

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

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO LINEAMENTO TIBAGI E SINCLINAL  
DE TORRES NA ESTRUTURAÇÃO DA PORÇÃO NORTE DA BACIA  
DE PELOTAS**

**WAGNER DE OLIVEIRA GARCIA**

Orientador: Prof. Dr. Norberto Morales

Co-orientador: Dr. Iata Anderson de Souza

*“Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2012”*

Rio Claro – SP  
2012

*“If the sun refused to shine,  
I would still be loving you.  
When mountains crumble to the sea,  
there will still be you and me.”*

*(Thank You – Led Zeppelin)*

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Gedeon e Maria Aparecida, meu irmão Gedeon Junior e à Sabine Lippe.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Norberto Morales, pela dedicação e paciência e por todo o tempo dedicado a mim e a este trabalho e por todos os conselhos e discussões que tivemos a respeito da pesquisa;

Ao Dr. Iata Anderson de Souza por me co-orientar e me ajudar a carregar, imagens, linhas sísmicas e aquisição de dados e por ajudar com as interpretações;

Agradeço 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.

Também à Landmark Graphics, por ter concedido gratuitamente os softwares utilizados para interpretação sísmica.

A Dra. engenheira geofísica Maria Gabriela Castillo Vicentelli e ao Dr. Sergio Caceres pelas sugestões e por toda ajuda com as interpretações sísmicas;

Aos colegas de laboratório e de curso, Cremosa (Stefanie) e Nayara, pela ajuda, risadas e companheirismo;

Agradeço aos meus amigos de curso, Maisena (Danilo); Caju (Carolina); Chorume (Robson); Abu (Luiz Fernando); Buraco (Rafael); Bolacha (Pedro) e Kiko (Bruno Venâncio) por todo o companheirismo, risadas, planos, campos e por fazerem diferença em minha vida e estarem ao meu lado nestes cinco anos de curso;

Agradeço também a todos os colegas de curso e a minha turma Geovárzea por estarem presentes em todos os momentos destes 5 anos;

Agradeço a todos os professores da graduação pelo tempo investido e por compartilhar conhecimento e experiência, em especial ao Prof. Dr. George Luiz Luvizotto pela amizade e conselhos assim como ao Prof. Dr. Edson Gomes de Oliveira por me dar sábios conselhos e estar sempre disposto a me ajudar;

Agradeço aos meus pais por toda a paciência, amor e dedicação e por acreditarem em mim e me dar todo o apoio necessário nestes 20 anos de estudo e por servirem de exemplo de conduta e persistência. Agradeço ao meu irmão pelo companheirismo e aventuras que tivemos juntos nestes últimos 18 anos, sem ele, não seria o que sou;

Agradeço à minha namorada, Sabine Lippe, por todo o amor, companheirismo e por fazer meu coração bater mais forte a cada reencontro, sem dúvida ela mudou a minha vida de uma maneira radical, sem ela, não seria feliz como sou hoje, mesmo apesar da distância e de tantas despedidas;

Gostaria de agradecer à galera da Toka que mora perto de casa, por me acompanharem aos shows, partidas de pelada, ao Marcião pelo companheirismo pelas noites de Rock'n'Roll, filosofias, risadas e pela amizade; assim como ao Tiago Landin (Irmão do Jesus), ao Bonaldo, Ricardo (Jesus), Mayara, Sérgio, Cris, Vini e Arthur pelo companheirismo ao longo destes 8 anos, nos shows, noites de poker, sinuca e por estarem presentes no role.

Gostaria de agradecer ao Black Sabbath, Alice Cooper, Pink Floyd, Led Zeppelin, Iron Maiden, Rainbow, Ronnie James Dio, Hendrix, Motörhead, Deep Purple, SLAAAYEEEEEEEEERR, Raul Seixas, Rammstein, Ozzy, KISS, Epica e muitos outros, por todo o rock'n'roll e heavy metal presentes na minha vida e por me acompanharem em todos os momentos.

Agradeço ao Beethoven, Mozart, Villa Lobos, Bach, Wagner e tantos outros grandes compositores que me fizeram apaixonados por música erudita, me acompanhando nos momentos de estudo e no desenvolvimento deste trabalho.

Finalmente, agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente, ajudaram no desenvolvimento deste trabalho. MUITO OBRIGADO!

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	OBJETIVOS.....	9
3.	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	9
4.	MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO.....	9
4.1	Levantamento bibliográfico.....	10
4.2	Processamento digital de imagens e análise morfoestrutural do continente.....	10
4.3	Interpretação de dados de métodos potenciais.....	10
4.3.1	GERAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE MAPA AEROMAGNETOMÉTRICO.....	10
4.3.2	GERAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE MAPA GRAVIMÉTRICO.....	12
4.4	Interpretação sísmica.....	12
4.5	Dados referentes ao trabalho de campo.....	13
4.6	Integração em ambiente SIG.....	13
5.	GEOLOGIA REGIONAL.....	14
5.1	Faixa Ribeira e Escudo Sul-Rio-Grandense.....	14
5.2	Bacia do Paraná.....	16
5.2.1	EMPILHAMENTO ESTRATIGRÁFICO REGIONAL DA BACIA DO PARANÁ.....	16
5.3	Bacia de Pelotas.....	17
5.3.1	SUPERSEQUÊNCIA PALEOZÓICA-MESOZÓICA.....	19
5.3.2	SUPERSEQUÊNCIA PRÉ-RIFTE.....	19
5.3.3	SUPERSEQUÊNCIA RIFTE.....	19
5.3.4	SUPERSEQUÊNCIA PÓS-RIFTE.....	20
5.3.5	SUPERSEQUÊNCIA DRIFTE.....	20
5.4	Arcabouço Estrutural da Bacia.....	22
5.4.1	ESTRUTURAS RELACIONADAS À BACIA DO PARANÁ.....	23
5.5	Evolução Tectônica.....	25
6.	RESULTADOS.....	27
6.1	Sensoriamento Remoto.....	27
6.2	Integração de mapa aeromagnetométrico.....	33
6.3	Integração de mapa gravimétrico.....	33
6.4	Dados estruturais de campo.....	35
6.5	Interpretação sísmica.....	38
6.5.1-	SEÇÕES SÍSMICAS DE DIREÇÃO DIP (ANEXOS 01 A 8).....	39
6.5.2-	SEÇÕES SÍSMICAS DE DIREÇÃO STRIKE (ANEXOS 9 A 14).....	44
6.6	Mapas de contorno estrutural.....	47
7.	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
8.	BIBLIOGRAFIA.....	52

## Lista de Figuras

Figura 1: Localização da Bacia de Pelotas .....	8
<b>Figura 2:</b> Mapa de drenagem da área continental com a localização da área de estudo em verde. ....	9
Figura 3: Todas as imagens de satélite SRTM usadas na área, mosaicadas, sem os lineamentos extraídos. ....	11
Figura 4: Em A; Integração dos traços de estruturas continentais com a gravimetria. Em vermelho diques intrusivos. Em B; Integração de mapa de eras geológicas, com transparência de 60%, estruturas continentais e lineamentos traçados de direção NW-SE.....	14
Figura 5: Localização da Faixa Ribeira e Orógeno Dom Feliciano (Hasui 2010). ....	15
Figura 6: Mapa de Localização da Bacia do Paraná, em verde, no território brasileiro (Zalán <i>et al.</i> , 1990).....	16
Figura 7: Carta estratigráfica da Bacia do Paraná. (retirado do Boletim de Geociências da Petrobrás 2007).....	18
Figura 8: Seção sísmica na Bacia de Pelotas ( modificado de Silveira e Machado 2004). ....	20
Figura 9: Carta Estratigráfica da Bacia de Pelotas (modificado de Bueno <i>et al.</i> , 2007). ....	21
Figura 10: Mapa esquemático ilustrando as principais feições da margem continental brasileira, (modificado de Gamboa <i>et al.</i> 1981). ....	24
Figura 11: Perfil sísmico interpretado por Fontana (1996) ilustrando as cunhas basálticas falhadas.....	26
Figura 12: Esquema da sequência das etapas evolutivas de uma margem continental Atlântica, retirado da internet.....	26
Figura 13: Imagens de satélite SRTM, mosaicadas, com todos os lineamentos extraídos em vermelho, com destaque para a região do “Sinclinal” de Torres, Lineamento Tibagi e Arco de Ponta Grossa. ....	28
Figura 14: Diagrama de Rosetas de todos os lineamentos traçados. ....	28
Figura 15: Lineamentos de direção NE-SW, ENE e NNE, visualizados com a sobreposição da geologia presente na área e diagrama de rosetas, em vermelho, diques intrusivos (CPRM 2003).....	29
Figura 16: Lineamentos de direção NW-SE, WNW e NNW, visualizados com a sobreposição da geologia presente na área e diagrama de rosetas, em vermelho, diques intrusivos (CPRM 2003).....	30
Figura 17: Lineamentos de direção E-W, visualizados com a sobreposição da geologia presente na área e diagrama de rosetas, em vermelho, diques intrusivos (CPRM 2003).....	31
Figura 18: Lineamentos de direção N-S, visualizados com a sobreposição da geologia presente na área e diagrama de rosetas, em vermelho, diques intrusivos (CPRM 2003).....	32
Figura 19: Mapa aeromagnetométrico com os lineamentos interpretados, traços em amarelo representam os diques intrusivos.....	34
Figura 20: Mapa gravimétrico com os lineamentos interpretados, traços em vermelho representam diques intrusivos. ....	35
Figura 21: Mapa geológico com a distribuição dos afloramentos visitados nos trabalhos de campo do Lineamento Jacui a sul, Litoral Gaúcho e Catarinense e Lineamento Tibagi. ....	36
Figura 22: Zona de falha normal em siltitos do Grupo Itararé. ....	37
Figura 23: Estereograma de frequência das falhas reconhecidas ao longo do Lineamento Tibagi.....	38
Figura 24: Estereograma com as projeções ciclográficas das falhas normais. ....	38
Figura 25: Falhas normais que geraram grábens como pode ser visto no retângulo em vermelho. ....	40
Figura 26: Seção sísmica com os horizontes Eoceno e Cretáceo Superior. ....	41

Figura 27: Detalhe da seção sísmica 231-1351, presente no anexo 05, que mostra as falhas em padrão dominó em destaque que se originam no topo do Eoceno, estando sob a influência da Zona de Fratura de Porto Alegre. ....	42
Figura 28: Seção sísmica com SDR's na cor amarela, localizadas em direção ao centro da bacia, cones vulcânicos, em azul, afetando o Topo do Rifte é possível visualizar a plataforma de Florianópolis na porção NW. O horizonte referente ao Topo do Mioceno encontra-se perturbado, como é possível visualizar no detalhe que mostra falha sintética em rosa e antitética em preto. ....	43
Figura 29: Estrutura mapeada na seção sísmica 231-0498, anexo 05, em detalhe é possível visualizar <i>gráben</i> e cones vulcânicos. Arco de Torres atua como um alto estrutural até o Albiano. ....	45
Figura 30: Correlação dos lineamentos a partir do alinhamento das seções sísmicas pelo Arco de Torres. Em roxo, <i>grabens</i> interpretados como decorrentes da influência do Lineamento Tibagi. ....	46
Figura 31: Na Bacia, mapa de contorno estrutural do Topo do Embasamento (A) e Topo do Rifte (B). No continente, localização do Lineamento de Tibagi, com sua projeção para a bacia em pontilhado e “Sinclinal” de Torres. Escala vertical em tempo (s). ....	48
Figura 32: Na Bacia, mapa de contorno estrutural do Topo do Albiano (A) e Topo do Cretáceo Superior (B). No continente, localização do Lineamento de Tibagi, com sua projeção para a bacia em pontilhado e “Sinclinal” de Torres. Escala vertical em tempo (s). ....	48
Figura 33: Na Bacia, mapa de contorno estrutural do Topo do Eoceno (A) e Topo do Mioceno (B). No continente, localização do Lineamento de Tibagi, com sua projeção para a bacia em pontilhado e “Sinclinal” de Torres. Escala vertical em tempo (s). ....	49
Figura 34: Mapa de isópacas do topo dos derrames mesozóicos integrado ao mapa geológico na escala 1:1.000.000 da base da CPRM. ....	51
Figura 35: Seção geológica .....	51

## **Lista de Anexos**

- ANEXO 01: Seção 228-317**
- ANEXO 02: Seção 228-0326**
- ANEXO 03: Seção 228-0327**
- ANEXO 04: Seção 231-1346**
- ANEXO 05: Seção 231-1351**
- ANEXO 06: Seção 231-1355**
- ANEXO 07: Seção 239-369**
- ANEXO 08: Seções 231-1356 e 239-369**
- ANEXO 09: Seções 0034-0005 e 0048-0041**
- ANEXO 10: Seção 0048-0454**
- ANEXO 11: Seção 0048-0458**
- ANEXO 12: Seção 228-0322 e 231-486**
- ANEXO 13: Seção 231-0498**
- ANEXO 14: Seção 231-1360**
- ANEXO 15: Correlação dos lineamentos continentais com a Sísmica 2D**

## RESUMO

A área de estudo deste trabalho caracteriza-se na porção norte da bacia sedimentar de Pelotas, na porção continental engloba o sul do Estado de São Paulo até o norte do Rio Grande do Sul, constituindo uma área total de 440 530 Km<sup>2</sup>.

O objetivo da pesquisa consiste em caracterizar as principais estruturas do arcabouço geológico do embasamento aflorante da Bacia de Pelotas e sua correlação com a porção *offshore* da mesma. A caracterização é realizada a partir da integração de dados de superfície do continente com dados de subsuperfície (Dados sísmicos e de poço) da bacia adjacente, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e interpretação sísmica. Buscou-se analisar as estruturas continentais que possam apresentar continuidade na bacia de Pelotas (“Lineamento Tibagi” e “Sinclinal de Torres”), verificando sua influência na evolução e deformação da mesma.

Este trabalho identificou e caracterizou as principais estruturas da Bacia de Pelotas através de interpretações sísmicas, e na posição emersa adjacente (entre o sul do Estado de São Paulo até o Norte do Rio Grande do Sul), através da interpretação de imagens SRTM 90 m, onde se identificou o Lineamento Tibagi que se projeta para a Bacia de Pelotas.

O lineamento Tibagi apresenta direção NW-SE fortemente marcada por drenagem e relevo, apresentando falhas normais, que afetam rochas da Bacia do Paraná. Através de interpretação das seções sísmicas e mapas estruturais foi encontrada uma sequência de *grábens* interpretados como uma possível projeção do Lineamento Tibagi para a porção norte da Bacia de Pelotas.

O “sinclinal” de Torres é uma estrutura que está entre os arcos de Ponta Grossa e do Rio Grande, possuindo orientação NW-SE e mergulho suave para NW. Sua projeção para dentro da Bacia de Pelotas não foi reconhecida pelos métodos aplicados, pois esta corresponde a um alto estrutural da bacia.

**Palavras chave:** Bacia de Pelotas, Lineamento Tibagi e “Sinclinal” de Torres.

## **ABSTRACT**

The area of this work is located along the Northern portion of the Pelotas's basin. The onshore region extends from the Southern portion São Paulo State to the North of Rio Grande do Sul State, with a total area of 440 530 km<sup>2</sup>.

The objective of the research is to characterize the main geological structures of the outcropping basement in the Paraná Basin and its correlation with the offshore portion of the Pelotas Basin. The characterization was performed through the integration of surface (SRTM images and outcrops) and subsurface data (seismic data and well logs), the method includes the use of remote sensing techniques and seismic interpretation. The main structures to be analyzed are the Tibagi Lineament and the "Torres Syncline" in order to verify its influence on the geological evolution and deformation of the basin.

As result, it was identified the continuity of the both structures inside the offshore basin (Pelotas Basin); but only the Tibagi Lineament represents an important structural feature in the offshore basin.

In this sense, the Tibagi lineament shows a NW-SE direction along the both basins (Pelotas and Paraná) and it is defined by drainages and relief on the continental portion. It was classified as a graben structure limited by normal faults and it also was verified a trend of faults inside the lineament that cuts all the sedimentary package of Itararé Group from Paraná Basin.

The Torres "syncline" is a structure that connects the arches of Ponta Grossa and Rio Grande, showing NW-SE orientation and a low angle dip in the NW direction. Its projection into the Pelotas Basin was not recognized by the methods applied in this work, because a preliminary analyze indicates that its projection corresponds to a structural high inside the Pelotas Basin.

**Key words:** Pelotas basin, Tibagi lineament, Torres "syncline"

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Arbeitsgebiet ist entlang des nördlichen Teils des Pelotas Beckens gelegen. Die onshore Region erstreckt sich vom südlichen Teil des Bundesstaates São Paulo bis hin zum nördlichen Teil vom Bundesstaat Rio Grande do Sul, über eine Gesamtfläche von 440 530 km<sup>2</sup>.

Ziel dieser Forschung ist es, die geologischen Hauptstrukturen des anstehenden Fundaments im Paraná Becken und dessen Korrelation mit dem offshore Teil des Pelotas Beckens, zu charakterisieren. Die Beschreibung erfolgte durch die Zusammenfassung der Oberfläche (SRTM Bilder und Aufschlüsse) und Untergrunddaten (seismische Daten und Bohrlochdaten). Die Methode umfasst hierbei die Verwendung von Fernerkundungsdaten und seismische Interpretationen. Die wichtigsten Strukturen, die analysiert werden sollten, waren das Tibagi Lineament und die "Torres Synclinale", sowie deren Einfluss auf die geologische Entwicklung und Verformung des Beckens.

Als Ergebnis wurde die Kontinuität beider Strukturen im Inneren des Offshore-Becken (Pelotas Becken) identifiziert, jedoch nur das Tibagi Lineament stellt ein wichtiges strukturelles Merkmal im Offshore Becken dar.

In diesem Sinne, zeigt das Tibagi Lineament eine NW-SE Richtung entlang beider Becken (Pelotas und Paraná) und es wird von Abflüssen und dem Relief des kontinentalen Abschnitts definiert. Es wurde als Grabenstruktur klassifiziert, begrenzt durch Abschiebungen, außerdem wurde ein Trend von Verwerfungen im Lineament nachgewiesen, welcher sich durch alle sedimentären Schichten der Itararé Gruppe des Paraná Beckens, schneidet.

Die „Torres Synklinale“ ist eine Struktur, die die Bögen von Ponta Grossa und Rio Grande verbindet, mit einer NW-SO Ausrichtung, leicht abfallend in NW-Richtung. Diese Projektion in das Pelotas Becken wurde allerdings nicht durch die, in dieser Arbeit verwendeten Methoden ermittelt, da eine vorzeitige Analyse zeigt, dass diese Erhebung einer strukturellen Erhebung im Pelotas Becken entspricht.

**Stichworte:** Pelotas Becken, Tibagi Lineament, "Torres Synclinale"

## 1. INTRODUÇÃO

A Bacia de Pelotas é a mais meridional na costa brasileira (Figura 1) e apresenta poucos trabalhos publicados a seu respeito se comparada às outras bacias de margem continental brasileiras. Deste modo o trabalho busca descrever e caracterizar estruturas geológicas na porção continental e da região *offshore* correspondente ao norte da Bacia de Pelotas verificando se há correspondência entre as estruturas geológicas caracterizadas na porção continental e *offshore*.

A caracterização estrutural para a porção norte da Bacia de Pelotas foi realizada através de 17 seções sísmicas, onde foram caracterizadas falhas normais, em padrão dominó, falhas sintéticas e antitéticas e lístricas, além da identificação de estruturas como o Arco de Torres (Fonseca 2006), (Alves 1981) a Plataforma de Florianópolis individualizada por Gonçalves *et al.* (1979), Zona de Falha do Rio Grande (Miranda 1970), (Kowsmann 1974). Cardozo (2011) aborda feições como o Baixo de Mostardas presente na porção sul da Bacia de Pelotas.

Para a caracterização estrutural da área continental foram utilizadas imagens de satélite SRTM 90m sendo identificados o Lineamento Tibagi descrito por Hasui *et al.* (2012) e “Sinclinal” de Torres caracterizado por Vitorello e Padilha (2000), além de mapa gravimétrico e aeromagnetométrico.

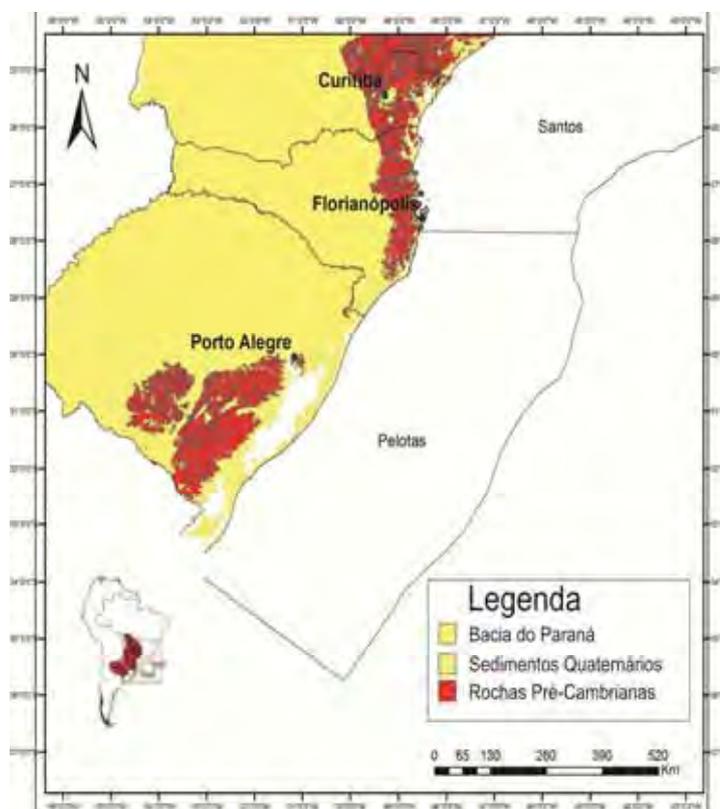


Figura 1: Localização da Bacia de Pelotas

## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é caracterizar as principais estruturas do arcabouço geológico do embasamento aflorante da Bacia de Pelotas e sua correlação com a porção *offshore* da mesma. A caracterização é realizada a partir da integração de dados de superfície do continente com dados de subsuperfície (*offshore*) da bacia adjacente, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e interpretação sísmica. Busca-se analisar as estruturas continentais que possam apresentar continuidade na bacia de Pelotas (“Lineamento Tibagi” e “Sinclinal de Torres”), verificando sua influência na evolução e deformação da mesma.

## 3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se estende do sul do Estado de São Paulo ao norte do Rio Grande do Sul na porção emersa e a Bacia de Pelotas na região *offshore*, perfazendo um total de 440 530 Km<sup>2</sup>, destes 278 048 Km<sup>2</sup> estão localizados na porção continental e 162 482 Km<sup>2</sup> na parte *offshore* (Figura 2).



**Figura 2:** Mapa de drenagem da área continental com a localização da área de estudo em verde. Em vermelho estão localizadas as seções sísmicas, os pontos na cor verde são os poços.

## 4. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

Para alcançar o objetivo, o trabalho realizado contou com banco de dados possuindo 9 imagens SRTM 90 m para a região estudada, 17 seções sísmicas referente a Bacia de Pelotas, registro sônico, pasta de poço, perfil composto, mapa gravimétrico e magnetométrico da porção Sudeste à porção Sul do território brasileiro, mapa geológico e geomorfológico de

todo o território brasileiro. A seguir, são apresentadas as etapas e a metodologia que foi adotada no trabalho.

#### **4.1 Levantamento bibliográfico**

Nesta etapa foi realizado o levantamento e a compilação de dados bibliográficos das bacias de Pelotas e Paraná, em termos de associações de rochas sedimentares e magmáticas, dados geofísicos, seções geológicas e dados estruturais do embasamento das bacias.

Entre as principais bibliografias consultadas, devem ser citadas Fonseca (2006 tese de doutorado) Villwock e Tomazelli (1995), Bueno *et al.* (2007), Dias *et al.* (1994), Fontana (1990) e Cardozo (2011) para a bacia de Pelotas e Milani *et al* (1994) e Zalan *et al.* (1986), para a bacia do Paraná.

#### **4.2 Processamento digital de imagens e análise morfoestrutural do continente**

O programa utilizado nesta etapa foi o ERMapper para mosaicar as 9 imagens SRTM 90m que completavam toda a porção Sul da Região Sudeste do Brasil, em seguida foram selecionadas apenas as imagens da área estudada. Através destas imagens, foram localizadas feições morfoestruturais e geomorfológicas tais como vales estruturais, anomalias de drenagem, escarpas de serras e outras; levando ao reconhecimento dos principais lineamentos estruturais ao longo do Lineamento de Tibagi e “Sinclinal” de Torres (Figura 3).

Após esta etapa os segmentos retilíneos interpretados foram exportados em formato *shapefile* para o ArcGis 9.3 onde foi separado as direções preferenciais para a elaboração do Diagrama de Rosetas de frequência e comprimento absoluto com intervalo de 10° no programa Spring que proporcionou a quantificação gráfica da disposição espacial das fraturas presentes na área estudada.

