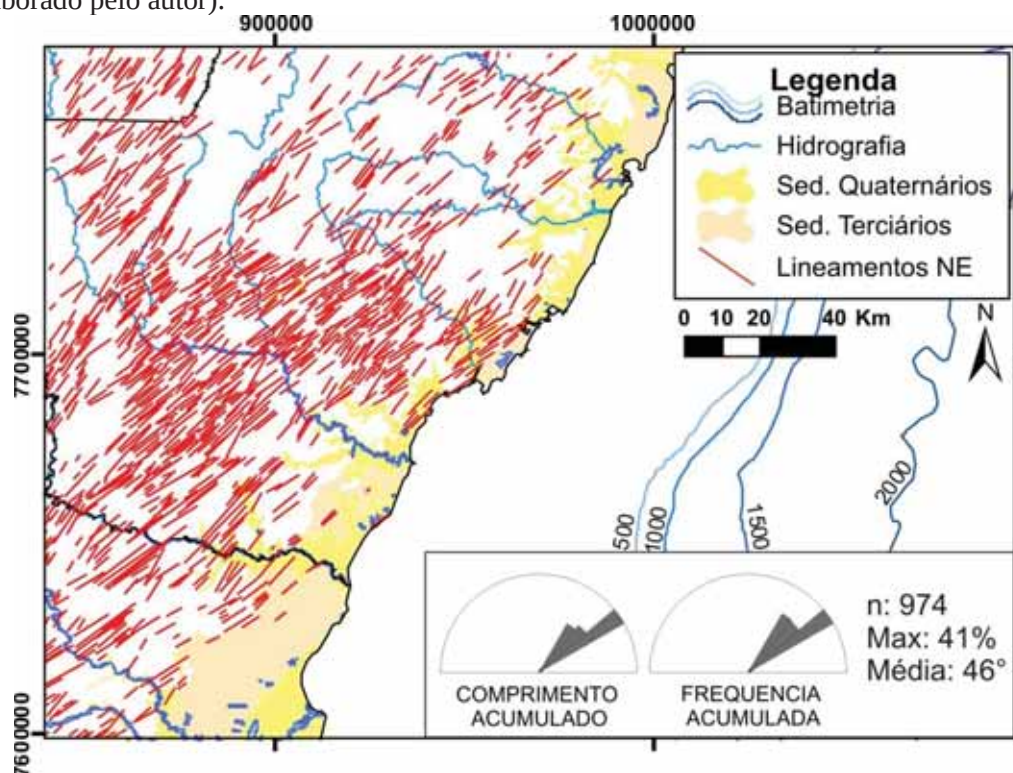
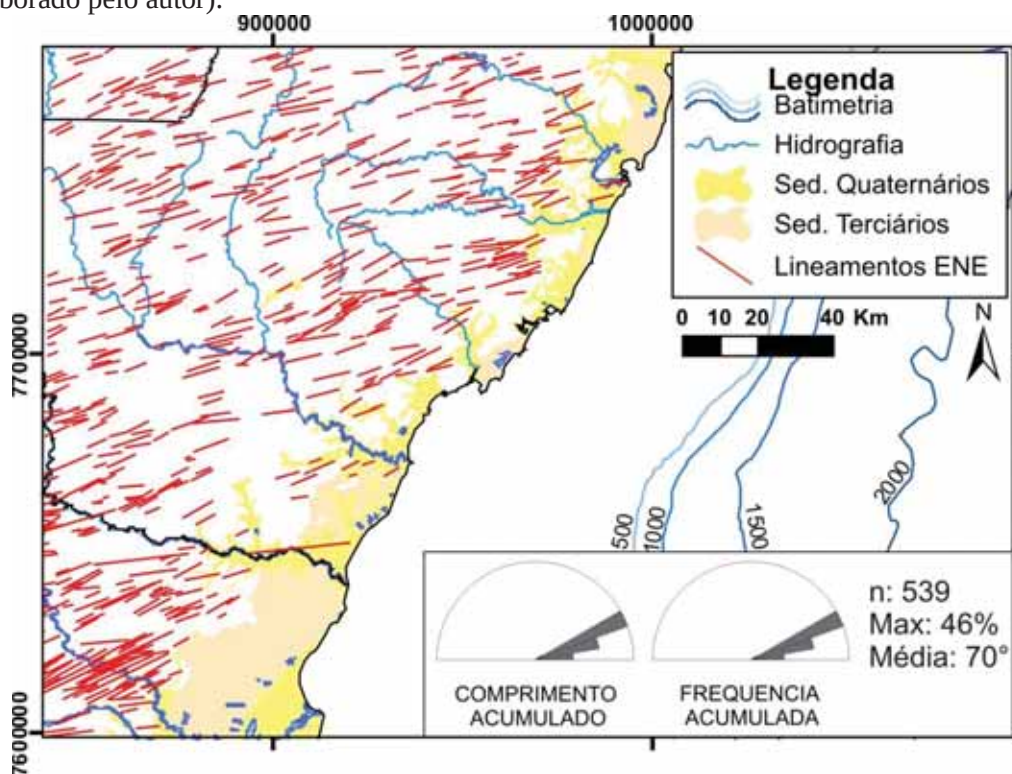


Figura 23 - Mapa com direção preferencial de lineamentos NE-SW e diagrama de roseta (Elaborado pelo autor).



Na direção ENE-WSW (Figura 24) foram utilizados 539 lineamentos, dos quais 46% possuem direção preferencial entre 60 e 70°, aproximadamente 38% entre 70 e 80° e os outros 16% entre 80 e 90°, resultando numa direção preferencial média de 70°.

Figura 24 - Mapa com direção preferencial de lineamentos ENE-WSW e diagrama de roseta (Elaborado pelo autor).



Para a direção NNE-SSW (Figura 25) foram utilizados 781 lineamentos, dos quais 45% possuem direção preferencial entre 20 e 30°. Os 55% restantes distribuem-se aproximadamente em 27% entre 0 e 10° e 28% entre 10 e 20°. Com essa distribuição, obteve-se uma direção preferencial média de 18°.

Para o diagrama de rosetas NNW-SSE (Figura 26) foram utilizados 690 lineamentos, obtendo 39% destes na direção preferencial entre 330 e 340°. Os outros 61% distribuem-se aproximadamente em 38% na direção entre 340 e 350° e os outros 23% entre 350 e 360°, resultando em uma direção média no diagrama de 342°.

Para a elaboração do diagrama de direção N-S (Figura 27) foram utilizados 424 lineamentos, dos quais 50% possuem direção entre 350 e 360° e os outros 50% entre 0 e 10°, resultando em uma direção preferencial média de 1°.

Na direção E-W (Figura 28) foram utilizados 215 lineamentos, dos quais 50% possuem direção entre 80 e 90° e os outros 50% entre 270 e 280°, resultando numa direção preferencial média de 88°.

Figura 25 - Mapa com direção preferencial de lineamentos NNE-SSW e diagrama de roseta (Elaborado pelo autor).

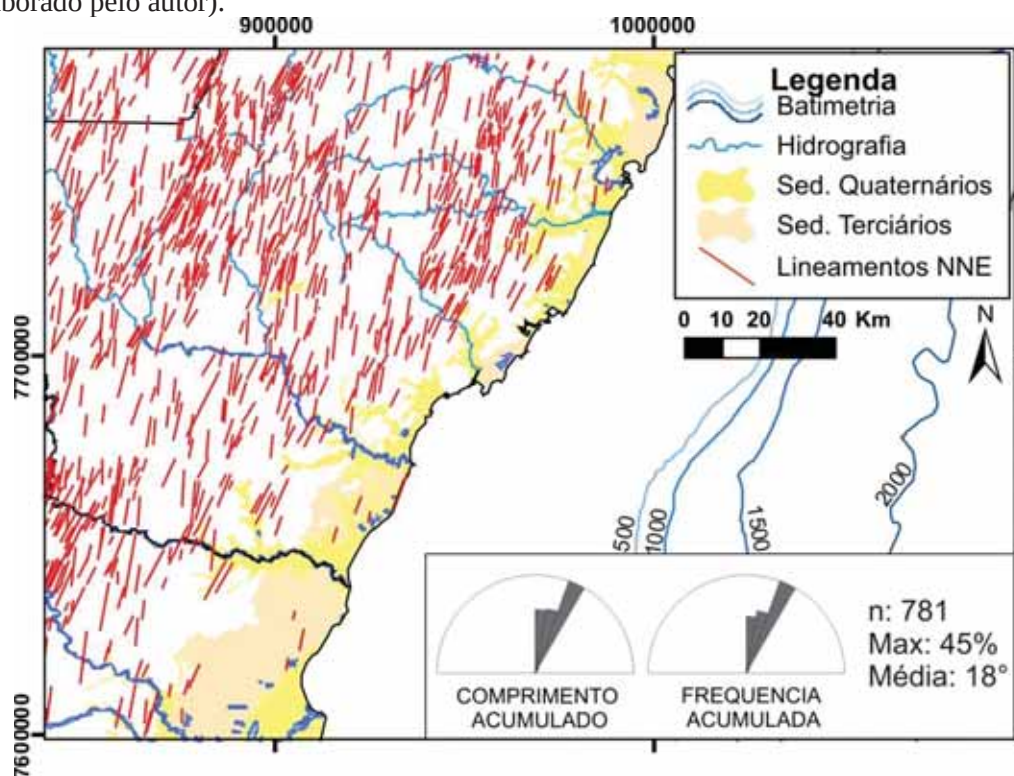


Figura 26 - Mapa com direção preferencial de lineamentos NNW-SSE e diagrama de roseta (Elaborado pelo autor).

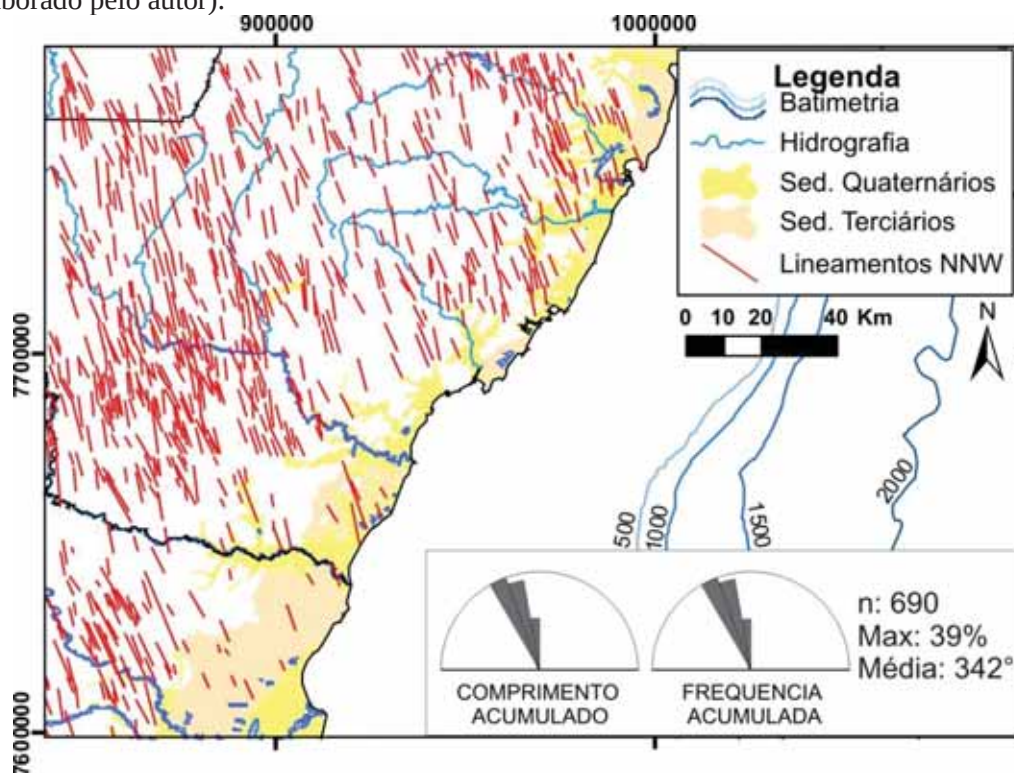


Figura 27 - Mapa com direção preferencial de lineamentos N-S e diagrama de roseta (Elaborado pelo autor).

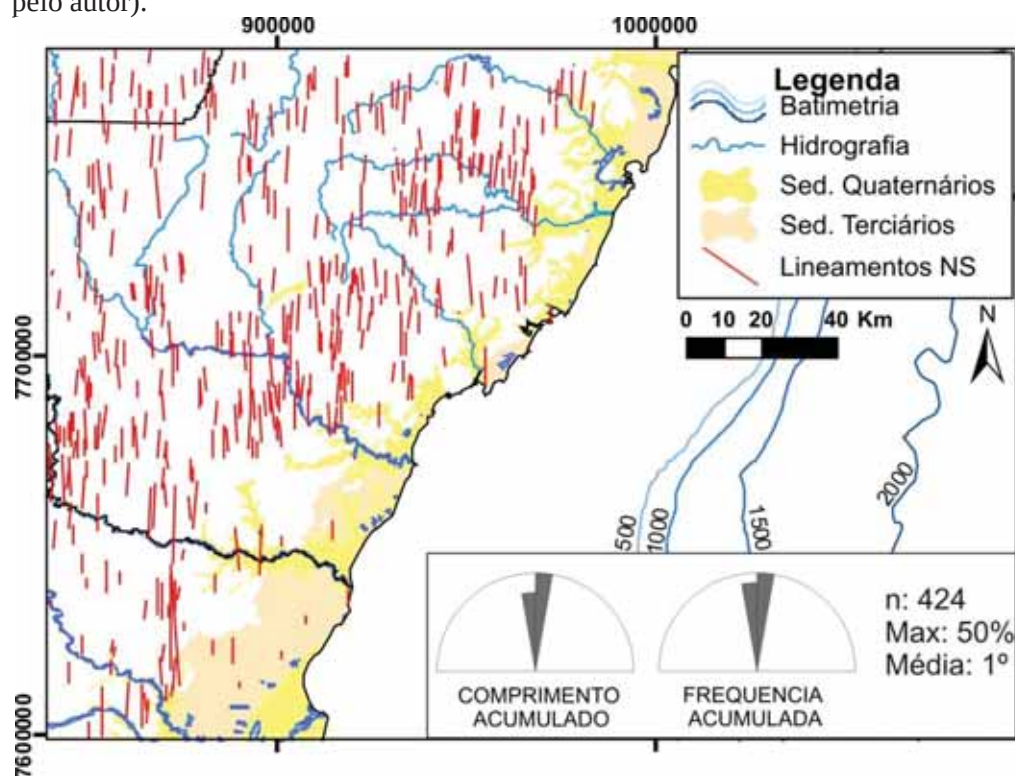
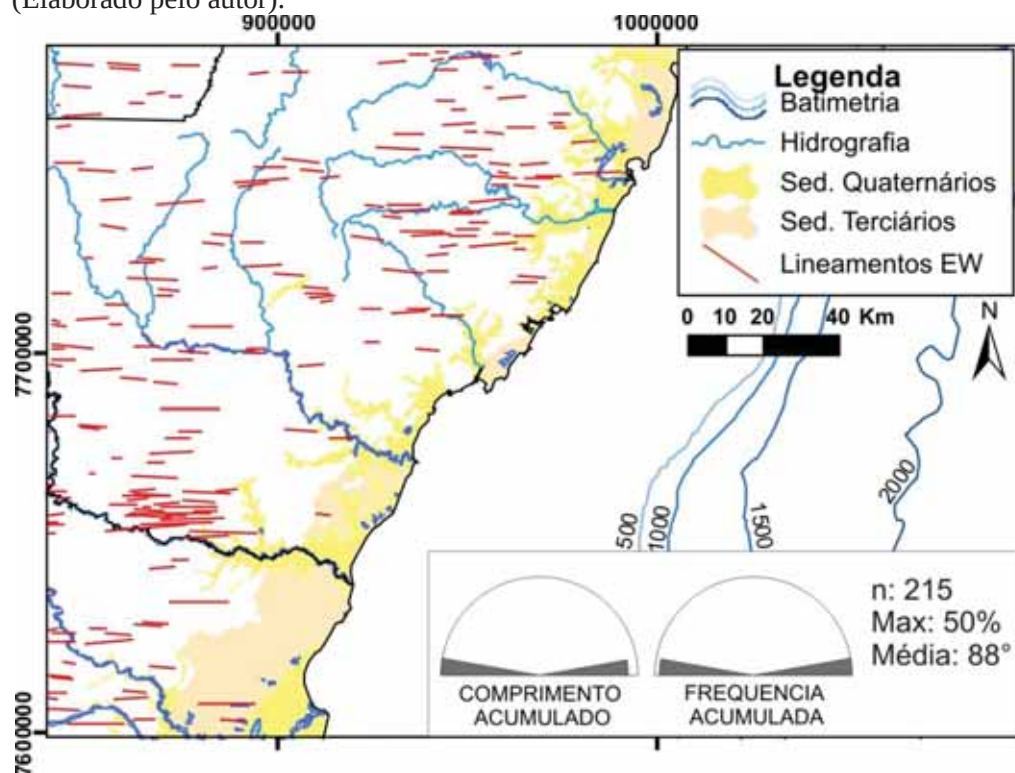


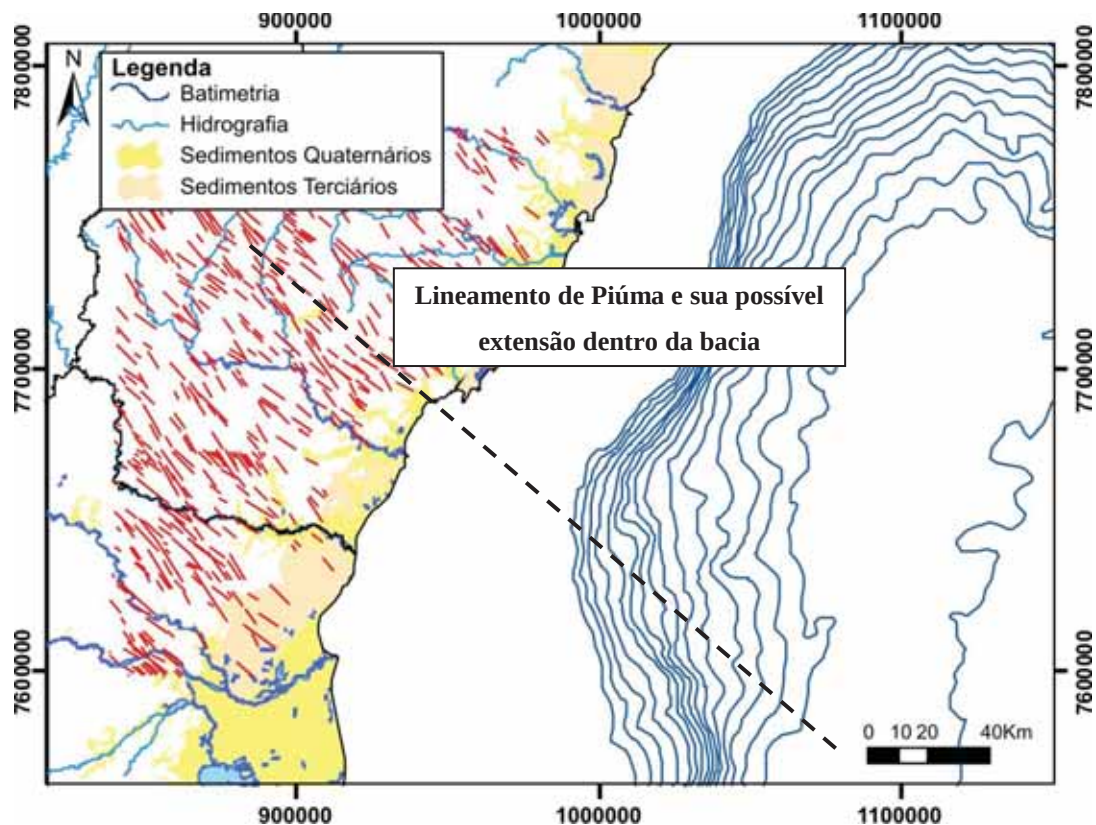
Figura 28 - Mapa com direção preferencial de lineamentos E-W e diagrama de roseta (Elaborado pelo autor).



5.2.3 Análise da Batimetria

Analisando a batimetria atual pode-se observar uma leve influência do Lineamento de Piúma. As curvas de batimetria que encontravam-se na direção NNW alinham-se levemente na direção do Lineamento de Piúma (NW), como pode ser observado na figura 29.

Figura 29 – Mapa da área de estudo com batimetria (Elaborado pelo autor).



5.3 Interpretações Geofísicas

No presente trabalho foram requeridos dados de seções sísmicas e poços ao Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP) administrado pela ANP. Obteve-se dez seções sísmicas e seis poços para serem interpretados e analisados.

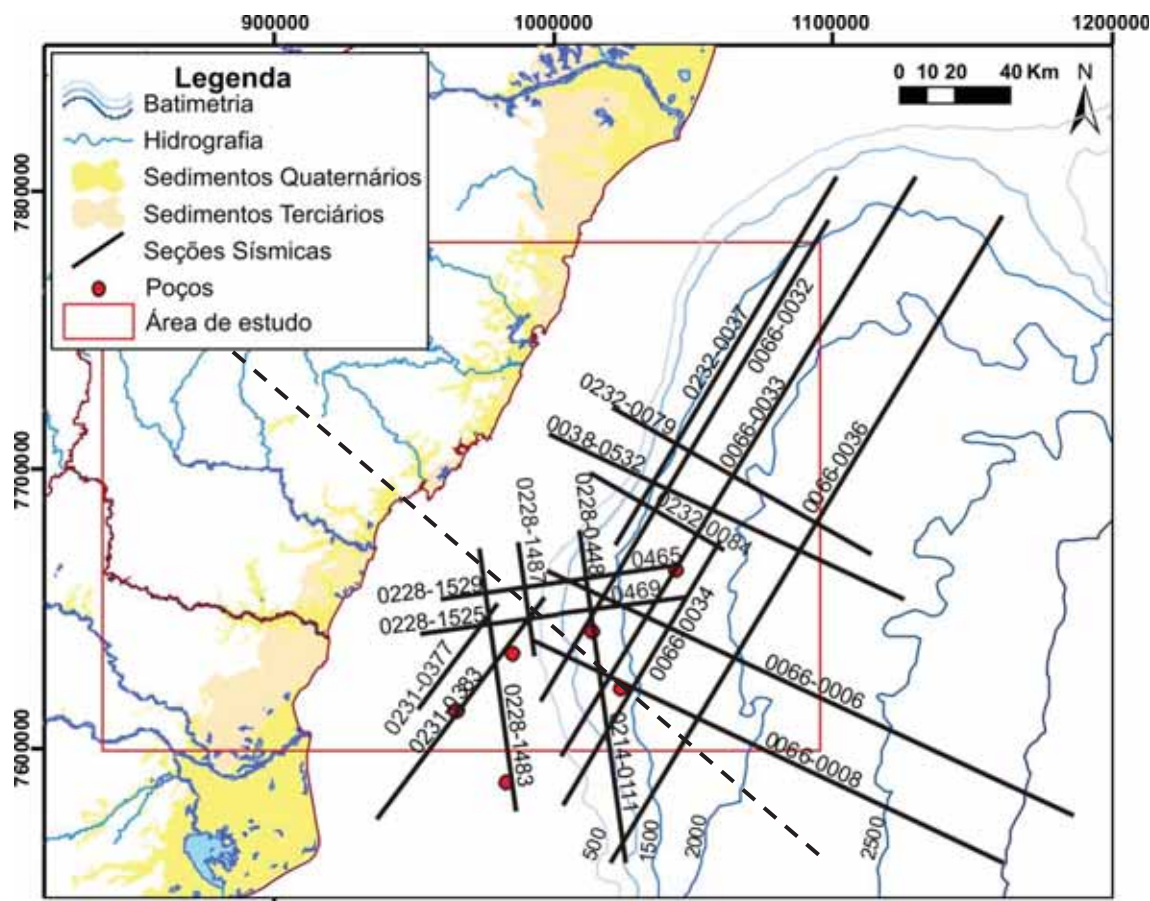
Os dados requeridos foram os seguintes:

- Seções sísmicas: 0228-1483, 0228-1487, 0066-0032, 0066-0034, 0213-0377, 0213-0383, 0228-1529, 0228-0465, 0228-1525, 0228-0469.
- Poços: 1RJS_0079_RJ, 1RJS_0175_RJ, 1RJS_0097C_RJ, 1BRSA_33_ESS, 1BRSA_225_ESS e 1ESS_95_ES.

Para as interpretações geofísicas foram analisadas também seções sísmicas requeridas ao BDEP utilizadas por Silva (2008): 0066-0006, 0066-0008, 0066-0033, 0066-0036, 0232-0037, 0232-0079, 0232-0084, 0228-0448, 0214-0111 e 0038-0532.

Ao todo foram interpretadas 20 seções sísmicas localizadas dentro da área de estudo que foram calibradas através dos poços (Figura 30).

Figura 30 – Localização das seções sísmicas e poços utilizados nas interpretações geofísicas (Elaborado pelo autor).



5.3.1 Etapas da Interpretação Sísmica

5.3.1.1 Determinação dos Principais Intervalos Estratigráficos através de dados de poços

Ao adquirir dados do projeto através do Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP), obteve-se dados de poços juntamente com as seções sísmicas. Uma vez que os poços obtidos se localizam próximo as seções sísmicas a serem analisadas (Figura 29), é possível fazer a calibração dos horizontes a serem traçados na linha sísmica através das profundidades reais obtidas nas informações dos poços.

Os horizontes estabelecidos para o presente trabalho foram: Fundo do Mar, Meso-Mioceno, Eoceno, Cretáceo, Santoniano, Albiano, Albiano Raso e Rifte (Anexo1).

Os dados de uma seção sísmica que produzem uma imagem das estruturas geológicas são dados em μ s. Deve-se lembrar que uma seção sísmica é semelhante mas teoricamente não é uma seção geológica em profundidade.

Ao reunir dados de poços com dados de uma seção sísmica devem ser feitos caçulos de conversão de profundidade em tempo, pois os dados de poços são medidos em metros enquanto os dados da seção sísmica são em μ s.

5.3.1.2 Conversão de Profundidade em Tempo

Para fazer a conversão profundidade/tempo é necessário haver dados de perfilagem sônica e profundidade em metros dos horizontes que se deseja localizar na seção sísmica.