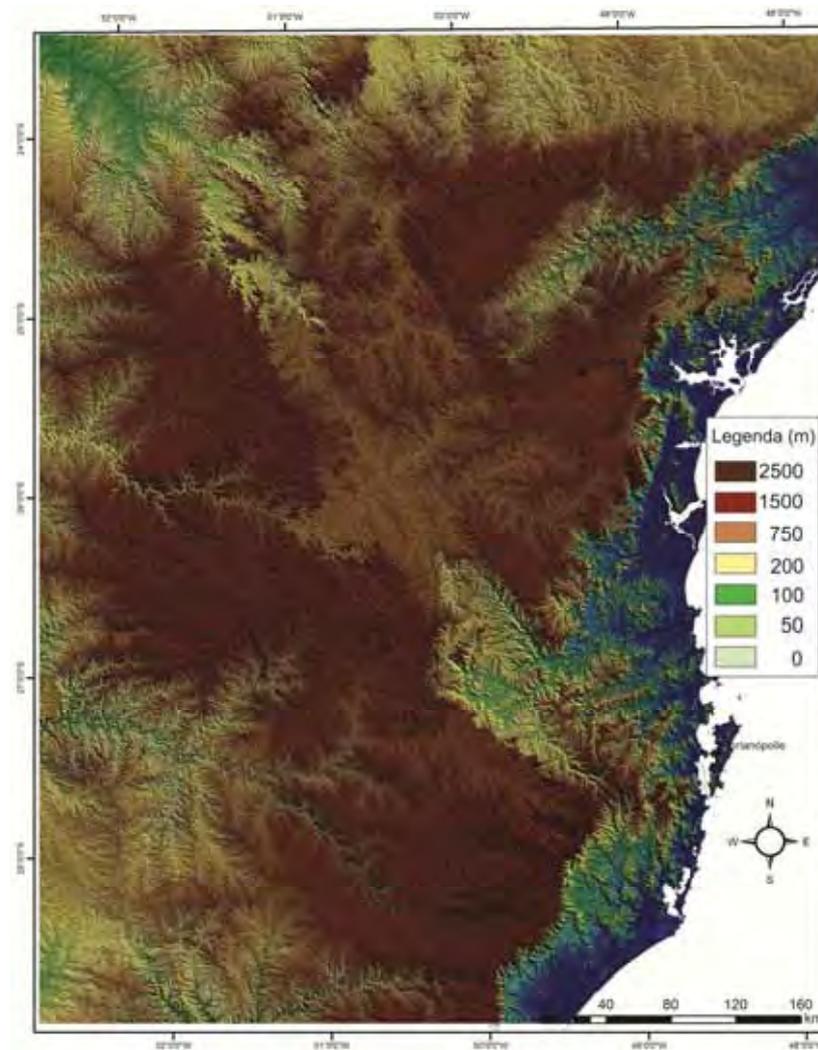
#### **4.3 Interpretação de dados de métodos potenciais**

##### **4.3.1 GERAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE MAPA AEROMAGNETOMÉTRICO**

Este estudo se baseia nas propriedades magnéticas dos minerais que se concentram nas rochas da crosta terrestre. Estes produzem distorções locais e nos elementos do campo magnético da Terra. Estas anomalias podem ser detectadas de modo a fornecer informações sobre a subsuperfície.

Através destas distorções é possível agrupar rochas com propriedades magnéticas semelhantes, identificar contatos geológicos, limites de corpos subterrâneos, alinhamentos

estruturais e várias outras propriedades do corpo rochoso em estudo, como dimensões, mergulho e profundidade. De acordo com Luiz & Silva (1995), frequentemente os lineamentos observados nos mapas magnéticos são paralelos às direções estruturais como zonas de cisalhamento, falhas, fraturas e dobras.



**Figura 3: Todas as imagens de satélite SRTM usadas na área, mosaicadas, sem os lineamentos extraídos.**

O mapa foi obtido através do banco de dados referente ao projeto Rifte (2011) gerado através da interpolação dos dados em malhas regulares de 3x3 km através da técnica de Mínima Curvatura e abrange áreas do sul do Estado de São Paulo até o Estado de Santa Catarina.

O programa ArcMap 9.3 auxiliou na interpretação do mapa, as principais estruturas foram identificadas com base em feições como variação na intensidade do campo, padrão linear de contorno, terminação de altos e baixos e alinhamento de altos e/ou baixos. Segundo Luiz & Silva (1995) estas feições definem a maioria dos lineamentos em mapas magnéticos.

### 4.3.2 GERAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE MAPA GRAVIMÉTRICO

O mapa gravimétrico fornece dados sobre as diferentes distribuições de densidade em subsuperfície terrestre, sendo que estas provocam pequenas anomalias no campo gravitacional terrestre. Este foi confeccionado através de dados carregados no *software* Oasis Montaj, sendo obtido através do banco de dados do projeto Rifte (2011).

O mapa gravimétrico interpretado compreende o sul do Estado de São Paulo até Santa Catarina. As estruturas presentes no mapa foram interpretadas com o uso do programa ArcMap 9.3. Estas feições foram marcadas de acordo com o adensamento das curvas de isovalores e por segmentos retilíneos representativos na área. Estas podem representar falhas profundas.

## 4.4 Interpretação sísmica

Nessa fase foram analisadas 17 seções sísmicas paralelas e perpendiculares à linha de costa, que estão adjacentes as feições geológicas conhecidas como “Lineamento de Tibagi” e “Sinclinal” de Torres. Estas seções sísmicas, juntamente com os dados de poços (contendo registros sônicos, raios gama e densidade), da porção norte da Bacia de Pelotas, foram adquiridas através do Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP), administrada pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Esses dados foram interpretados no LISG (Laboratório de Interpretação Sísmica e Geológica), utilizando-se o programa Geographix-Landmark.

Após carregar os dados no *software* Geographix-Landmark, foi realizada a calibração dos poços com o horizonte sísmico através do perfil sônico. Inicialmente foi feita uma média da velocidade intervalar para cada trecho que apresentava mudanças na velocidade; em seguida foi definida a espessura de cada intervalo estratigráfico. A velocidade intervalar e o valor da espessura das camadas foram substituídos na fórmula:

$$V=\Delta S/\Delta T$$

Onde: V= velocidade,  $\Delta S$ = espessura da camada sedimentar e  $\Delta T$ = tempo de viagem da onda sísmica através dos sedimentos.

Através de dados do perfil composto foi obtida a espessura da lâmina d'água de 1755m, a velocidade adotada para esta lâmina foi 1500 m/s, após a substituição destes dados na fórmula acima, foi obtido o tempo simples que em seguida foi convertido para tempo duplo em milissegundos.

O cálculo forneceu a espessura da camada sedimentar e o tempo simples de jornada da onda nos sedimentos, este foi transformado para o tempo duplo para calibrar os horizontes estratigráficos (poço) com a seção sísmica. Ao todo foi calculado o tempo duplo de 6 camadas sedimentares mais o tempo duplo da lâmina d'água.

Após a obtenção dos valores de tempo de cada intervalo, estes foram transferidos para a seção sísmica e, com a associação dos dados referentes ao poço 1 BPS 0007, foi possível definir, com precisão, os horizontes estratigráficos mapeados (Topo do Embasamento, Topo do Rifte, Topo do Albiano, Topo do Cretáceo Superior, Topo do Eoceno e Topo do Mioceno).

O poço 1 BPS 0007 ocorre localizado próximo à seção sísmica 0231-1355 que foi calibrada e posteriormente interpretada. O procedimento descrito a cima também foi realizado para os outros dois poços presentes na área. As outras seções que não possuíam poços para a calibração, foram calibradas pela intersecção com a seção sísmica 0231-1355.

As seções sísmicas foram interpretadas com o programa Seisvision (Geographix), que permitiu o mapeamento dos horizontes estratigráficos e as estruturas geológicas. Foram traçados seis horizontes principais: Embasamento, Topo do Rifte, Topo do Albiano, Topo do Cretáceo Superior, Topo do Eoceno e Topo do Mioceno e, a partir de seus traços, os principais traços deformacionais que possam estar associados aos lineamentos de interesse da pesquisa.

#### **4.5 Dados referentes ao trabalho de campo**

O Lineamento Tibagi não apresenta publicações ao seu respeito. Em pesquisa realizada em outro projeto, foram realizadas atividades de campo coordenadas pelo Prof. Dr. Norberto Morales, com o objetivo de coletar dados referentes às atitudes de fraturas e falhas. Os dados obtidos foram utilizados na descrição em escala regional do Lineamento Tibagi, e foram aqui utilizadas para completar a descrição deste lineamento.

#### **4.6 Integração em ambiente SIG**

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitiu de modo fácil, a integração de diferentes tipos de dados (mapas, imagens, etc), deste modo possuindo cada vez mais importância em estudos geológicos. O uso destas técnicas auxilia e dinamiza a interpretação dos dados pelo geólogo, já que proporciona a visão global dos mesmos, através da integração de diferentes mapas temáticos e bancos de dados.

A integração das informações que foram obtidas no levantamento bibliográfico como imagens SRTM 90m, mapas aeromagnetométricos e gravimétricos e dados geofísicos, em ambientes SIG, foi realizada através do programa ArcView, para a visualização, análise e interpretação integrada, com vista ao reconhecimento do “Lineamento Tibagi” e “Sinclinal de Torres”, na sua evolução e importância na estruturação e deformação da bacia. Um exemplo desta etapa é mostrado na Figura 4, com integração de mapa geológico e gravimétrico em uma única base georreferenciada.

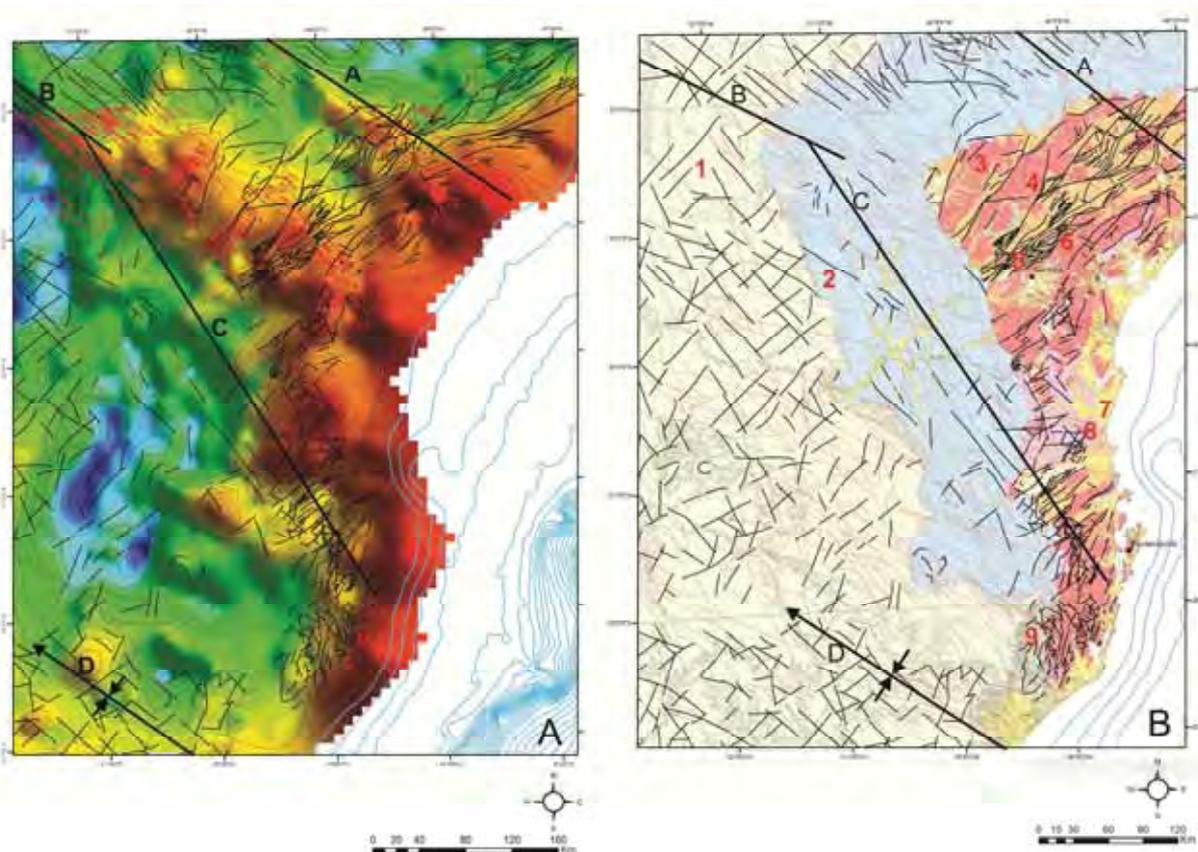


Figura 4: Em A; Integração dos traços de estruturas continentais com a gravimetria. Em vermelho diques intrusivos. Em B; Integração de mapa de eras geológicas, com transparência de 60%, estruturas continentais e lineamentos traçados de direção NW-SE, 1- sedimentos da Bacia do Paraná, 2 – sedimentos proterozóicos da Bacia do Paraná, 3– Granitos e Gnaisses Neoproterozóicos, 4– Metassedimentos Mesoproterozóicos, 5– Metassedimentos Neoproterozóicos, 6- Granitos e Gnaisses Paleoproterozóicos, 7- Sedimentos Quaternários, 8- Gnaisses, Granulitos Neoarqueanos. A- Feixe de Lineamentos Guapiara, B- Feixe de Lineamentos Don Jerônimo-Curiuva, C- Feixe de Lineamentos Tibagi, D- Eixo do Sinclinal de Torres.

## 5. GEOLOGIA REGIONAL

### 5.1 Faixa Ribeira e Escudo Sul-Rio-Grandense

A Faixa Ribeira (Almeida *et al.* 1973, Cordani *et al.* 1973, Hasui & Oliveira 1984) é a unidade mais importante da Província Mantiqueira e um dos vários cinturões orogênicos neoproterozóicos envolvendo o Cráton São Francisco (Figura 5). Ela abrange um complexo cinturão de dobramentos e empurrões gerado entre 450 e 700 Ma (Machado *et al.* 1996), na borda sul/sudeste do Cráton do São Francisco (Barbosa 1966, Almeida 1969, 1977), representando a raiz do orógeno colisional neoproterozóico bastante erodido. A direção deste cinturão é NE-SW com aproximadamente 1400 km nas áreas costeiras do Sudeste brasileiro, a nordeste mudando para a Faixa Araçuáí.

A sua evolução está relacionada à subducção para SE da paleoplaca Sanfranciscana, que após processo de subducção, colidiu com a microplaca da Serra do Mar e o

paleocontinente do Congo durante a Orogênese Brasiliana (Heilbron *et al.* 2000). O segmento central da Faixa Ribeira preserva o registro desta orogênese através dos efeitos metamórficos e de magmatismo que atinge as coberturas metassedimentares meso- a neoproterozóicas, retrabalhando o embasamento anteriormente consolidado no evento Transamazônico.

Boa parte das associações metassedimentares neoproterozóicas do Orógeno Ribeira são de depósitos de margem passiva. Para o interior da faixa, ocorre marcante aloctonia e elevado grau metamórfico (Heilbron *et al.* 2004).

O Escudo Sul-Rio-Grandense localiza-se na porção meridional da Província Mantiqueira (Almeida *et al.* 1981, Hasui *et al.* 1985), englobando o Orógeno Dom Feliciano, corresponde à área do Estado do Rio Grande do Sul que é marcada pela ocorrência de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares pré-paleozóicas, cuja origem é relacionada aos ciclos Transamazônicos (Paleoproterozóico) e Brasiliano/Pan-Africano (Neoproterozóico).

O Orógeno Dom Feliciano (Figura 5) é formado por sequências de margens passivas neoproterozóicas e por extensos segmentos de arcos magmáticos de mesma idade, além de restos do embasamento arqueano. Possui estruturação alongada na direção NE-SW, devido à colisão continental oblíqua como resultado da colisão dos crátons Rio de La Plata, Paranapanema e Kalahari (Heilbron *et al.* 2004).



Figura 5: Localização da Faixa Ribeira e Orógeno Dom Feliciano (Hasui 2010).

## 5.2 Bacia do Paraná

A Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 6) se localiza no Continente Sul-Americano nas porções territoriais do Brasil meridional, Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte do Uruguai, totalizando uma área próxima de 1,5 milhão de quilômetros quadrados. No Brasil, abrange os estados de Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), São Paulo (SP), Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), com um total de 1.700.000 km<sup>2</sup>.



**Figura 6: Mapa de Localização da Bacia do Paraná, em verde, no território brasileiro (Zalán *et al.*, 1990).**

### 5.2.1 EMPILHAMENTO ESTRATIGRÁFICO REGIONAL DA BACIA DO PARANÁ

Segundo Milani *et al.* (1994), o arcabouço estratigráfico é constituído por seis Supersequências Depositionais, cujas características podem ser observadas na Figura 7.

Ordovício-Siluriana (Supersequência Rio Ivaí): representada pelo Grupo Rio Ivaí, possui as formações Alto Garças (conglomerados e arenitos conglomeráticos), Iapó (diamictitos) e Vila Maria (folhelhos e siltitos). Esta sequência representa o primeiro ciclo transgressivo-regressivo da sedimentação cratônica da Bacia do Paraná.

Devoniana (Supersequência Paraná): formada pelo Grupo Paraná, apresentando as formações Furnas (arenitos branco-amarelados, caulíníticos com estratificações cruzadas) e

Ponta Grossa (folhelhos silticos, siltitos e arenitos). Houve um intervalo de sedimentação regressivo-transgressivo.

Carbonífero-Eotriássica (Supersequência Gondwana I): constituída pelos grupos Itararé, Guatá e Passa Dois, representando as sequências mais espessas da Bacia do Paraná, de caráter transgressivo-regressivo. O Grupo Itararé e a Formação Aquidauana interdigitam-se. Nessas unidades é comum encontrar rochas siliciclásticas finas a grossas, glácio-marinhas e continentais. O Grupo Guatá é constituído pelas formações Rio Bonito e Palermo (no estado de São Paulo estas formações se equivalem à Formação Tatuí). O Grupo Passa Dois é constituído pelas formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (no estado de São Paulo, a Formação Corumbataí se equivale às formações Serra Alta, Teresina e parte da Formação Rio do Rasto, interdigitando-se com estas).

Neotriássica (Supersequência Gondwana II): possuidora das formações Pirambóia e Rosário do Sul (arenitos avermelhados e esbranquiçados, médios a finos, com estratificação cruzada).

Jurássica-Eocretácica (Supersequência Gondwana III): constituída pelas formações Botucatu (arenitos eólicos) e Serra Geral (derrames basálticos associados com intrusivas).

Neocretácica (Supersequência Bauru): apresenta os grupos Caiuá e Bauru. São representados por depósitos continentais areno-conglomeráticos, com seixos de diversas litologias, maciços ou com estratificação cruzada, ocorrendo também depósitos siltico-argilosos e carbonatos de caliche.

### **5.3 Bacia de Pelotas**

A Bacia de Pelotas, assim como as demais bacias da margem continental brasileira, tem sua origem atrelada ao rompimento do Supercontinente Gondwana e formação do Oceano Atlântico Sul. Segundo Silveira e Machado (2004) ela pode ser dividida em parte Norte e Sul. A primeira a partir do Terraço de Rio Grande até o Alto de Florianópolis e a segunda do Terraço em direção ao Alto de Polônio.

O registro da sequência evaporítica na Bacia de Pelotas restringe-se apenas na porção Norte, que apresenta o registro das menores espessuras no depocentro. A porção Sul da bacia apresenta um espesso pacote sedimentar que em algumas áreas chega a ultrapassar 10.000 m (Fontana 1989), porém a ausência de pacote evaporítico forneceu um aspecto monótono e pouco deformado, quando comparado às outras bacias brasileiras (Figura 8).

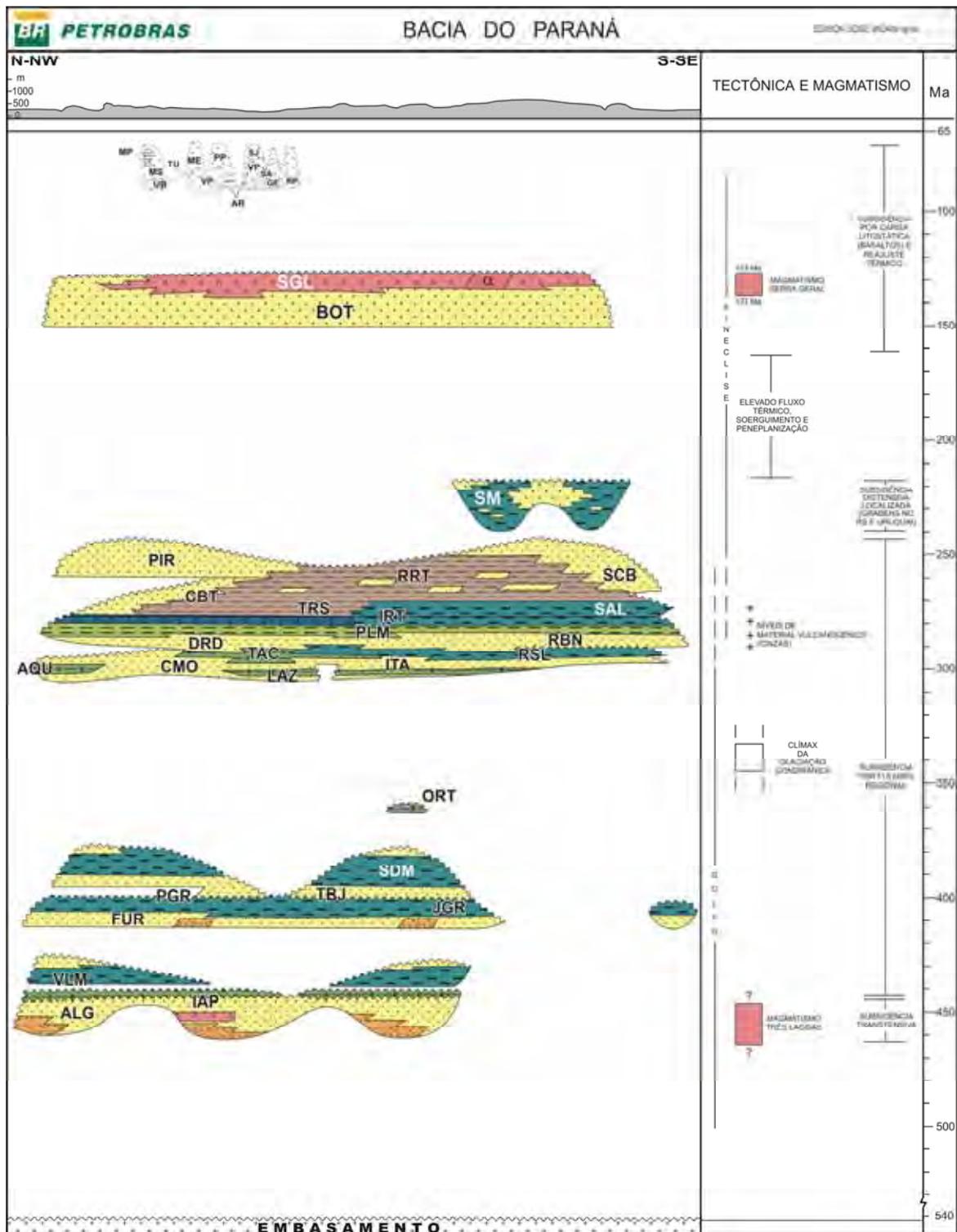


Figura 7: Carta estratigráfica da Bacia do Paraná. SGL- Formação Serra Geral, BOT- Formação Botucatu, SM- Formação Santa Maria, PIR- Formação Pirambóia, RRT- Formação Rio do Rasto, SCB- Formação Sanga do Cabral, IRT- Formação Irati, SAL- Formação Serra Alta, PLM- Formação Palermo , RBN- Formação Rio Bonito , DRD- Membro Morro Pelado Serrinha, TAC- Formação Taciba , RSL- Membro Siderópolis , AQU- Formação Aquidauana, CMO- Formação Campo Mourão, TAC- Formação Tacimba, LAZ- Formação Lago Azul , ITA- Grupo Itararé , RSL- Membro Rio do Sul , RBN- Formação Rio Bonito, ORT- Membro Diamictito Ortigueira, SDM- Membro São Domingos, TBJ- Membro Tibaji, PGR- Formação Ponta Grossa, VLM- Formação Vila Maria, ALG- Formação Alto Garças, IAP- Formação Iapó. (retirado do Boletim de Geociências da Petrobrás 2007).

O embasamento da Bacia de Pelotas é caracterizado por rochas do Cinturão Dom Feliciano, faixa móvel de origem no Ciclo Brasileiro (Villwock e Tomazelli 1995) e pelas sequências Vulcano-Sedimentares da Bacia do Paraná. Este fato é confirmado pela presença de sequência sedimentar Permo-Triássica (grupos Guatá e Passa Dois) e outras vulcanosedimentares Juro-Cretácea (formações Serra Geral e Botucatu) em dados de poço perfurado pela Petrobras na cidade de Torres (RS) (Bueno et al., 2007).

Segundo este autor a Bacia de Pelotas possui arcabouço estratigráfico constituído pelas supersequências descritas a seguir, que podem ser visualizadas na carta estratigráfica regional (Figura 9).

### 5.3.1 SUPERSEQUÊNCIA PALEOZÓICA-MESOZÓICA

Sequência Permo-Triássica: Possui a base da sequência constituída pelas formações Rio Bonito, Palermo e Irati, desenvolvidos em ambiente marinho (Milani *et al.* 1994).

Sequência Juro-Cretácea: Constituída pelos arenitos da Formação Botucatu (Milani *et al.* 1994).

### 5.3.2 SUPERSEQUÊNCIA PRÉ-RIFTE

A natureza dos estratos pré-rifte relaciona-se ao comportamento de ascensão da astenosfera. É marcada pela sequência do Eocretácea composta pelos espessos derrames basálticos da Formação Serra Geral, que são recobertos pela Formação Imbituba na porção norte da Bacia de Pelotas.

### 5.3.3 SUPERSEQUÊNCIA RIFTE

De acordo com Bueno *et al.* (2007), é dividida em dois estágios, Rifte I – relacionado à Sequência de Idade que vai desde o Barremiano ao Aptiano, basicamente representada pelos basaltos da Formação Imbituba, e o Rifte II – composto pelas fácies siliciclásticas da Formação Cassino, constituindo as fases da sequência datando no Aptiano.

Estas sequências preencheram uma associação de meio-grábens antitéticos, servindo como molde que a Bacia de Pelotas herdou da borda flexural do rifte precursor, restando à borda falhada a bacia conjugada da Namíbia, na África.

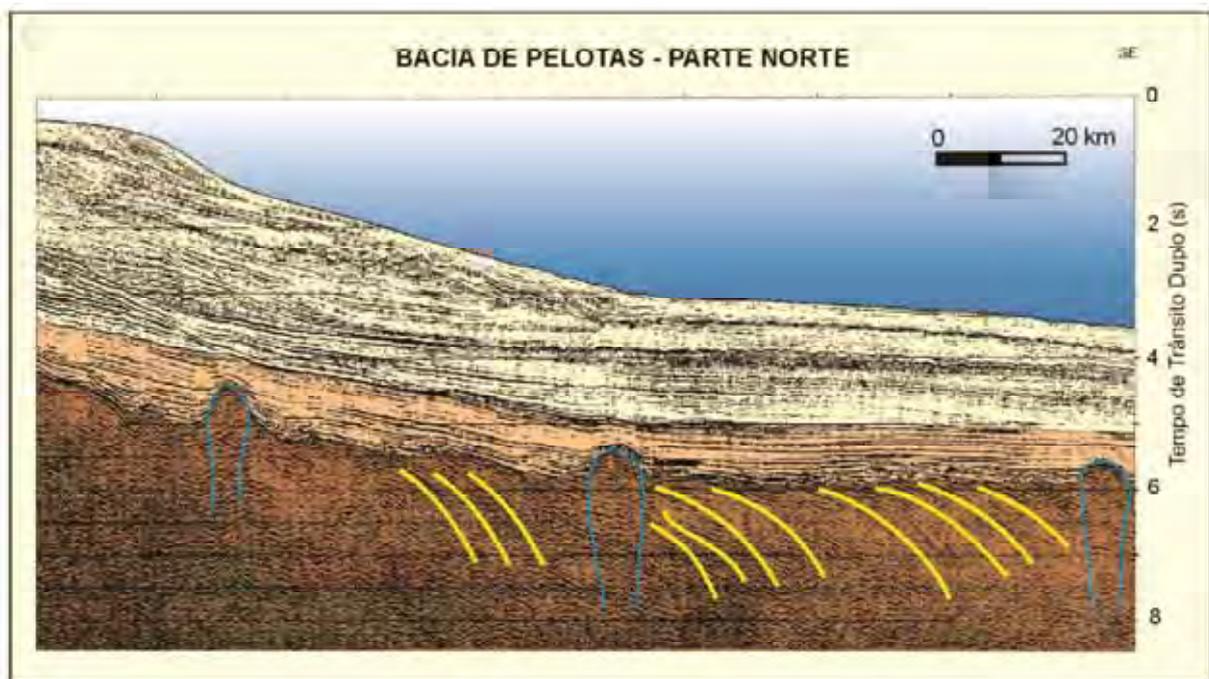
### 5.3.4 SUPERSEQUÊNCIA PÓS-RIFTE

É composta pela Sequência do Aptiano que equivale à suíte vulcânica (basaltos, andesitos e traquiandesitos) da Formação Curumim, cuja datação via método Ar-Ar efetuada em amostra do poço 1-SCS-1 resultou na idade de  $113 \pm 0,1$  Ma (Dias *et al.* 1994), que é recoberta em discordância tanto pelos evaporitos da Formação Ariri quanto pela seção carbonática da Formação Porto Belo.

De acordo com Martins-Neto *et al.* (2006) é possível dizer que a Sub-bacia de Torres (Norte da Bacia de Pelotas) ainda sofria o processo de rifteamento, enquanto a Sub-bacia de Pelotas (Sul) já experimentava o estágio de subsidência flexural produzido pelo resfriamento e contração termal da crosta oceânica.

### 5.3.5 SUPERSEQUÊNCIA DRIFTE

Pode ser dividida em três fases; a inicial, representada por depósitos de plataforma rasa do Albiano, representado pelos depósitos siliciclásticos e carbonáticos da formação Porto Belo; a intermediária, sendo um período transgressivo que se estende do Albiano ao Oligoceno representado pelos pelitos da formação Atlântida que recobrem em discordância os carbonatos da Formação Porto Belo e, a final, constituindo-se de uma cunha clástica regressiva no Neógeno onde os siltitos e arenitos finos da formação Cidreira progradam sobre os pelitos da Formação Imbé (Bueno *et al.*, 2007).



**Figura 8:** Seção sísmica na Bacia de Pelotas (parte norte), mostrando feições interpretadas como cunhas de refletor com mergulho para o mar (SDR's) relacionado à formação de crosta proto-oceânica e cones vulcânicos em azul. Em marrom área interpretada como o embasamento e em bege, área interpretada como o topo do rifte ( modificado de Silveira e Machado 2004).



## 5.4 Arcabouço Estrutural da Bacia

As falhas de embasamento são subparalelas à costa, dando origem a estreitas faixas falhadas, as feições mais predominantes são *grabens* assimétricos, com a parte leste/sudeste mais profunda. Estas feições são as mais antigas na Bacia de Pelotas. Os mecanismos de basculamento na margem continental, posteriores à fase tafrogênica do Eocretáceo, são responsáveis pelas falhas de embasamento que ocorrem na Plataforma de Florianópolis e Bacia de Pelotas (Gonçalves *et al.* 1979).

A Bacia de Pelotas apresenta embasamento aplainado, cortado por falhas antitéticas e recoberto por estratos que mergulham suavemente em direção ao mar formando cunhas (Gonçalves *et al.* 1979). A fase rifte apresenta meio-grábens controlados por falhas antitéticas de alto ângulo, com sedimentos predominantes de águas rasas (Milani *et al.* 2000). A seção pós-rifte apresenta estruturação incipiente, fato este que pode ter influenciado a ausência de evaporitos albianos (Chang *et al.* 1992).

É possível dizer que o quadro estrutural da bacia é relativamente monótono, já que os basculamentos são os principais agentes modeladores. Com isso, as feições estruturais mais importantes são as calhas de ruptura da crosta, o alto externo, a charneira e as falhas da área limítrofe com a Plataforma de Florianópolis (Gonçalves *et al.* 1979).

As exceções à monotonia estrutural da bacia são as grandes estruturas de escorregamento que se associam às falhas lítricas, afetando a seção pós-oligocênica na região do Cone do Rio Grande (Fontana 1990a). Essa região também pode apresentar superfícies inclinadas (clinoformas) de alto ângulo, grandes falhas de empurrão imbricadas do tipo patamar e lança, ou duplex, além da existência de uma superfície de descolamento em sua base.

A Plataforma de Florianópolis localiza-se na porção norte da bacia e foi individualizada por Gonçalves *et al.* (1979). Esta plataforma se originou sobre uma antiga zona de fraqueza, possivelmente uma ramificação da Zona de Fratura do Rio Grande ou (Lineamento de Florianópolis Figura 10, Gamboa & Rabinovitch 1981). Esta zona é responsável por separar as bacias de Pelotas e Santos, sendo caracterizada como um paleoalto do embasamento de direção E-W, soterrado sob a margem continental (Gamboa & Rabinowitch 1981). Esta feição está encoberta por um grande volume de rochas básicas de caráter extrusivo que se estendem para o interior do continente, após a faixa de rochas pré-cambrianas e paleozóicas. Essas rochas básicas foram atravessadas por perfurações na plataforma continental, podendo ser correlacionadas com a Formação Serra Geral devido à sua petrografia e provável idade Cretáceo Inferior (Fonseca 2006).

O Alto de Florianópolis apresentou um comportamento como um alto até o Aptiano, de modo a receber poucos sedimentos e esta característica proporcionou à Bacia de Pelotas certo contraste em relação às demais bacias evaporíticas situadas ao norte. A comunicação entre as bacias de Pelotas e Santos ocorreu a partir do Eoalbiano, fazendo com que o registro sedimentar da bacia se torne mais expressivo (Gonçalves *et al.* 1979) a partir de então.

A subsidência da bacia de Pelotas ao sul é controlada por linhas de charneiras, representadas por conjuntos de falhas antitéticas que ocorrem na plataforma associadas à Zona de Falha do Rio Grande. A idade desta Zona é possivelmente pré-neógeno ou neógeno inferior, separando a Bacia de Pelotas rasa (em grande parte emersa), da profunda, que se inicia no centro da plataforma continental (Miranda 1970; Kowsmann 1974).

O Lineamento de Porto Alegre, também conhecido como Zona de Fratura de Porto Alegre (Figura 10), possui direção E-W. A Plataforma de Florianópolis é caracterizada por apresentar altos no embasamento, como o Arco de Torres (Alves 1981). Este alto estrutural possui direção geral NW-SE e sua origem pode ser associada a esforços de cisalhamento entre o Lineamento de Porto Alegre e a Zona de Fratura do Rio Grande (Basseto *et al.* 2000). Na porção *onshore* o Lineamento de Jacuí – Porto Alegre (Lineamento Bento Gonçalves) é a continuidade deste (Fonseca 2006).

De acordo com Fonseca (2006), o Arco de Torres é uma estrutura antiformal ocorrendo na plataforma transversalmente à Bacia de Pelotas e se comporta como um subdivisor desta.

#### 5.4.1 ESTRUTURAS RELACIONADAS À BACIA DO PARANÁ

A ligação entre os arcos de Ponta Grossa e do Rio Grande é representado pelo “Sinclinal” de Torres (Figura 10), com orientação NW-SE e caimento suave para NW. Em superfície, é frequente a presença de falhas que movimentaram verticalmente as unidades da Bacia do Paraná (Vitarello e Padilha 2000) e a presença de diques de diabásio, eo-cretáceos.

A extensão do “Sinclinal” de Torres para WNW é representado pelo lineamento Torres-Posada que corresponde a um dos eixos de colocação de material mantélico na Bacia do Paraná (Vitarello e Padilha 2000).

O Lineamento de Tibagi ocorre a partir de Itajaí, segundo a direção NW e é marcado pela drenagem e relevo, ocorre a sudoeste do Arco de Ponta Grossa, apresentando falhas normais, com rejeito pequeno que afetam rochas da Bacia do Paraná (Hasui *et al.* 2012).

O padrão de fraturamento é marcado por famílias NW-SE (N50W/70NE) a principal e mais duas famílias secundárias N30E/65SW e N5W/50NE. A direção das falhas se dá entre as

direções NW-SE e NNE-SSW, sempre com médio a alto ângulo de mergulho (Hasui *et al.* 2012).

Segundo Hasui *et al.* (2012), o Lineamento Tibagi aparenta estar relacionado ao processo de ruptura para a entrada dos diques de diabásio do Arco de Ponta Grossa e do Lineamento Guapiara. Os traços NW-SE parecem balizar o flanco norte do “Sinclinal” de Torres.

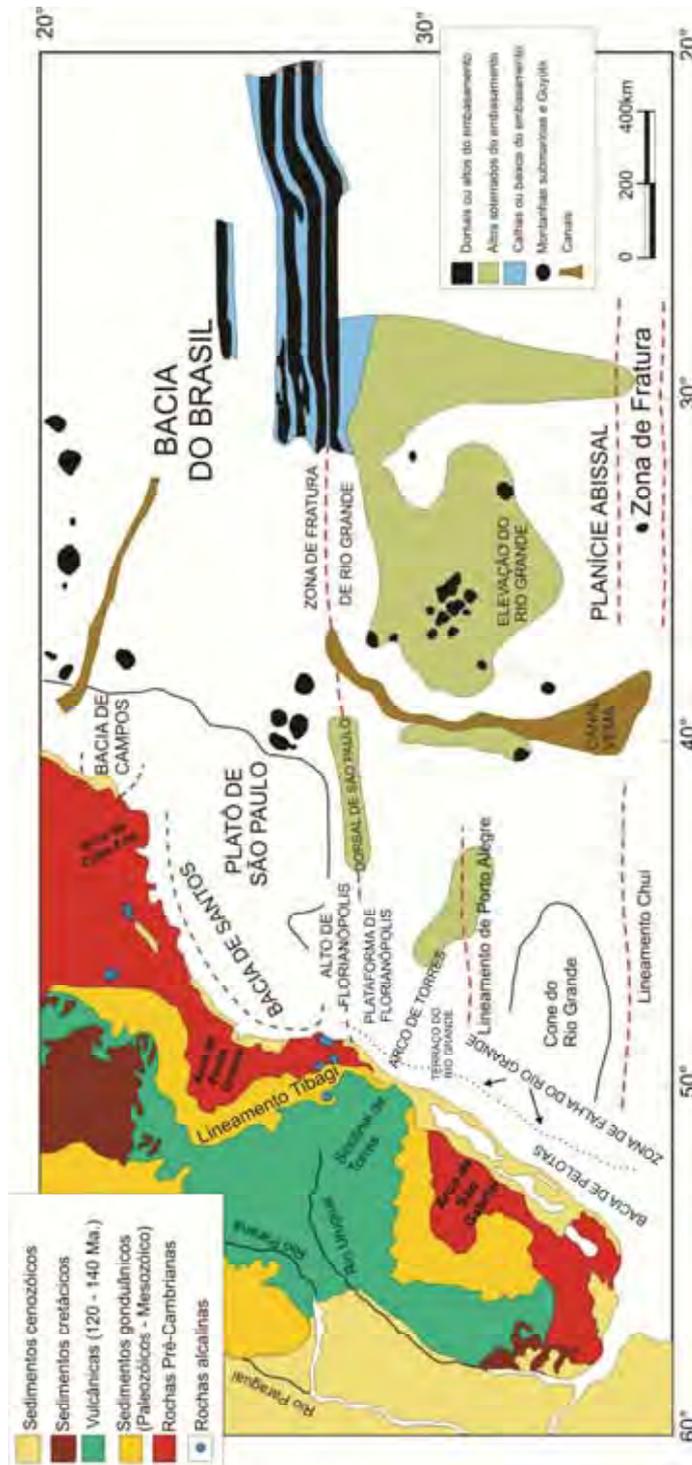


Figura 10: Mapa esquemático ilustrando as principais feições da margem continental brasileira, (modificado de Gamboa *et al.* 1981).

## 5.5 Evolução Tectônica

A evolução tectônica da Bacia de Pelotas pode ser dividida em fase rifte e pós-rifte. O rifteamento foi iniciado no Neojurássico ou Eocretáceo, com a instalação de processo de estiramento crustal no Gondwana, resultando na separação dos continentes sul-americano e africano, através de um rifte intracontinental que fragmentou rochas crustais e supracrustais pré-cambrianas e paleozóicas (Fontana 1990b).

Este rifte atuou em áreas onde estão localizadas as regiões costeiras dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Fontana 1990b). Nessa fase foram gerados grábens e meio-grábens que foram preenchidos por rochas vulcânicas e clásticos finos a grossos, formações Imbituba e Cassino respectivamente, além de falhas antitéticas predominantes na bacia (Fontana 1996).

A extrusão de rochas basálticas de composição moderadamente alcalina, sobre crosta continental, ocorreu nesta fase. As estruturas destas rochas foram denominadas de *seaward dipping reflectors* (SDRs), pois apresentam expressão sísmica como refletores superpostos, convexos para cima, acunhados, mergulhando em direção ao mar (Figura 11). Localmente, essa cunha de rochas basálticas apresenta-se falhada, indicando que houve atividade do rifte após a principal fase tectônica responsável pelo aparecimento dos basaltos (Fontana 1990b).

Segundo Mizusaki (1986), o conjunto de rochas basálticas evidencia um derrame subaéreo ou no máximo a pequenas espessuras de lâmina d'água. Estas provavelmente são associadas aos instantes iniciais do rifte, sendo depositadas de modo subaéreo sobre crosta continental recém-fragmentada (Fontana 1990b).

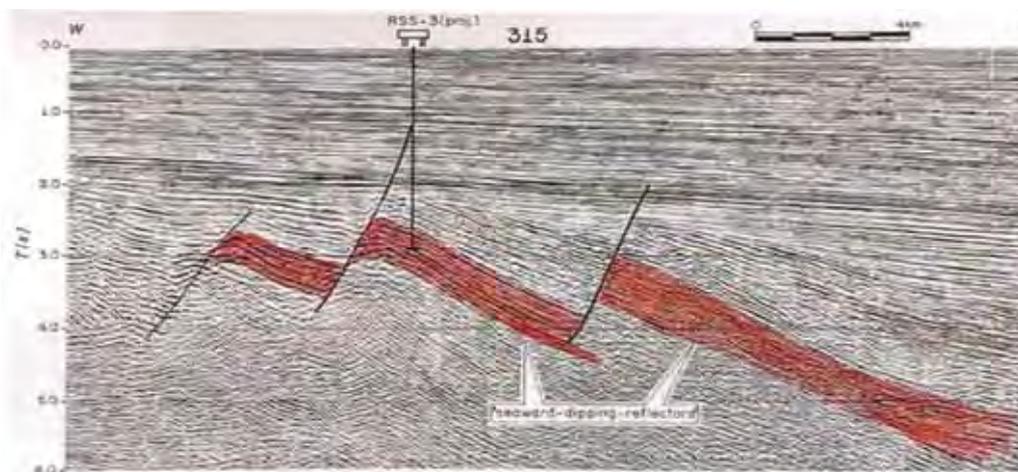
A fase rifte da Bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis caracteriza-se por apresentar basaltos com 120 Ma, siltitos e conglomerados com seixos de vulcânicas básicas sotopostas. Essas rochas foram depositadas nos hemi-grábens formados por falhas antitéticas e todo este conjunto foi coberto por uma discordância transgressiva de idade albo-aptiana (Fontana 1990b).

A fase pós-rifte iniciou-se com o processo de subsidência térmica que se amplificou com a carga de basaltos extrudidos sobre a crosta continental. O soterramento da sequência rifte ocorreu sob espesso prisma sedimentar devido ao avanço da subsidência térmica e espalhamento do assoalho oceânico com início no Aptiano. No Albo-Aptiano, cerca de 108 Ma, uma discordância gerada por progressivo *onlap* em direção à linha de charneira encobriu todas as unidades inferiores (Fontana 1990b).

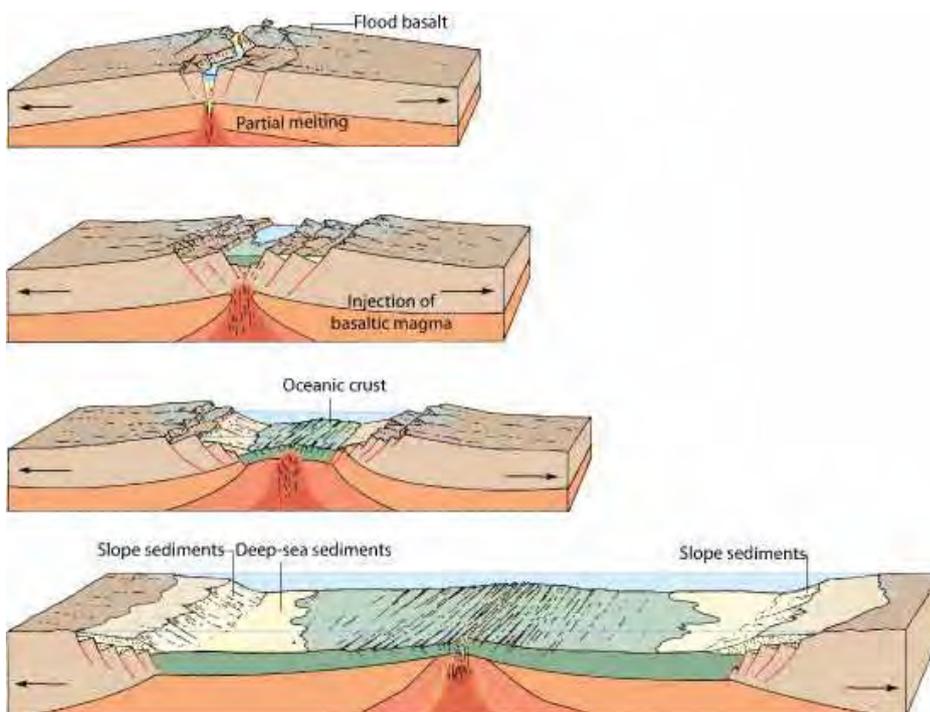
Entre o Albo-Aptiano e o Mioceno houve a maior parte do carregamento sedimentar e da subsidência termal na bacia. Ocorreu também o deslocamento da linha de charneira para

oeste ocasionado por falhas desenvolvidas durante a fase rifte, estas se apresentavam progressivamente mais ativas em direção ao continente (Fontana 1990b).

A atuação da flexura no processo de subsidência da Bacia de Pelotas e Plataforma Florianópolis, passou a ser mais efetiva a partir do Mioceno. Nesta época os *onlaps* costeiros tornaram-se mais frequentes, sendo que são notados desde o Paleoceno. No Pleistoceno, ocorreu a migração do depocentro do Baixo de Mostardas para o sul (Asmus & Paim 1986) e, como consequência, maior espessura sedimentar foi depositada próximo ao local da atual conexão da Laguna dos Patos com o Oceano Atlântico (Fontana 1990b). Na Figura 12 é possível visualizar um esquema geral do processo de evolução de uma margem continental atlântica.



**Figura 11:** Perfil sísmico interpretado por Fontana (1996) ilustrando as cunhas basálticas falhadas.



**Figura 12:** Esquema da sequência das etapas evolutivas de uma margem continental Atlântica, retirado da internet.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Sensoriamento Remoto

A partir de imagens SRTM, foram traçadas 2628 feições lineares da área de estudo adjacente à Bacia de Pelotas (Figura 13). Estas feições foram exportadas para o formato *shapefile* e foram usadas em ambiente ArcGis, onde foram identificadas 4 direções principais; N-S; E-W; NE-SW e NW-SE. Na Figura 13, está representado o traço principal do Lineamento Tibagi de acordo com a drenagem, porém o lineamento é constituído por um feixe de lineamentos que apresenta um forte controle geomorfológico como é possível visualizar na Figura 13.

Através dos diagramas de rosetas é possível estabelecer a ordem de maior representatividade dos lineamentos, que é NNW-SSE; NNE-SSW; NE-SW, E-W e NW-SE (Figura 14) além de direções ENE, NNE, WNW e NNW que aparecem com menor frequência. Estas direções controlam as drenagens presentes na região. Cada direção principal foi sobreposta ao mapa geológico da região de modo a auxiliar nas interpretações (Figuras 15 a 18), juntamente com o respectivo diagrama de rosetas.

Os lineamentos de direção NE-SW podem estar correlacionados com as zonas de cisalhamento, foliações e contatos litológicos das rochas pré-cambrianas. Esta direção também é bem marcante nas rochas pertencentes à Bacia do Paraná (Figura 15). Da região de Florianópolis para o sul os traços de direção NNE-SSW estão associados com enxames de diques.

Os lineamentos de direção NW-SE são mais frequentes próximos ao Lineamento Tibagi e ao “Sinclinal” de Torres. Outras estruturas que estão associadas a estas direções são os diques de diabásio com elevada frequência próximo ao Arco de Ponta Grossa. Esta direção também é muito predominante na Bacia do Paraná (Figura 16).

Como é possível visualizar no diagrama de rosetas de frequentes absoluta para todos os lineamentos traçados, a direção NNW-SSE e NNE-SSW são mais frequentes que as direções E-W, as direções anteriormente citadas apresentam continuidade bem marcante (Figuras 17 e 18).

De modo geral, em todas as Figuras interpretadas é possível perceber o forte controle estrutural NNW-SSE e ENE-WSW do contato das rochas sedimentares da bacia do Paraná (mesozóicas e paleozóicas) e destas com os terrenos pré-cambrianos.

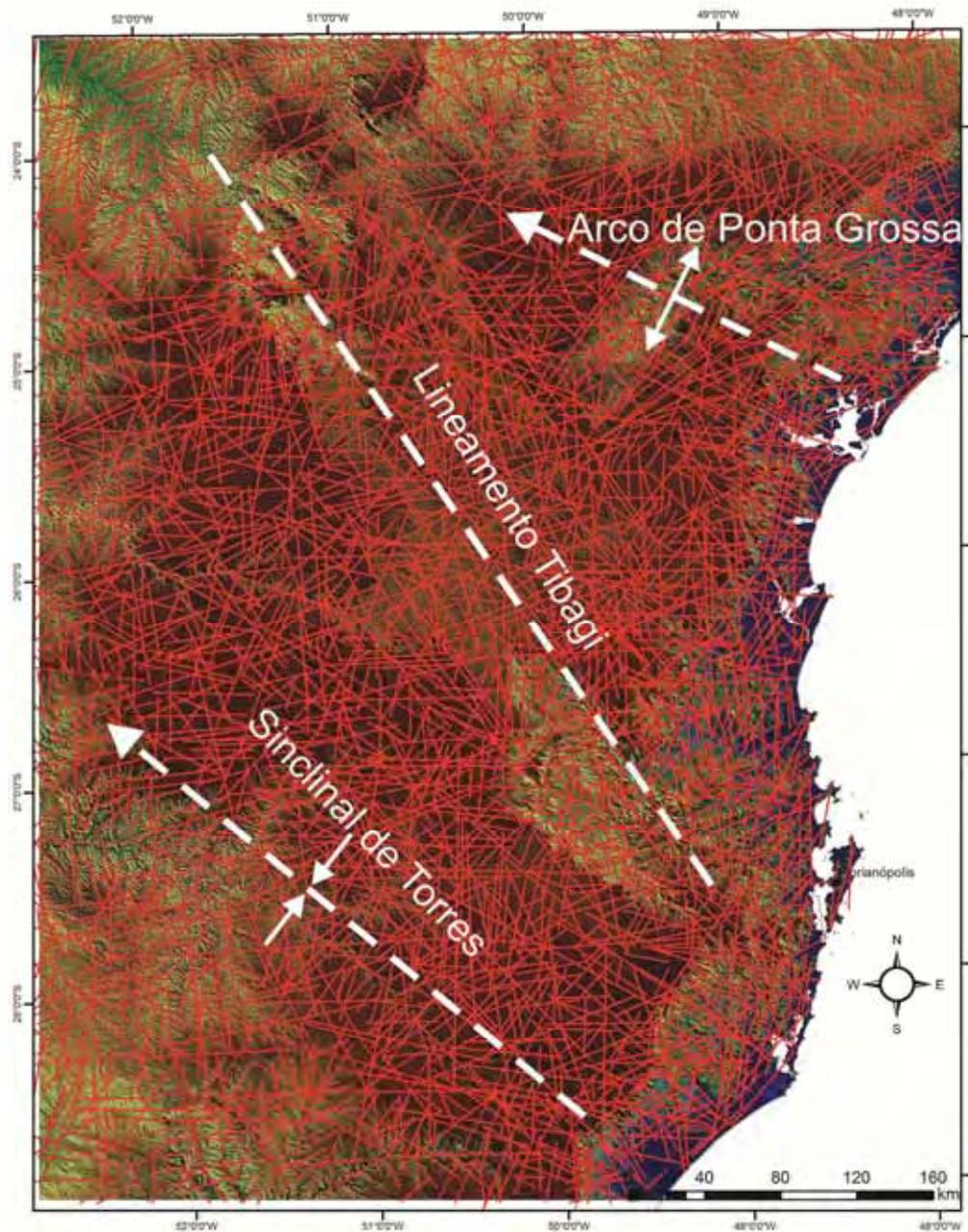


Figura 13: Imagens de satélite SRTM, mosaicadas, com todos os lineamentos extraídos em vermelho, com destaque para a região do “Sinclinal” de Torres, Lineamento Tibagi e Arco de Ponta Grossa.