A perfilagem sônica mede a velocidade de propagação das ondas sísmicas. A água do mar tem velocidade média de aproximadamente 1500m/s. Já no substrato rochoso a velocidade varia de acordo com as características da rocha e por isso devem ser adotadas velocidades médias intervalares, sendo cada intervalos constituído por rochas relativamente homogêneas. Os intervalos devem ser definidos de acordo com as características das rochas, geralmente sendo separados nas divisões estratigráficas.

Dados a profundidade da interface em metros (obtida pela descrição de um poço) e a velocidade média intervalar de propagação da onda (calculada a partir da perfilagem sônica) é possível descobrir o tempo através da fórmula: $V = D/T$ (V=velocidade, D=profundidade, T=tempo).

Na seção sísmica o tempo registrado é o tempo que a onda leva pra ir e voltar aos refletores, portanto ao se descobrir o tempo através da fórmula deve-se multiplicá-lo por dois para determinar o ponto em que a interface se encontra na seção sísmica.

5.3.1.3 Correlação dos Horizontes

Feito a conversão de profundidade em tempo e determinado os principais intervalos estratigráficos (Anexo 1) deve-se continuar traçando-os ao longo de toda a seção sísmica. A partir da profundidade determinada no poço traça-se o horizonte seguindo a mesma linha de tempo que se destaca neste ponto. Porém esta pode ser deslocada quando for interceptada por uma falha ou outras estruturas, como por exemplo os domos de sal.

As seções sísmicas do presente estudo se cruzam por muitas vezes e quando já traçado o intervalo estratigráfico em uma delas, o software utilizado permite a visualização do horizonte na seção a cruza.

5.3.1.4 Identificação das Principais Estruturas

O enfoque do trabalho é a caracterização estrutural do Lineamento de Piúma, portanto a identificação de falhas nas seções sísmicas é muito importante.

Na seção sísmica as estruturas se apresentam como em uma seção geológica. Além de identificar os intervalos estratigráficos, pode ser identificadas falhas, juntas e possíveis trapas. A identificação das estruturas é feita a partir da experiência de visualizar falhas, adquirida nas disciplinas de graduação.

5.3.2 Interpretações das Seções Sísmicas

As seções sísmicas foram interpretadas no software Geographix-SeisVision, disponível no Laboratório de Geomodelagem 3D.

As principais feições observadas nas seções foram falhas normais sintéticas e antitéticas, domos e muralhas de sal, falhas lítricas com rollover, grábens, horts e a Falha Charneira de Campos.

Essas feições tem grande importância no sistema petrolífero pois são elas que controlam a migração, distribuição e as trapas em que os hidrocarbonetos ficam armazenadas.

Ao interpretar as linhas sísmicas do presente trabalho pode-se confirmar os dois estilos estruturais presentes na bacia (Guardado *et al.* 1989), um com predomínio de falhas normais geradas na fase rifte e outro com predomínio de estruturas geradas pela tectônica do sal.

Foi possível também identificar a falha Charneira de Campos, descrita no contexto geológico, ao observar partes com sedimentos cretáceos separados por uma falha de partes com sedimentos terciários depositados sobre o embasamento. A falha Charneira de Campos possui plano sinuoso e ao ser interceptada por uma seção sísmica retilínea pode aparecer na mesma mais de uma vez.

Nas partes que sofreram halocinese (deformação pela tectônica do sal), a deformação foi intensa e em alguns locais é possível observar uma grande variação na

espessura dos sedimentos sobrepostos aos domos de sal, podendo encontrar também falhas.

Em algumas seções foi possível notar sinais de reativações de falhas: os horizontes mais antigos aparecem com um maior rejeito que os horizontes mais novos.

Nas seções sísmicas de direção strike (subparalelas à linha de costa) os domos de sal aparecem com menos frequência que nas seções de direção dip (perpendicular à linha de costa)

As seções sísmicas descritas abaixo estão como apêndices identificado por letras no final do trabalho.

- Seção sísmica 0228 – 1483 (Apêndice A): A seção possui extensão de 95 Km na direção NNW-SSE e é oblíqua à linha de costa. Localizada no alto estrutural da região a seção possui horizonte do fundo do mar retilíneo e encontra-se a pequena profundidade. Há um aprofundamento dos horizontes começando pelo rifte e espessamento das camadas para SSE. Observa-se falhas normais sintéticas e antitéticas, algumas que cortam os horizontes desde o Rifte até o Eoceno indicando que houve reativação das falhas que se formaram pelos movimentos distensivos da fase rifte.
- Seção sísmica 0228 – 1487 (Apêndice B): A seção possui extensão de 42 Km na direção NNW-SSE e é oblíqua à linha de costa. A seção é pouco extensa e localiza-se numa área sem muitas falhas. É possível identificar a falha Charneira de Campos pois a partir dela não é possível observar sedimentos cretáceos à NNW.
- Seção sísmica 0066 – 0032 (Apêndice C): A seção possui extensão de 202 Km na direção NE-SW e é subparalela à linha de costa. Na porção SW observa-se um alto estrutural e associado a ele inúmeras falhas normais sintéticas e antitéticas. Há presença de falhas que cortam todos os horizontes desde o Rifte até o Meso-Mioceno, indicando que houve uma reativação de falhas formadas na fase rifte de abertura da bacia. No centro da seção sísmica o horizonte Rifte localiza-se mais acima, isto ocorre devido à quebra do talude ser sinuosa e o centro da seção atravessa uma parte em que o talude estaria mais distante da costa, sendo compatível com a batimetria observada. Há presença de falhas lítricas com *rollover* na porção central da seção e presença de domos de sal na porção NE. Nota-se também que a densidade de falhas é maior na porção SW do que na porção NE da seção.

- Seção sísmica 0066 – 0034 (Apêndice D): A seção possui extensão de 111 Km na direção NE-SW e subparalela à linha de costa. Na porção SW observa-se um alto estrutural e associado a ele inúmeras falhas normais sintéticas e antitéticas. A densidade de falhas é maior na porção SW do que na porção NE da seção. Há adelgaçamento e espessamento dos horizontes devido à processos halocinéticos.
- Seção sísmica 0231 – 0377 (Apêndice E): A seção possui extensão de 48 Km na direção NE-SW e é subparalela à linha de costa. Observa-se a falha Charneira da Campos separando as porções onde tem sedimentos cretáceos da porção onde só tem sedimentos terciários. As falhas normais sintéticas e antitéticas observadas nesta seção não cortam os sedimentos terciários, indicando que estas não foram reativadas a partir desde período.
- Seção sísmica 0231 – 0383 (Apêndice F): A seção possui extensão de 120 Km na direção NE-SW e é subparalela à linha de costa. Observa-se falhas normais sintéticas e antitéticas, algumas cortando sedimentos terciários e outras não. Isso mostra que apenas algumas falhas foram reativadas durante o período Terciário. A NE da seção nota-se a presença da falha Charneira de Campos, que por ser sinuosa atravessa a linha sísmica duas vezes.
- Seção sísmica 0228 – 1529 (Apêndice G): A seção possui extensão de 37 Km na direção ENE-WSW e é oblíqua à linha de costa. Nota-se a presença de falhas normais e a falha Charneira de Campos atravessando a linha duas vezes.
- Seção sísmica 0228 – 0465 (Apêndice H): A seção possui extensão de 51 Km na direção ENE-WSW e é oblíqua à linha de costa. Continuação da seção sísmica anterior. A seção possui resolução baixa, o que dificulta a interpretação das estruturas. Observa-se presença de falhas sintéticas e antitéticas. Algumas falhas lítricas com indícios de reativações de falhas da fase rifte.
- Seção sísmica 0228 – 1525 (Apêndice I): A seção possui extensão de 48 Km na direção ENE-WSW e é oblíqua à linha de costa. Nota-se a presença de falhas normais e a falha Charneira de Campos atravessando a linha duas vezes. Quebra do talude e a seção continua com a seção 0228-0469.
- Seção sísmica 0228 – 0469 (Apêndice J): A seção possui extensão de 51 Km na direção ENE-WSW e é oblíqua à linha de costa. Continuação da seção 0228-1525, apresenta falhas normais sintéticas e antitéticas. Apresenta uma falha lítrica com rollover e esta corta apenas os horizontes cretáceos, o que significa que não houve

reativação desta no terciário. Porém há falhas que cortam apenas sedimentos terciários que podem ser falhas de acomodação.

- Seção sísmica 0232 – 0037 (Apêndice K): A seção possui extensão de 174 Km na direção NE-SW e é subparalela à linha de costa (direção strike). Na porção SW observa-se um alto estrutural e associado a ele inúmeras falhas normais sintéticas e antitéticas. Há presença de falhas que cortam todos os horizontes desde o Rifte até o Meso-Mioceno, indicando que houve uma reativação de falhas formadas na fase rifte de abertura da bacia. Na porção central da seção há uma falha normal no embasamento e a partir dela os horizontes cretáceos tornam-se mais espessos a NE. Nesta porção observa-se falhas sintéticas e antitéticas que cortam apenas os horizontes cretáceos, o que leva a concluir que as falhas não tiveram reativação no período Terciário. Na porção NE da seção ocorrem muralhas de sal e deformação dos horizontes acima delas.

- Seção sísmica 0066 – 0006 (Apêndice L): A seção possui extensão de 210 Km na direção NW-SE e é perpendicular à linha de costa (direção dip). Na porção NW há presença de falhas normais sintéticas e pode-se observar uma falha normal lítrica com rollover. No plano da falha lítrica observa-se que os horizontes Santoniano e Albiano possuem maior rejeito que os horizontes Cretáceo e Eoceno e já o Meso-Mioceno não possui quase nenhum rejeito. A camada de sal é pouco espessa na porção NW da seção, na porção central apresentam-se em domos e na porção SW apresenta grande espessura formando uma muralha de sal. Associadas aos domos e muralhas de sal encontram-se inúmeras falhas nos horizontes sobre as muralhas e entre os domos. Essas falhas estão associadas à movimentação do sal.

- Seção sísmica 0066 – 0008 (Apêndice M): A seção possui extensão de 200 Km na direção NW-SE e é perpendicular à linha de costa (direção dip). Semelhante à seção sísmica 0066-0006, esta seção também apresenta falhas normais sintéticas na porção NW com a presença de uma falha lítrica com rollover. Esta apresenta indícios de reativação como a ocorrência de um maior rejeito nos horizontes mais antigos. Na porção central da seção ocorrem domos de sal e associado a eles ocorrem falhas normais. À sudeste a seção apresenta grande espessura de sal e adelgaçamento dos horizontes sobrepostos a camada de sal.

- Seção sísmica 0066 – 0033 (Apêndice N): A seção sísmica possui extensão de 292 Km na direção NE-SW e é subparalela à linha de costa (direção strike). Na porção SW encontra-se um alto estrutural e associado a ele falhas normais sintéticas

e antitéticas. Nota-se pouca presença de domos de sal pois, como mencionado antes, as seções de direção strike não possuem muitos destes. O sal presente nesta seção aparece em pequenos domos em pequenas camadas adelgadas não contínuas.

- Seção sísmica 0232 – 0079 (Apêndice O): A seção sísmica possui extensão de 108 Km na direção NW-SE e é perpendicular à linha de costa (direção dip). Na porção NW da seção é possível notar a quebra do talude continental e a presença da Falha Charneira de Campos, separando a porção que possui sedimentos cretáceos da porção que possui sedimentos terciários em contato direto com o embasamento. Apresenta falhas normais sintéticas e antitéticas, falha lítrica com rollover. Observa-se grandes deformações rúpteis e dúcteis nos sedimentos próximos aos domos de sal sugerindo uma forte atividade tectônica. A espessura do sal aumenta à SE (direção do aprofundamento da bacia). O fato dos horizontes Albiano e Santoniano persistirem entre os domos de sal sugere que os domos de sal se formaram após a sedimentação e provavelmente cresceram cortando os horizontes através de falhas pré-existentes.

- Seção sísmica 0066 – 0036 (Apêndice P): A seção possui extensão de 288 Km na direção NE-SW e é subparalela à linha de costa (direção strike). É possível notar uma maior densidade de falhas normais sintéticas e antitéticas e falhas lítricas na porção SW, associadas a um alto estrutural e à quebra do talude. Na porção central e NE ocorrem falhas normais associadas à halocinese, localizadas sobrepostas aos domos e entre eles. Ocorre também adelgaçamento dos horizontes sobrepostos aos domos e muralhas de sal. Apesar de a seção ser de direção strike que geralmente não apresenta muitos domos ou muralhas de sal, a mesma apresenta-os por estar localizada numa região mais profunda onde há predominância da camada de sal.

- Seção sísmica 0038 – 0532 (Apêndice Q): A seção possui extensão de 141 Km na direção NW-SE e é perpendicular à linha de costa (direção dip). A feição que mais se destaca é a Falha Charneira de Campos, separando a porção NW que não apresenta sedimentos cretáceos da porção SE que apresenta os mesmos. Grande densidade de falhas normais sintéticas e antitéticas logo após a quebra do talude associadas à fase rifte e grande densidade de estruturas rúpteis e dúcteis próximas aos domos de sal, associadas à halocinese.

- Seção sísmica 0228 – 0448 (Apêndice R): A seção possui extensão de 45 Km na direção NNW-SSE e é oblíqua à linha de costa. Esta seção possui baixa resolução portanto não foi possível fazer uma boa análise das estruturas. Foram

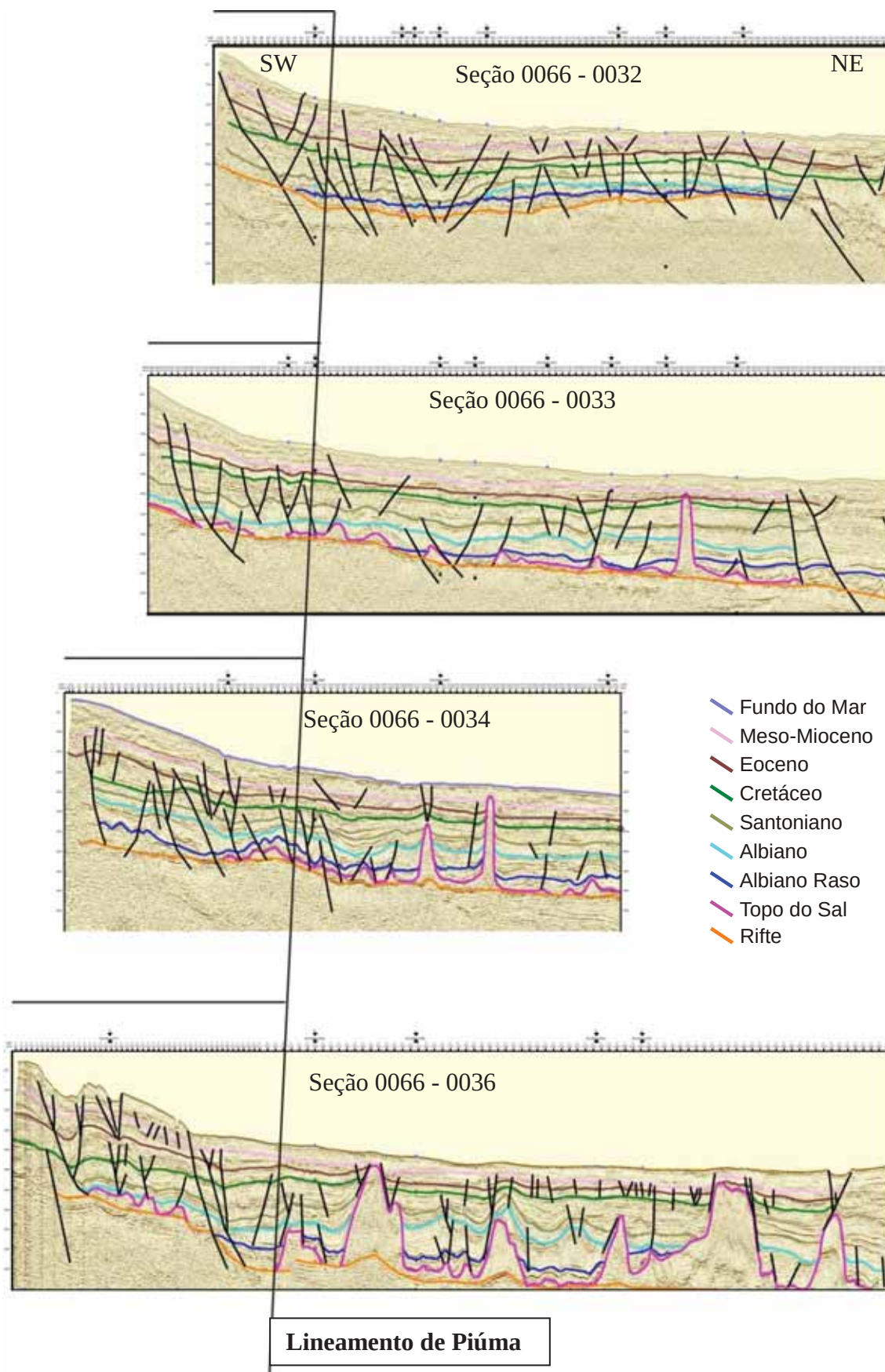
identificadas poucas falhas na seção que localiza-se logo após a quebra do talude, pois nota-se a inclinação dos horizontes e o adelgaçamento a NNW. Dando continuidade a esta seção encontra-se a seção 0214 – 0111, descrita a seguir.

- Seção sísmica 0214 – 0111 (Apêndice S): A seção possui 88 Km de extensão na mesma direção da seção 0228-0448 dando continuação a esta. Também possui baixa resolução impedindo uma boa análise das estruturas. Identificou-se um alto estrutural na porção SSE com falhas normais sintéticas e antitéticas. Apresenta estreita camada de sal e um pequeno domo na porção SSE.

- Seção sísmica 0232-0084 (Apêndice T): A seção possui extensão de 57 Km na direção NW-SE e é perpendicular à linha de costa. Observa-se a quebra do talude com a falha Charneira de Campos separando a porção com sedimentos cretáceos da porção com apenas sedimentos terciários. Poucas falhas observadas e estreita camada de sal espessando-se com a o aprofundamento da bacia.

A figura 31 possui as seções 0066-0032, 0066-0033, 0066-0034 e 0066-0036 que são paralelas entre si e possuem direção NE-SW. Se fossem observadas perpendicularmente encontrar-se-iam na seguinte posição. A linha preta na diagonal corresponde ao Lineamento de Piúma se este for considerado retilíneo na direção NW-SE desde o continente. Pode-se observar um alto estrutural na porção SW destas seções e associado a este alto estrutural encontra-se uma densidade maior de falhas em comparação com o restante da seção. Considerando que a sessão 0066-0032 é a mais rasa e a 0066-0036 é a mais profunda observa-se também que a espessura e quantidade do sal aumenta com a profundidade assim como as falhas relacionadas à tectônica deste.

Figura 31 – Correlação de seções sísmicas paralelas entre si e oblíquas ao Lineamento de Piúma (Elaborado pelo autor).



5.3.3 Mapas de Contorno Estrutural

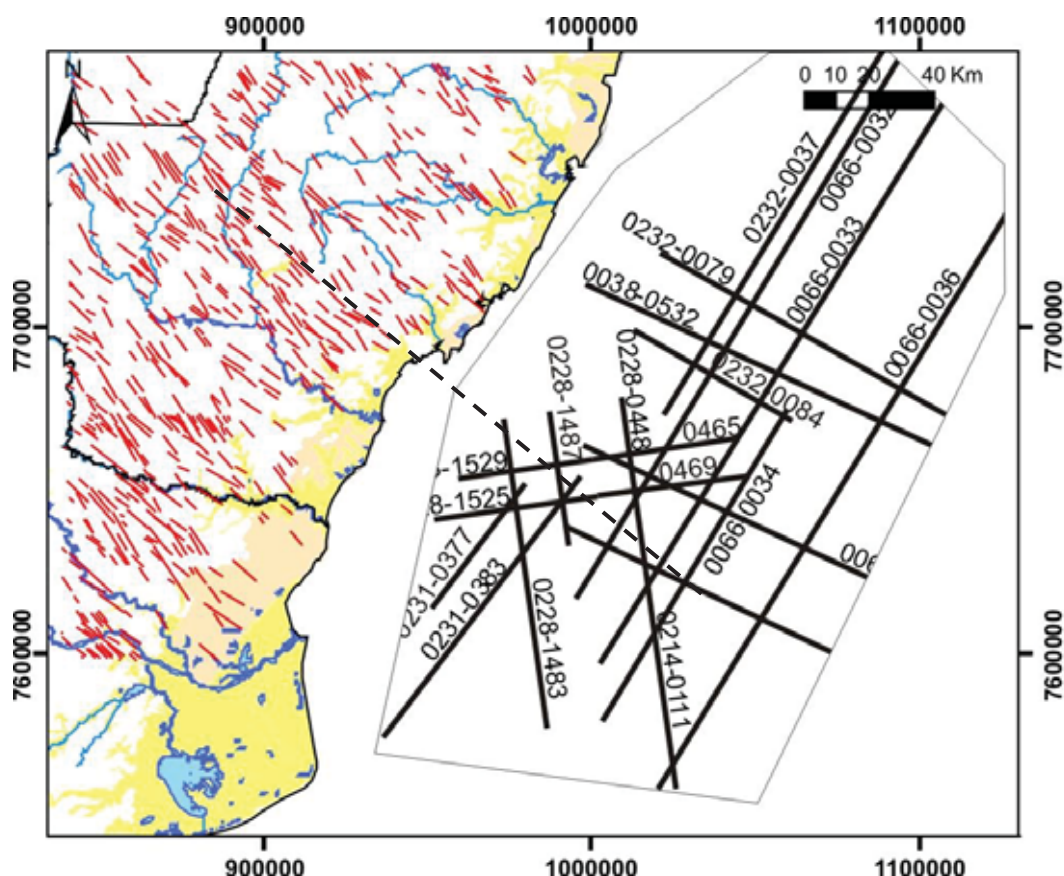
Os mapas de contorno estrutural são gerados a partir das interpretações das seções sísmicas no software SeisVision-Geographix. Em cada seção foram traçados 8 horizontes cronoestratigráficos a partir dos quais foram extraídos os dados para gerar o mapa de contorno estrutural.

Para cada horizonte, dados de coordenadas UTM (X e Y) e profundidade em tempo (Z) foram extraídos dentro de um polígono que delimita a área das seções sísmicas (Figura 32) gerando um arquivo .xyz.

Utilizando o software Surfer 10 foram gerados, pelo método de interpolação de curvatura mínima, os mapas de contorno estruturais de cada horizonte: Fundo do Mar, Meso-Mioceno, Eoceno, Cretáceo, Santoniano, Albiano, Albiano Raso e Rifte.

Observa-se nos mapas que há áreas que foram extrapoladas pois não haviam dados das seções sísmicas. Deve-se tomar cuidado ao fazer as interpretações pois pode haver alguma anomalia nos mapas devido a falta de informações.

Figura 32 – Localização das seções sísmicas utilizadas para gerar os mapas de contorno estrutural e polígono de limite dos mapas (Elaborado pelo autor).



Nos mapas de contorno estrutural (Figuras 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 e 41) é possível observar o comportamento da superfície de cada horizonte, se há altos ou baixos estruturais e se há alguma estrutura condicionando-os.

Em todos os mapas pode-se observar o aprofundamento da bacia para leste. Em alguns mapas pode-se observar através da projeção do Lineamento de Piúma (linha tracejada) que ocorre uma estruturação retilínea do horizonte na direção do lineamento. Esta estruturação ocorre em parte confiável do mapa, onde várias seções sísmicas se cruzam, portanto pode ser considerada uma estrutura geológica. Esta estruturação é bem notável no mapa de contorno estrutural do horizonte Albiano (Figura 36).

A estruturação mais notável é a de direção NE-SW, coincidente com a direção de estruturação pré-cambriana presente nas rochas do embasamento da porção continental adjacente. Assim, fica clara a influência da estruturação do embasamento no controle e formação da Bacia de Campos.

Nota-se também a presença de um alto estrutural na porção sudoeste dos mapas de contorno estrutural, o que pode ser observado também através das seções sísmicas que se localizam nesta área.

Na figura 34 observa-se os domos de sal que são freqüentes e variam de uma média de 5000ms para até 3200ms.

Em todos os mapas é possível observar também uma grande influência do Lineamento Colatina de direção NNW-SSE (representado no primeiro mapa por uma linha contínua). A influência aparece como uma estruturação retilínea das isolinhas nos horizontes. Este lineamento é muito abundante na área e segundo Silva (2008) influenciou desde a sedimentação mesozóica até eventos posteriores na Bacia de Campos, condicionando falhas e possíveis canais condutores de hidrocarbonetos. O Lineamento Colatina condiciona a morfologia da Bacia de Campos através da definição da orientação da quebra do talude.

Figura 33 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Rifte (Elaborado pelo autor).

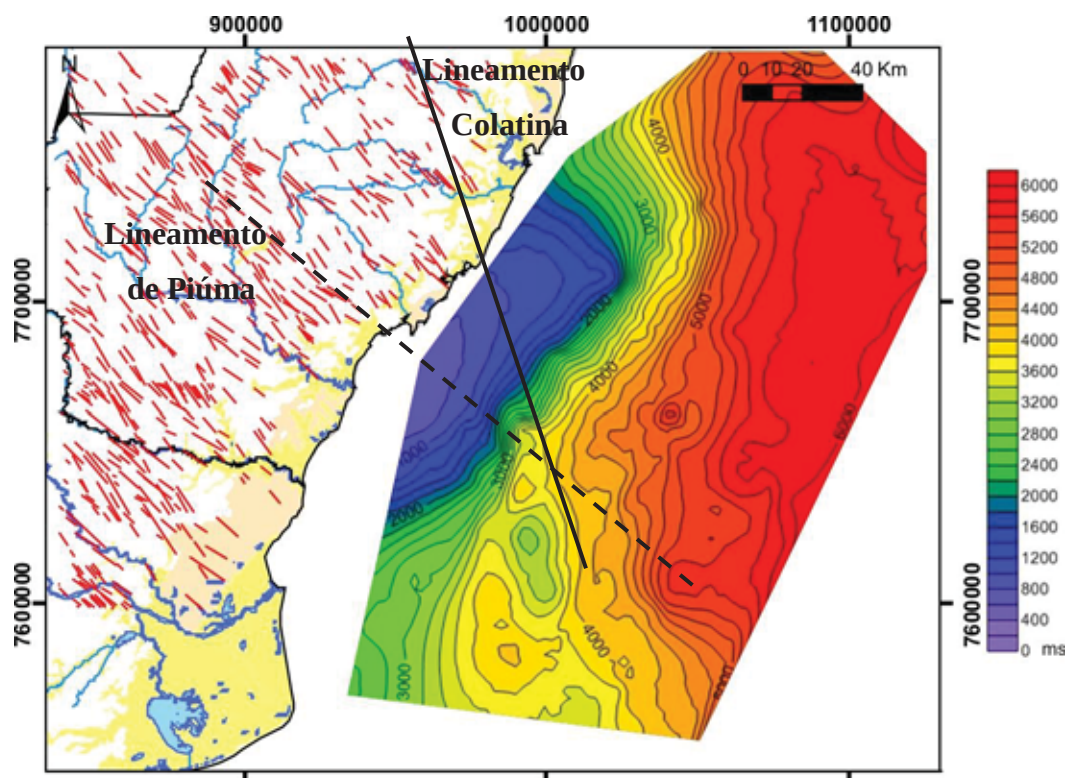


Figura 34 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Sal (Elaborado pelo autor).