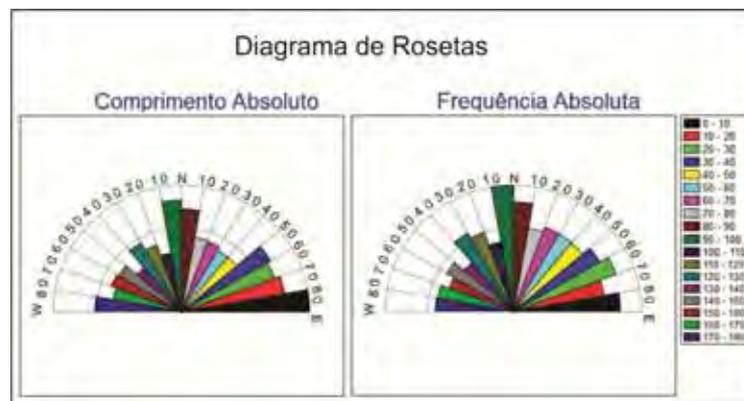


Figura 14: Diagrama de Rosetas de todos os lineamentos traçados.

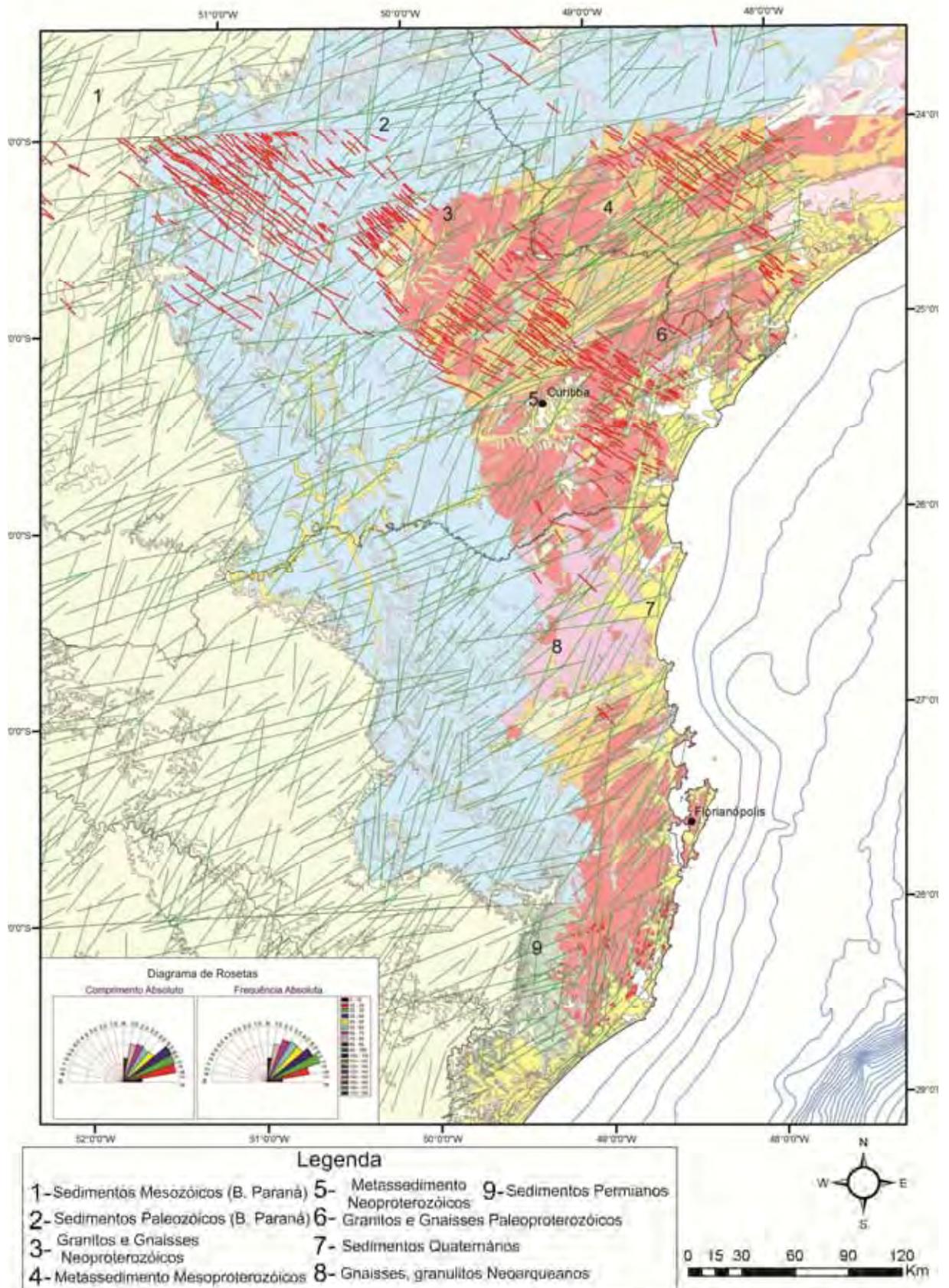


Figura 15: Lineamentos de direção NE-SW, ENE e NNE, visualizados com a sobreposição da geologia presente na área e diagrama de rosetas, em vermelho, diques intrusivos (CPRM 2003).

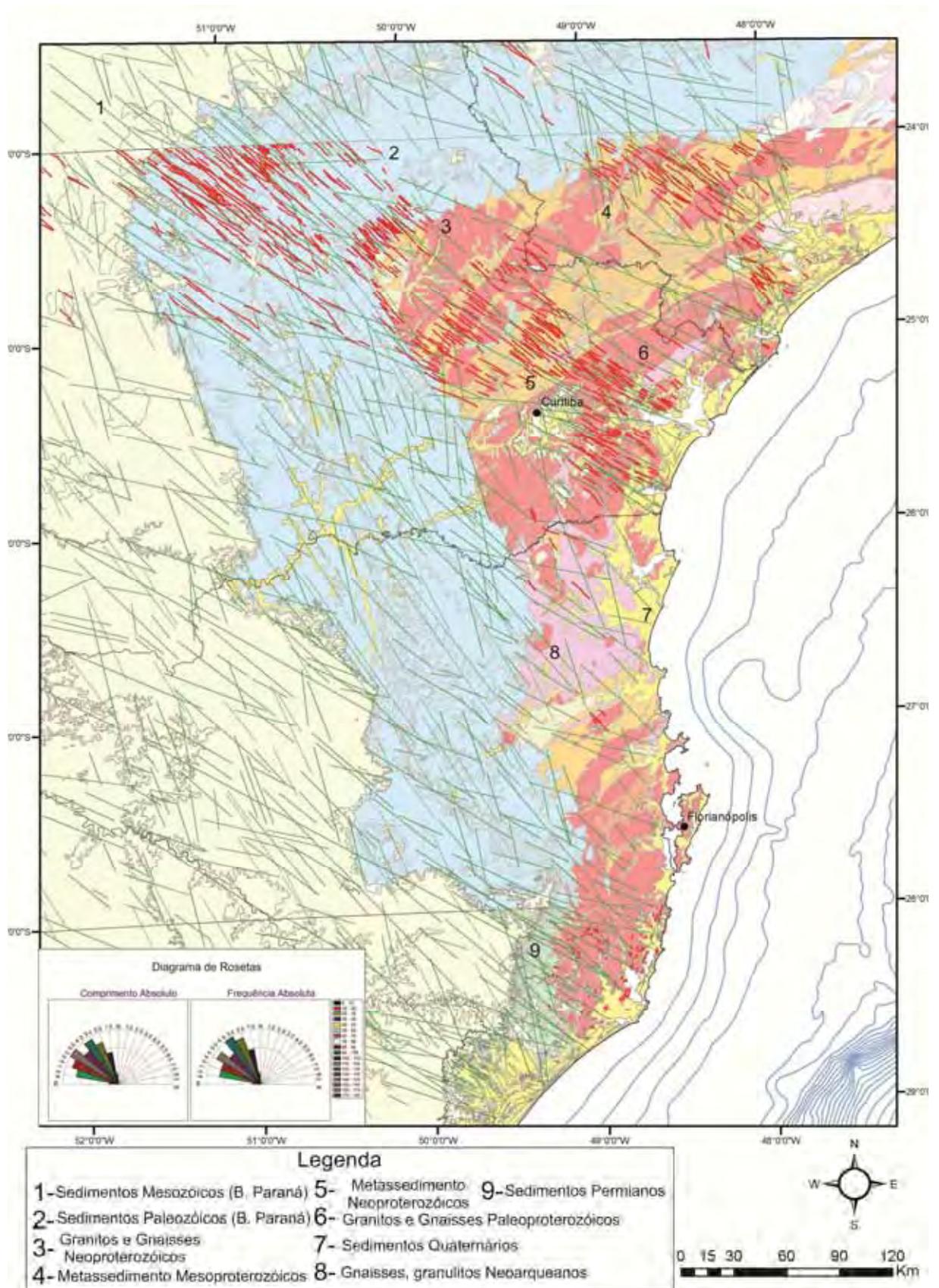


Figura 16: Lineamentos de direção NW-SE, WNW e NNW, visualizados com a sobreposição da geologia presente na área e diagrama de rosetas, em vermelho, diques intrusivos (CPRM 2003).

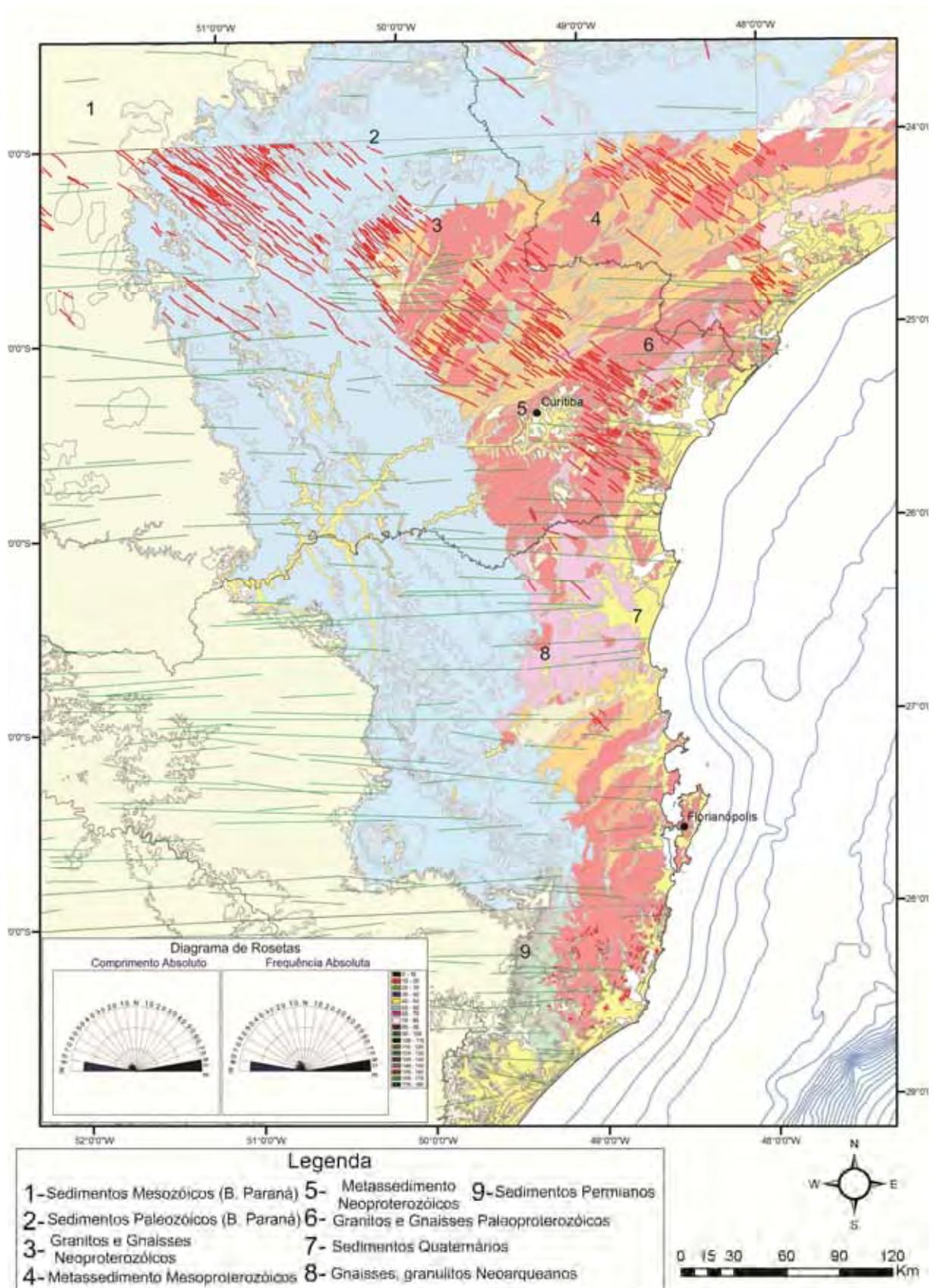


Figura 17: Lineamentos de direção E-W, visualizados com a sobreposição da geologia presente na área e diagrama de rosetas, em vermelho, diques intrusivos (CPRM 2003).

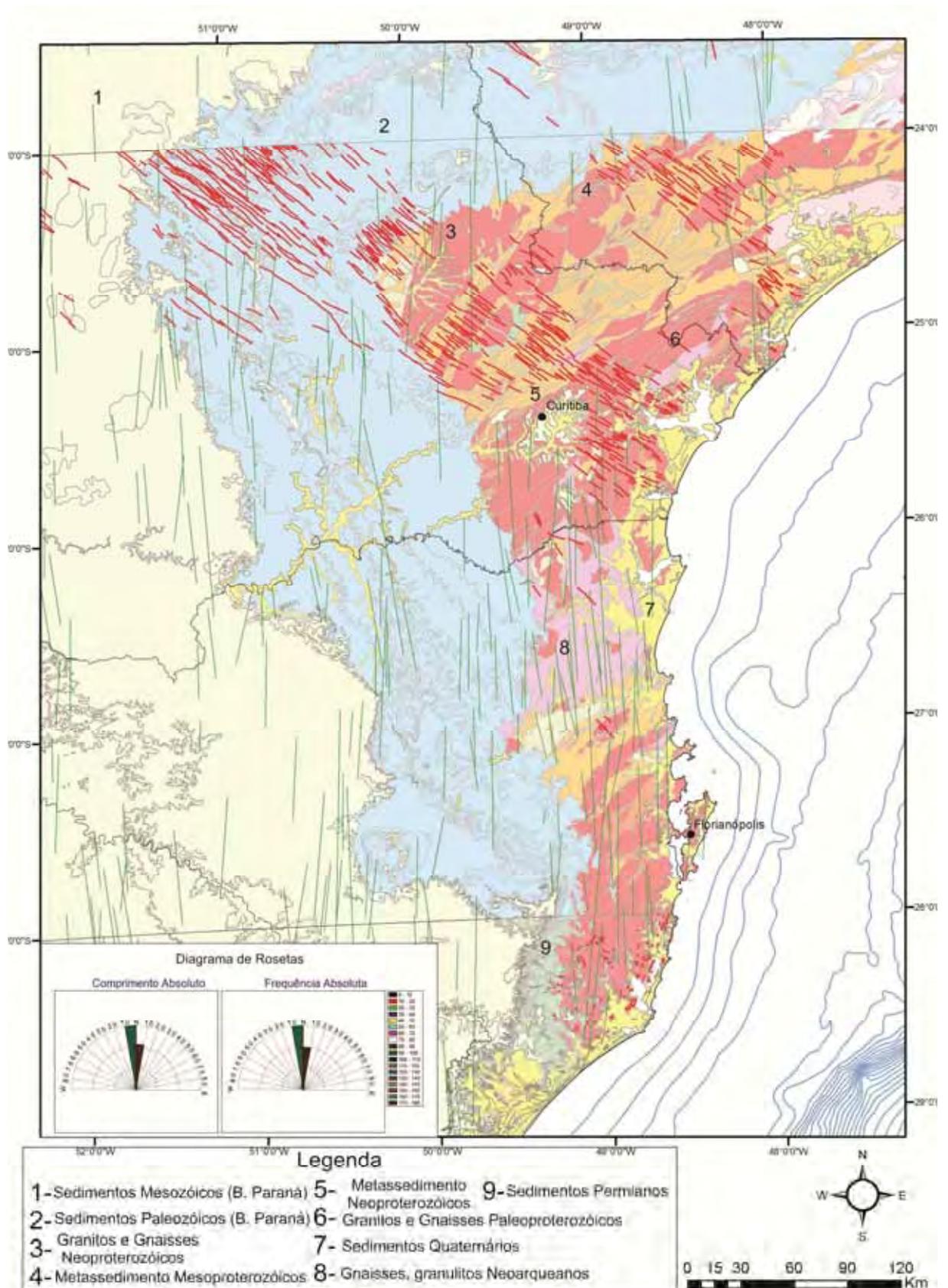


Figura 18: Lineamentos de direção N-S, visualizados com a sobreposição da geologia presente na área e diagrama de rosetas, em vermelho, diques intrusivos (CPRM 2003).

## 6.2 Integração de mapa aeromagnetométrico

No mapa aeromagnetométrico (Figura 19) os lineamentos encontrados na porção *onshore* possuem direções NE-SW, NNE-SSW, NW-SE, WNW-ESE e ENE-WSW. Na porção *offshore* a direção preferencial dos lineamentos é NE-SW, podendo estar relacionada com intrusão de diques, a Zona de Falha do Rio Grande e/ou linhas de charneira (Figura 19); direções NW-SE também são encontradas, relacionadas com o Feixe de Lineamentos Guapiara e Don Jerônimo-Curiúva.

No continente os lineamentos possuem direção preferencial NE-SW e localmente NW-SE. A última direção relaciona-se com o enxame de diques, constituindo o Feixe de Lineamentos Guapiara e Don Jerônimo-Curiúva, (Figura 19). Na porção NE, os lineamentos das direções NE-SW estão relacionados com falhas, zonas de cisalhamento e/ou contatos geológicos de rochas pré-cambrianas.

Na porção centro sul, próximo à cidade de Florianópolis, os lineamentos de direção NE-SW devem estar acentuados pela presença de diques. Como é possível visualizar na Figura 19. A região correspondente ao Lineamento Tibagi e “Sinclinal” de Torres não apresenta anomalia magnetométrica.

## 6.3 Integração de mapa gravimétrico

Através da análise do mapa de anomalias Bouguer foram observadas estruturas com direções dominantes NW-SE e NE-SW além de direções WNW-ESE de menor frequência. As direções NW-SE estão associadas ao enxame de diques pertencentes ao feixe de lineamentos Guapiara e Don Jerônimo-Curiúva (Figura 20, lineamentos 1 e 2). Além destes dois feixes a direção NW-SE está correlacionada ao Lineamento Tibagi. O Lineamento Tibagi corresponde a um feixe que apresenta continuidade em profundidade (Figura 20 lineamento 4), separando altos e baixos gravimétricos alinhados.

Na região próxima ao Arco de Ponta Grossa e Lineamento Tibagi há uma elevada anomalia gravimétrica (Figura 20, região dos lineamentos 1 e 2), associada com a intrusão dos diques basálticos e intrusivas de diferentes idades. As regiões com menores valores gravimétricos estão associadas com as rochas sedimentares da área, correspondendo à região do Lineamento Tibagi. O Sinclinal de Torres não foi identificado no mapa.

Os lineamentos de direção NE-SW presentes próximos à bacia *offshore* são correlacionados com o feixe de lineamentos de Florianópolis, próximo a estes feixes também ocorrem elevadas anomalias gravimétricas que também estão provavelmente associadas a intrusões de diques basálticos e/ou intrusivas ácidas.

A região próxima ao “Sinclinal” de Torres apresenta lineamentos com variadas direções, sendo elas NNW-SSE, WNW-WSE, NW-SE e NE-SW.

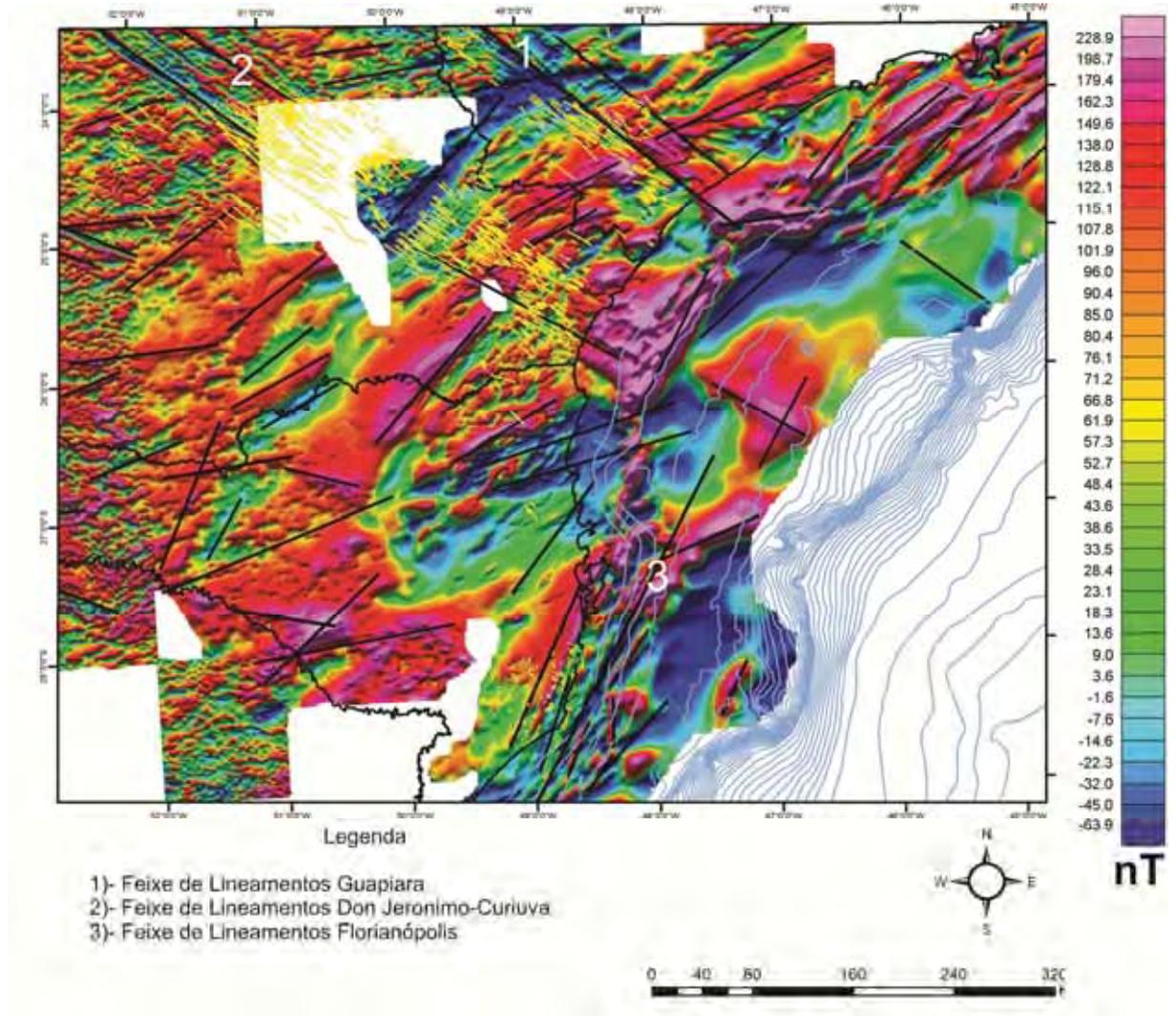


Figura 19: Mapa aeromagnetométrico com os lineamentos interpretados, traços em amarelo representam os diques intrusivos.

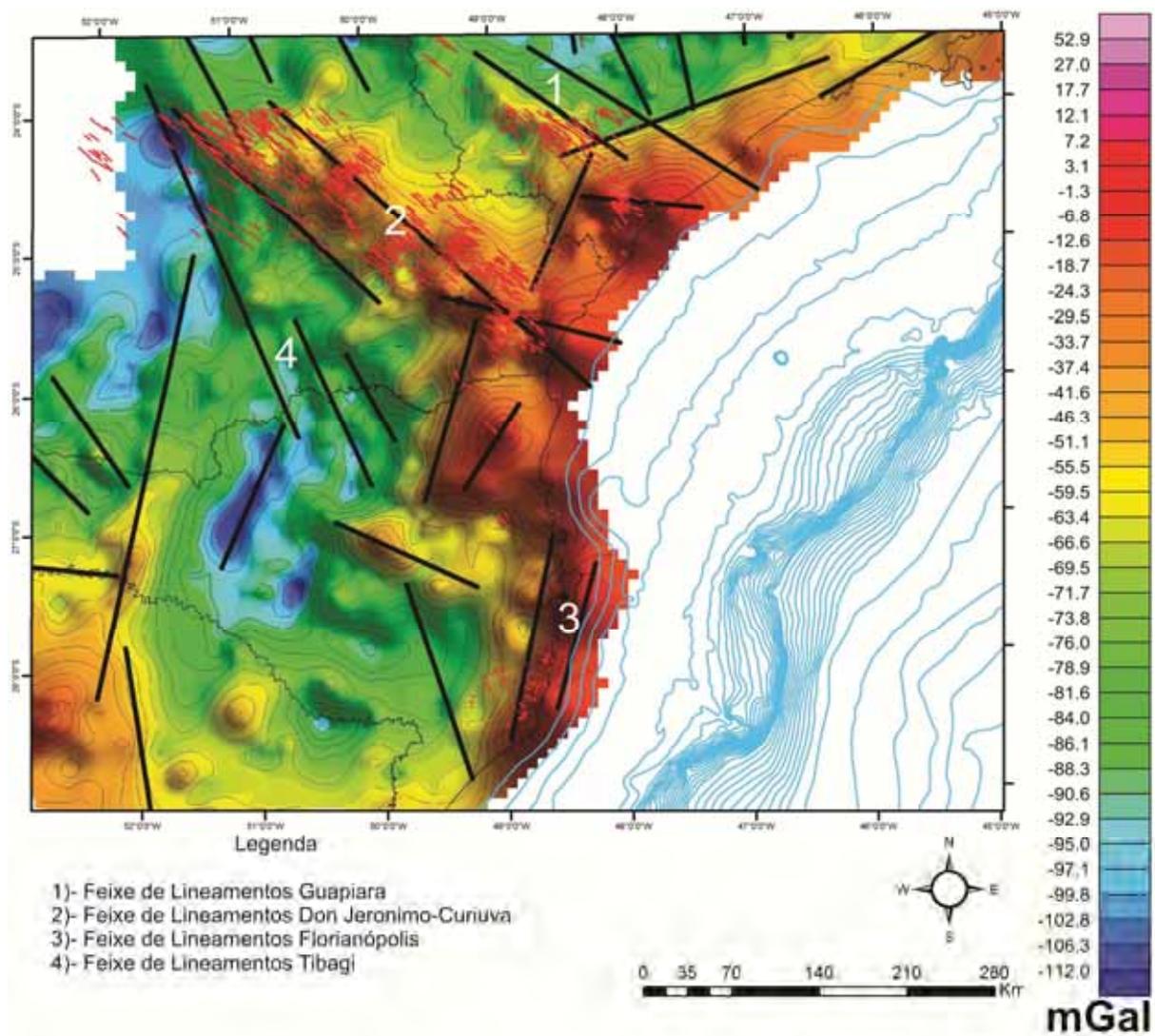
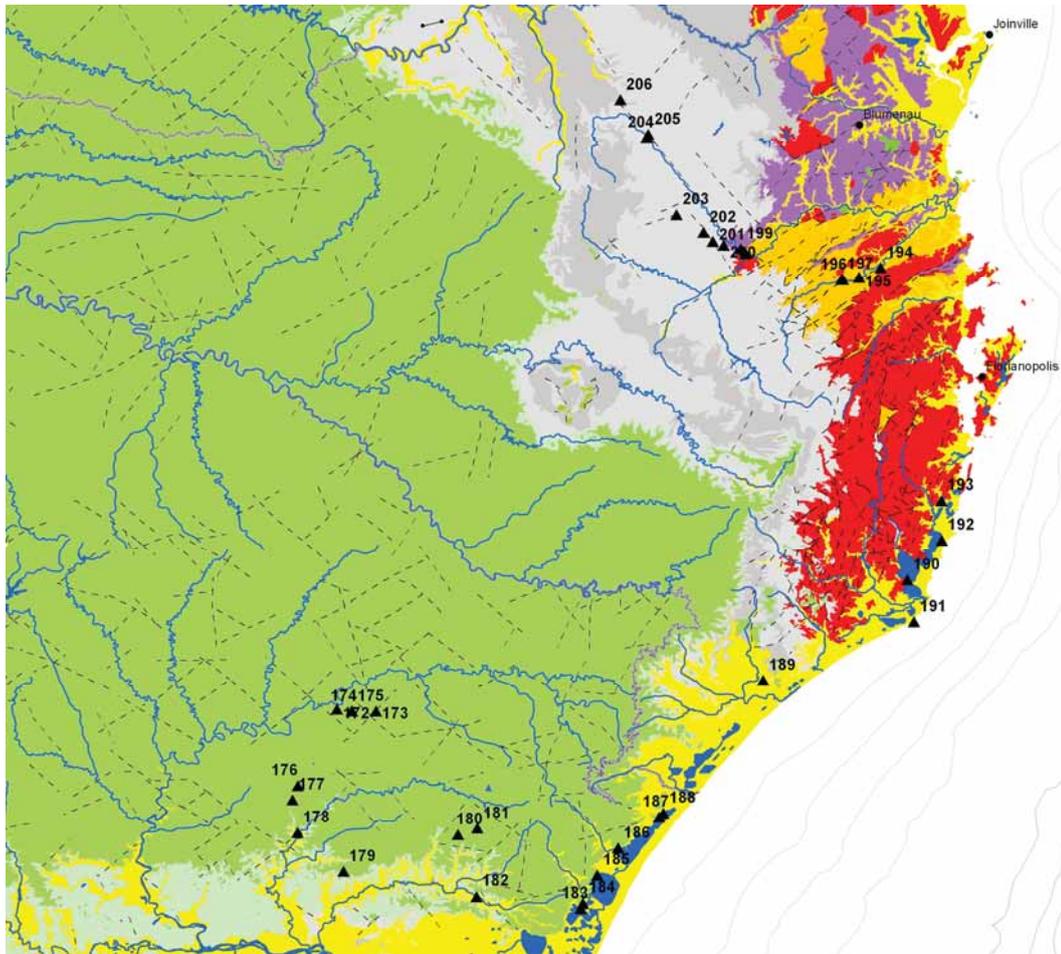


Figura 20: Mapa gravimétrico com os lineamentos interpretados, traços em vermelho representam diques intrusivos.

#### 6.4 Dados estruturais de campo

A área em que foi realizada a etapa de campo vai desde a cidade de Itajaí e segue para a direção NW. No mapa, correspondem aos afloramentos 194 a 206 (Figura 21).



**Figura 21: Mapa geológico com a distribuição dos afloramentos visitados nos trabalhos de campo do Lineamento Jacui a sul, Litoral Gaúcho e Catarinense e Lineamento Tibagi.**

A feição é caracterizada por extenso segmento retilíneo de drenagem segundo dados de campo, o lineamento se associa a falhas normais, de pequeno rejeito, marcadas por conjuntos de planos paralelos entre si, anastomosados, com planos estriados bem caracterizados. As falhas são reconhecidas pelo truncamento das camadas sedimentares. No afloramento 206 foi reconhecida espessa zona de deformação. A zona de falha apresenta padrão anastomosado das zonas de maior deformação, interligadas, com deformação principal de movimentação em falha normal (Figura 22).



**Figura 22: Zona de falha normal em siltitos do Grupo Itararé, marcada por planos de maior deformação anastomosados, separando porções menos deformadas lenticulares (Ponto 206).**

De maneira geral, as falhas foram identificadas cortando rochas do Grupo Brusque, siltitos da Formação Rio do Sul, e folhelhos e diamictitos do Grupo Itararé. Foram identificadas falhas transcorrentes, porém com pouca representatividade. Mesmo com pouca ocorrência, estas se ajustam com o padrão regional.

O padrão de fraturamento encontrado é marcado por três famílias, a principal NW-SW (N50W/70SW), com mais duas famílias secundárias que possuem orientação de acordo com a direção N30E/65SE e N5W/50NE (Figura 23).

As falhas encontradas são principalmente falhas normais, distribuídas entre as direções NW-SE e NNE-SSW (Figura 24), com médio a alto ângulo de mergulho. Foi encontrado apenas um dique com mais de 100 m de espessura, indo do afloramento 204 ao 206. As falhas normais NW-SE são as predominantes (Figura 24), e se ajustam ao Lineamento Tibagi e dique, permitindo interpretar que houve importante atividade como zona de falha normal para este lineamento. Não foi possível identificar se o conjunto é mais jovem ou não que as rochas básicas. Levando em consideração a disposição das falhas foi possível dizer que o dique aproveitou planos pré-existentes preenchendo-os.

Um segundo conjunto de falhas normais também foi reconhecido, com direção NE-SW, com menor representatividade. Não foi possível estabelecer a ordem cronológica das estruturas.

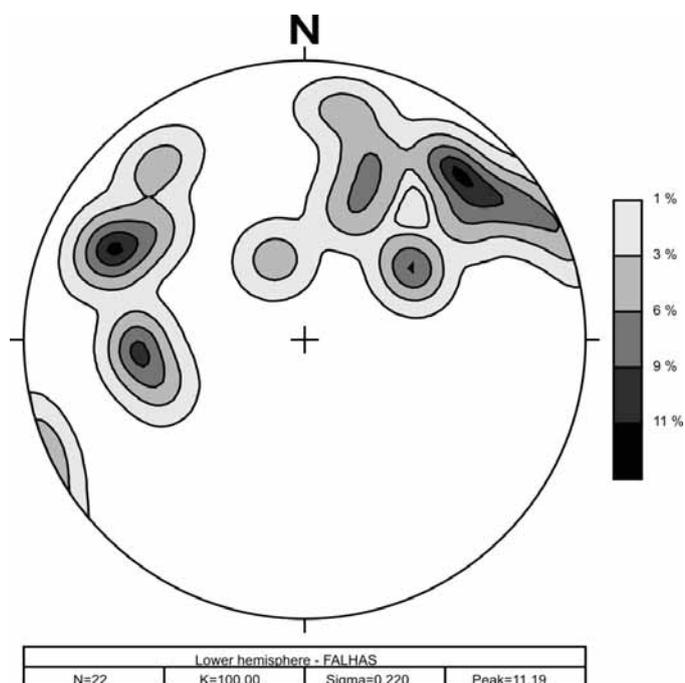


Figura 23: Estereograma de frequência das falhas reconhecidas ao longo do Lineamento Tibagi.

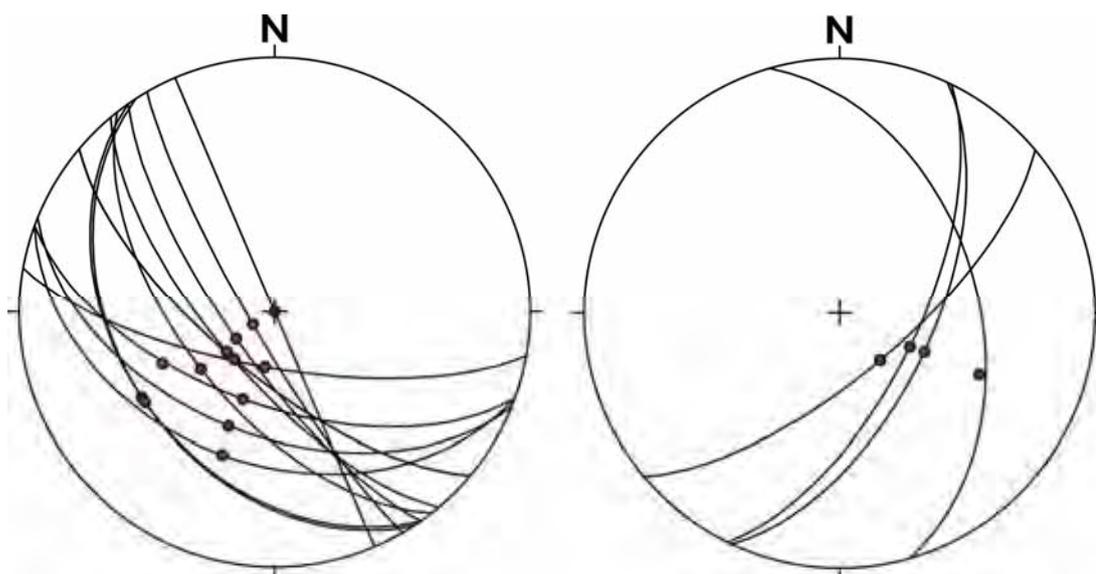


Figura 24: Estereograma com as projeções ciclográficas das falhas normais e respectivas estrias, formando dois conjuntos com direções bem definidas, principalmente quando é levada em conta a posição das estrias, indicando distensão NE-SW no conjunto de falhas da esquerda, e NW-SE nas falhas do diagrama a direita.

## 6.5 Interpretação sísmica

Para este trabalho, foram interpretadas 17 seções sísmicas, paralelas e perpendiculares à costa brasileira, obtidas junto ao BDEP/ANP.

Através da interpretação das seções sísmicas foi observado que a estruturação da Bacia é caracterizada majoritariamente por falhas normais que deram origem a *horstes* e *grábens*, sendo reconhecidas falhas antitéticas e sintéticas, conforme apresentado a seguir e nos anexos.

### 6.5.1- SEÇÕES SÍSMICAS DE DIREÇÃO DIP (ANEXOS 01 A 8)

As seções sísmicas de direção NW-SE são perpendiculares à linha de costa, de modo a mostrar o aporte sedimentar da Bacia de Pelotas, assim como a quebra da plataforma e o mergulho das camadas.

As seções cortam estruturas como a Zona de Falha do Rio Grande, Plataforma de Florianópolis e Zona de Fratura de Porto Alegre (Arco de Torres), evidenciando a influência destas na sedimentação da bacia.

As seções sísmicas apresentam falhas normais, mapeadas no Embasamento constituído pelo cinturão Dom Feliciano e topo do Rifte constituído por rochas da Formação Cassino, estas falhas geram grábens, como mostrado na Figura 25.

Nas seções 228-317 (Anexo 01), 228-0327 (Anexo 03) e 231-1355 (Anexo 06), é possível observar a ocorrência de SDR's (*seaward dipping reflectors*) que são feições estratigráficas, além de feições vulcânicas (cones vulcânicos) pertencentes à Formação Curumim que afetam os horizontes do Topo do Rifte e do Albiano em algumas seções sísmicas, (Figura 26), seções, 228-0326 (Anexo 02), 228-0327 (Anexo 03) e 231-1355 (Anexo 06), estas intrusões ocorreram principalmente na porção norte da bacia, com a reativação de lineamentos a noroeste, no Mioceno Inferior (Bueno *et al.*, 2007). O topo do Rifte apresenta grande quantidade de falhas, porém, em menor quantidade quando comparado com o topo do embasamento. As falhas interpretadas nestes dois horizontes raramente encontram-se reativadas.

O horizonte referente ao Albiano apresenta variação na espessura, sofrendo erosão em muitos casos como é possível observar em todos os anexos. Esta erosão é marcada também pelo truncamento de camadas do horizonte referente ao Albiano em *toplap* com o topo do horizonte e *downlap* das camadas sedimentares do horizonte Cretáceo Superior com o topo do Albiano. O horizonte referente ao Albiano é marcado pelas rochas das formações Curumin, Ariri e Porto Belo (apenas porção norte), Tramandaí e Atlântida.

O topo do Cretáceo Superior é marcado por rochas das formações Atlântida, Imbé, Tramandaí e Cidreira, apresentando falhas lítricas. O horizonte referente ao Eoceno é constituído pelas formações Imbé e Cidreira, o topo do Eoceno possui falhas lítricas (Anexo 02 e Figura 26), falhas em padrão dominó também foram identificadas no topo do Eoceno se prolongando para o horizonte referente ao Mioceno (Anexo 05 e Figura 27). Estas falhas associam-se a acomodação de pacote sedimentar superior a estes horizontes.

O horizonte referente ao Mioceno é constituído por rochas das formações Imbé e Cidreira, encontra-se muito perturbado (Figura 28 e Anexos 5 e 2), apresentando falhas do tipo lítricas, sintéticas e antitéticas provavelmente associadas à neotectônica.

De modo geral foram identificadas falhas sintéticas e antitéticas em todas as seções sísmicas do tipo *dip*. A partir do topo do Eoceno é possível identificar com maior facilidade cunhas clásticas progradantes que passaram por períodos retrogradacionais. Os topos dos horizontes referentes ao Cretáceo Superior e Eoceno representam eventos de erosão regional, já que neste período houve a fragmentação dos continentes. A espessura destes horizontes varia bastante como pode ser visto nas seções sísmicas de direção *dip* interpretadas. Estes eventos são facilmente identificáveis na carta estratigráfica da Bacia de Pelotas.

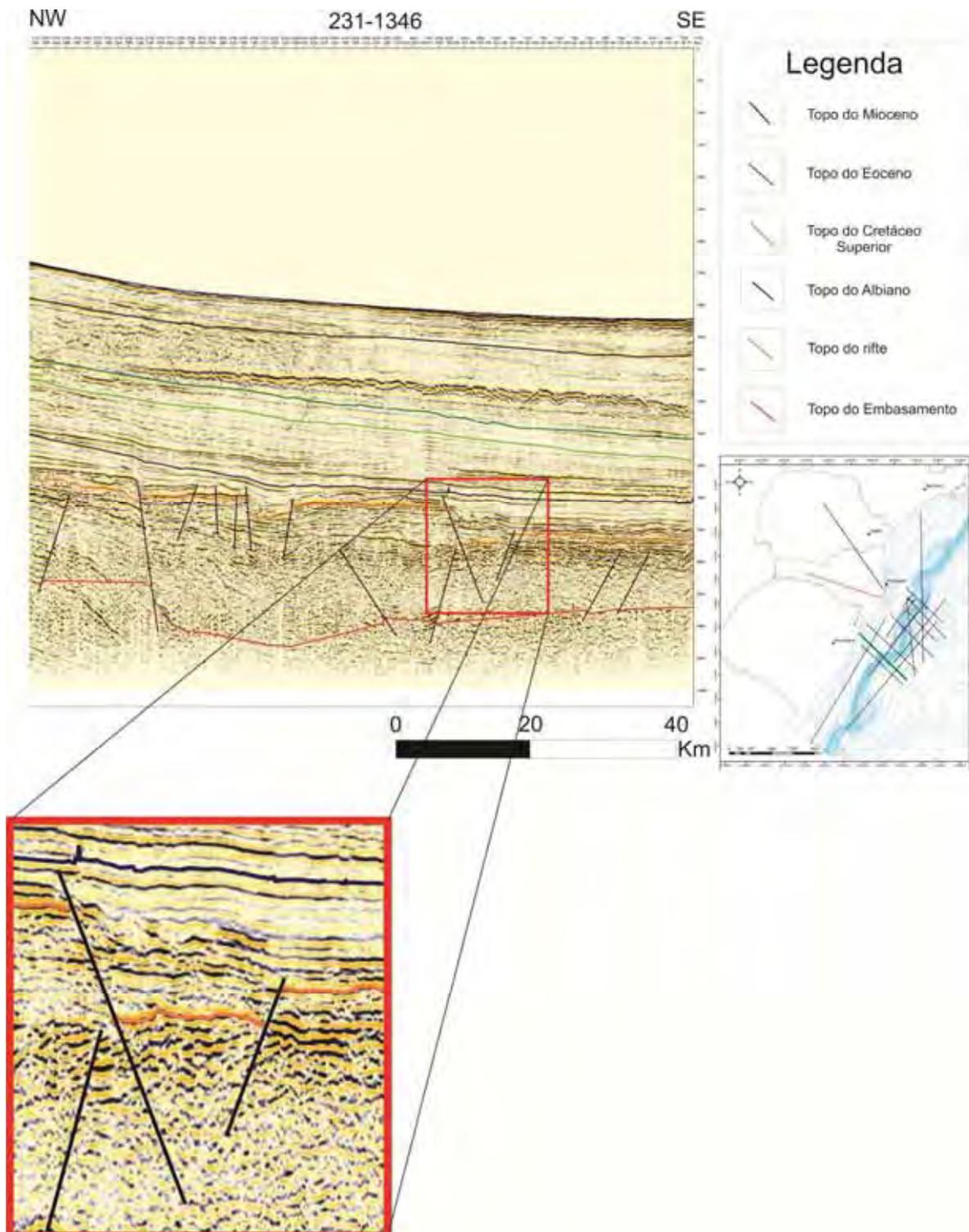


Figura 25: Falhas normais que geraram grábens como pode ser visto no retângulo em vermelho.

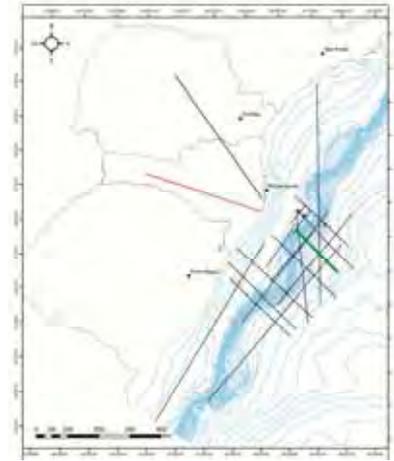
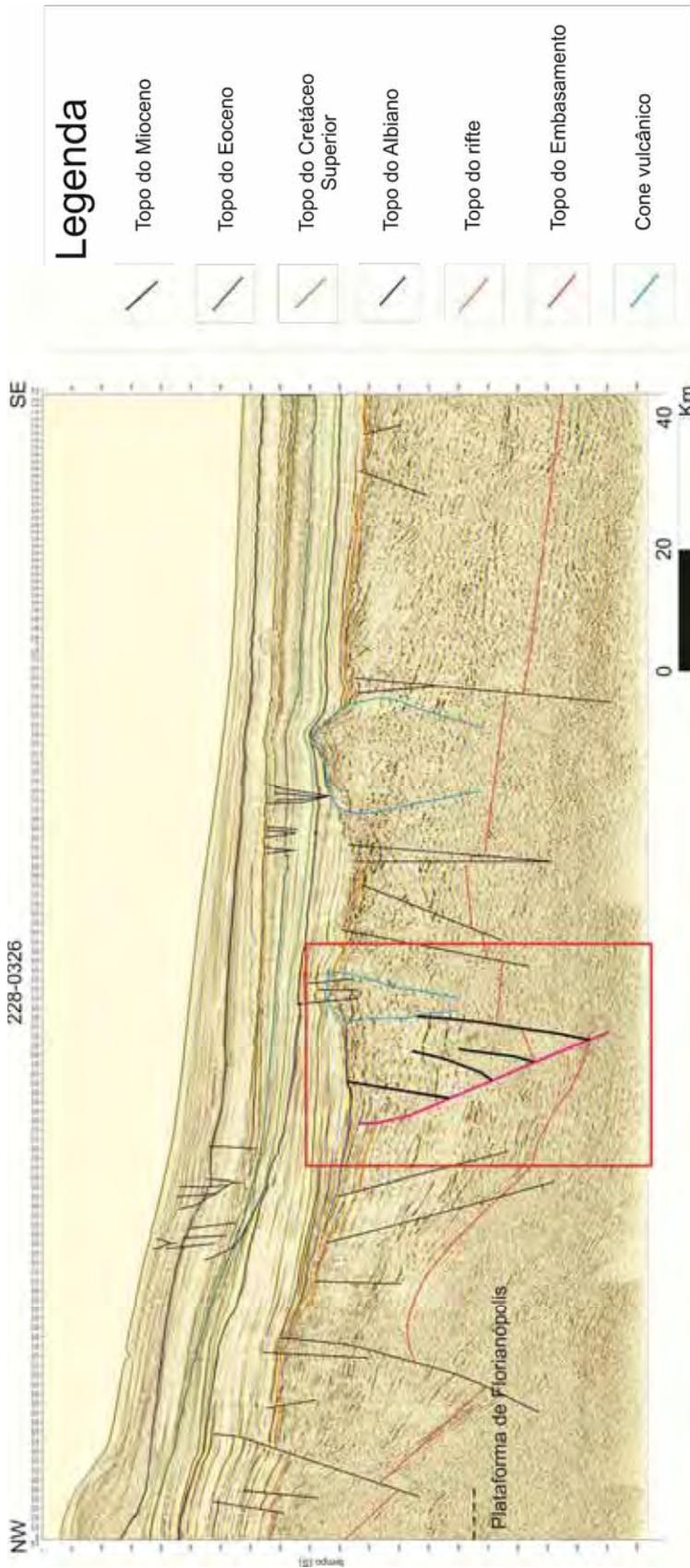


Figura 26: Seção sísmica com os horizontes Eoceno e Cretáceo Superior perturbados. Observar presença de falha lístrica que corta o topo do horizonte referente ao Cretáceo Superior e Eoceno. Falhas sintéticas e antitéticas também estão presentes indo do Topo do Embasamento ao Topo do Rifte como pode ser visto dentro do retângulo vermelho, falha rosa representa falha sintética, as falhas pretas são as falhas antitéticas.

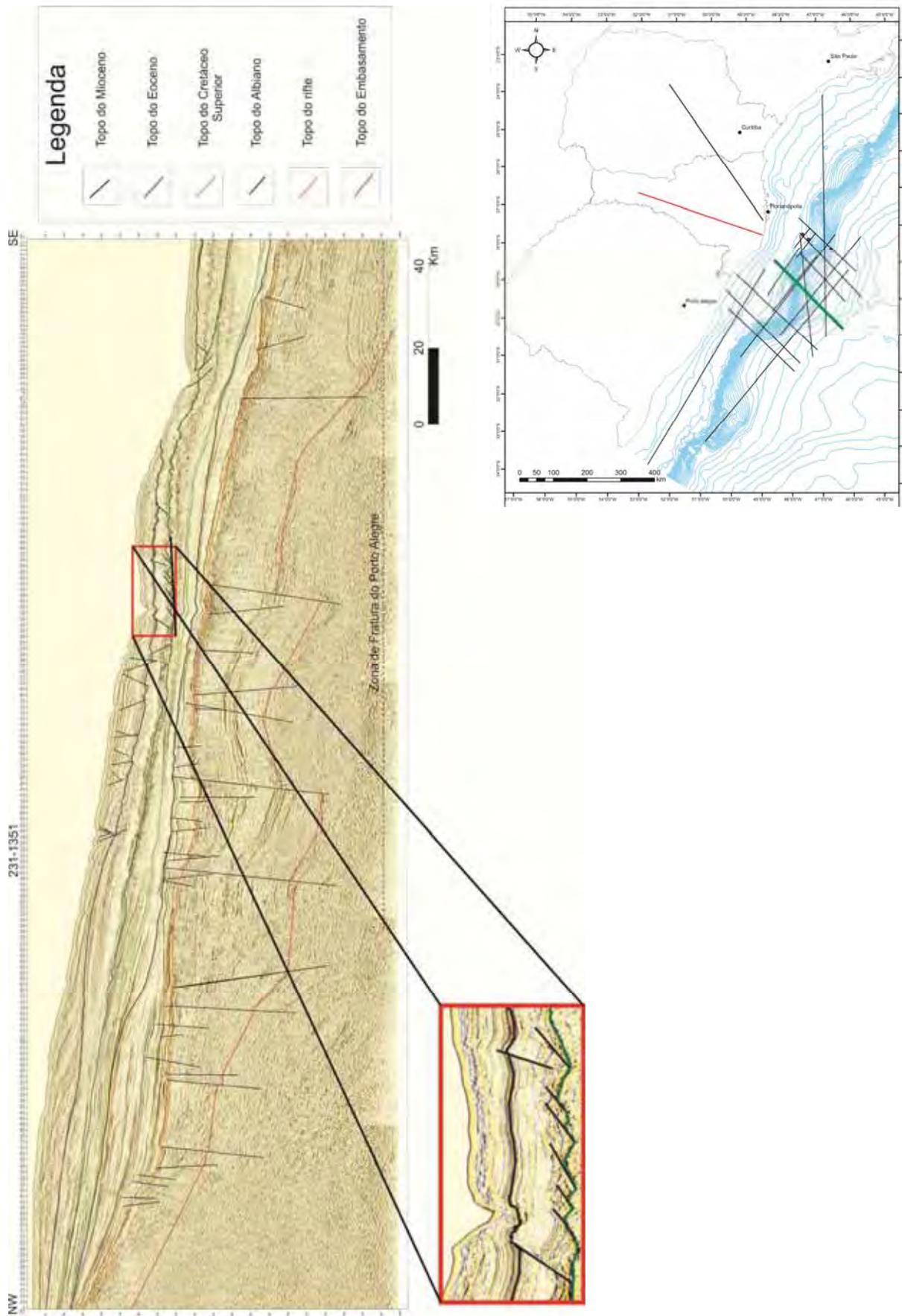


Figura 27: Detalhe da seção sísmica 231-1351, presente no anexo 05, que mostra as falhas em padrão dominó em destaque que se originam no topo do Eoceno, estando sob a influência da Zona de Fratura de Porto Alegre.