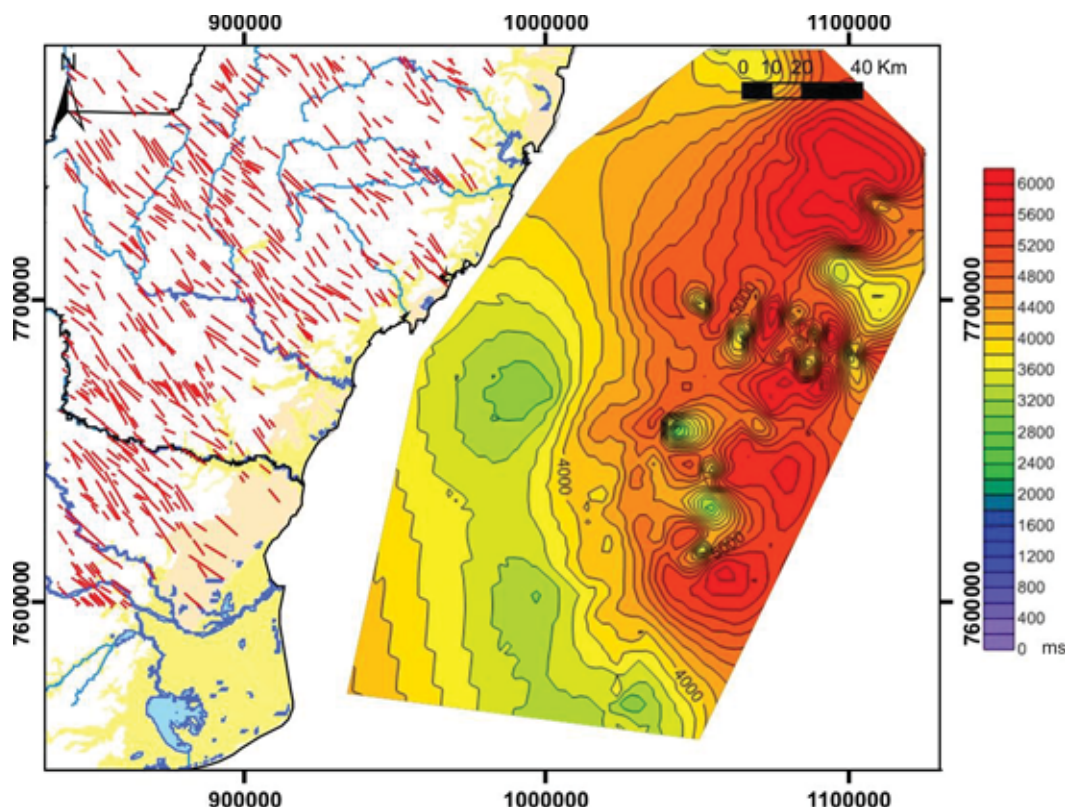


Figura 35 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Albiano Raso (Elaborado pelo autor).

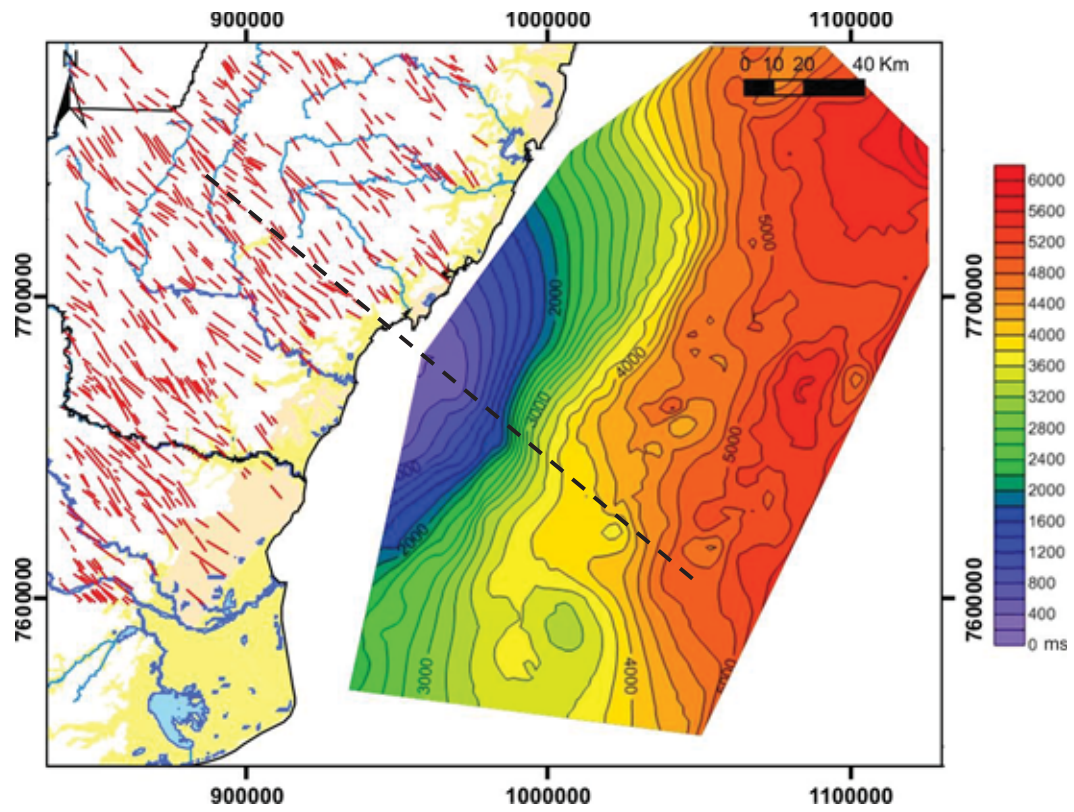


Figura 36 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Albiano (Elaborado pelo autor).

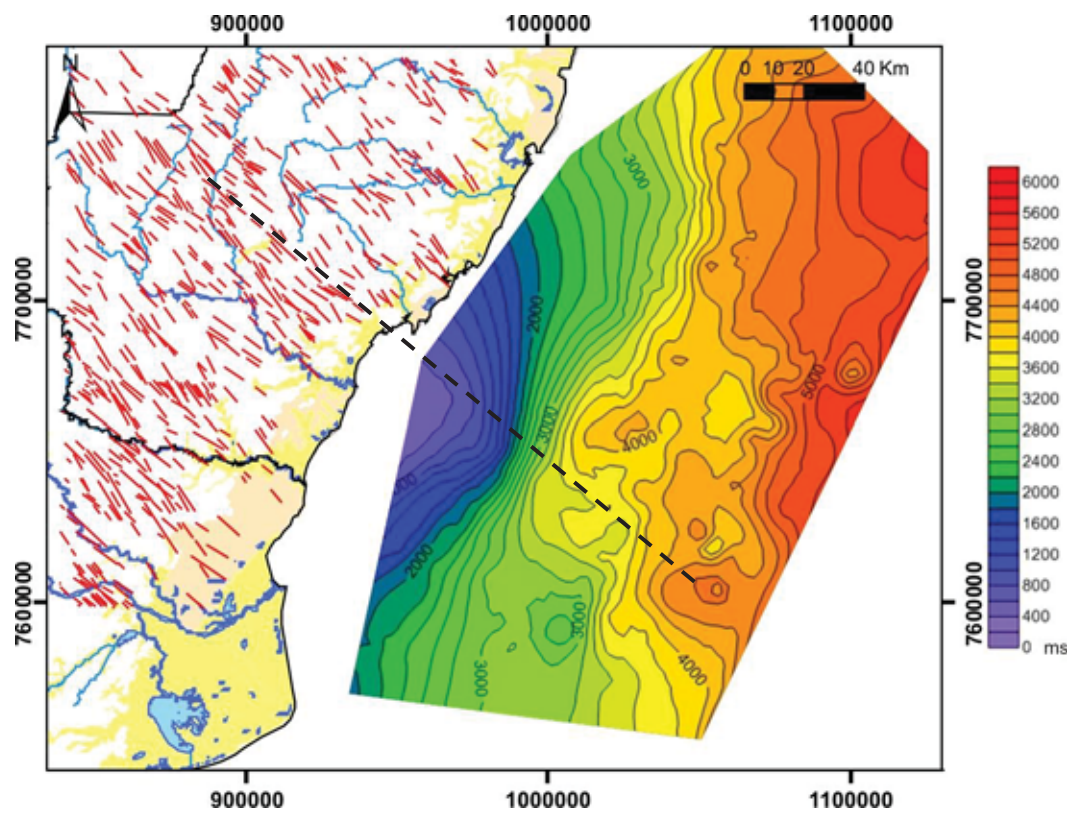


Figura 37 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Santoniano (Elaborado pelo autor).

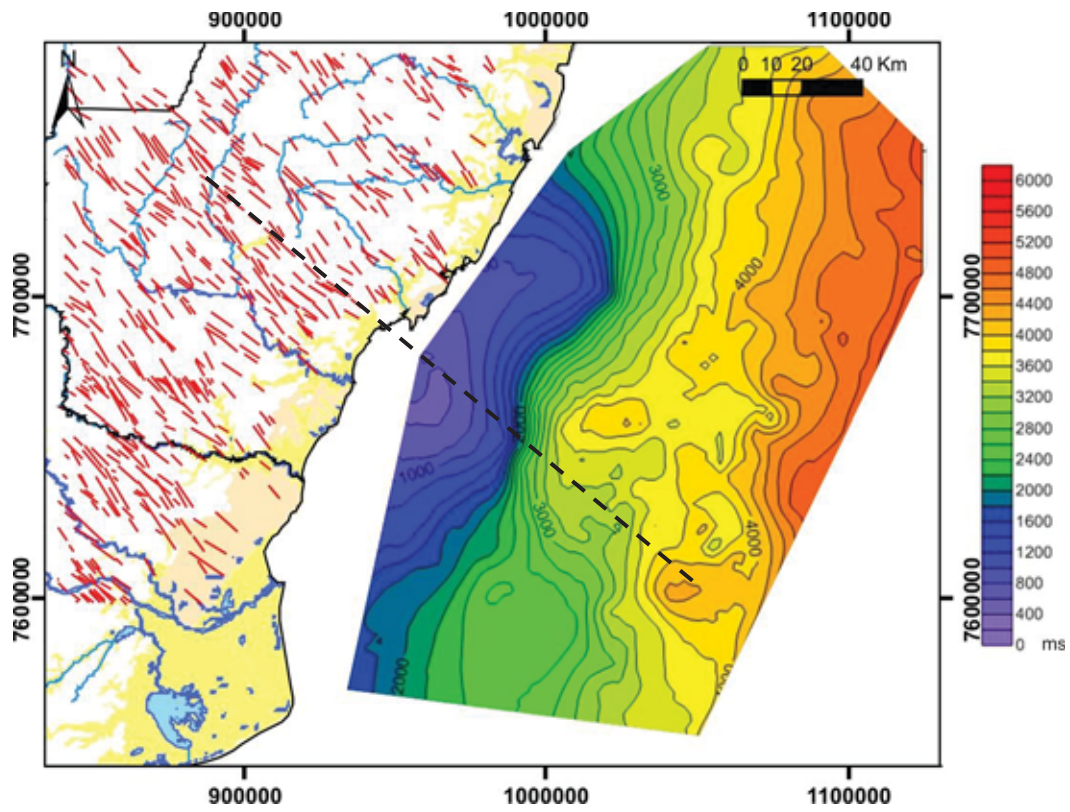


Figura 38 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Cretáceo (Elaborado pelo autor).

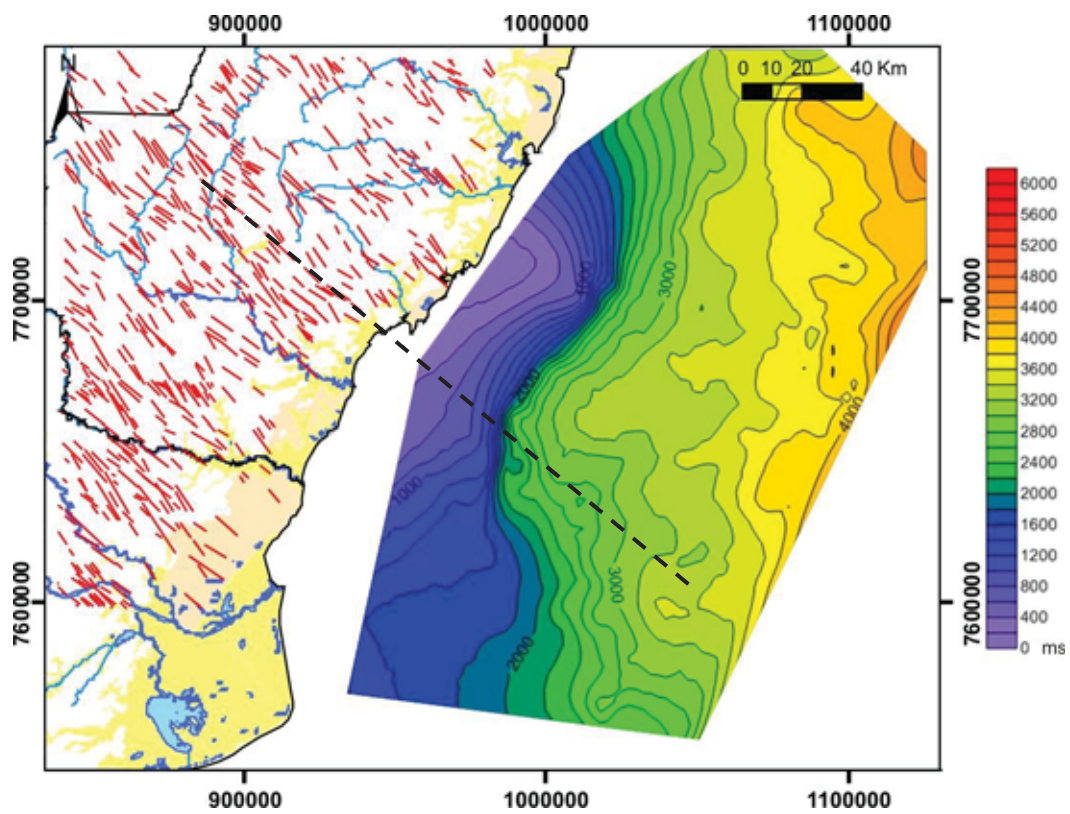


Figura 39 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Eoceno (Elaborado pelo autor).

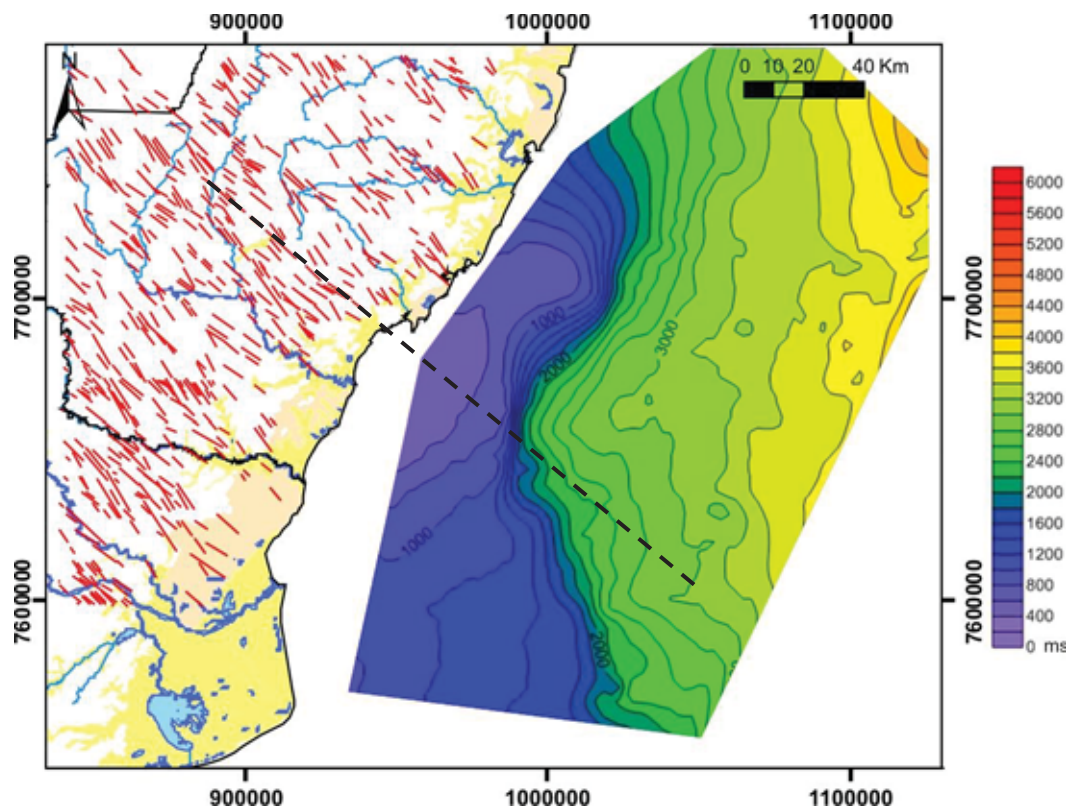


Figura 40 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Meso-Mioceno (Elaborado pelo autor).

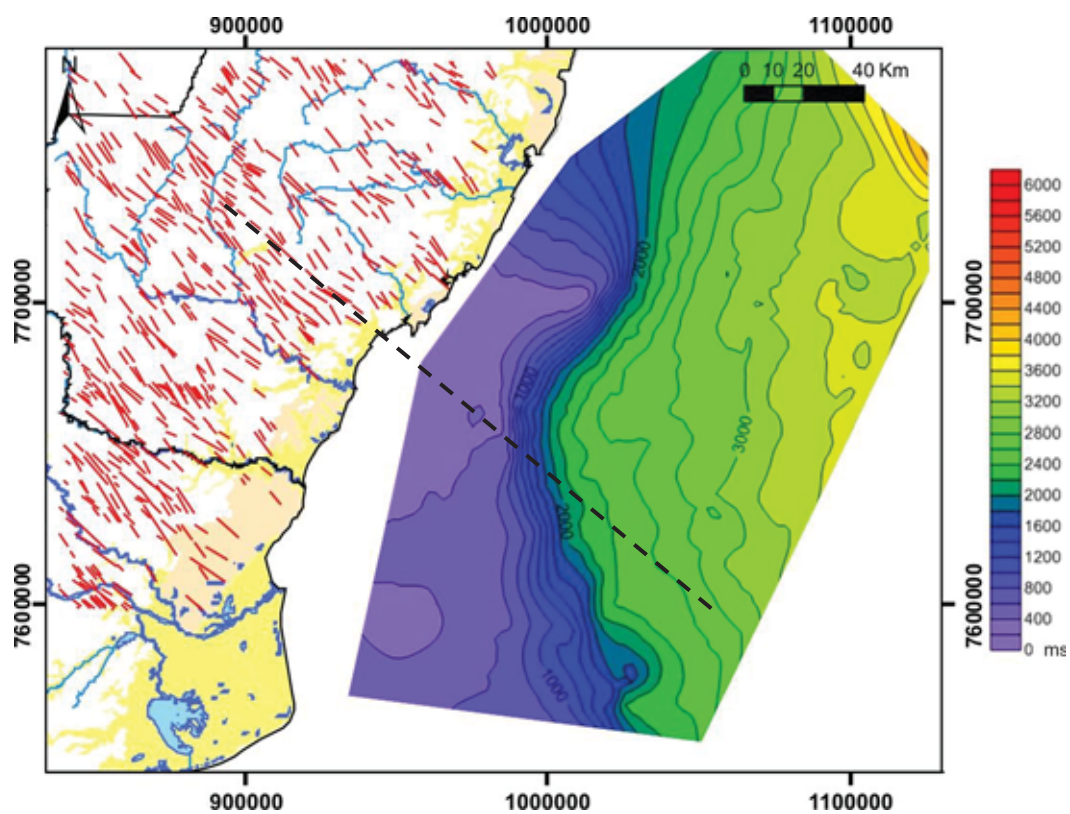
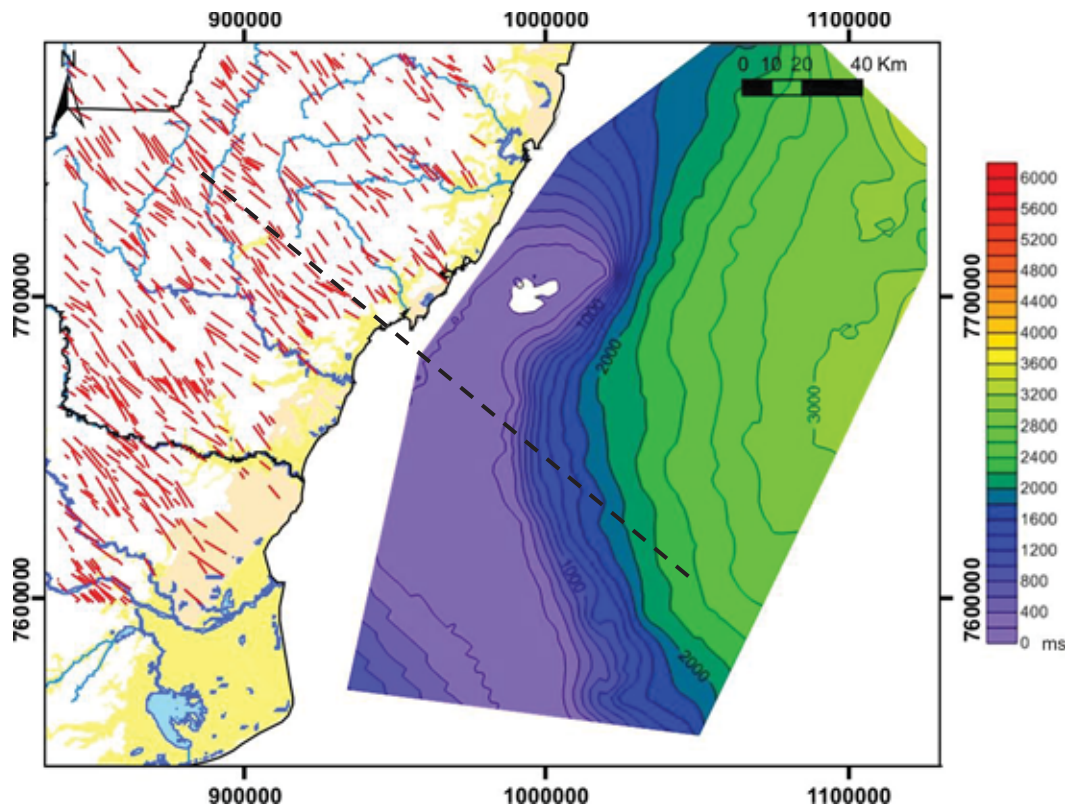


Figura 41 – Mapa de contorno estrutural do horizonte Fundo do Mar (Elaborado pelo autor).



5.3.4 Métodos Potenciais

Os métodos potenciais foram os primeiros a serem utilizados como ferramenta nos estudos pioneiros de geologia e geofísica para exploração de recursos minerais. A praticidade e o baixo custo dos equipamentos (gravímetros e magnetômetros) permitiu sua ampla utilização para obter anomalias gravimétricas e magnéticas, estimando, respectivamente, a densidade e a susceptibilidade magnética das rochas em subsuperfície.

5.3.4.1 Magnetometria

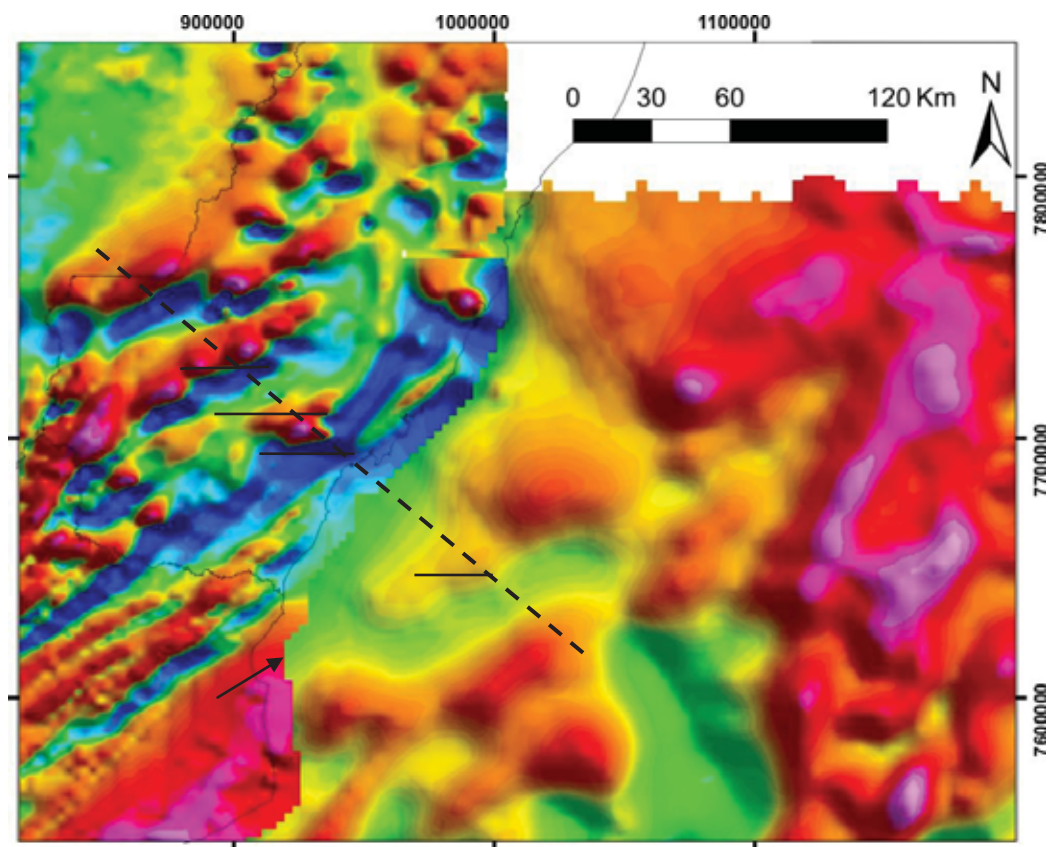
A magnetometria mede pequenas variações na intensidade do campo magnético terrestre. O objetivo de uma campanha de medidas de campo magnético consiste na individualização das anomalias do mesmo campo provocadas pela presença de corpos ou estruturas enterradas, em particular de material metálico. A magnetometria tem a capacidade de aferir a susceptibilidade magnética presente em alguns minerais, sendo os principais minerais com alta susceptibilidade magnética a magnetita, ilmenita e pirrotita.