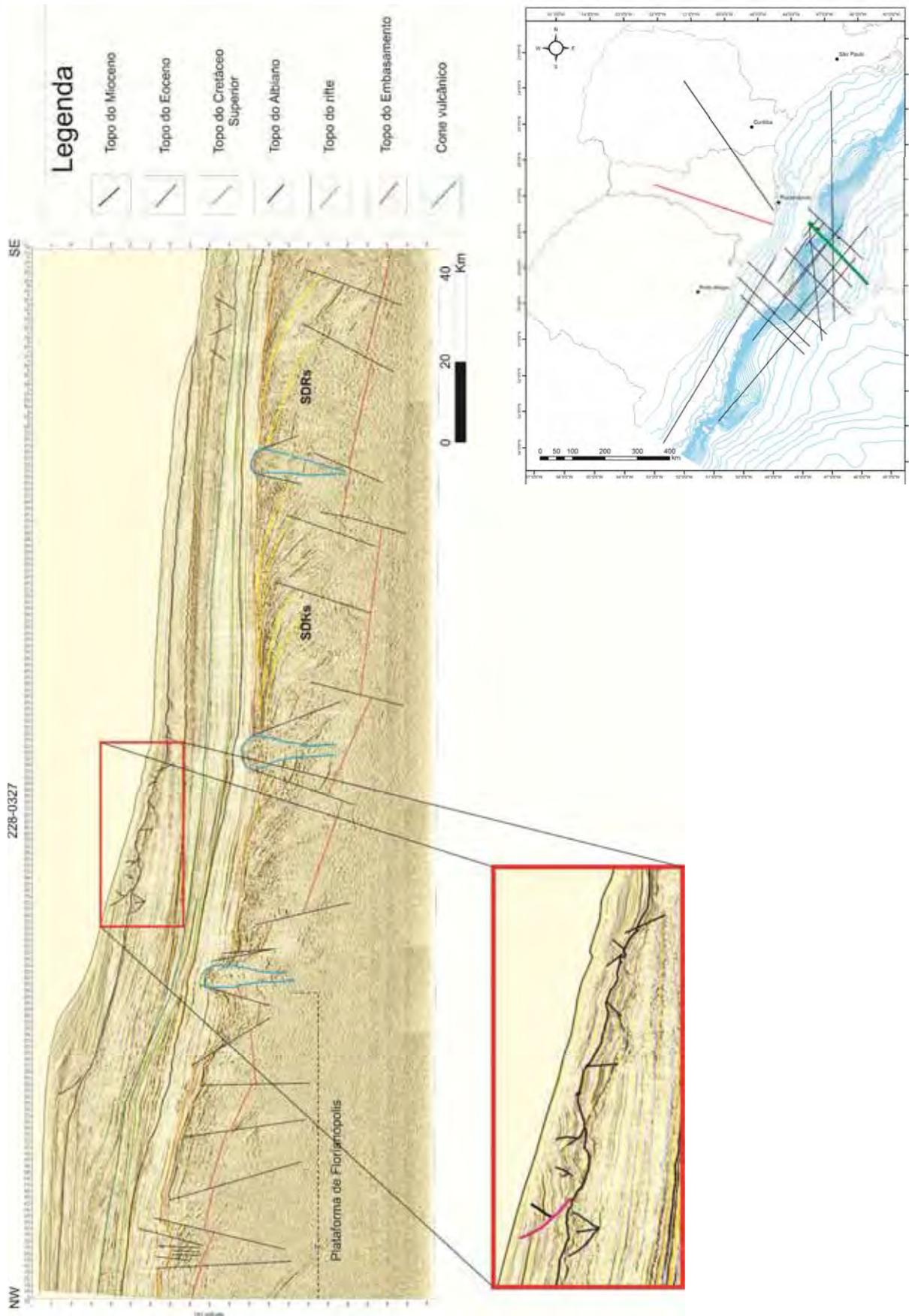


Figura 28: Seção sísmica com SDR's na cor amarela, localizadas em direção ao centro da bacia, cones vulcânicos, em azul, afetando o Topo do Rifte é possível visualizar a plataforma de Florianópolis na porção NW. O horizonte referente ao Topo do Mioceno encontra-se perturbado, como é possível visualizar no detalhe que mostra falha sintética em rosa e antitética em preto.

### 6.5.2- SEÇÕES SÍSMICAS DE DIREÇÃO STRIKE (ANEXOS 9 A 14)

As seções *strike* apresentam direção SW-NE, são subparalelas à linha de costa, evidenciando a espessura dos horizontes sem a influência das cunhas de sedimentação. Nesta direção feições do embasamento como o Arco de Torres e outras, são mais evidentes.

O Arco de Torres atua como um alto até o Albiano, separando a porção norte da porção sul, como é possível visualizar na seção sísmica 231-0498 (Figura 29 e Anexo 13). A camada sedimentar de idade Albiana é mais espessa na porção sul, porém sofre um leve processo de erosão. Na porção norte da bacia a erosão é facilmente identificada. O processo erosivo ocorreu através de eventos transgressivos que tiveram início no Coniaciano (Bueno *et al.* 2007).

As espessuras dos horizontes referentes ao Cretáceo Superior e ao Eoceno variam de 100 a 1000 milissegundos e 50 a 1700 milissegundos em todas as seções sísmicas interpretadas, porém, as camadas ao sul da Bacia de Pelotas apresentam maior espessura em relação às camadas da porção norte.

O topo do Mioceno encontra-se bastante falhado em direção ao centro da Bacia. Próximo ao continente, as falhas neste horizonte são praticamente ausentes, as falhas mapeadas são reflexo de processos de acomodação de sedimentos na porção do talude continental.

Os cones vulcânicos aparecem com menor frequência nestas seções, porém foram registradas nas seções sísmicas 231-0486 (Anexo 12), 239-369 (Anexo 07) e 231-498 (Anexo 13). Falhas normais foram encontradas em todas as seções sísmicas principalmente no topo do Embasamento e topo do Rifte, algumas destas falhas caracterizam *grabens* (Figura 29 e Anexo 13).

Na porção norte da bacia foi identificado uma sequência de *grabens* que estão posicionados na mesma direção da projeção do Lineamento Tibagi para a bacia *offshore* (Figura 30, Anexo 15). Estas estruturas foram identificadas nas seções sísmicas 228-0322, 231-0486 (anexo 12), 231-0498 (anexo 13), 231-1356 e 239-0368 (anexo 08).

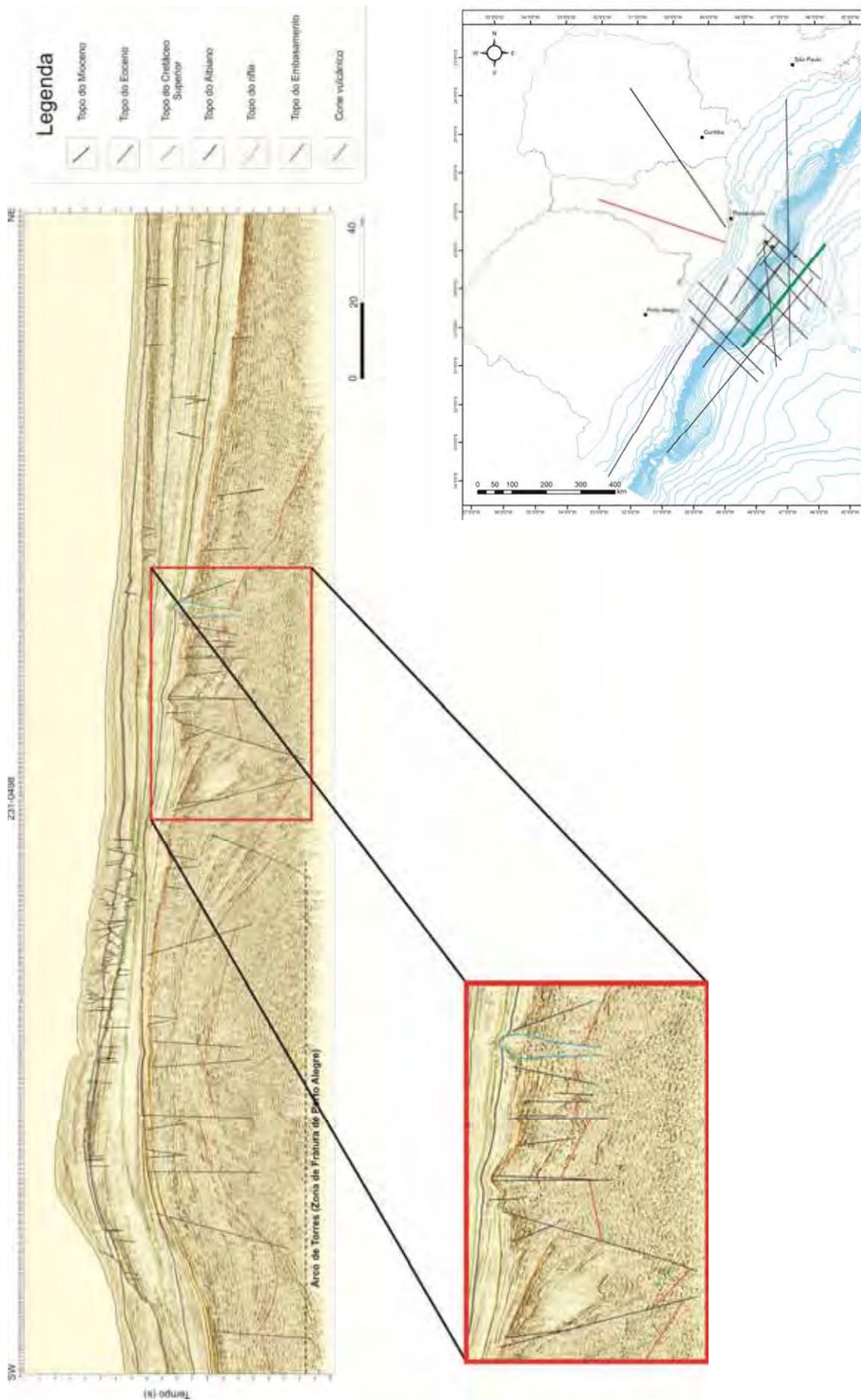


Figura 29: Estrutura mapeada na seção sísmica 231-0498, anexo 05, em detalhe é possível visualizar *gráben* e cones vulcânicos. Arco de Torres atua como um alto estrutural até o Albiano.

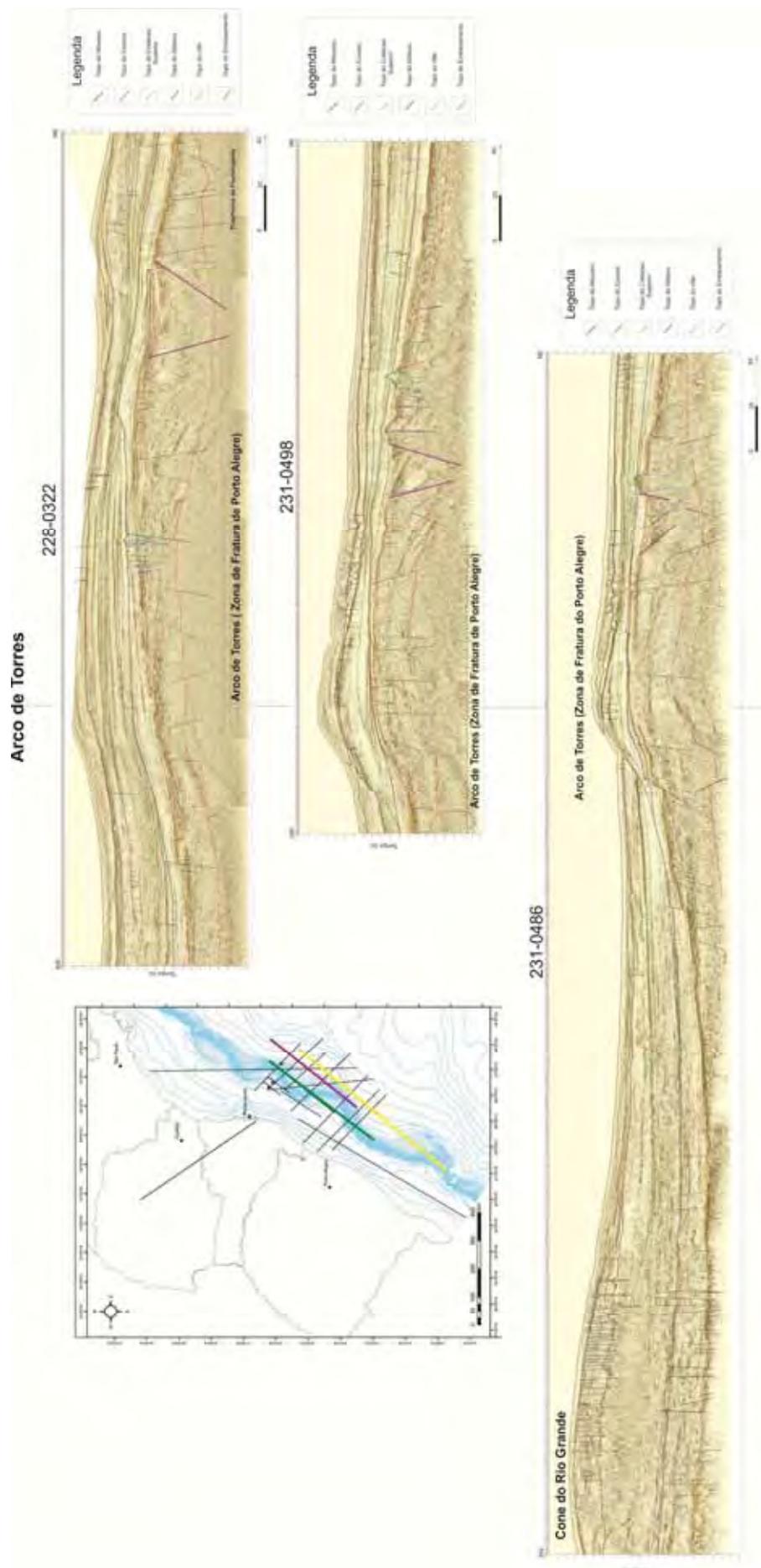


Figura 30: Correlação dos lineamentos a partir do alinhamento das seções sísmicas pelo Arco de Torres. Em roxo, *grabens* interpretados como decorrentes da influência do Lineamento Tibagi.

## 6.6 Mapas de contorno estrutural

Os mapas de contorno estruturais foram gerados para o reconhecimento da influência dos lineamentos continentais para dentro da Bacia de Pelotas. Foram gerados mapas referentes aos seis horizontes interpretados (Topo do Embasamento e Topo do Rifte, Figuras 31A e 31B; Topo do Albiano e Topo do Cretáceo Superior, Figuras 32A e 32B; Topo do Eoceno e Topo do Mioceno, Figuras 33A e 33B) nas seções sísmicas.

Através da análise de todos os mapas é possível visualizar que as estruturas mapeadas nos horizontes estão alongadas na direção NE-SW e possuem mergulho perpendicular a esta direção para SE.

No mapa de contorno estrutural referente ao Topo de Embasamento (Figura 31A) e Topo do Rifte (Figura 31B) é possível reconhecer a influência do Feixe de Lineamentos Tibagi na Bacia de Pelotas, evidenciado pela projeção do lineamento principal e de sua borda nordeste que delimita o Arco de Ponta Grossa como descrito por Hasui *et al.* (2012) para dentro da bacia. A projeção está alinhada com o adensamento das linhas do mapa de contorno estrutural, nas cores verdes para o mapa do Embasamento e em Azul no mapa do Topo do Rifte. Para o horizonte referente ao Topo do Rifte é possível verificar a região de baixo estrutural entre as projeções dos lineamentos.

O Arco de Torres também influencia na sedimentação e pode ser facilmente reconhecido nos mapas de contorno estrutural para todos os níveis estratigráficos interpretados, sendo identificado para as idades referentes ao Topo do Rifte (Figura 31), Topo do Cretáceo Superior (Figura 32) e Topo do Eoceno (Figura 33). O início da estruturação do Arco de Torres ocorreu após a separação dos continentes e se consolidou na fase Rifte, a estrutura permanece estática até o Eoceno, onde sofreu um deslocamento para SW a partir desta idade, desta forma, mostra-se assimétrico em relação ao alto principal identificado no embasamento.

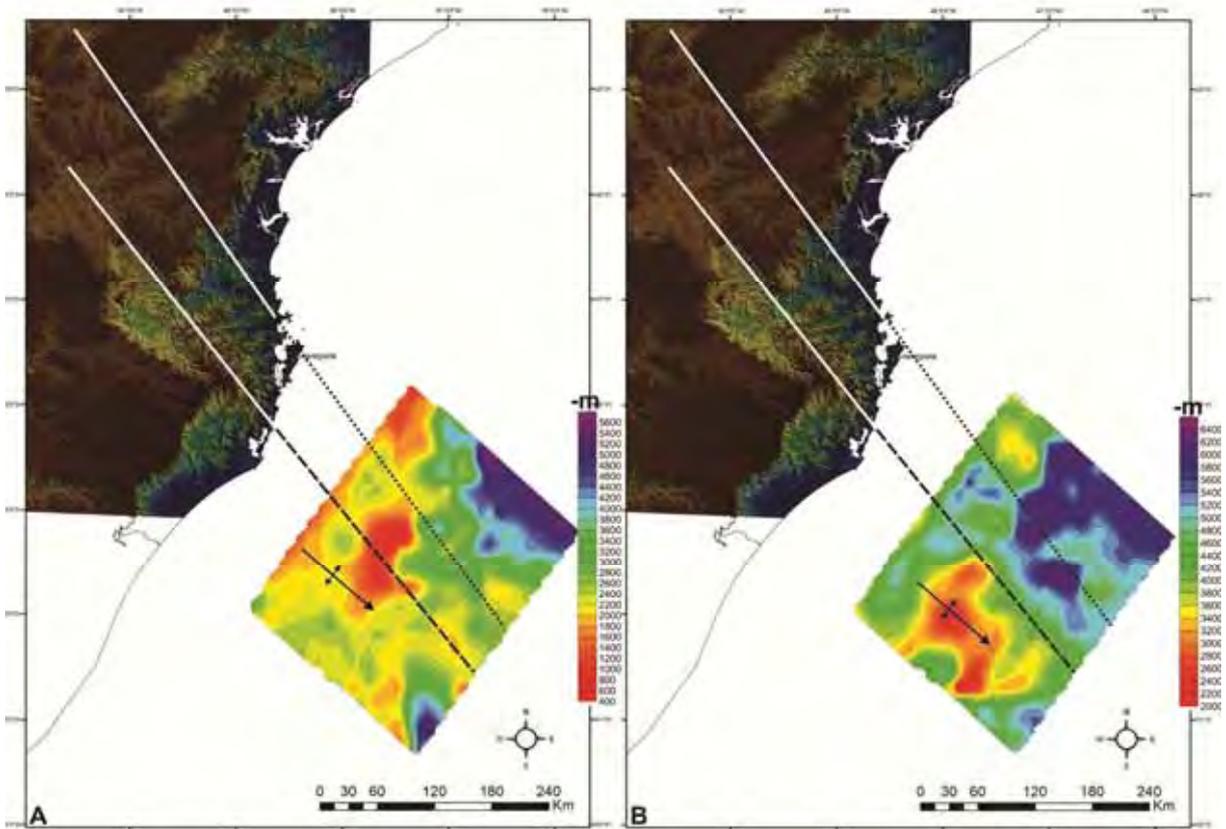


Figura 31: Na Bacia, mapa de contorno estrutural do Topo do Embasamento (A) e Topo do Rift (B). No continente, localização do Lineamento de Tibagi, com sua projeção para a bacia em pontilhado e “Sinclinal” de Torres. Escala vertical em metros negativos.

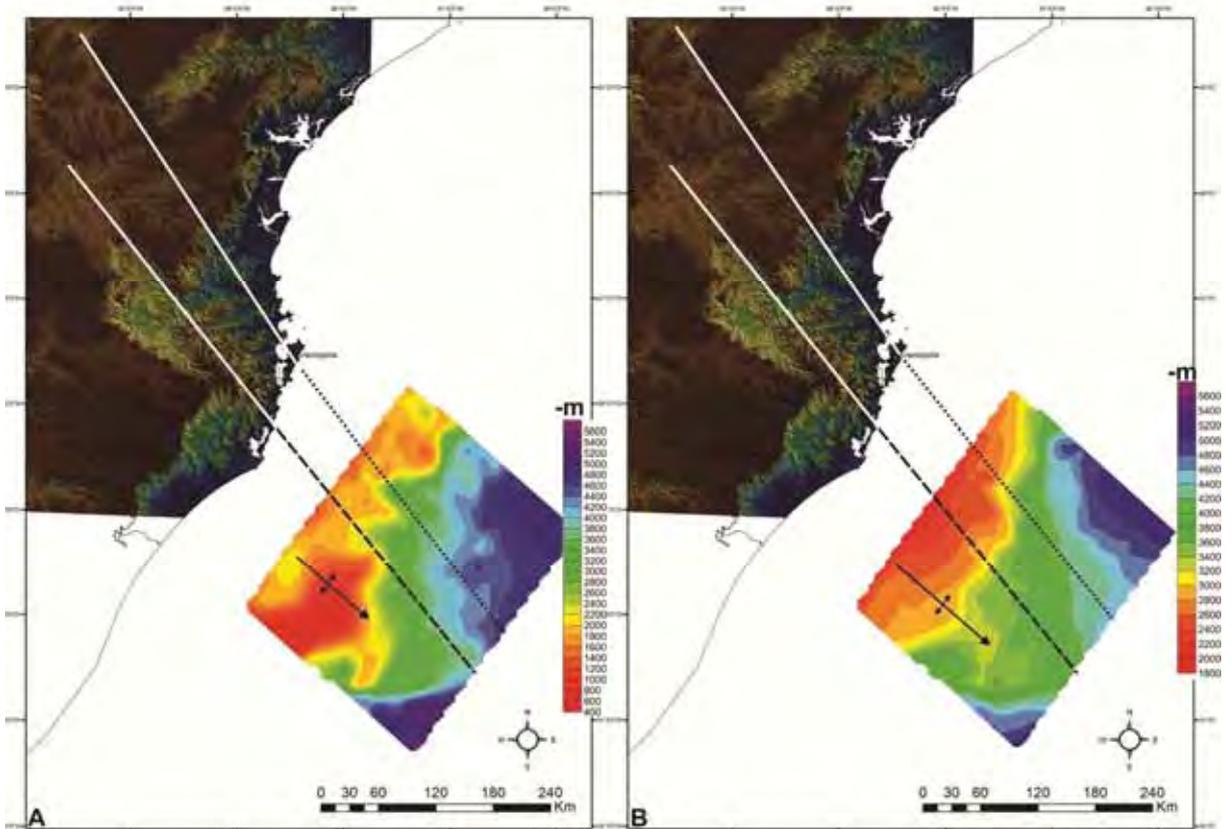
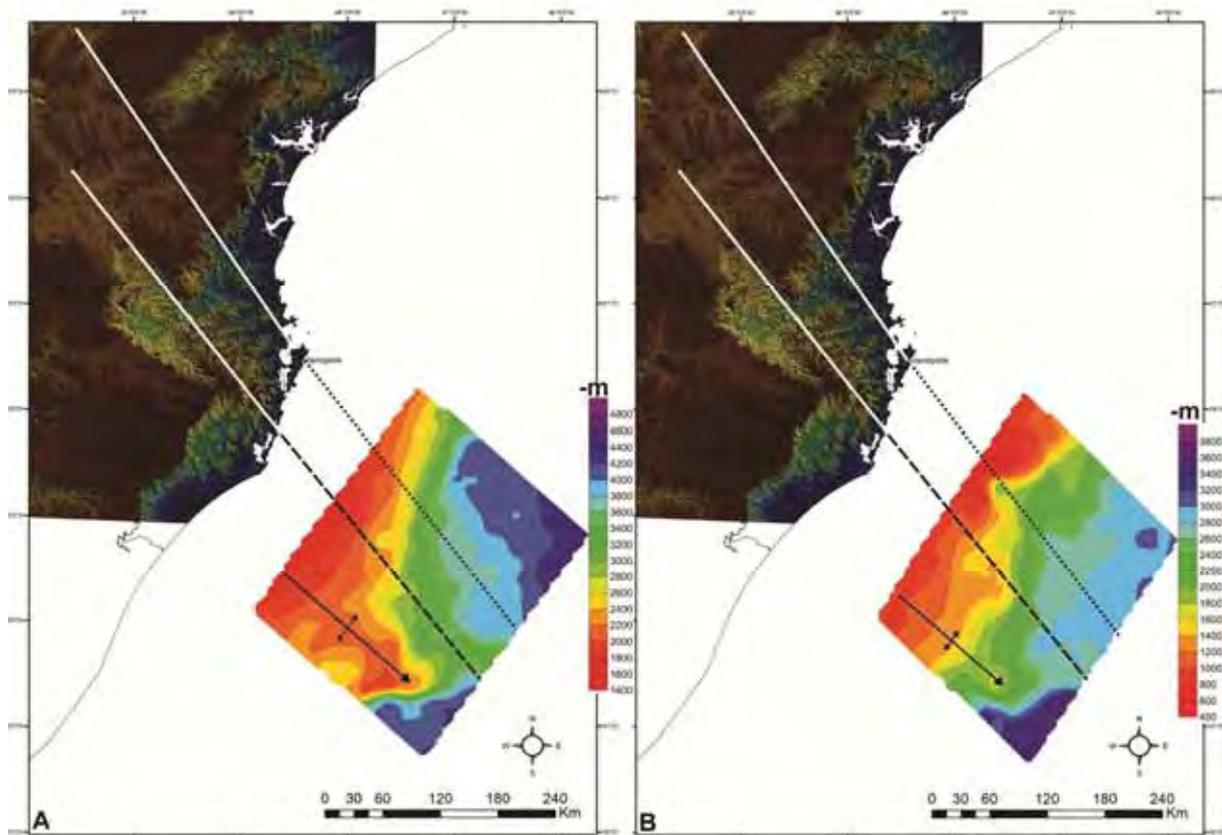


Figura 32: Na Bacia, mapa de contorno estrutural do Topo do Albiano (A) e Topo do Cretáceo Superior (B). No continente, localização do Lineamento de Tibagi, com sua projeção para a bacia em pontilhado e “Sinclinal” de Torres. Escala vertical em metros negativos.