A interpretação pode ser bem simples como uma identificação apenas de locais anômalos a partir de contrastes entre propriedades físicas em subsuperfície ou pode ser mais completa caracterizando a fonte da anomalia em termos de modelos tridimensionais. Para ter uma boa interpretação é necessário ter um bom conhecimento das características de subsuperfície obtido por outra modalidade de informação.

O mapa magnetométrico (Figura 42) da região apresenta muitas anomalias alinhadas na direção principal de lineamento da região (NE-SW), porém na área que cruza o Lineamento de Piúma (linha tracejada na figura) pode-se observar um desvio fazendo com que a anomalia apresente direção E-W (destacado pelas linhas contínuas). Na bacia não observa-se informações relevantes ou significativas de uma possível influência do Lineamento de Piúma (NW-SE). A flecha no mapa indica a direção de fluxo do Rio Paraíba do Sul que deságua nesta localidade, o que gerou uma grande anomalia magnetométrica. Devido aos sedimentos carregados pelo rio serem mais leves e não conterem muitos minerais metálicos que são mais pesados, a anomalia de cor verde evidencia baixa taxa de elementos metálicos.

A parte continental apresenta um caráter típico de amalgamento de terrenos, ou uma crosta que foi formada a partir de sucessivos eventos orogênicos.

Figura 42 - Mapa magnetométrico da área de estudo com Lineamento de Piúma tracejado



5.3.4.2 Gravimetria

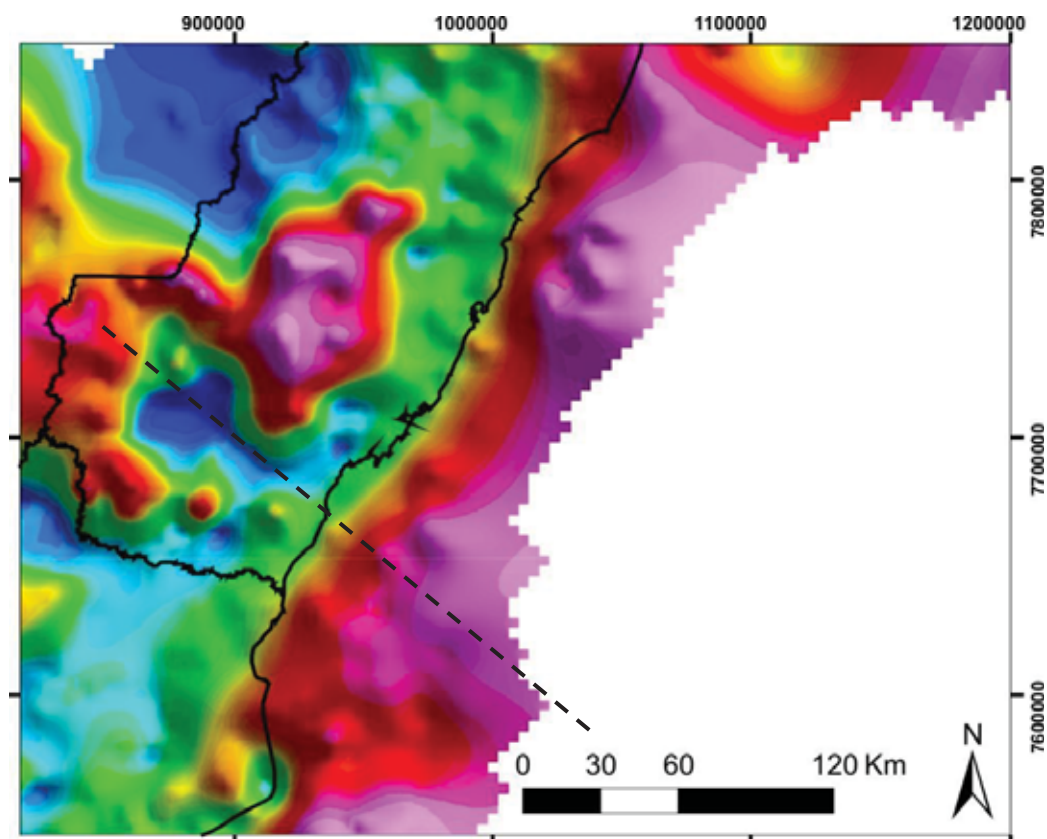
Na pesquisa gravimétrica é medida a aceleração da gravidade. A atração gravitacional varia de acordo com a densidade da rocha, resultando numa variação da aceleração da gravidade em cada ponto da Terra.

Anomalias gravitacionais refletem a estrutura da densidade da massa da Terra e são tratadas como informações básicas no mapeamento de pesquisa e na investigação de estruturas subterrâneas.

As anomalias nos mapas gravimétricos podem ser de estruturas profundas. No mapa gravimétrico (Figura 43) observou-se uma anomalia alinhada na direção do Lineamento de Piúma (NW-SE).

Foi possível observar um alto estrutural, identificado também nos mapas de contorno estrutural, na porção sudoeste da área de estudo através da anomalia apresentada com cores quentes.

Figura 43 – Mapa gravimétrico da área de estudo



6. CONCLUSÕES

A integração dos diferentes métodos utilizados no trabalho permitiu a caracterização estrutural da porção norte da Bacia de Campos e do embasamento continental adjacente.

A partir de dados de imagem de satélite SRTM foi possível individualizar cada direção de lineamento podendo reconhecer as feições mais expressivas na região. O lineamento NE-SW é o mais abundante na região porém não é o mais expressivo. O lineamento NW-SE se destaca por apresentar vales expressivos e contínuos ao longo da região, prolongando-se pra dentro da Bacia de Campos.

Este lineamento NW-SE é composto por estruturas rúpteis de transferências, formados a partir da diferença de resistência à movimentação distensiva na abertura do oceano Atlântico.

A partir da análise magnetométrica foi possível observar que o lineamento NW-SE ao interceptar o lineamento NE-SW, mais antigo, causou um desvio nas feições que se encontravam orientadas a NE-SW, fazendo com que elas se desviassem para a direção E-W.

Ao analisar as seções sísmicas foi possível observar que o Lineamento de Piúma possui certa relação com um alto estrutural localizado a leste e sudoeste da área estudada da Bacia de Campos. O lineamento parece exercer certa estruturação delineando o talude deste alto estrutural.

Através das seções sísmicas foi possível também confirmar os dois estilos tectônicos descritos por Guardado *et al.*(1989), um com formação de falhas normais devido ao rifteamento e outro controlado pela tectônica do sal, formando falhas relacionadas à halocinese e adelgaçamento de horizontes sobrepostos aos domos de sal formados.

Nas seções sísmicas foram identificados 7 horizontes cronoestratigráficos: Rifte, Albiano Raso, Albiano, Santoniano, Cretáceo, Eoceno e Meso-Mioceno, estruturas típicas de tectônica distensiva, como falhas normais sintéticas e antitéticas e estruturas geradas por halocinese como adelgaçamento dos horizontes sobrepostos aos domos.

Os mapas estruturais gerados a partir da interpretação das seções sísmicas confirmam o alto estrutural presente a leste e sudoeste da área estudada da Bacia de Campos. É possível também observar feições retilíneas na direção do Lineamento de Piúma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. 1967. Evolução e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM-DGM, Boletim, 241, 36p.

ALMEIDA, F.F.M.de; AMARAL, J.; CORDANI, U.; KAWASHITA, K. 1973. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin, south of Amazon River. In: The ocean basin and margins, 1, eds. Nairn & Stelli, p.411-416. Plenum, Nova York.

AMARAL, G. Métodos para a obtenção de informação estrutural em produtos de sensoriamento remoto. Cadernos-IG/UNICAMP, Campinas, v.4, n.1, p. 98-111, 1994.

ASMUS, H.E. & GUAZELLI, W. 1981. Descrição sumária das estruturas da margem continental brasileira e das áreas continentais adjacentes, hipótese sobre o tectonismo causado e aplicações no prognóstico de seu potencial em recursos minerais. In: H.E. Asmus (Editor), Estruturas e Tectonismo da Margem Continental Brasileira e de suas Implicações nos Processos Sedimentares e na Avaliação do Potencial de Recursos Minerais. Projeto Remac, Petrobrás, 9: 187-269.

CHANG, H.K., KOWSMANN, R.O., FIGUEIREDO, A.M.F., BENDER, A. 1992. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift system: an overview. Tectonophysics, 213:97-138.

CORDANI, U.G.; DELHAL, J.; LEDENT, O. 1973. Orogenèses superposes dans le PRéambrian du Brésil sud-oriental (États, du Rio de Janeiro et de Minas Gerais). Ver. BRÁS. GEoc., 3(1): 1-22.

CPRM; 1993. Programa levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Piúma, Folha SF.24-V-A-VI, Estado do Espírito Santo, escala 1:100000. CPRM, Brasília; pp. 114.

DIAS, J.L.; GUAZELLI, W.; CATTO, A.J. 1987. Integração do arcabouço estrutural da Bacia de Campos com o embasamento pré-cambriano adjacente. In: Simpósio de Geologia RJ-ES, 1, 1987, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: SBG, p. 189-197.

DIAS J., SCARTON J., ESTEVES F., CARMINATTI M., GUARDADO L., LINCOLN R. 1990. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos. In: J. Dias, J. G.P.R. Gabalia, E.J. Milani (eds.) Origem e Evolução de Bacias Sedimentares, Petrobrás, pp.: 333-360.

FÉBOLI, W. L. 1993. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Piuma. Folha. SF.24.V-A-VI. Estado do Espírito Santo. Escala 1:100000. DNPM/CPRM, Brasília, 140p.

FERRONI, F. Herança tectônica do embasamento adjacente no norte da Bacia de Campos. 2008. 70p. Trabalho de Conclusão (Graduado em Geologia) - Instituto de Geociências Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

GUARDADO, L.R., GAMBOA, L.A.P. LUCHESI, C.F. 1989. Petroleum geology of the Campos Basin, a model for a producing Atlantic-type basin. In: Edwards, J. D., Santogrossi, P.A. (eds.). Divergent/Passive Margin Basins. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 48:3-79.

GUARDADO, L.R.; SPADINI, A.R.; BRANDÃO, J.S.L.; MELLO, M.R. 2000. Petroleum system of the Campos Basin. In: M.R. Mello & B.J. Katz, eds., Petroleum system of South Atlantic margins: AAPG Memoir 73, p.317-324.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA A.M. 1975. The Ribeira folded belt. *Rev. Bras. Geoc.*, 5(4): 257-266.

HEILBRON, M. & MACHADO, N. 2003. Timing of terraine accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). *Precambrian Res.*, 125: 97-112.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Organizado por Virginio Mantesso-Neto...[et al.], São Paulo; Beca, p. 203-234. 2004.

KAUT, L.N.; Levantamento das estruturas geológicas rúpteis no sudeste do Estado do Espírito Santo. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal do Espírito Santo, Novembro de 2010; 26p.

MISUZAKI, A.M.P.; THOMAZ-FILHO, A.; VALENÇA, J. 1988. Volcano-sedimentary sequene of Neocomian age in Campos Basin (Brazil). *Rev. Bras. Geociências*, 18: 247-251

MOHRIAK, U.W. 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: L.A. Bizzi, C. Shobenhaus, R.M. Vidotti, J.H. Gonçalves (eds.). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*, CPRM, Brasília, 2003, p.87-165. *Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*, CPRM, Brasília, 2003, p.87-165.

NOVAIS, L.C.C., TEIXEIRA, L.B., NEVES, M.T., RODARTE, J.B.M., ALMEIDA, J.C.H., VALERIANO, C.M. Novas Ocorrências de Diques de Diabásio na Faixa Colatina-ES: Estruturas Rúpteis Associadas e Implicações Tectônicas para as Bacias de Campos e do Espírito Santo. *Bol. Geoc. Petrobras*, Rio de Janeiro, v.12, p. 191-194, nov. 2003/maio 2004.

PINTO, V.H.G. 2005. Estruturas da região continental emersa da Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, e sua continuação para a plataforma continental. Monografia de Graduação, Faculdade de geologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 44 p.

PONTE, F.C. & ASMUS, H.E. 1978. Geological framework of the Brazilian continental margin: Berlin, *Geologische Rundschau*, v.67, n°1, p.201-235.

PROJETO RADAMBRASIL. Volume 34, folhas SE 24, Rio Doce, p.135-137, 1983. SILVA, J. N. da; FERRARI, P. G. Projeto Espírito Santo. Belo Horizonte: DNPM.CPRM, 1976. 408 p. Relatório técnico (DGM 2596).

SCHMITT, R.S. 2000. Um evento tectono-metamórfico Cambro-Ordoviciano caracterizado no domínio tectônico Cabo Frio, Faixa Ribeira – sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, IG-UFRJ, Tese Dout., 273p.

SILVA, G.H.T. Caracterização estrutural da Faixa Colatina e sua influência na bacia sedimentar costeira adjacente. 2008. 67p. Trabalho de Conclusão (Graduado em Geologia - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

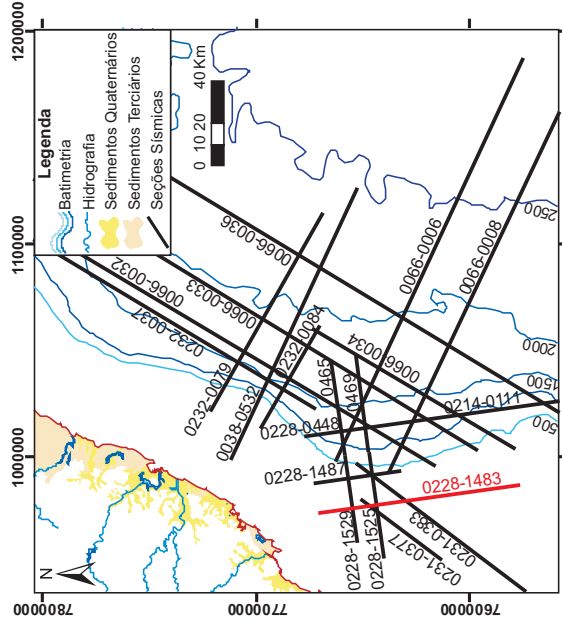
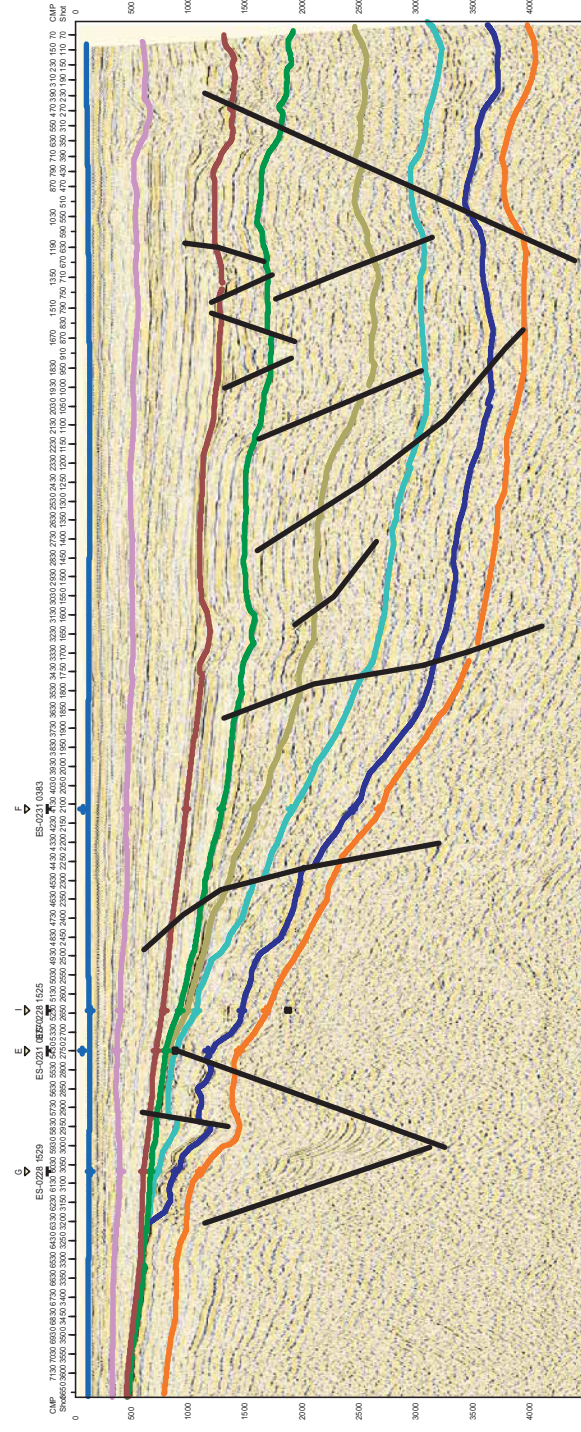
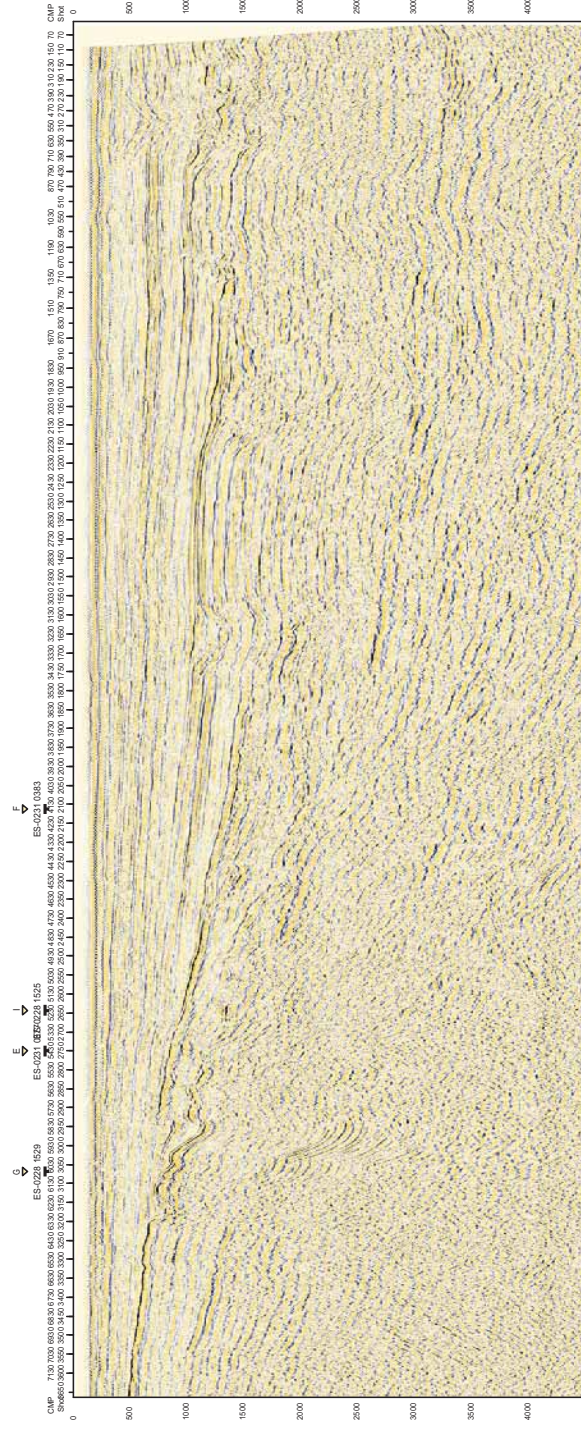
SOUZA, I. A. Ebert, H.D. 2005. Lineamentos tectônicos do embasamento adjacente às bacias de Espírito Santo, Campo e Santos interpretados a partir de imagens LANDSAT 7 ETM. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Salvador, 3, *Anais*, p. 6.

TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; VALERIANO, M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R.R. 2000. The Central Segment of the Ribeira Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds.). Tectonic Evolution of South America. 31.

VIEIRA, V. S. 1997. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Cachoeiro de Itapemirim. Folha SF.24.Z-V-A. Estado do Espírito Santo. Escala 1:250000. DNPM/CPRM. Brasília, 110p

WHITE, R.S., MCKENZIE, D.P. 1989. Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins and flood basalts. *Journal of Geophysical Research*, 94:7685-7729.

Seção Sísmica A - 0228 1483



Meso-Mioceno

Econo

Cretáceo



Santoni

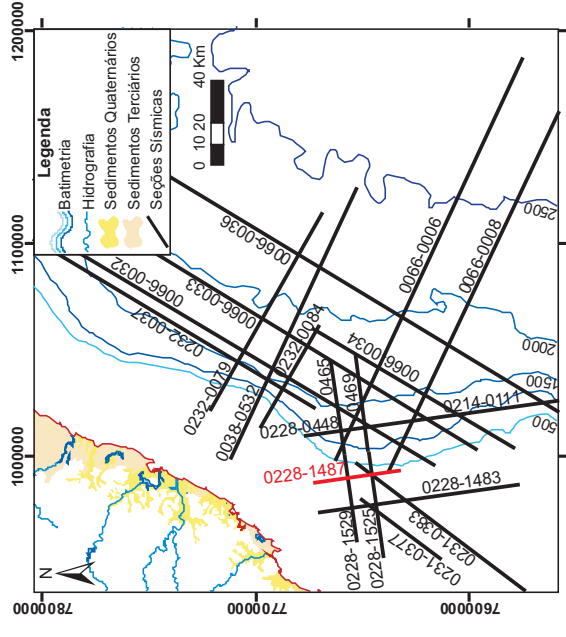
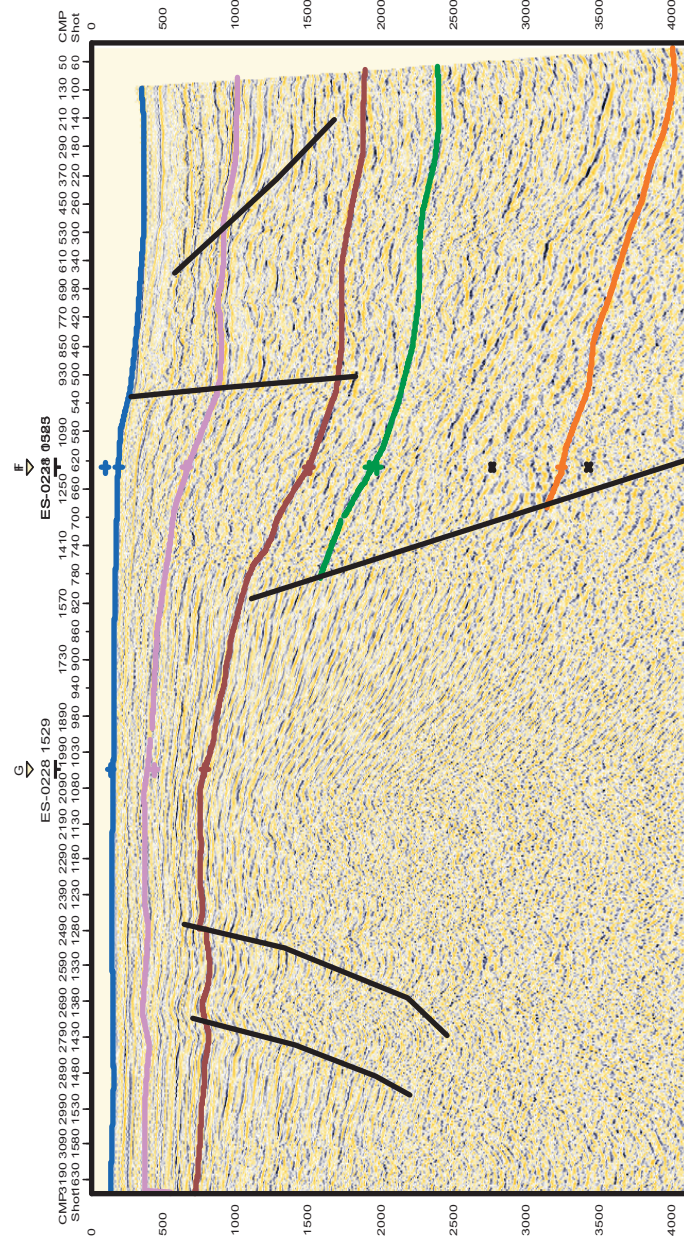
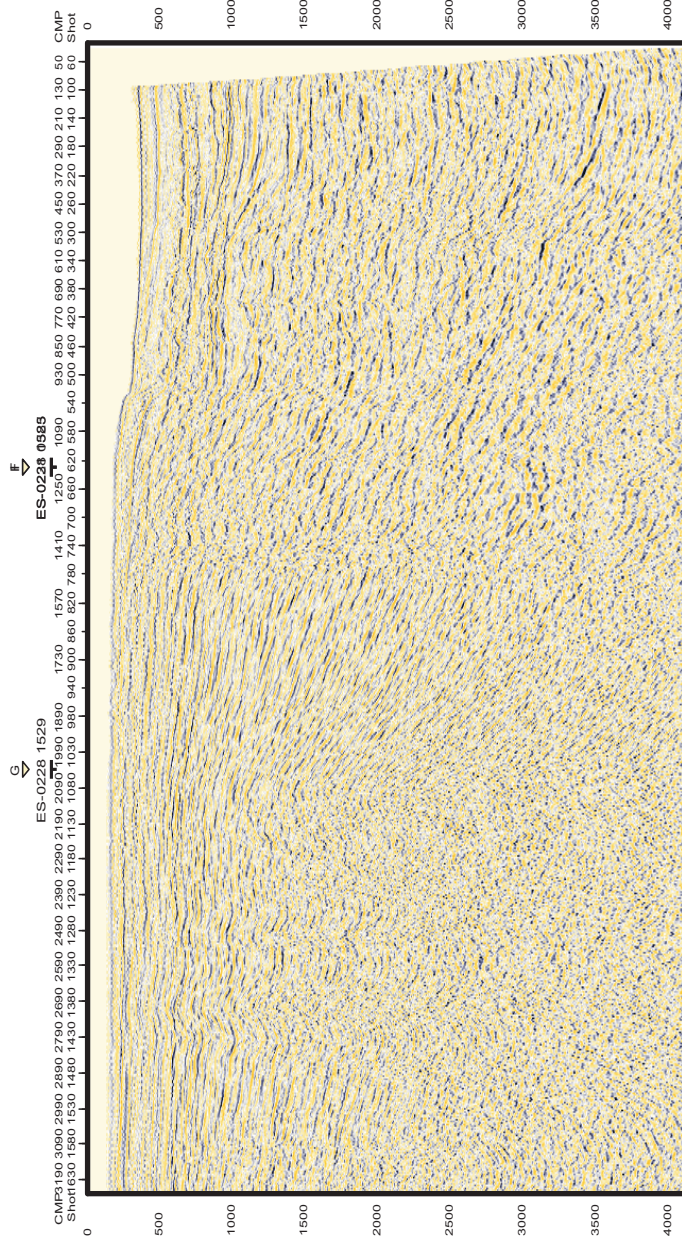
Albano

Albiano Raso

[Topo do Sal](#)

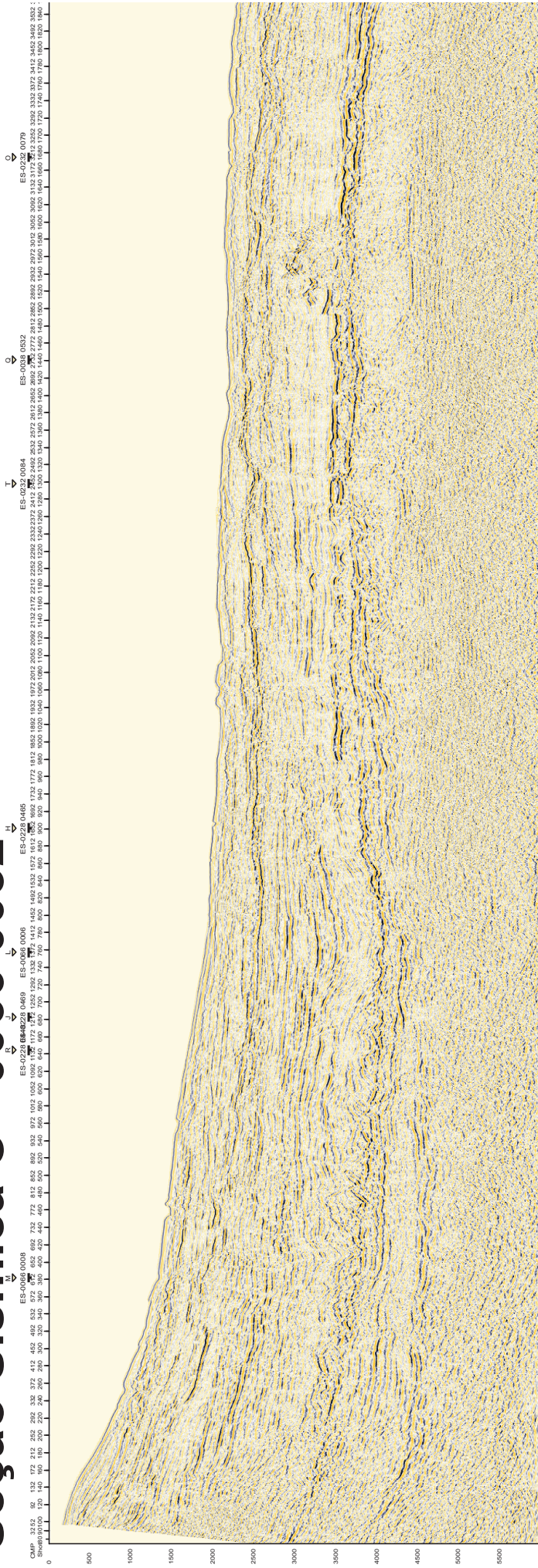
Rifte /

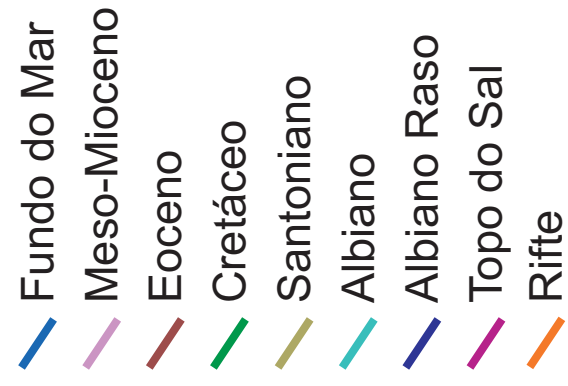
Seção Sísmica B - 0228 1487



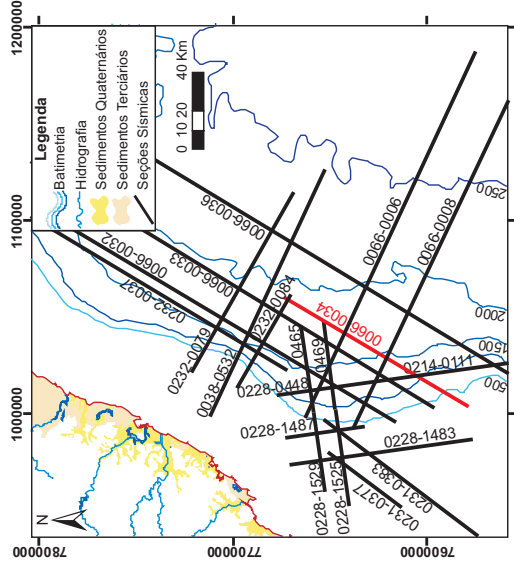
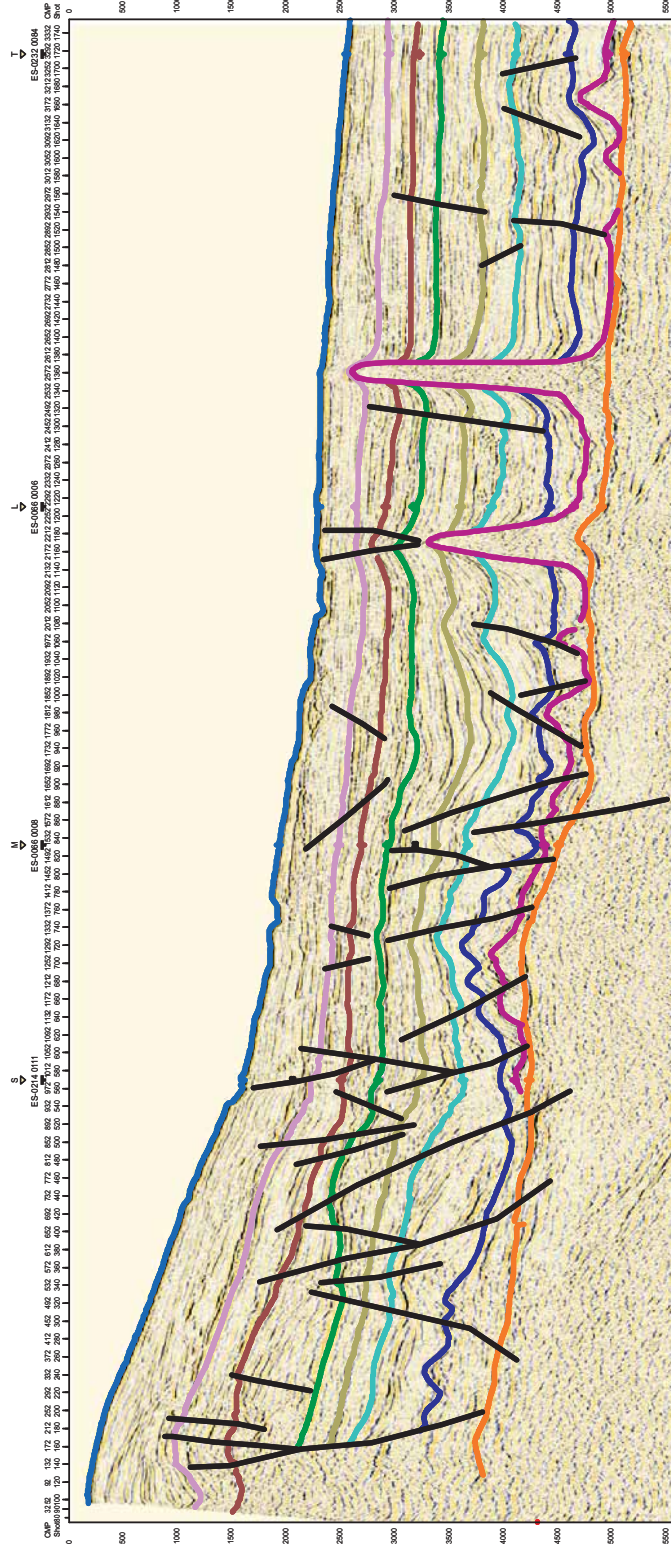
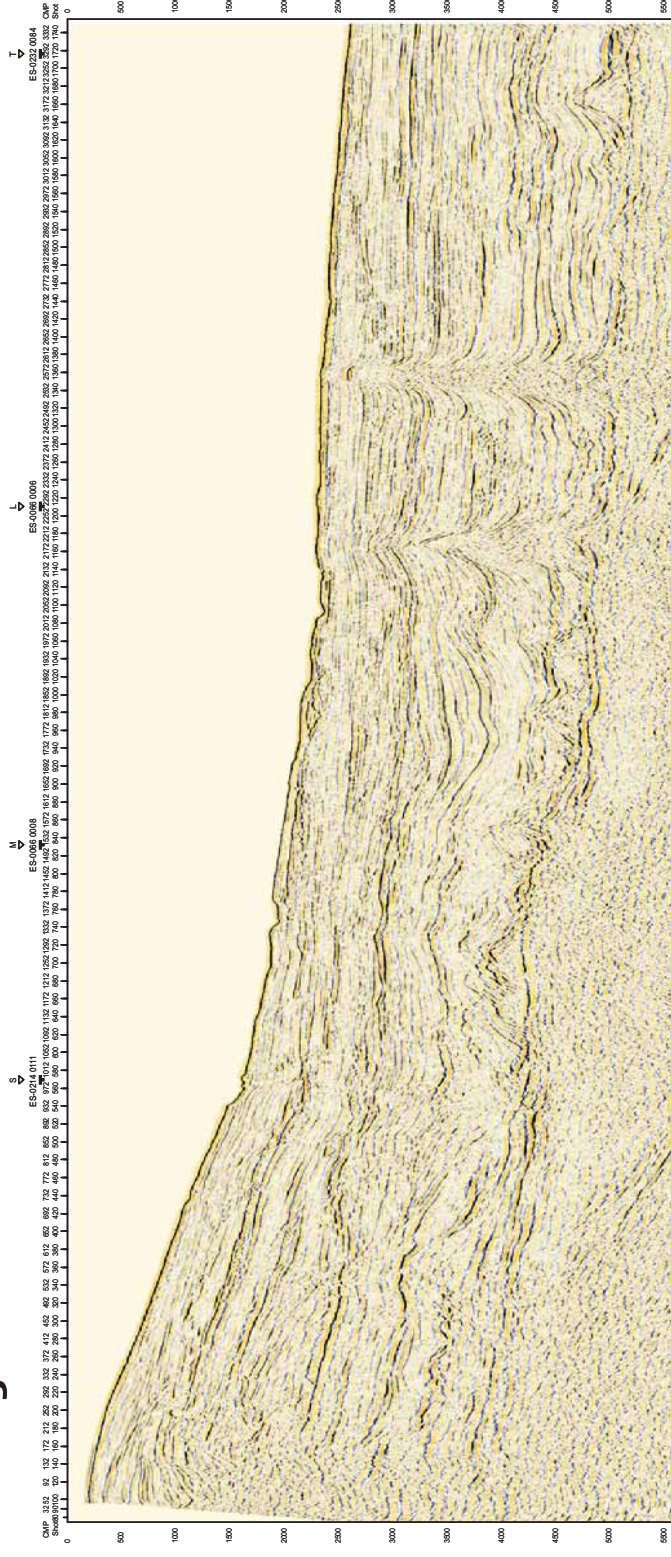
Fundo do Mar
Meso-Mioceno
Eoceno
Cretáceo
Santoniano
Albiano
Albiano Raso
Topo do Sal
Rifte

Seção Sísmica C - 0066 0032



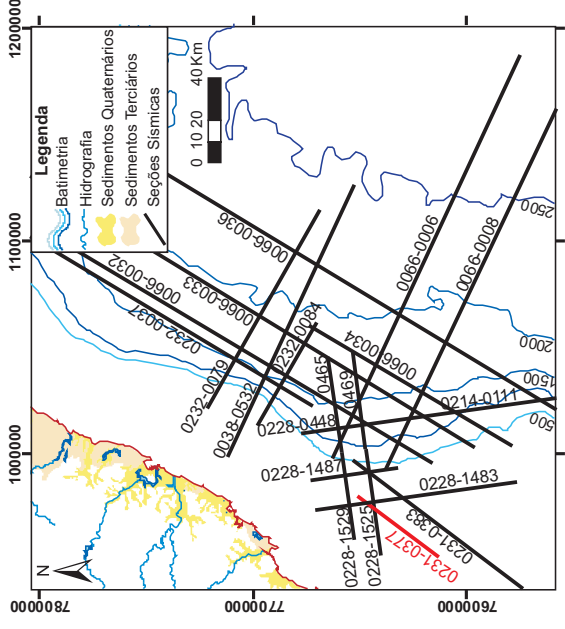
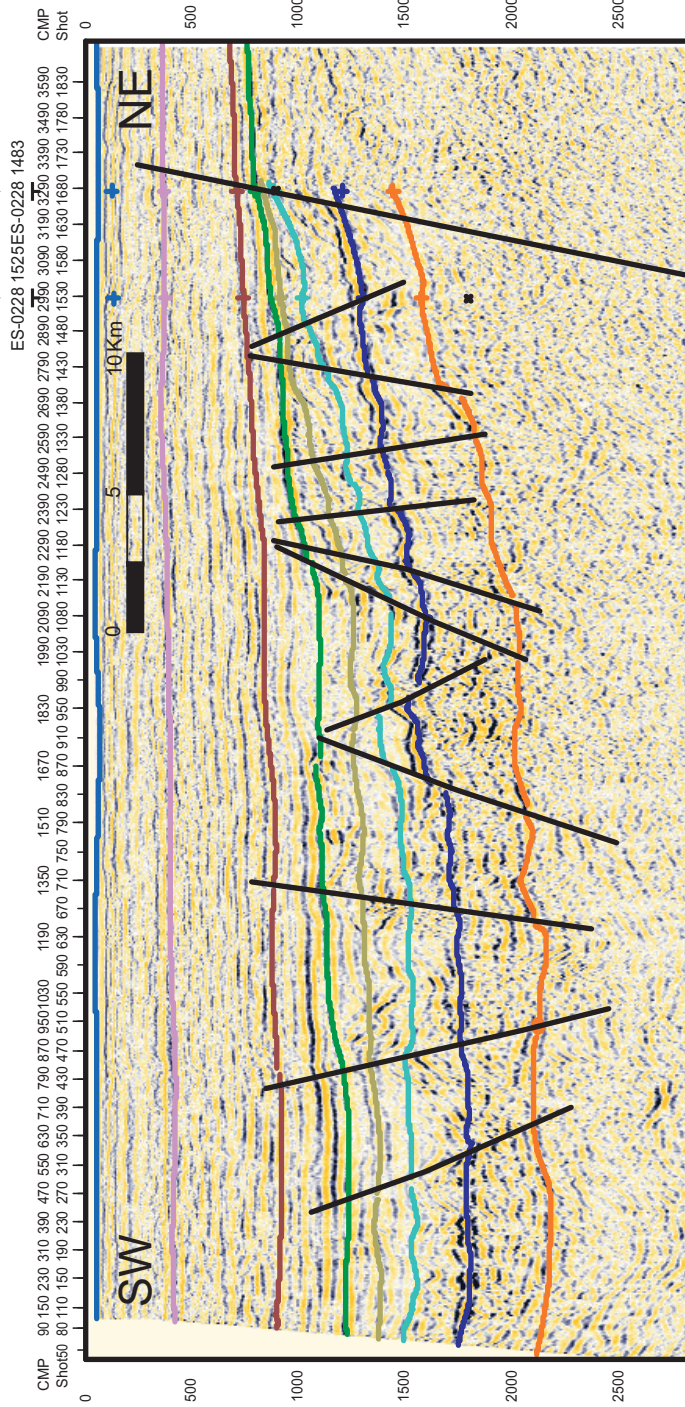
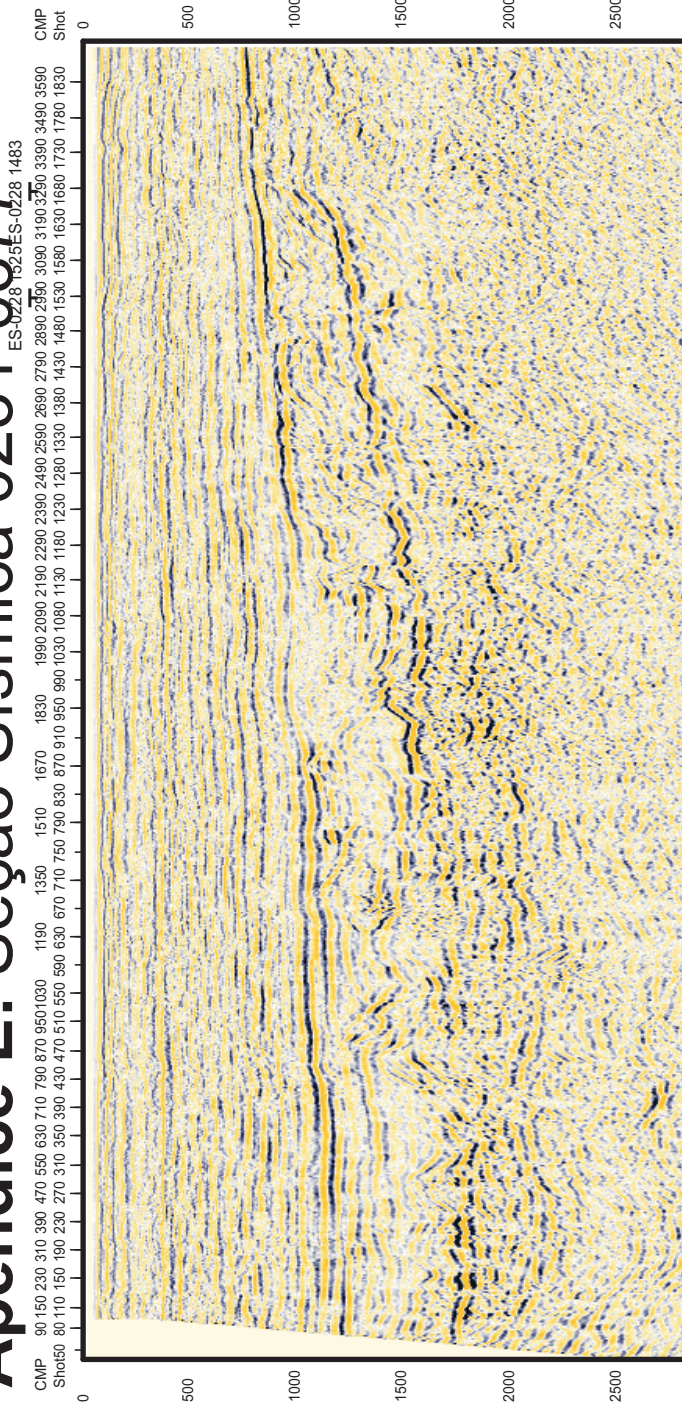


Seção Sísmica D - 0066 0034



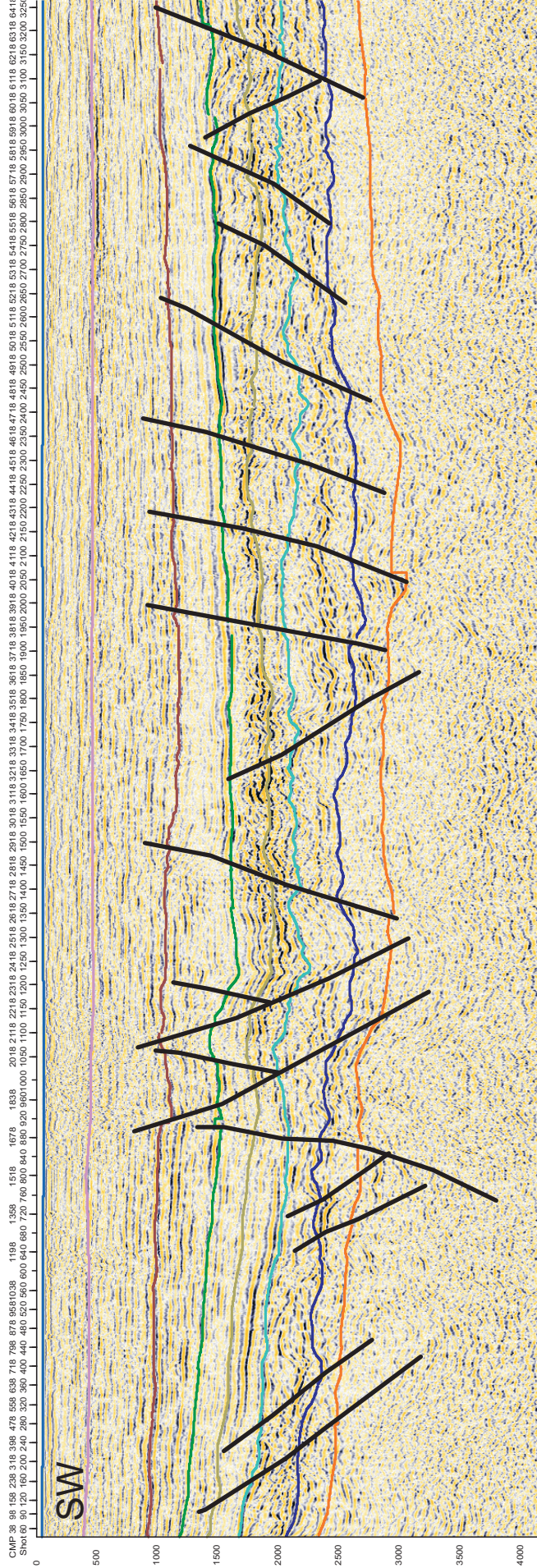
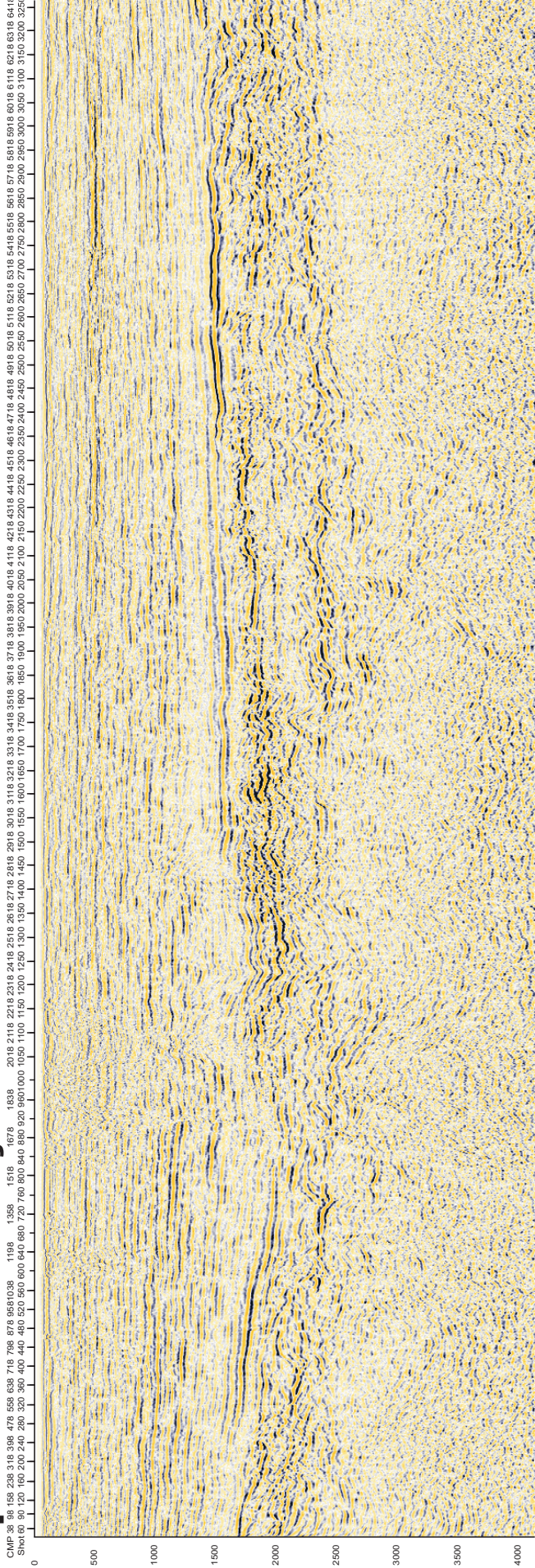
Fundo do Mar
Meso-Mioceno
Eoceno
Cretáceo
Santoniano
Albiano
Albiano Raso
Topo do Sal
Rifte