**Figura 33:** Na Bacia, mapa de contorno estrutural do Topo do Eoceno (A) e Topo do Mioceno (B). No continente, localização do Lineamento de Tibagi, com sua projeção para a bacia em pontilhado e “Sinclinal” de Torres. Escala vertical em metros negativos.

## 7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi constatado por este trabalho, o Lineamento Tibagi é uma estrutura bem marcante na região continental, já que seus limites são bem definidos por drenagens e relevo de acordo com o que foi visto na imagem SRTM. Através de dados de campo constatou-se que na porção continental a estrutura é delimitada por falhas normais e constitui uma região com estruturas do tipo *gráben*.

Através da análise das seções sísmicas de orientação paralela a linha de costa foi visualizada uma sequência de *grábens* que se destaca no horizonte do Topo do Embasamento e que afetou o horizonte do Topo do Rifte sendo que em alguns casos isolados o Topo do Albiano. Com o alinhamento das seções sísmicas (228-0322, 231-0498 e 231-0486 Anexo 15) pelo Arco de Torres foi visualizada uma sequência de *grábens* apresentando orientação NW-SE alinhados. A projeção do Lineamento Tibagi para a Bacia de Pelotas corresponde a esta sequência de *grábens*.

Através dos mapas de contorno estrutural do Topo do Embasamento e Topo do Rifte observou-se a presença de um adensamento das isolinhas na direção NW-SE adjacente ao Lineamento Tibagi interpretado na porção continental. O lineamento não foi localizado em

mapa aeromagnetométrico, porém em mapa gravimétrico ele está presente, indicando que possui projeção em profundidade.

O “Sinclinal” de Torres é uma estrutura que não foi identificada no mapa gravimétrico e está ausente no mapa aeromagnetométrico, além disso, a sua identificação na imagem SRTM foi difícil de ser realizada. Na porção *offshore* foi identificado um alto estrutural conhecido como Arco de Torres, adjacente ao “Sinclinal” de Torres. O Arco de Torres teve sua estruturação completa até a fase Rifte, condicionando a sedimentação das camadas sedimentares superiores.

Por não ser identificado em mapa aerogravimétrico o “Sinclinal” de Torres pode ser considerada uma estrutura pouco profunda. De acordo com informações verbais de Souza (2012) esta estrutura é identificada em mapa de isópacas do topo dos derrames de basaltos Mesozóico, como pode ser visto na Figura 34, este fato explica a ausência da estrutura em mapa aerogravimétrico. A Figura 35 representa uma seção geológica da área do Sinclinal.

Através da integração de imagem SRTM, mapas de contorno estrutural, mapa gravimétrico, mapa geológico e interpretação sísmica foi possível provar que o Lineamento Tibagi apresenta continuidade em profundidade na porção continental e que esta estrutura possui projeção para a porção *offshore* adjacente ao continente, como foi constatado por seções sísmicas e mapa de contorno estrutural.

Além da projeção do Lineamento Tibagi, foi constatada a presença de feições vulcânicas próximo à Plataforma de Florianópolis, estas feições afetam os horizontes do Rifte, Albiano e com menor frequência os horizontes do Cretáceo Superior. Estas feições podem ser representar a Formação Curumim ou intrusões que ocorreram com a reativação de lineamentos a noroeste, no Mioceno Inferior assim como descrito por Bueno (2007).

Os horizontes referentes ao Topo do Mioceno, Topo do Cretáceo e Topo do Eoceno encontram-se falhados devido à ação da neotectônica, relacionada ao grande aporte de sedimentos em um curto intervalo de tempo. Este aporte sedimentar gerou falhas lítricas, sintéticas e antitéticas, além de falhas normais e em padrão dominó.

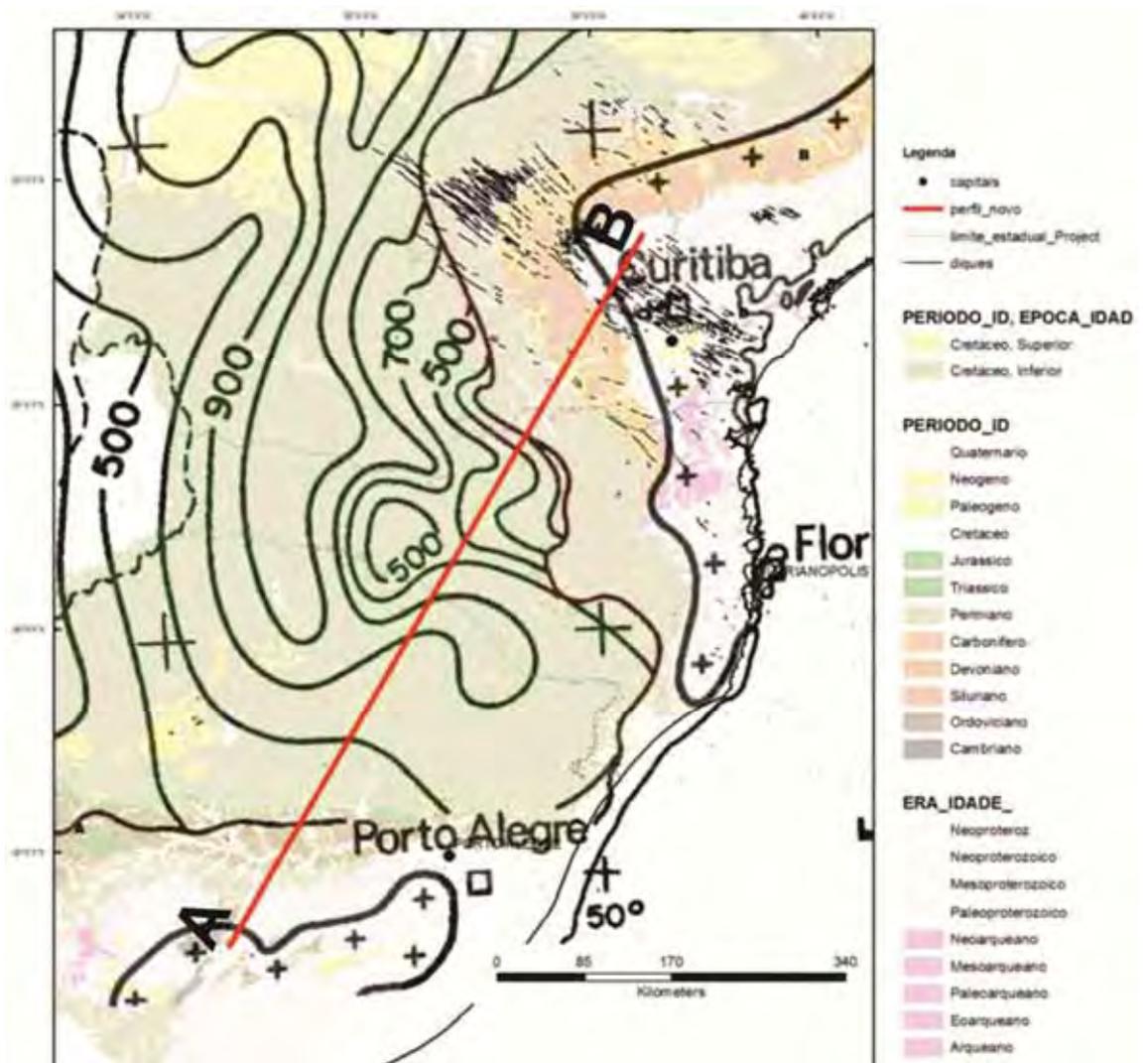


Figura 34: Mapa de isópacas do topo dos derrames mesozóicos integrado ao mapa geológico na escala 1:1.000.000 da base da CPRM (Soares *et al.* 2012).

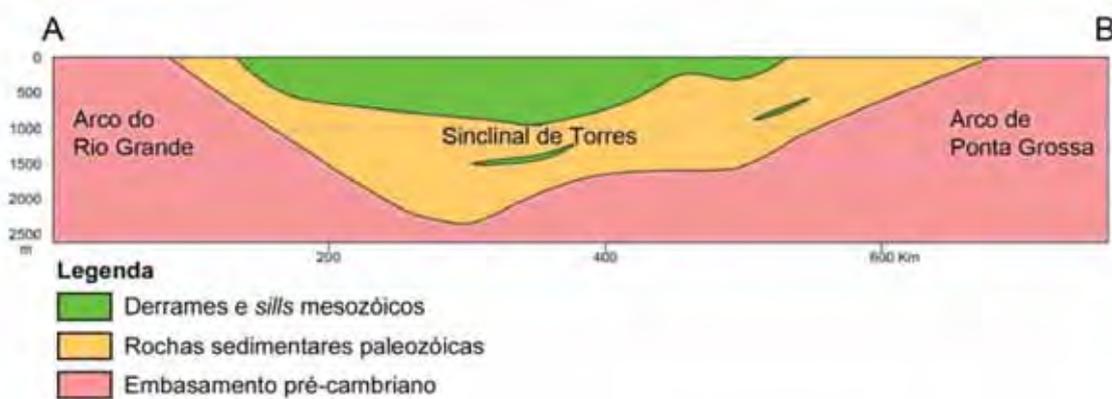


Figura 35: Seção geológica para a região do “Sinclinal” de Torres (Soares *et al.* 2012)

## 8. BIBLIOGRAFIA

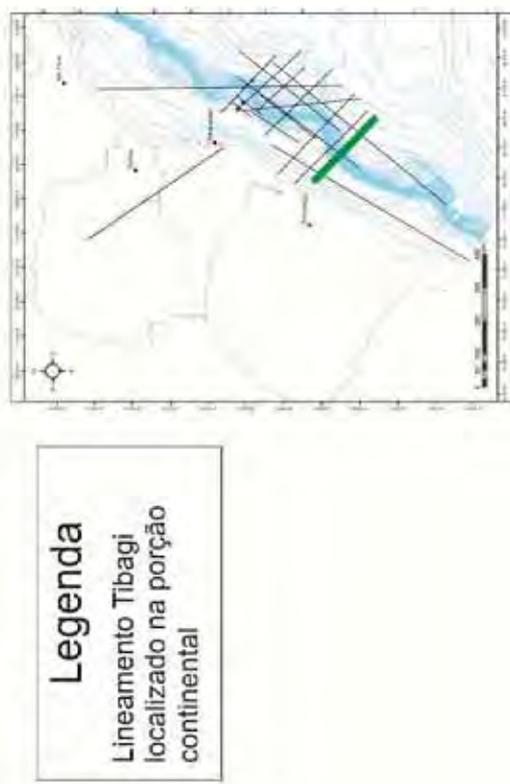
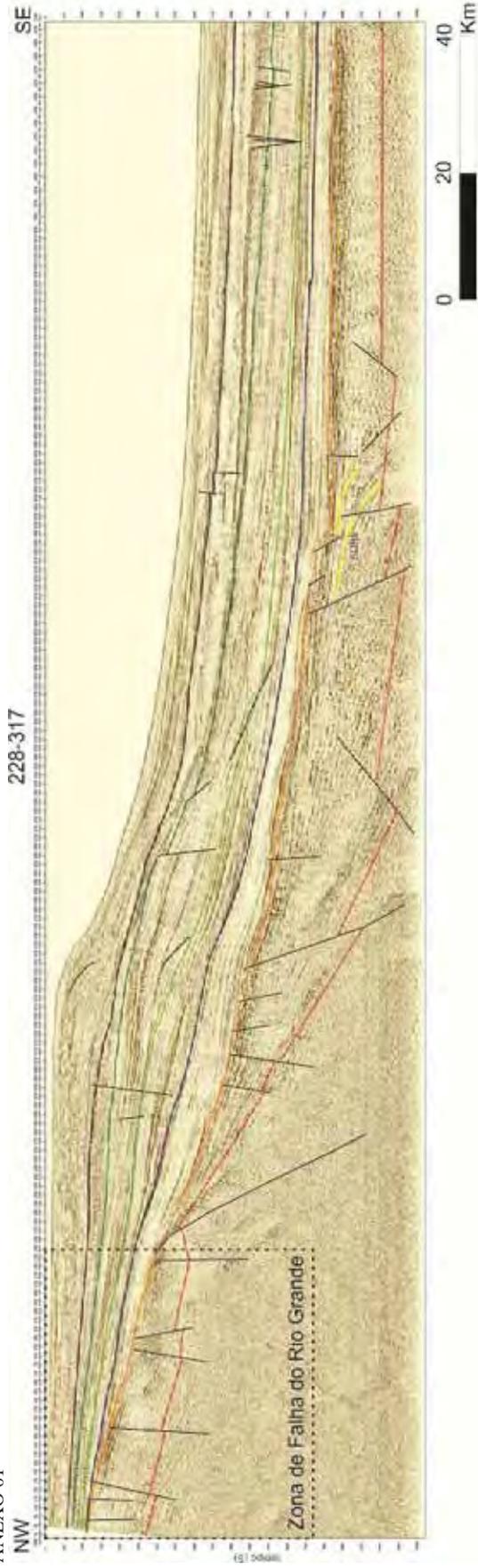
- Almeida, F.F.M. 1969. Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 23, Salvador, Anais, v.1, p.29-46.
- Almeida, F.F.M. 1976. The System of Continental Rifts Bordering the Santos Basin, Brazil. An. Acad. Brasil. Ciênc., 48 (Supl.), p. 15-26.
- Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências. v.7. p. 349-364.
- Almeida, F.F.M., Amaral G., Cordani U.G., Kawashita K. 1973. The Precambrian evolution of the south american cratonic margin south of Amazon river. In: E.M. Nairn & F.G. Stehli (eds.) The ocean basins and margins. Plenum, New York, p. 411-446.
- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R.A. 1981 Brazilian structural provinces: una introduction. Earth Science Reviews, v. 17, pp. 1-29.
- Almeida, F.F.M. DE; Carneiro, C.D.R. & Mizusaki, A.M.P. 1996. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes. Revista Brasileira de Geociências, v. 26, n.3, p. 125-138.
- Alves, E.C. 1981. Estruturas da margem continental sul brasileira e das áreas oceânicas e continentais, adjacentes. In: Asmus (Ed). Estruturas e tectonismo da Margem Continental Brasileira, e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES/DINTEP. Série REMAC 9, p. 187-269.
- Amaral, G.; Cordani, V.G.; Kawashita, K.; Reynolds, J.H., 1967. Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brasil. Geoch. Cosmoch. Acta, n. 31, p. 117-142.
- Anjos, G. de S. dos., 2004. Bioestratigrafia (Foraminífera) do Mioceno-Plioceno da Plataforma de Florianópolis, porção setentrional da Bacia de Pelotas. 86p. Dissertação de Mestrado em Ciências – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Asmus, H.E. & Paim, P.S.G. 1986. Condicionamento geológico na evolução da planície costeira sul-rio-grandense. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia, Anais... Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1.
- Basseto, M., Alkimin, F.F., Szatimari, P. Mohriak W. 2000. The ocean segment of the southern brazilian margin: morpho-structural domains and their tectonic significance. In: Mohriak, W. and Talwani, M., eds. Atlantic Rifts and Continental Margins. Geophysical Monograph 115. America Geophysical Union.
- Bueno, G.V. *et al.*, 2007 Bacia de Pelotas. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p.551-559.
- Chang, H.K, Kowsmann, R.O, Figueiredo, A.M.F & Bender, A.A., 1992. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift System: An Overview. Tectonophysics, 213, p. 97-138.

- Cordani, U. G.; Amaral, G. C. & Kawashita, K. 1973. The Precambrian Evolution of South America. *Geol. Rund.*, 62(2): 309-317
- Corrêa, T.B.S., 2004. Evolução espaço-temporal dos principais depocentros da sequência sedimentar marinha da Bacia de Pelotas. 45p. Monografia de Bacharel em Oceanografia – Instituto de Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 20/12/04.
- Dias, J. L.; Sad, A. R. E.; Fontana, R. L. & Feijó, F. J., 1994. Bacia de Pelotas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p. 235-245.
- Dourado, J.C. Sísmica de Reflexão 3 – A Seção Sísmica, aula 8, p. 1 a 8, revisão 2001. Disponível em: <[http://www.geologia.ufpr.br/graduacao/geofisica2007/reflexao3\\_aula8.pdf](http://www.geologia.ufpr.br/graduacao/geofisica2007/reflexao3_aula8.pdf)>. Acesso em: 2 fev. 2009.
- Fonseca, V. P. da., 2006. Estudos Morfotectônicos Aplicados à Planície Costeira do Rio Grande do Sul e Adjacências. 2006. 309p. Tese de doutorado em Geologia Marinha – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, janeiro/2006.
- Fontana, R.L. 1990a. Investigações geofísicas preliminares sobre o Cone do Rio Grande, Bacia de Pelotas, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, v. 13, n. 6, p. 161-170.
- Fontana, R.L., 1990b. Desenvolvimento termomecânico da Bacia de Pelotas e parte sul da Plataforma de Florianópolis. In: Gabaglia, G.P.R.; Milani E.J. (Ed.). *Origem e evolução de Bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1990b, p.377-400.
- Fontana, R. L. 1996. Geotectônica e sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas, Plataforma de Florianópolis. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 214 p.
- Gamboa, L.A.P. & Rabinovitch, P.D. 1981. The Rio Grande fracture zone in the western South Atlantic and its tectonics implications. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 52:410-418.
- Gonçalves, A.; Oliveira, M.A.M.; Mota, S.O.M., 1979. Geologia da Bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, v. 22, n. 3, p. 155-226.
- Hasui Y., Oliveira, M. A. F. de., 1984. Província Mantiqueira. Setor Central. In: F. F. M. de Almeida, Y. Hasui. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Blucher, p. 308-344.
- Hasui Y., 2010. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 29, n. 2, p. 141-169.
- Hasui, Y; *et al.*, 2012. Projeto Rifte: “Estudos estruturais e paleotectônicos dos riftes na margem continental entre as Bacias Espírito Santo a Pelotas, construção da base de tecnologia de informação, georreferenciamento dos produtos integrados e sua preparação para a base de dados VGE e SIGEO.” Volume I e II, 560p. UNESP, Relatório Interno.
- Heilbron, M., Mohriak, W., Valeriano C.M., Milani, E., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M., 2000. From collision to extension: the roots of the south-eastern continental margin of Brazil. In: Talwani & Mohriak (eds) *Atlantic Rifts and Continental Margins*. American Geophysical Union, *Geophysical Monograph Series*, 115:1-34.

- Heilbron, M., Pedrosa-Soares, A.C., Campos Neto, M., Silva, L.C., Trouw, R.A.J.; Janasi, V.C. 2004. A Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (Eds.). O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Ed. Beca, cap. XIII, p. 203-234.
- Kowsmann, R.O., Francisconi, O., 1974. Leyden, R., Refração sísmica marinha nas Bacias de Pelotas, Santos sul e na Plataforma de Torres. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 28, Anais... Porto Alegre: SBG, v. 3, p. 283-295.
- Luiz, J.G. & Costa e Silva, L.M., 1995. Geofísica de Prospecção. Ed. Univ. UFPA, Belém, 311 p.
- Machado, N.; Schrank, A.; Noce, C. M.; Gauthier, G., 1996. Ages of detrital zircon from archaean- paleoproterozoic sequences: implications for green- stone belt setting and evolution of a transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. Earth Planetary Science Letters, v. 141, p. 259-276.
- Martins-Neto, M. A., Falkenhein, F.U.H., Cupertino, J. A., Marques, E.J.J., Bueno, G. V., Porsche, E., Barbosa, M.S.C., Gomes, N.S. & Leite, M. G. P., 2006. Breakup propagation in Pelotas Basin, southern Brazil. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 43., Aracaju. Anais. Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 2006. v. 1, p. 13.
- Milani, E. J., França, A. B., Schneider, R. L., 1994. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p.69-82, jan./ mar.
- Milani, E.J., Brandão, J.A.S.L.; Zalán, P.V. & Gamboa, L.A.P., 2000. Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas. Revista Brasileira de Geofísica, v. 18, n.3, p. 351-396.
- Milani, E.J., 2004 Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.R., Brito Neves, B.B. (Orgs.). Geologia do Continente Sul-Americano - Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca, p 265 – 279. 2004.
- Milani, E.J.; Melo, J.H.G. de; Souza, P.A. de; Fernandes, L.A.; França, A.B., 2007. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 265 – 287, maio/nov.
- Miranda, L.O.S. 1970. Geologia das bacias na Plataforma Sul-Brasileira. In: congresso brasileiro de geologia, 24, Anais... Brasília: SBG, p.129-140.
- Mizusaki, A.M.P., Gomes, R., 1986. As rochas ígneo-básicas como reservatório do campo de Badejo, Bacia de Campos. In: 3 Congresso Brasileiro do Petróleo, 1986, Rio de Janeiro. Anais IBP. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Petróleo, p. 1-1.
- Rosa, A.R., 2007. Interpretação sísmo-estratigráfica da porção da Bacia de Pelotas que engloba o Cone do Rio Grande e a avaliação do seu potencial petrolífero. 283p. Tese de Doutorado em Engenharia de reservatório e de Exploração de Petróleo - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Macaé, RJ.

- Rosa, M.L.C., 2009. Análise gravimétrica e magnetométrica da região sul da Província Costeira do Rio Grande do Sul, setor sudoeste da Bacia de Pelotas. 79p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PortoAlegre, RS.
- Silveira, D.P.; Machado, M.A.P., 2004. Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia de Pelotas. Aracaju: Fundação Paleontológica Phoenix. (Séries Bacias Sedimentares, ano 6, n. 67).
- Soares, A. V. Jr., Machado, F. B., Fernandes, M. A., Souza, I. A., Hasui, Y., Morales, N. 2012. Compartimentação estrutural do sinclinal de torres e espessura crustal da região entre os arcos de ponta grossa e rio grande a partir de gravimetria. In. 46º Congresso Brasileiro de Geologia, resumo.
- Tomazelli, L.J.; Villwock, J.A. 2004 O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: Holz, M., de Rios, L.F. (Eds.). Geologia do Rio Grande do Sul. Ed. Universidade/UFRGS. p.375-406. Porto Alegre.
- Tomazelli, L.J.; Villwock, J.A., 2005. Mapeamento Geológico de Planícies Costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. Gravel, Porto Alegre, n. 3, p. 109-115, Nov.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J., 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 8: 1-45.
- Vitarello, I., Padilha, A. L., 2000. Mapping of high electrical conductivity on the Torres Syncline hinge, southeastern Paraná Basin. Rev. Bras. Geociências, São Paulo. V. 30, n. 3, p. 535-537.
- Zalán, P.V., Wolff, S., Conceição, J.C. de J., Marques, A., Astolfi, M.A.M., Vieira, I.S., Appi, V.T., Zanutto, O.A., 1990. Bacia do Paraná. In: Gabaglia, G.P.R.; Milani E.J. (Ed.). Origem e evolução de Bacias sedimentares. Rio de Janeiro: PETROBRAS, p. 135 – 166.