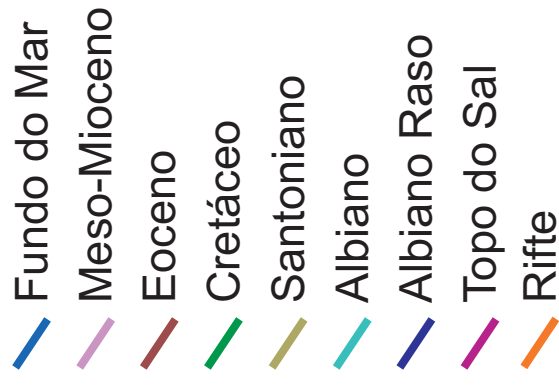
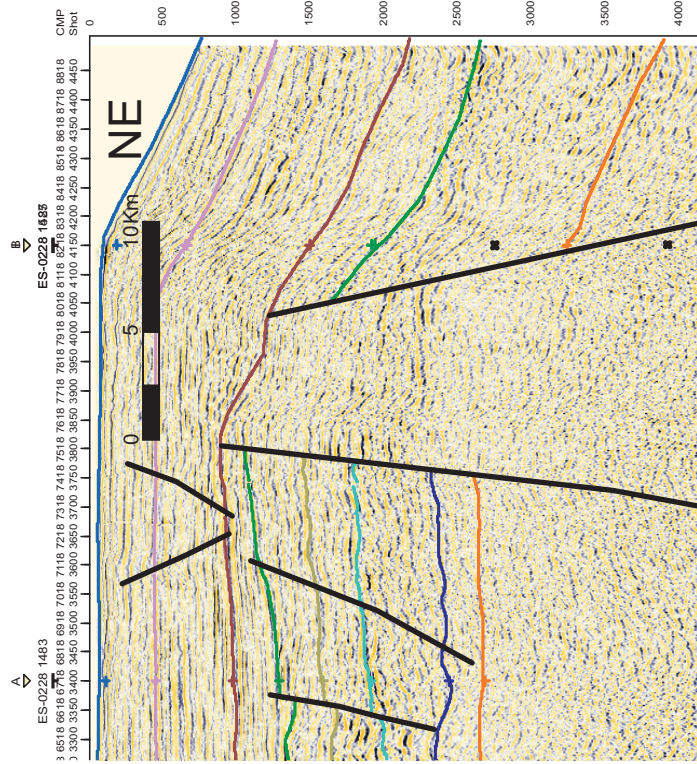
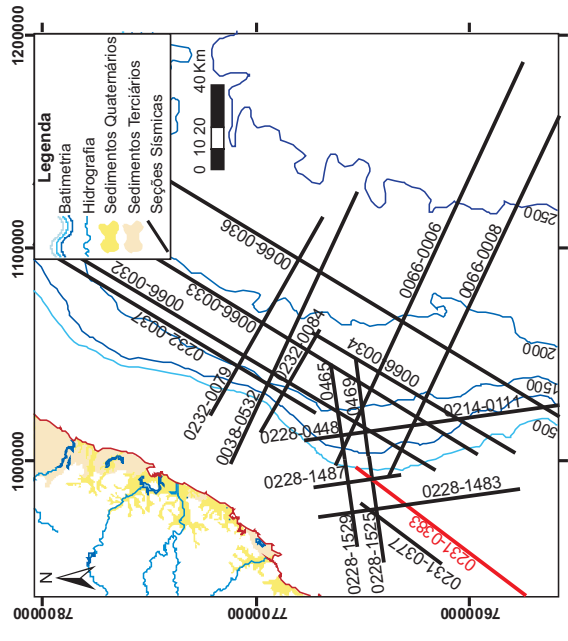
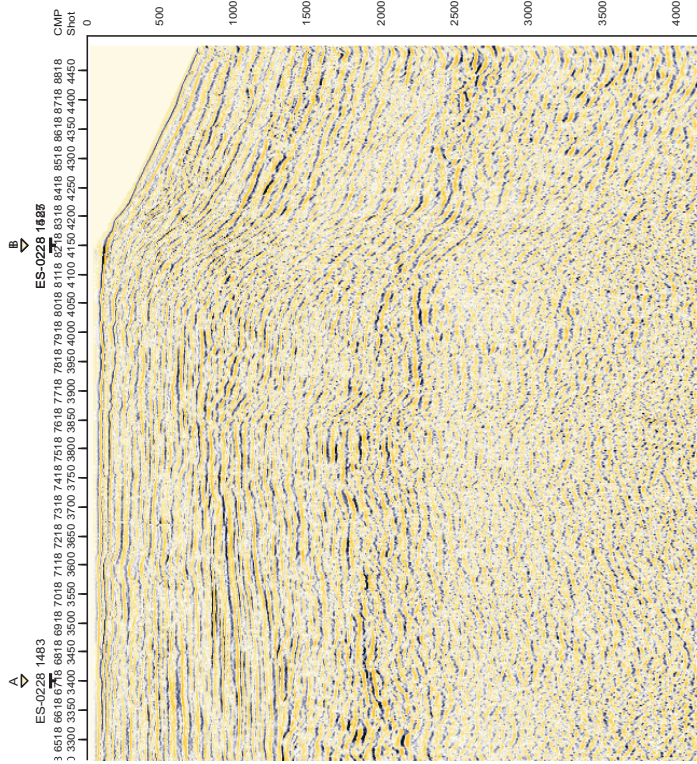
Apêndice E: Seção Sísmica 0231-0377



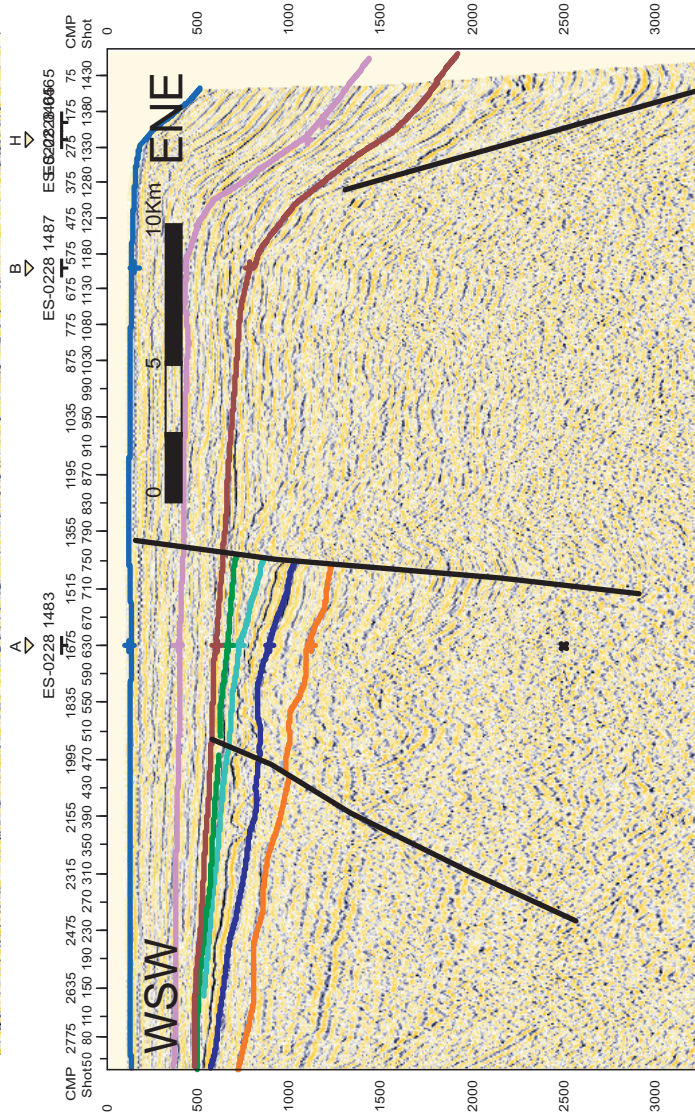
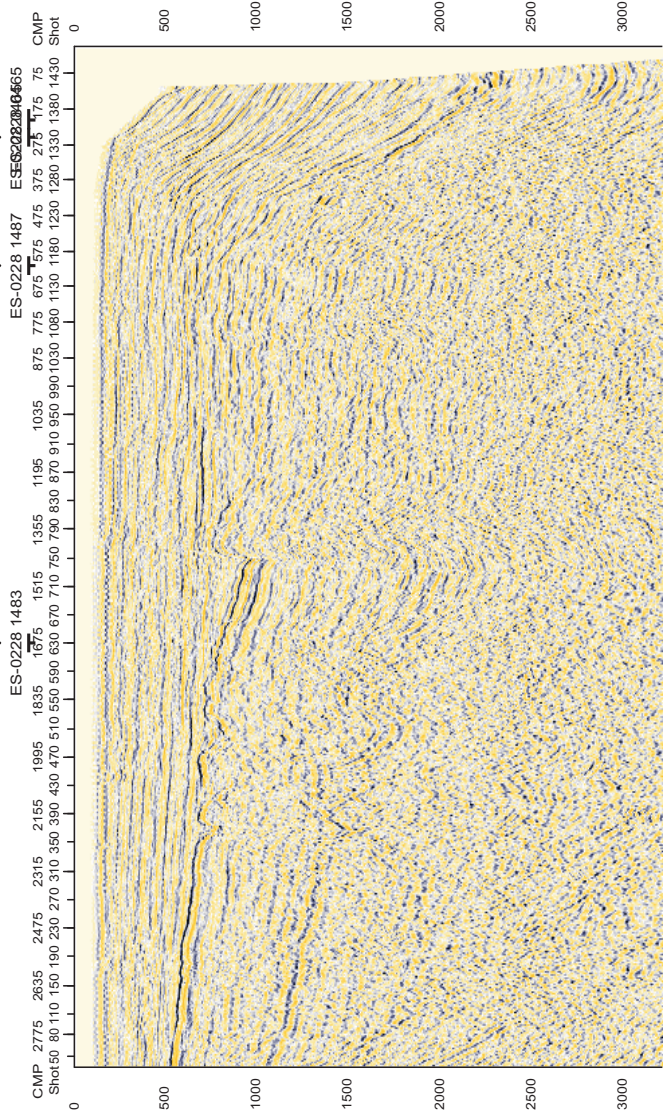
- Fundo do Mar
- Meso-Mioceno
- Eoceno
- Cretáceo
- Santoniano
- Albiano
- Albiano Raso
- Topo do Sal
- Riffe

Apêndice F: Seção Sísmica 0231-0383



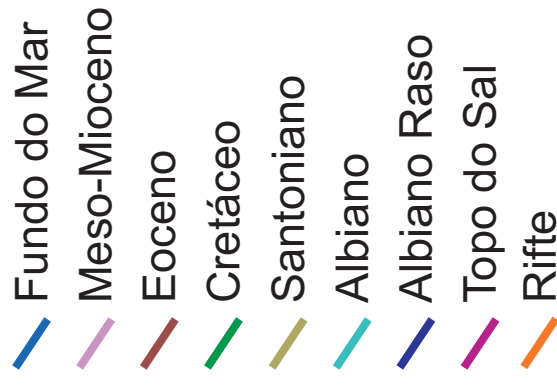
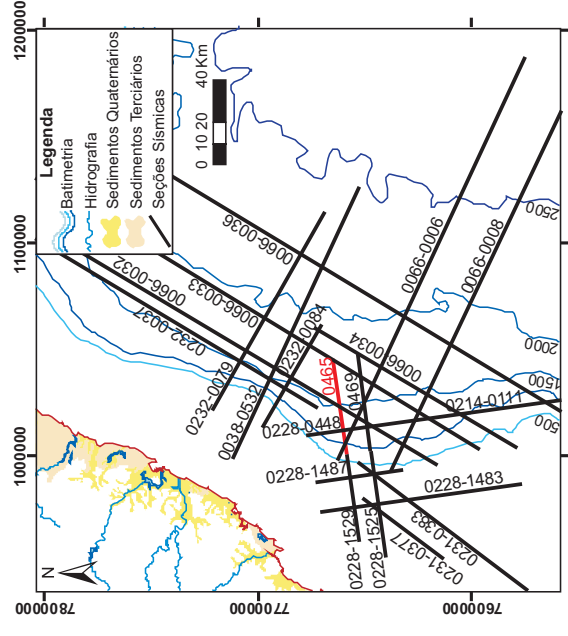
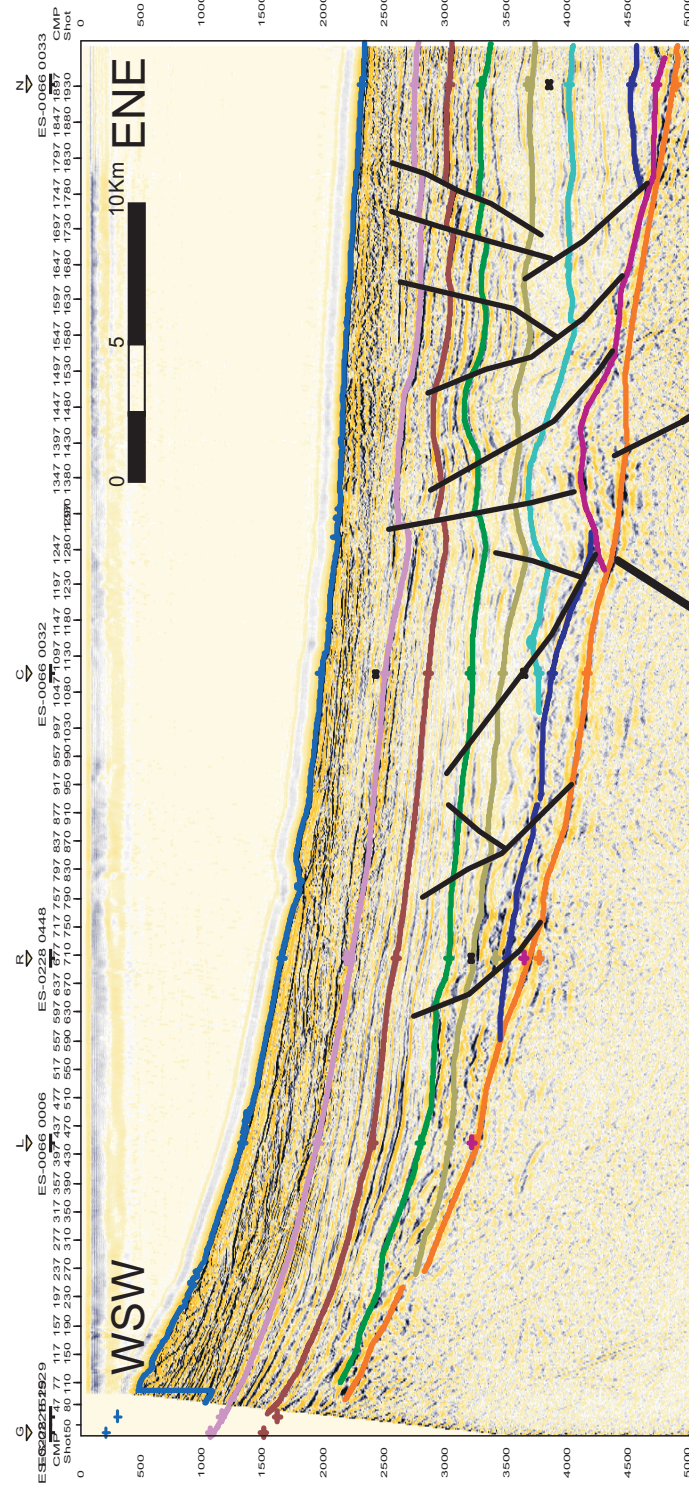
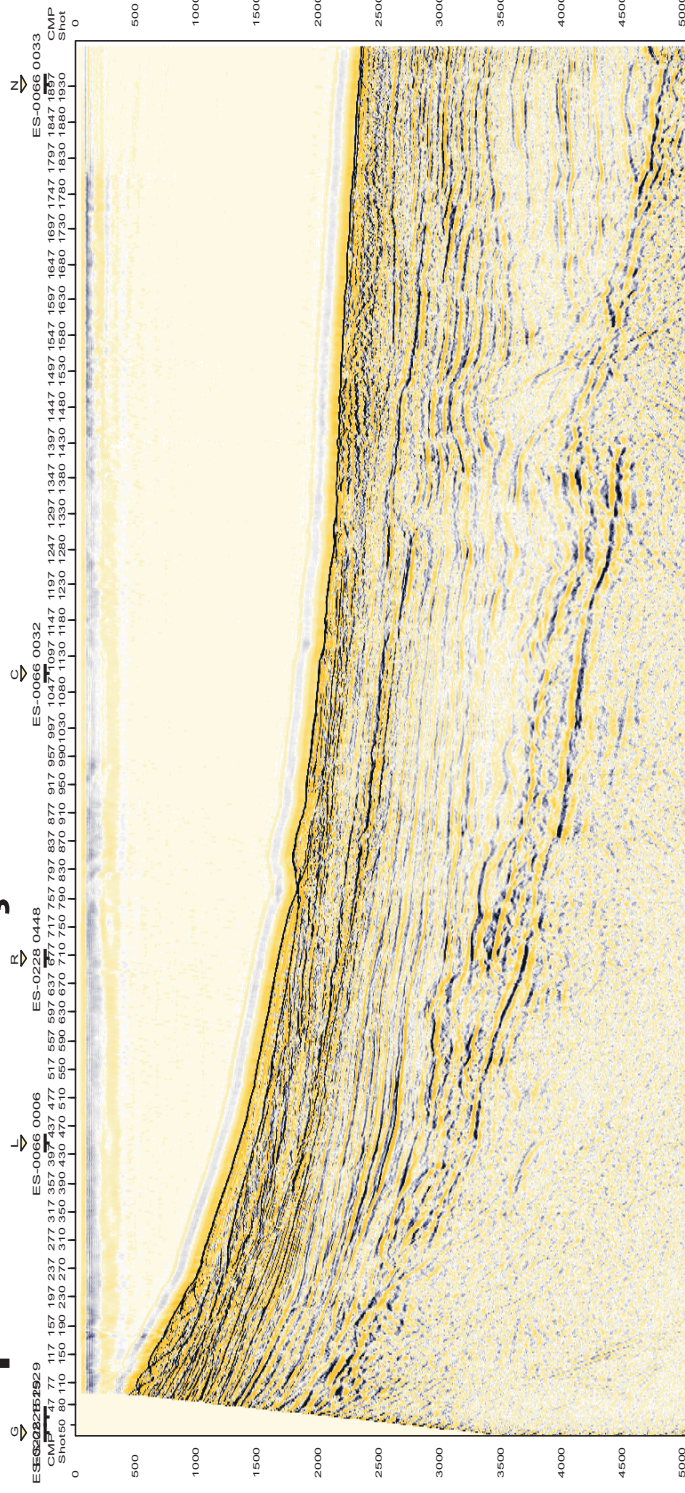


Apêndice G: Seção Sísmica 0228-1529

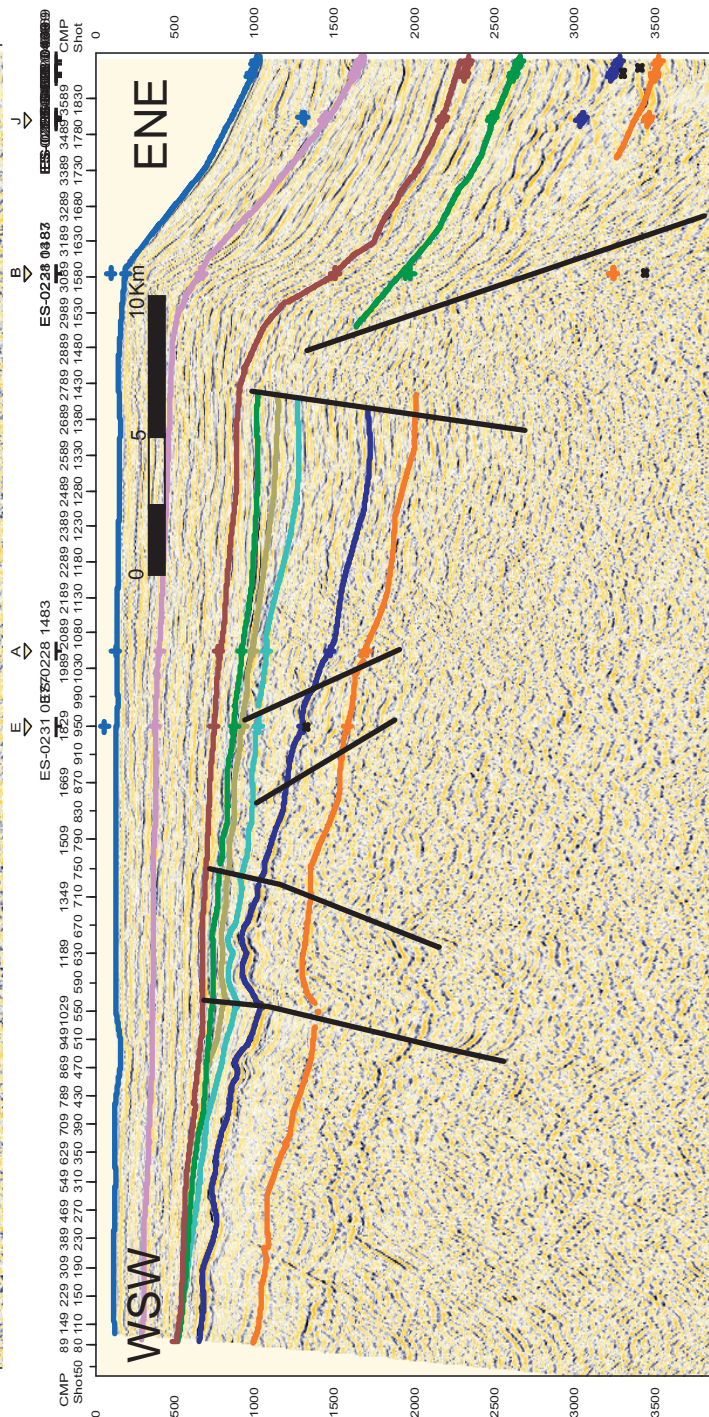
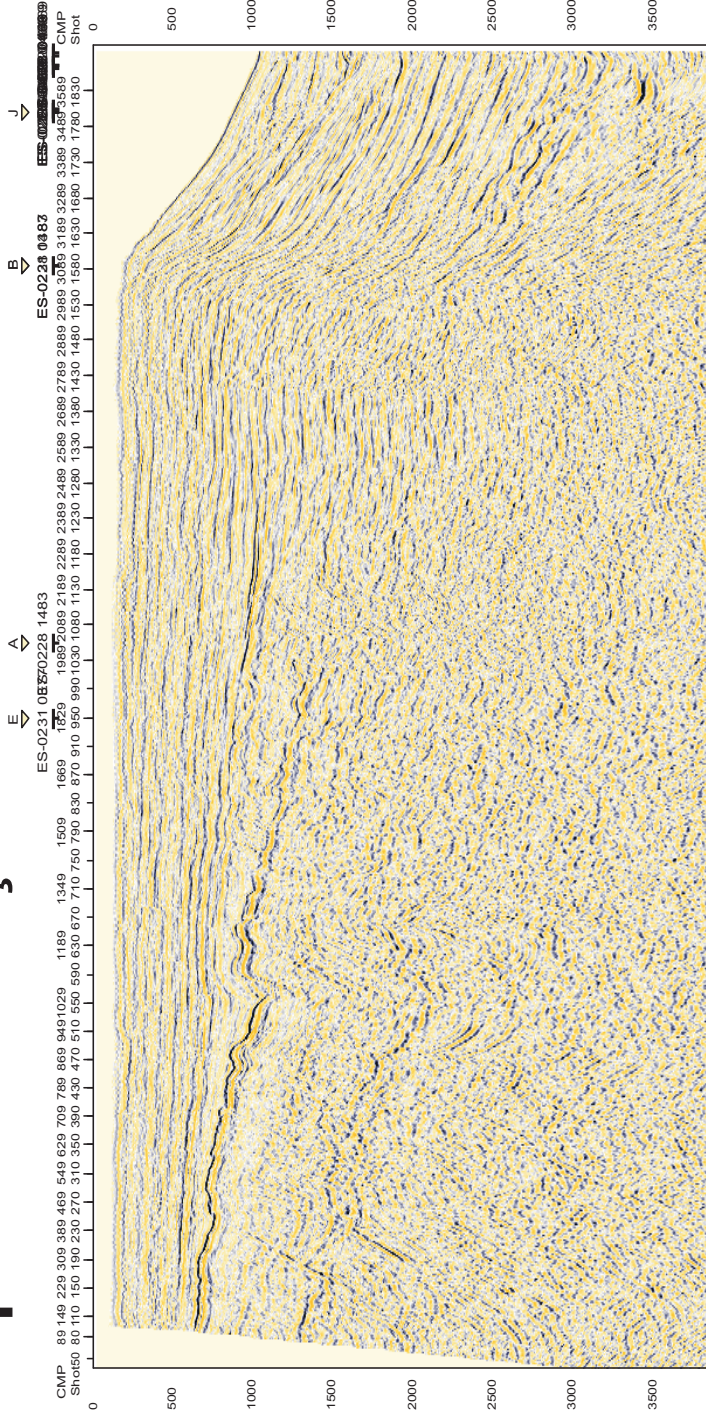


- Fundo do Mar
- Meso-Mioceno
- Eoceno
- Cretáceo
- Santoniano
- Albiano
- Albiano Raso
- Topo do Sal
- Rifte

Apêndice H: Seção Sísmica 0228-0465

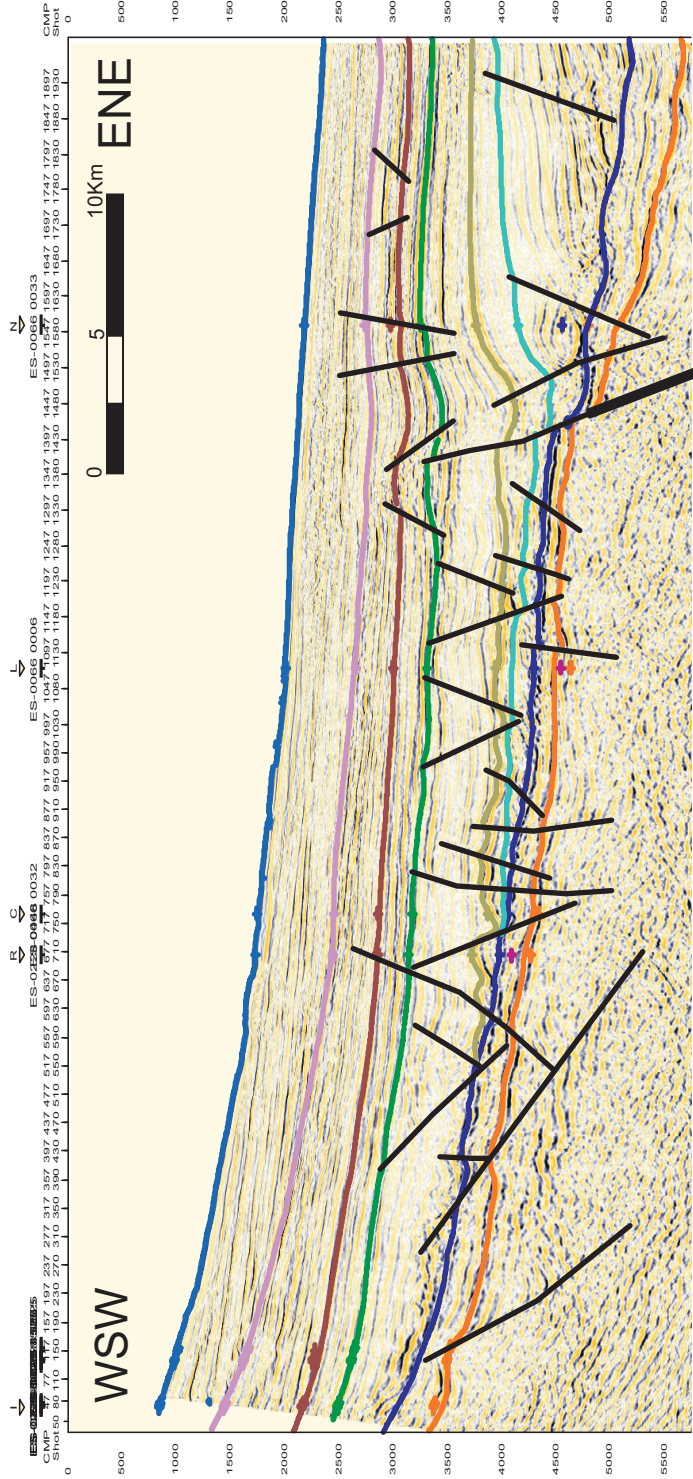


Apêndice I: Seção Sísmica 0228-1525



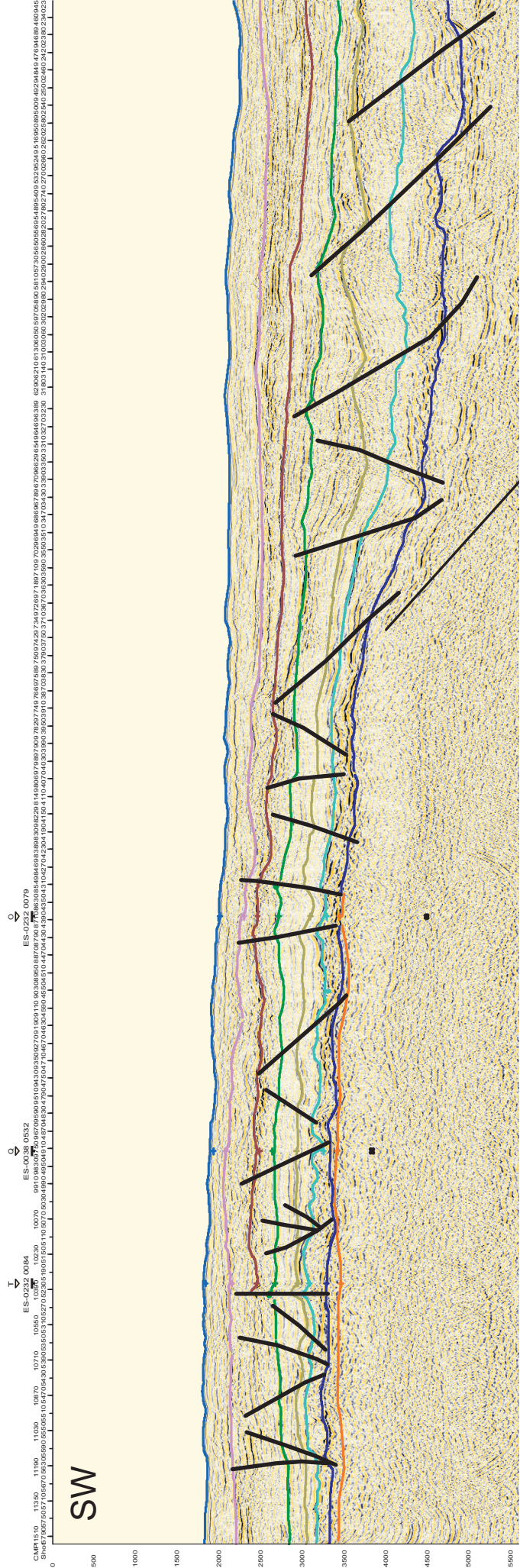
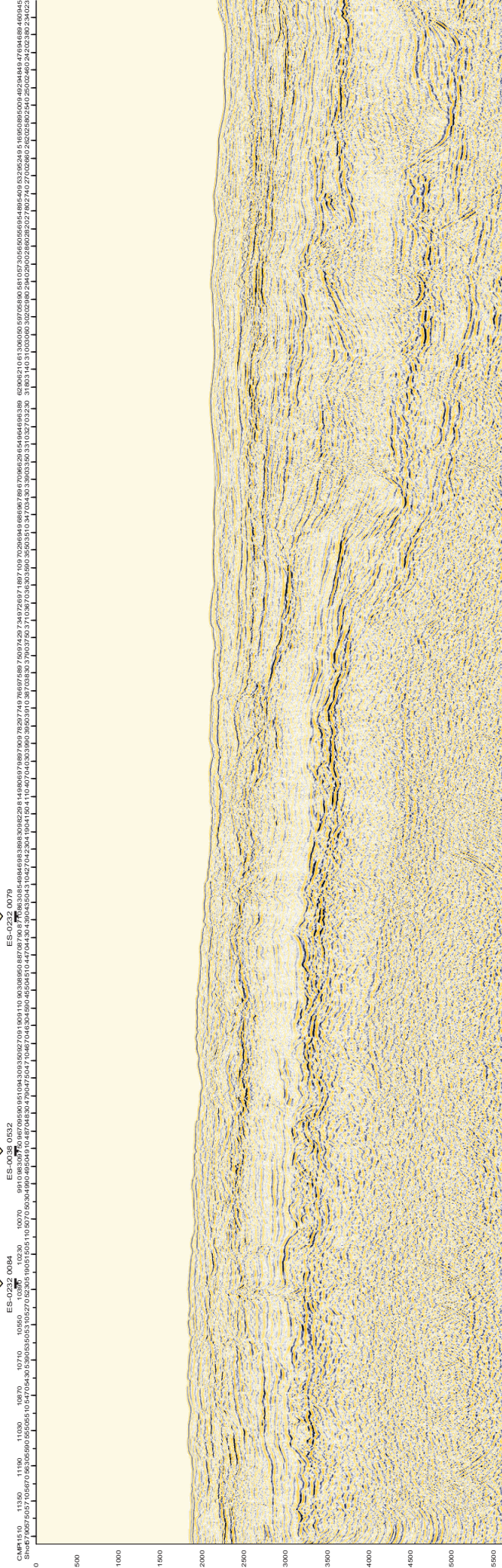
- Fundo do Mar
- Meso-Mioceno
- Eoceno
- Cretáceo
- Santoniano
- Albiano
- Albiano Raso
- Topo do Sal
- Rifte

Apêndice J: Seção Sísmica 0228-0469

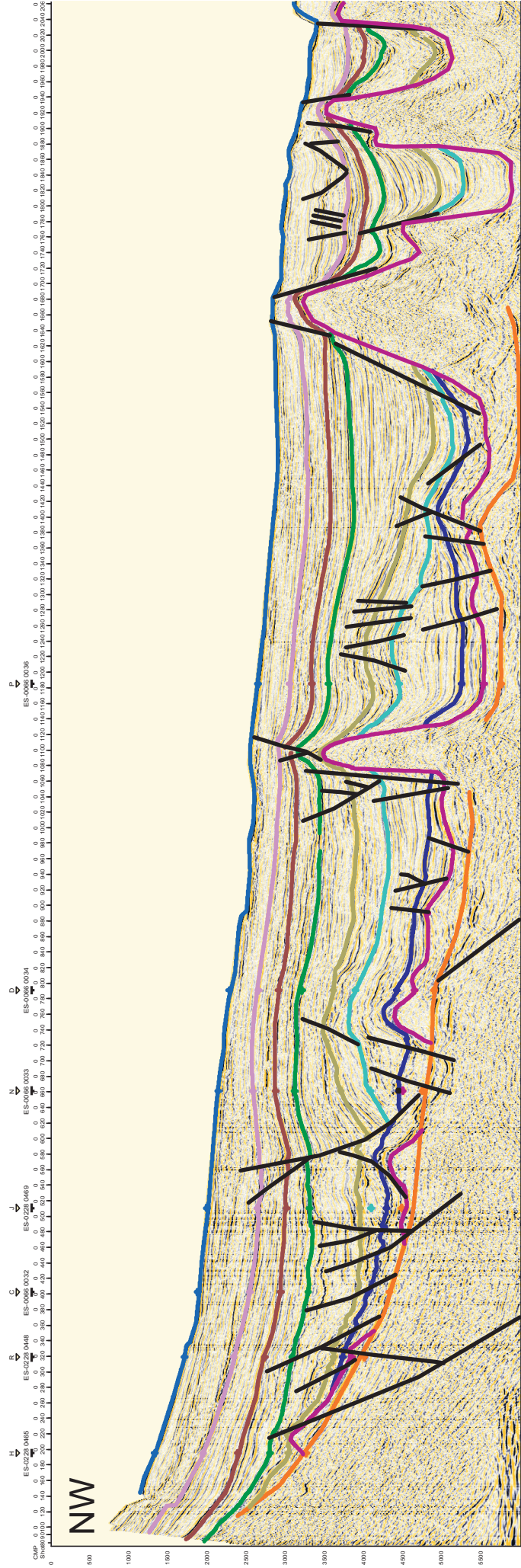
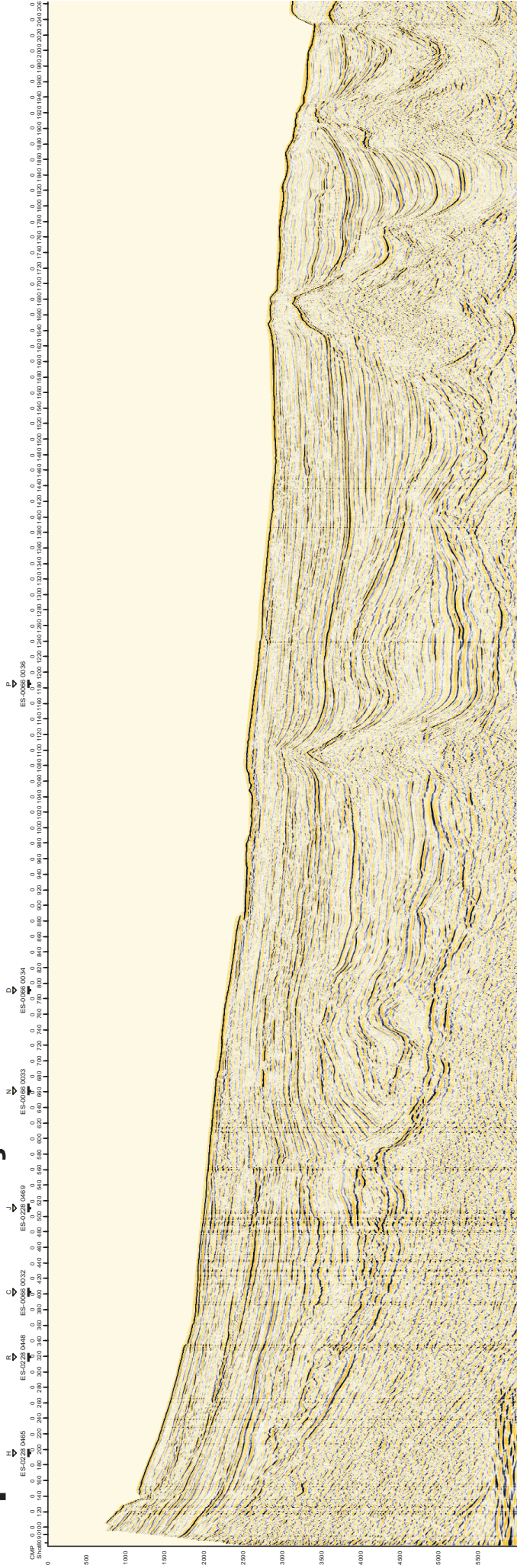


- Fundo do Mar
- Meso-Mioceno
- Eoceno
- Cretáceo
- Santoniano
- Albiano
- Albiano Raso
- Topo do Sal
- Rifte

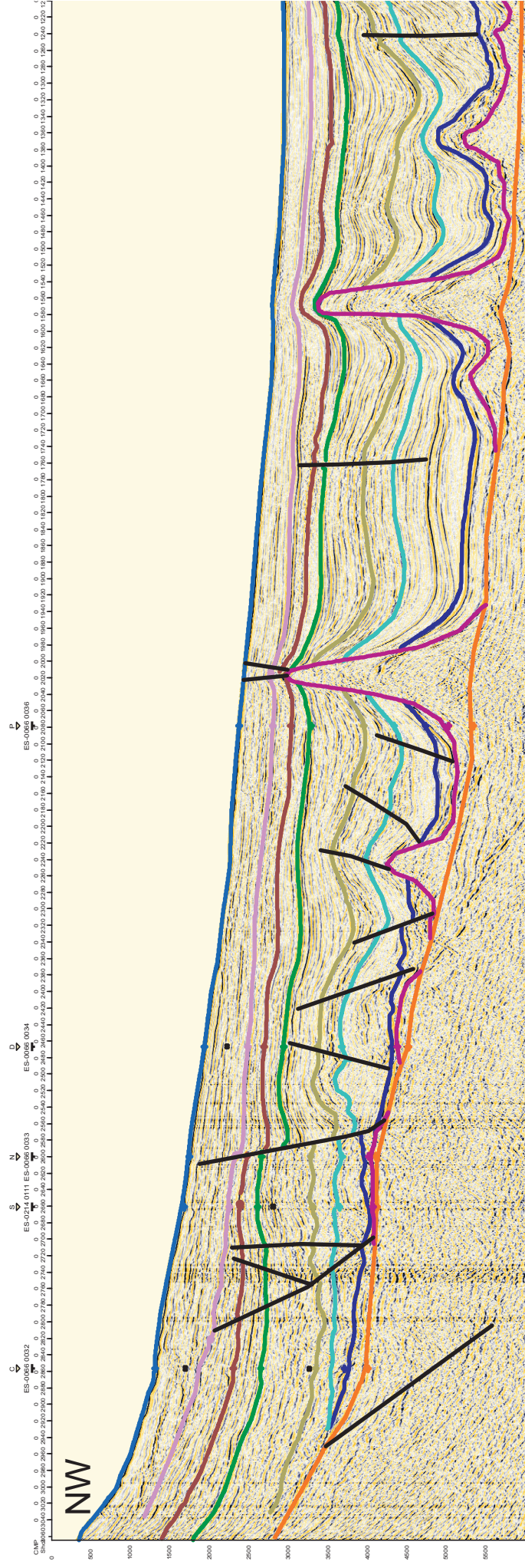
Apêndice K: Seção Sísmica 0232-0037

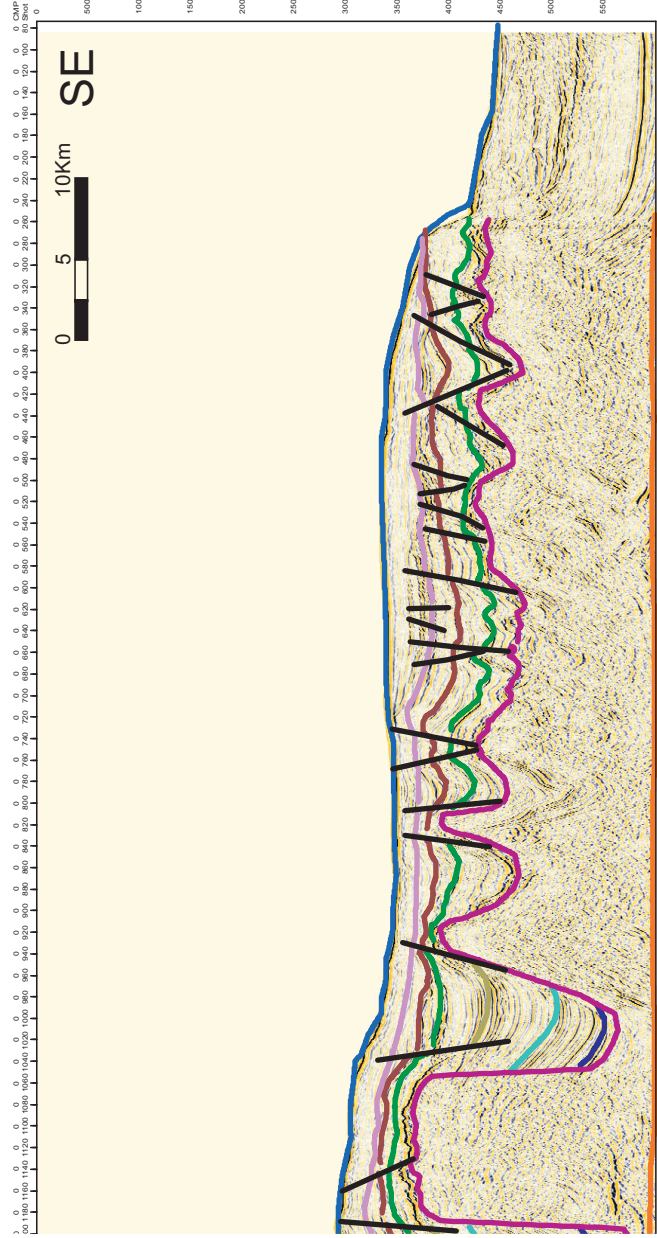
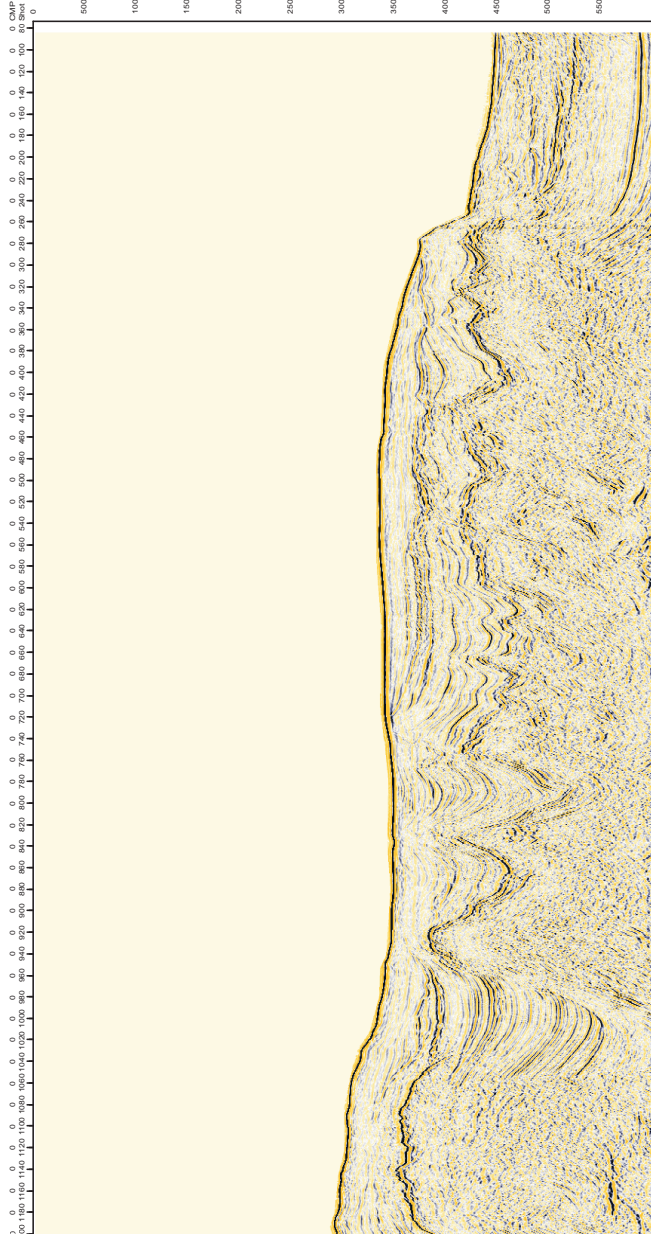


Apêndice L: Seção Sísmica 0066-0006



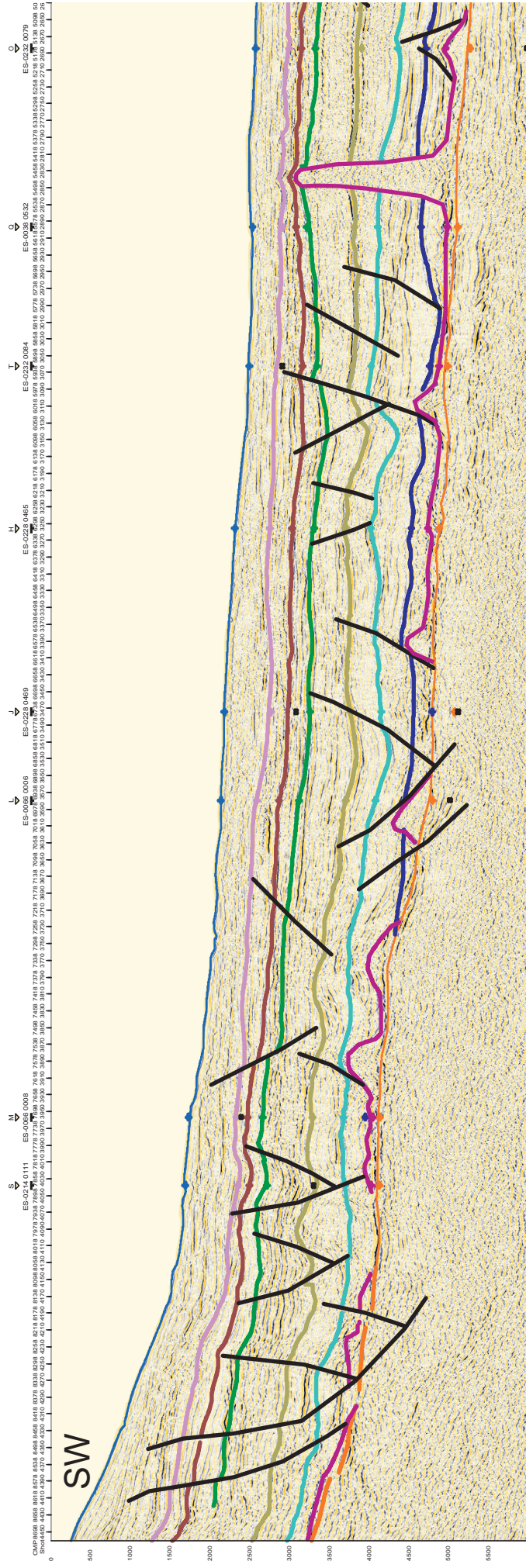
Apêndice M: Seção Sísmica 0066-0008



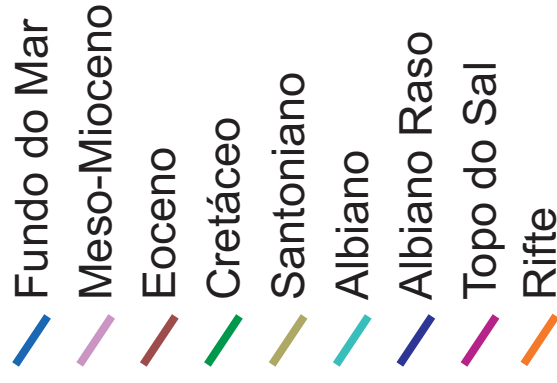
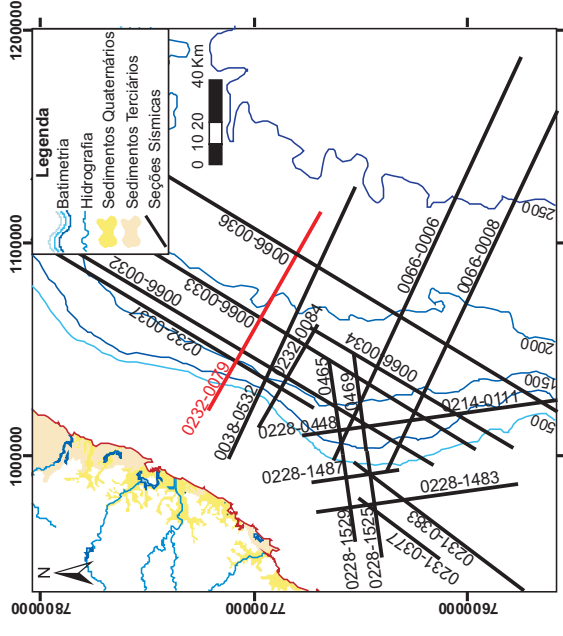


- Fundo do Mar
- Meso-Mioceno
- Eoceno
- Cretáceo
- Santoniano
- Albiano
- Albiano Raso
- Topo do Sal
- Rifte

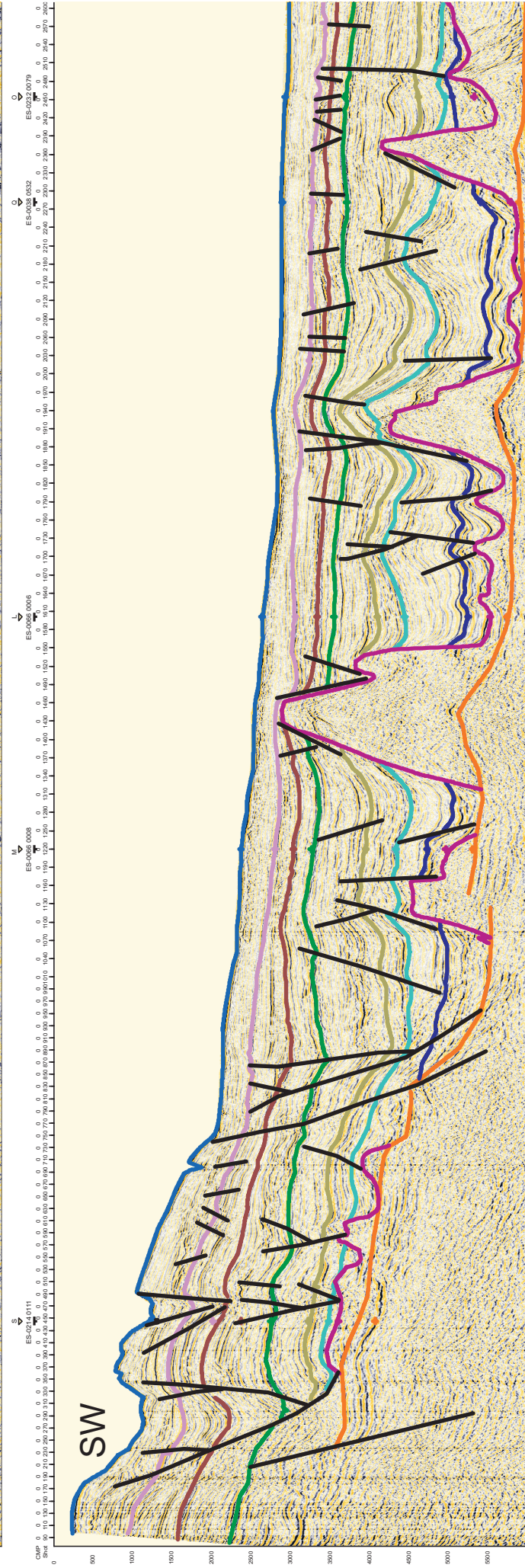
Apêndice N: Seção Sísmica 0066-0033

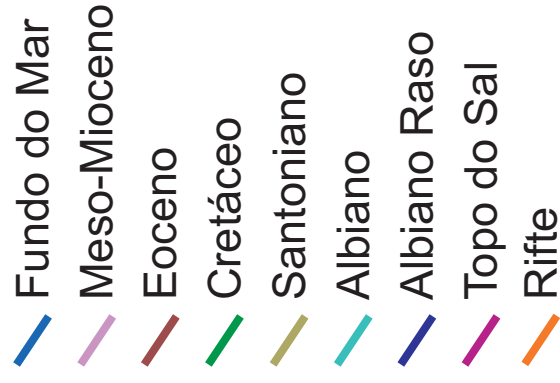
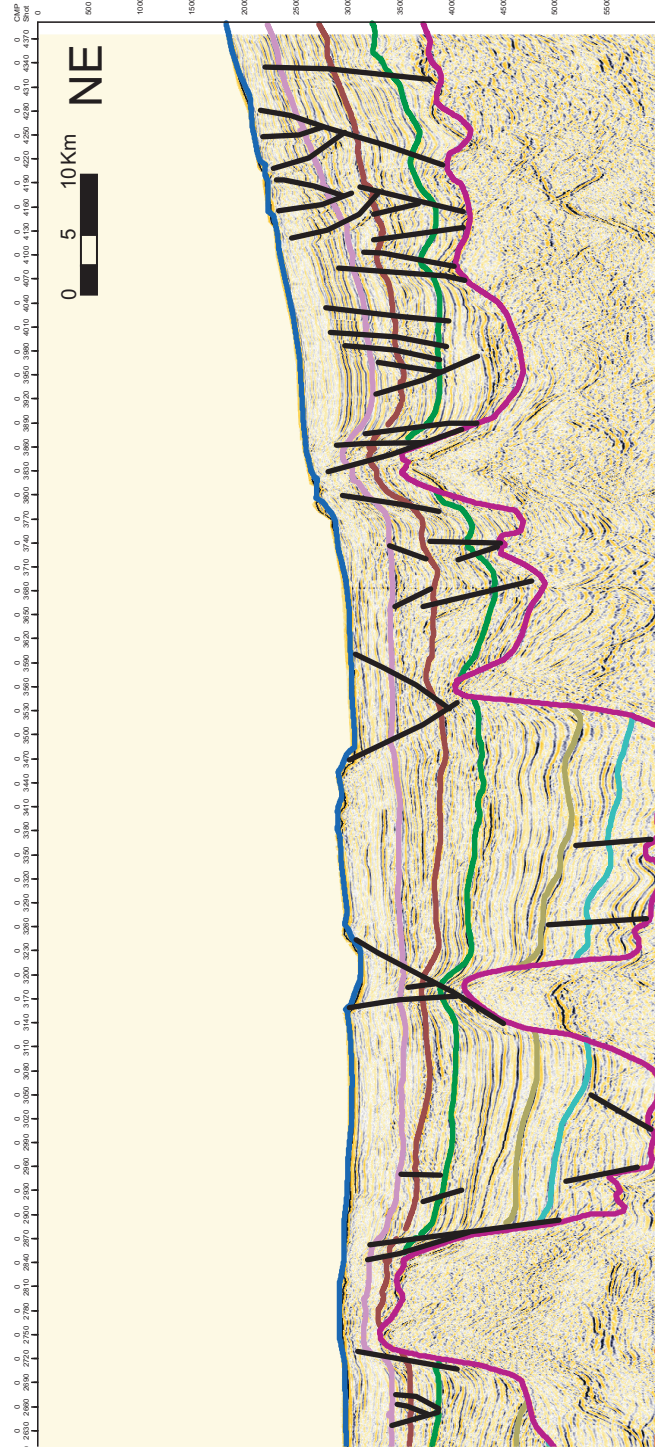
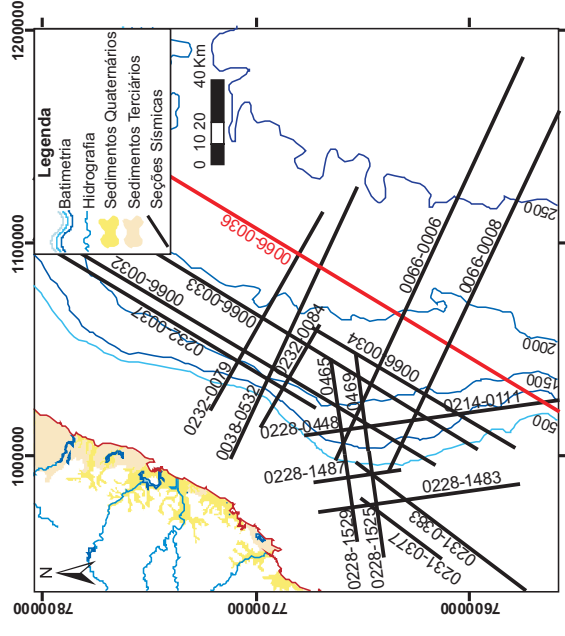


Apêndice O: Seção Sísmica 0232-0079

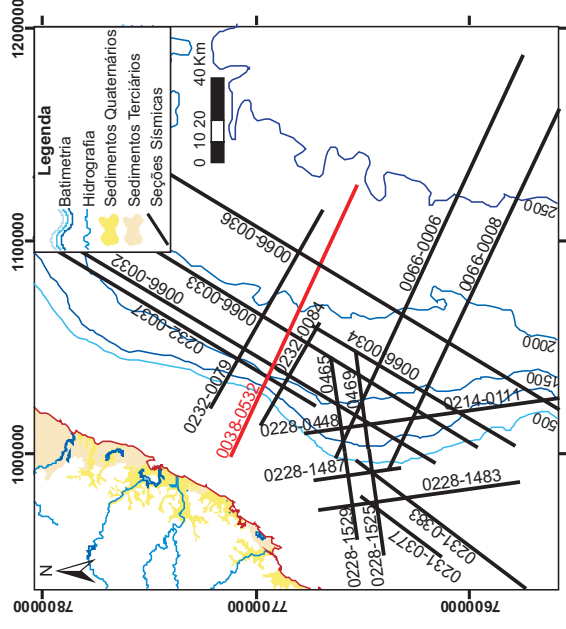
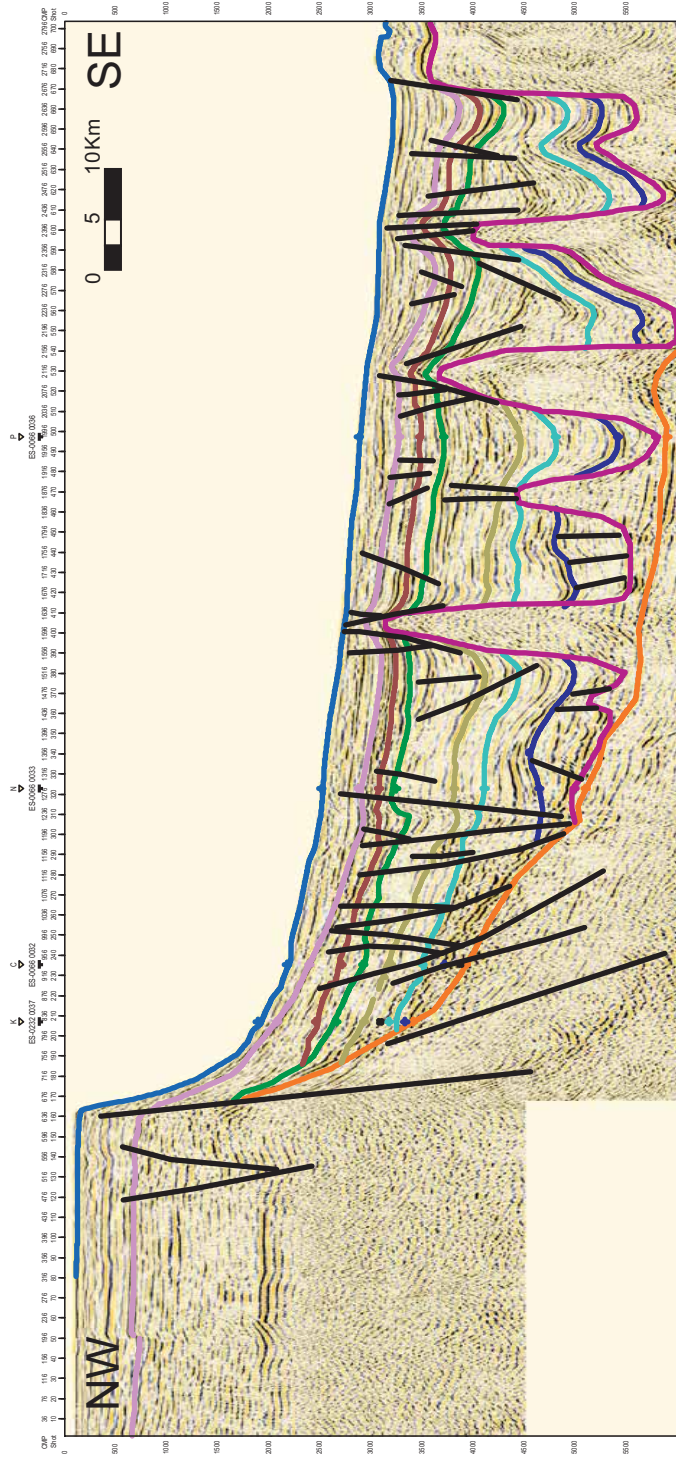
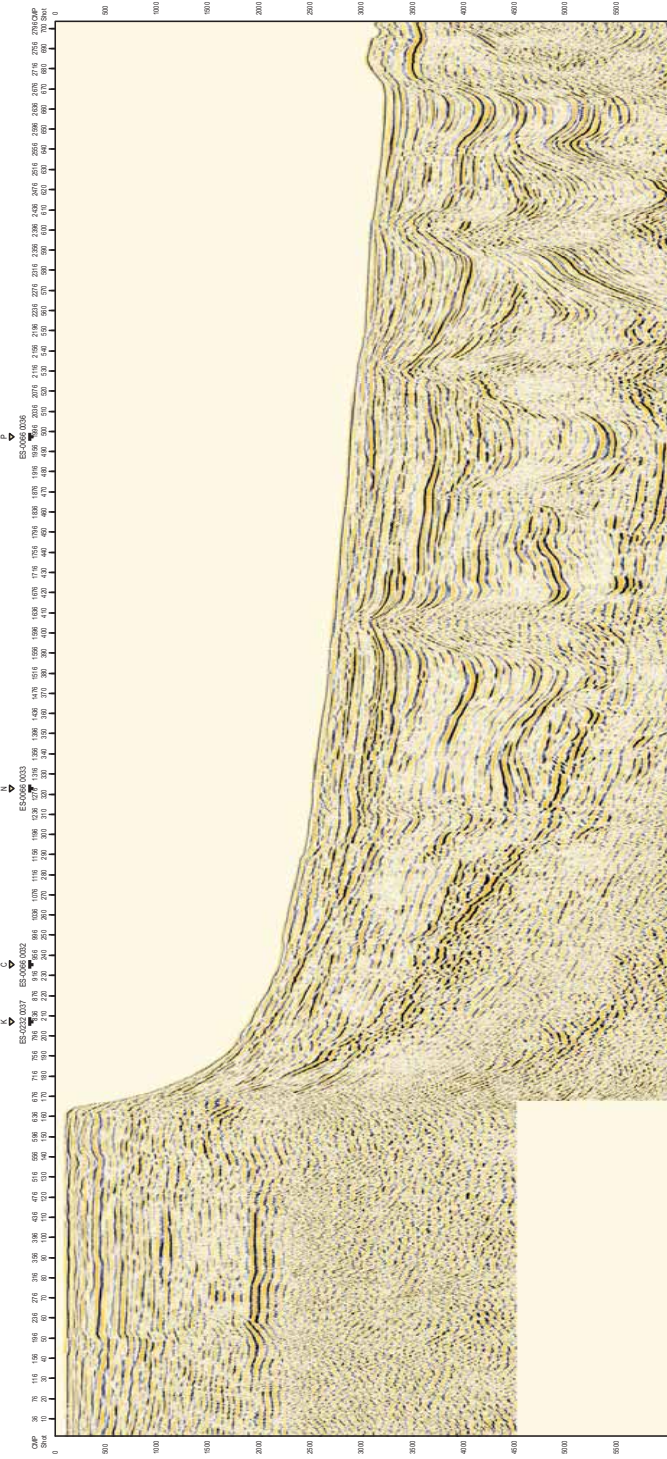


Apêndice P - Seção Sísmica 0066 0036



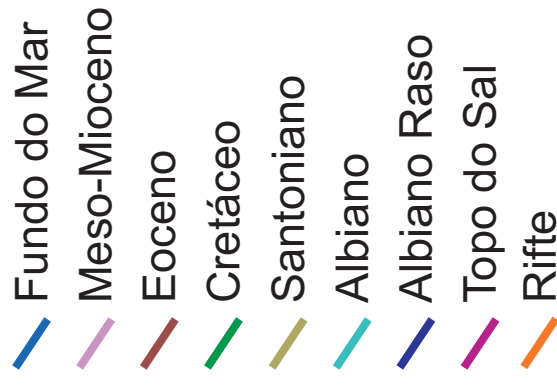
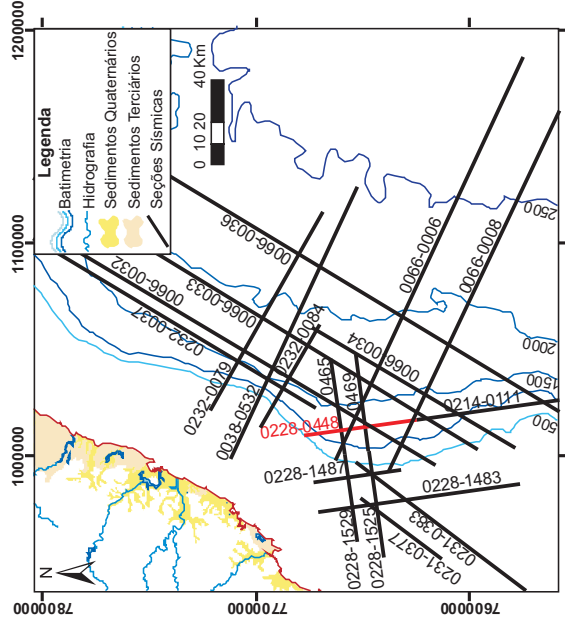
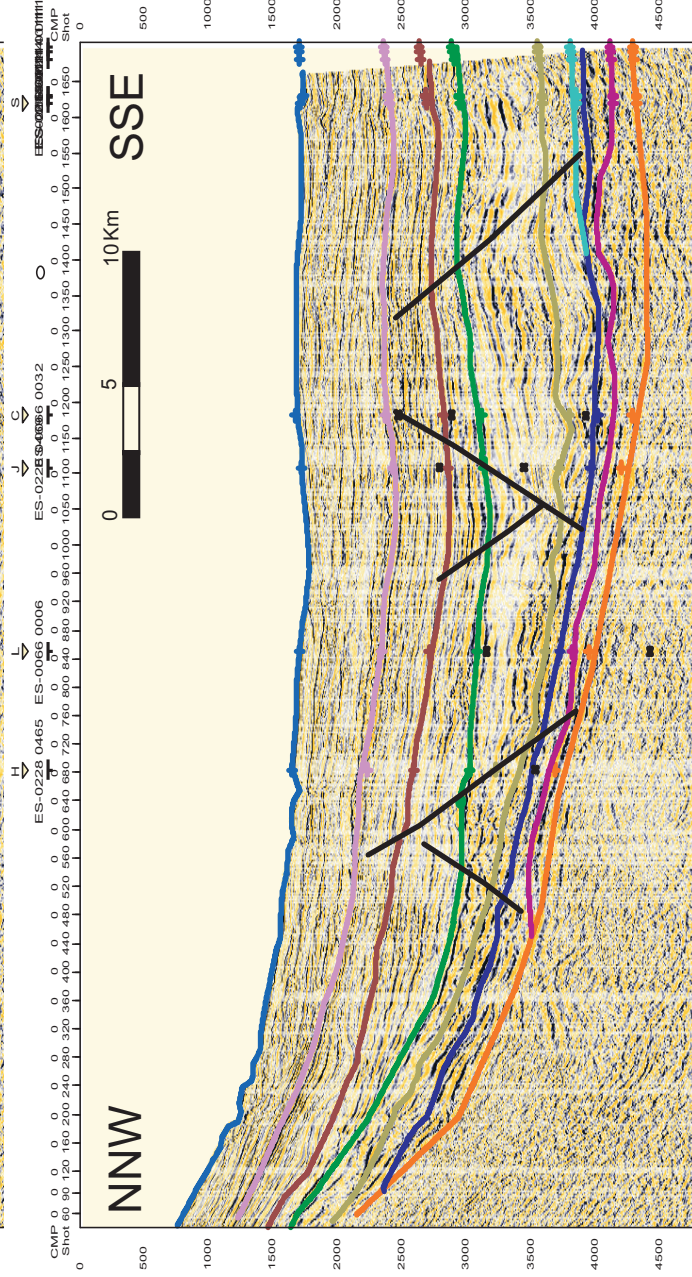
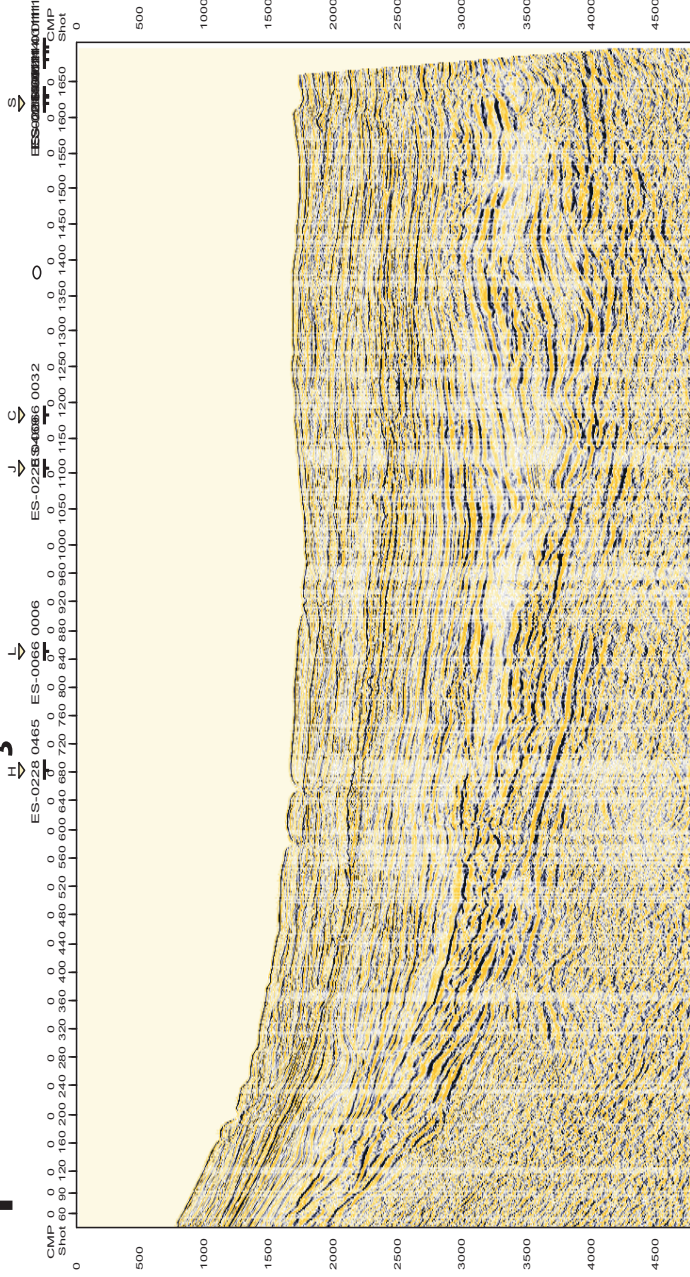


Apêndice Q: Seção Sísmica 0038-0532

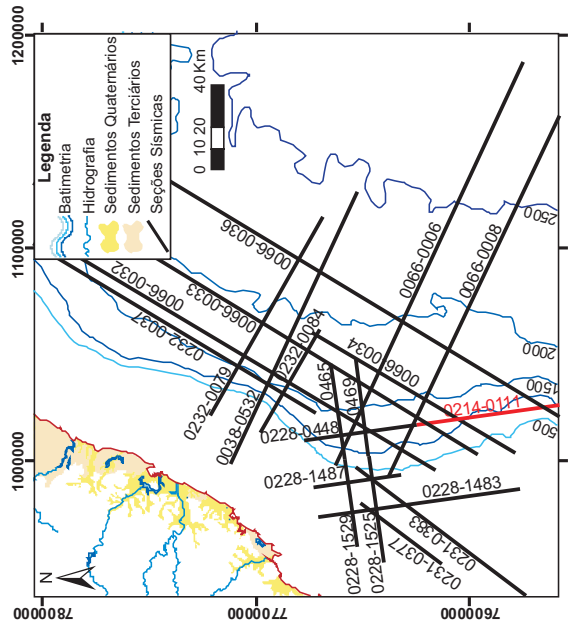
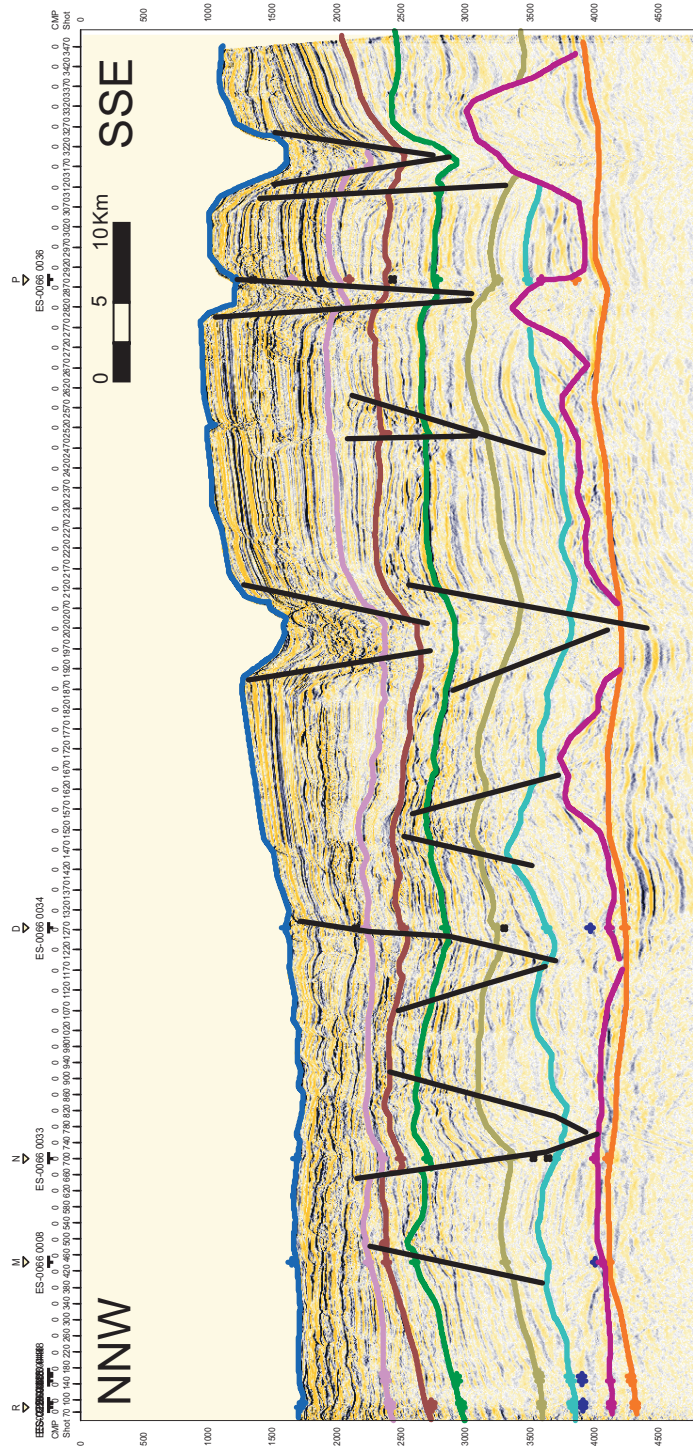


- Fundo do Mar
- Meso-Mioceno
- Eoceno
- Cretáceo
- Santoniano
- Albiano
- Albiano Raso
- Topo do Sal
- Riffe

Apêndice R: Seção Sísmica 0228-0448



Apêndice S: Seção Sísmica 0214-0111



- Fundo do Mar
- Meso-Mioceno
- Eoceno
- Cretáceo
- Santoniano
- Albiano
- Albiano Raso
- Topo do Sal
- Rifte