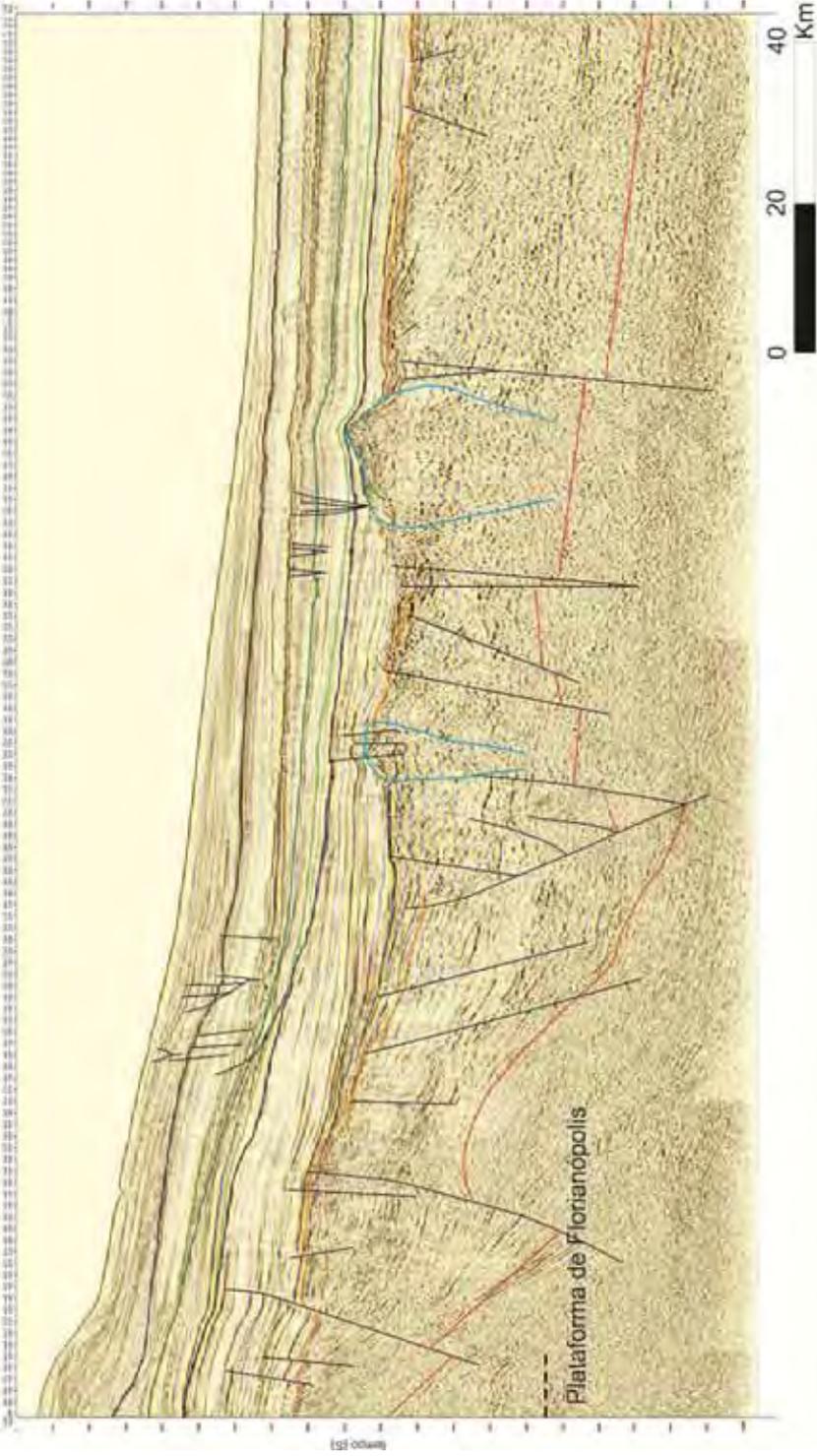
## **ANEXOS**



228-0326

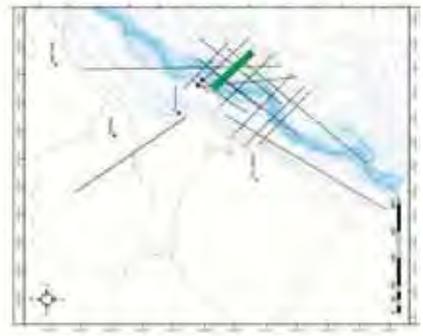
SE

NW

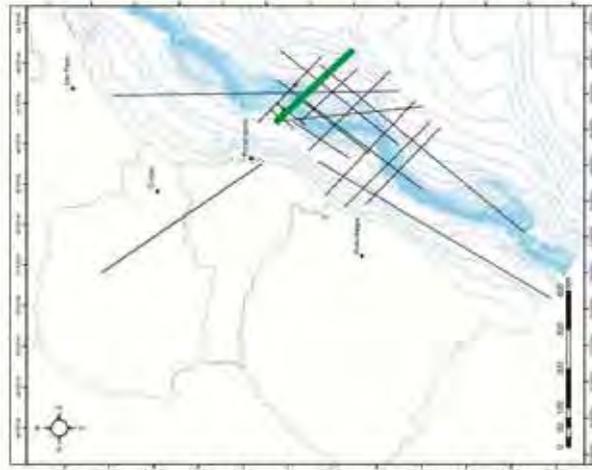
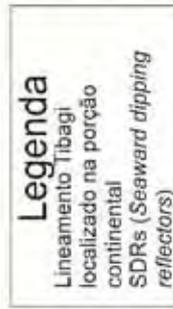
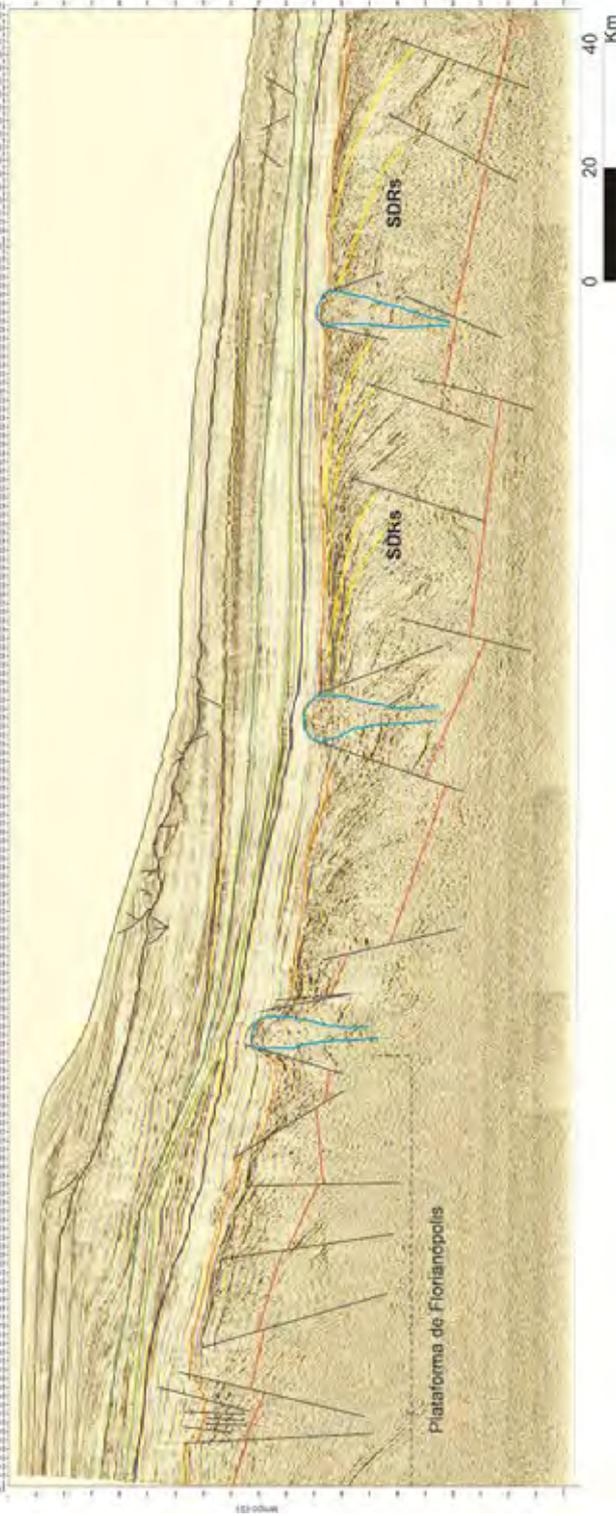


### Legenda

- Topo do Mioceno
- Topo do Eoceno
- Topo do Cretáceo Superior
- Topo do Albiano
- Topo do rifte
- Topo do Embasamento
- Cone vulcânico



- ### Legenda
- Lineamento Tibagi localizado na porção continental



231-1346

SE

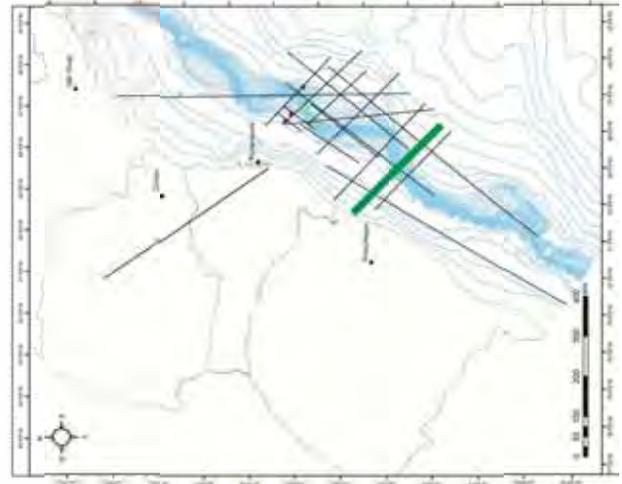


### Legenda

- Topo do Mioceno
- Topo do Eoceno
- Topo do Cretáceo Superior
- Topo do Albiano
- Topo do rifte
- Topo do Embasamento

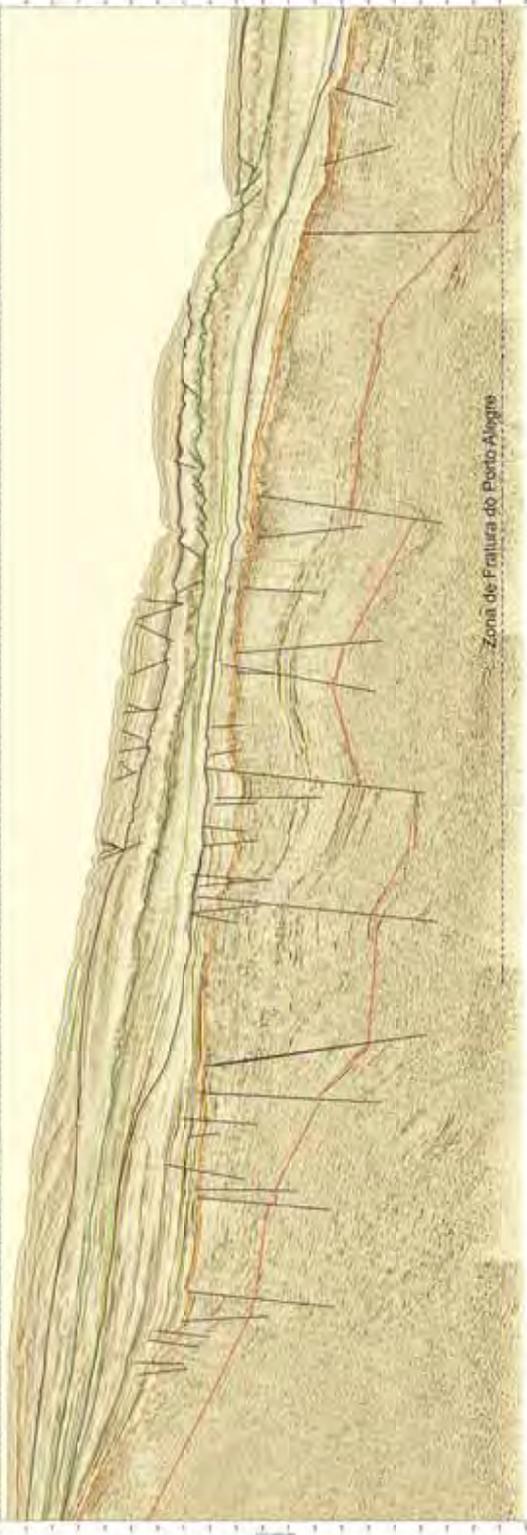
### Legenda

Lineamento Tibagi  
localizado na porção  
continental



231-1351

SE



Zona de Falha do Porto-Algre

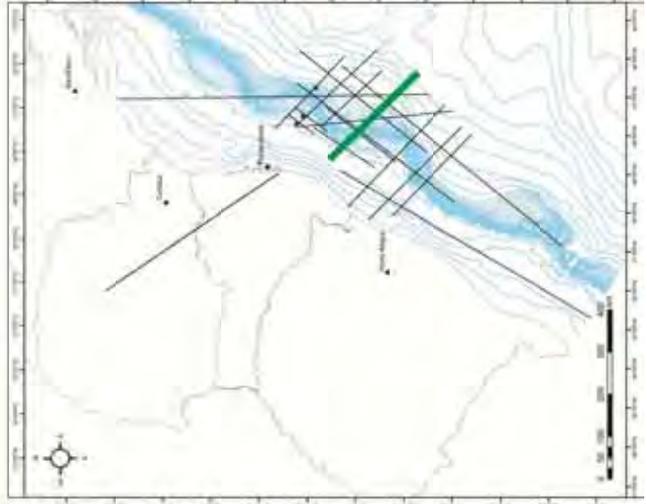


### Legenda

- Topo do Mioceno
- Topo do Eoceno
- Topo do Cretáceo Superior
- Topo do Albiano
- Topo do rifta
- Topo do Embasamento

### Legenda

Lineamento Tibagi  
localizado na porção  
continental

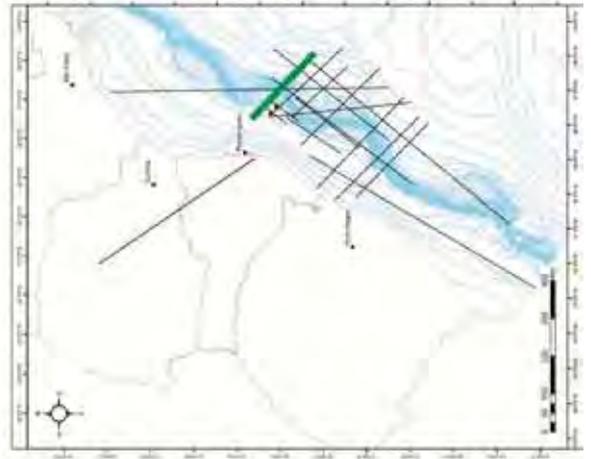


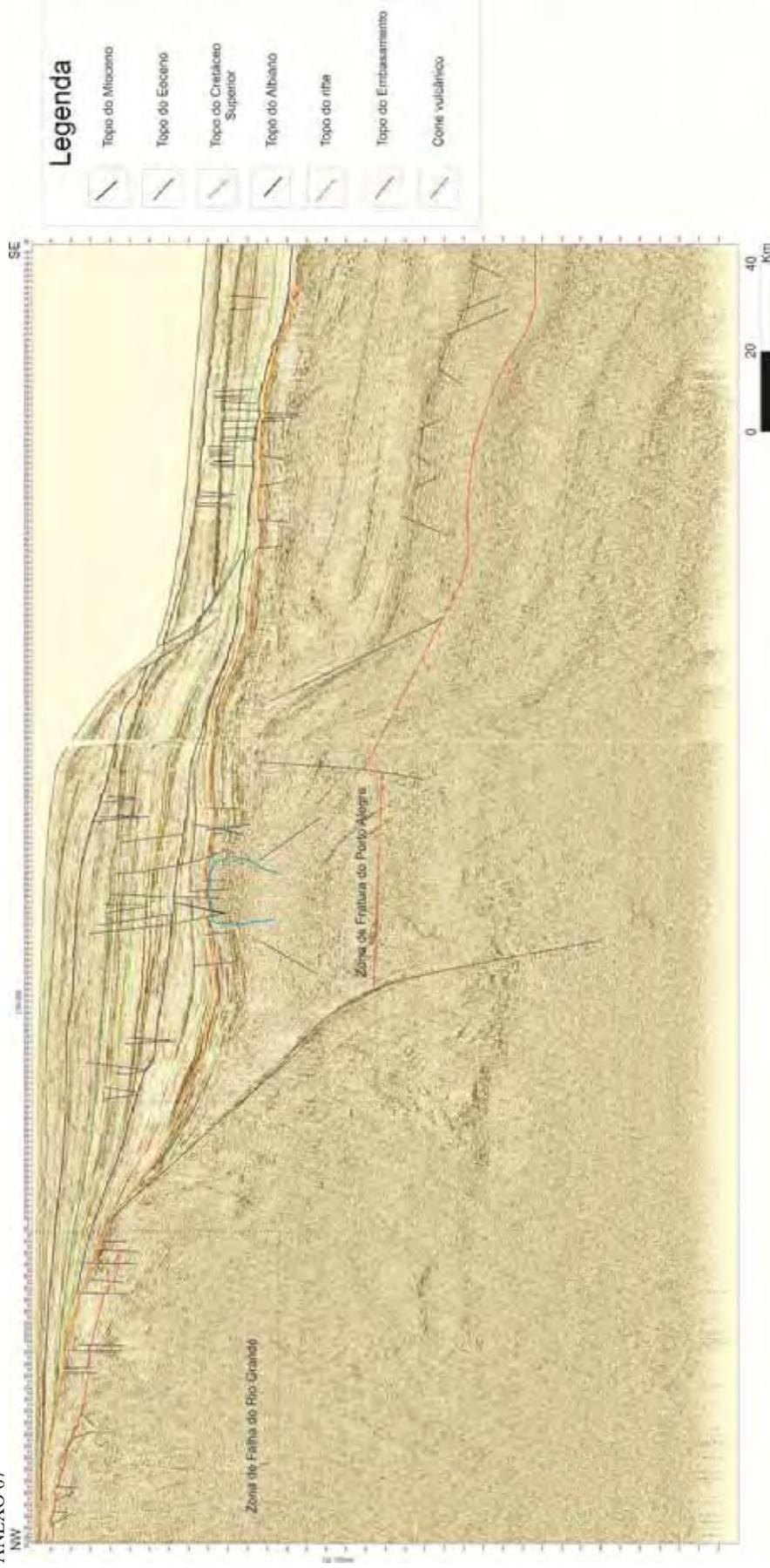


### Legenda

- Topo do Mioceno
- Topo do Eoceno
- Topo do Cretáceo Superior
- Topo do Albiano
- Topo do rift
- Topo do Embasamento
- Cone vulcânico

- ### Legenda
- Lineamento Tibagi localizado na porção continental
  - SDRs (*Seaward dipping reflectors*)

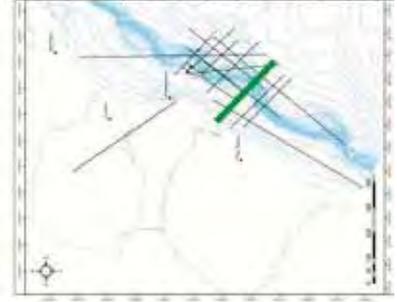


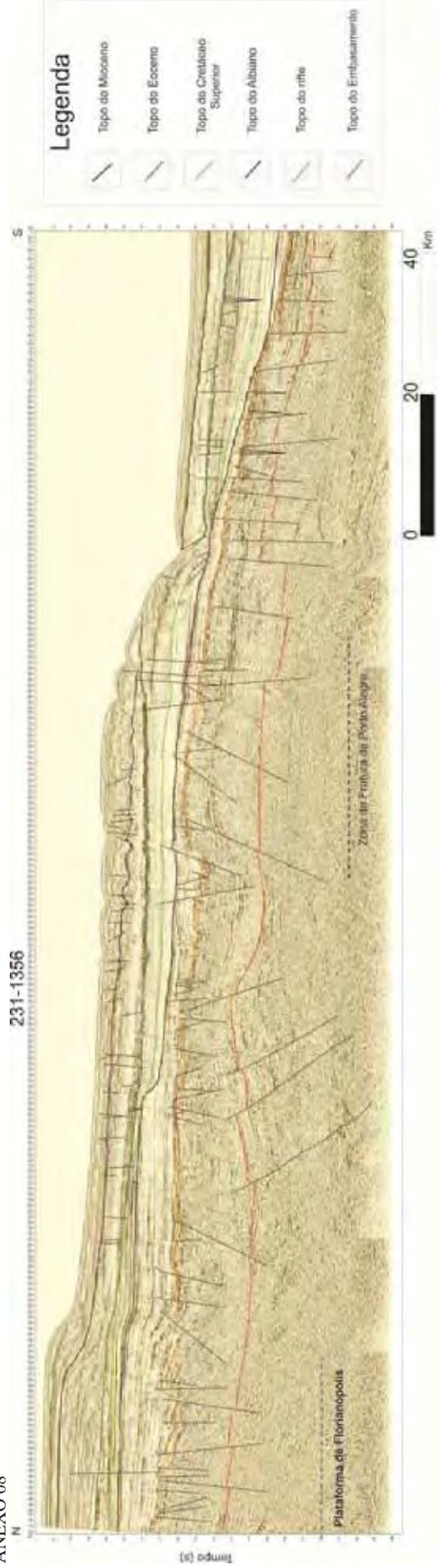


**Legenda**

- Topo do Mioceno
- Topo do Eoceno
- Topo do Cretáceo Superior
- Topo do Albiano
- Topo do rifta
- Topo do Embasamento
- Cones vulcânicos

**Legenda**  
 Lineamento Tibagi  
 localizado na porção  
 continental

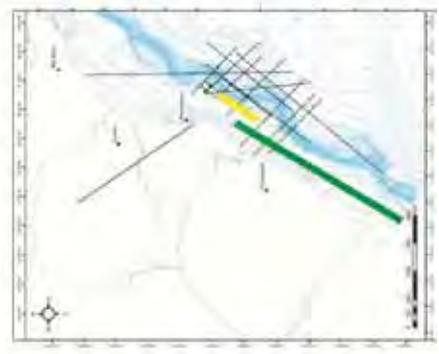
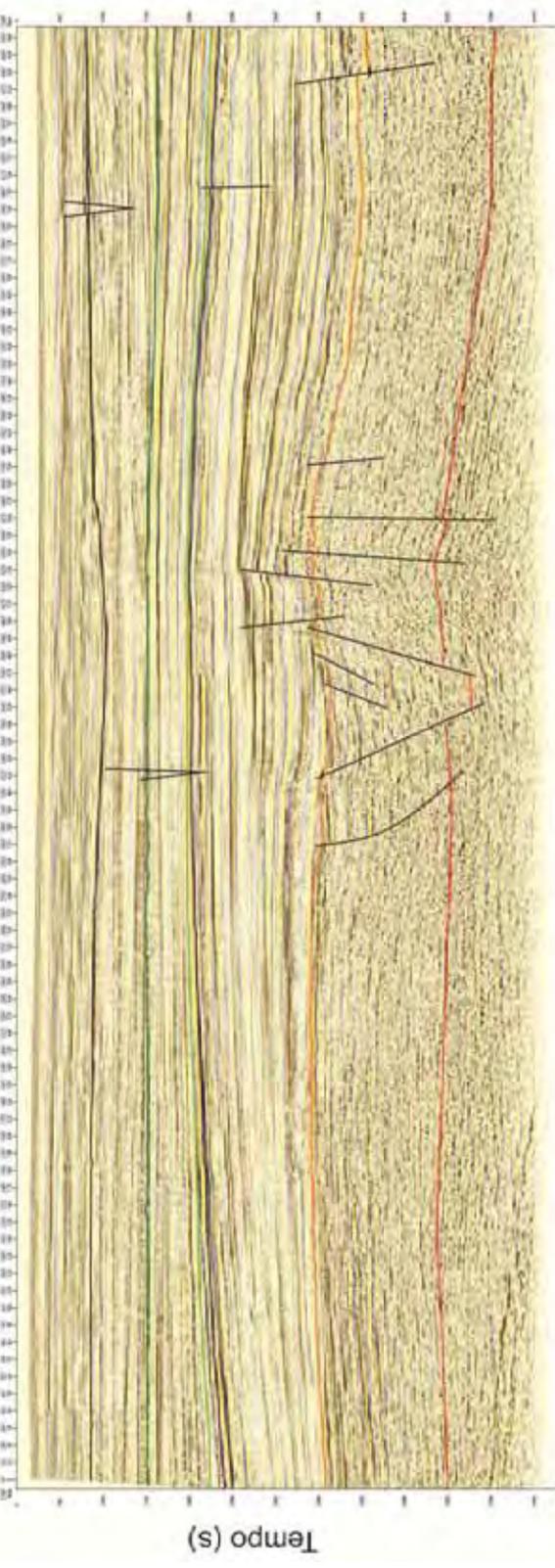




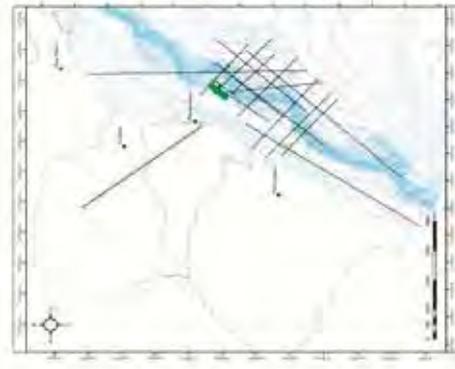
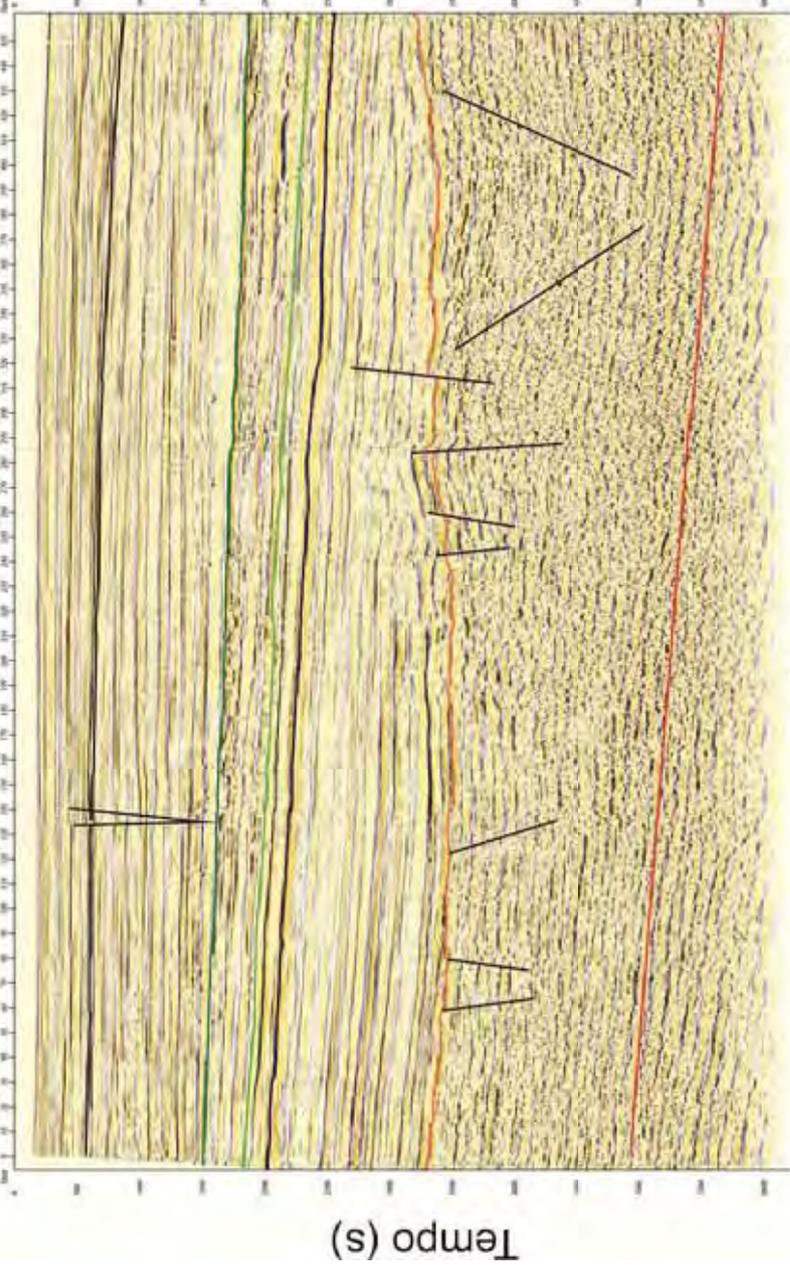
**Legenda**  
 Lineamento Tibagi  
 localizado na porção  
 continental



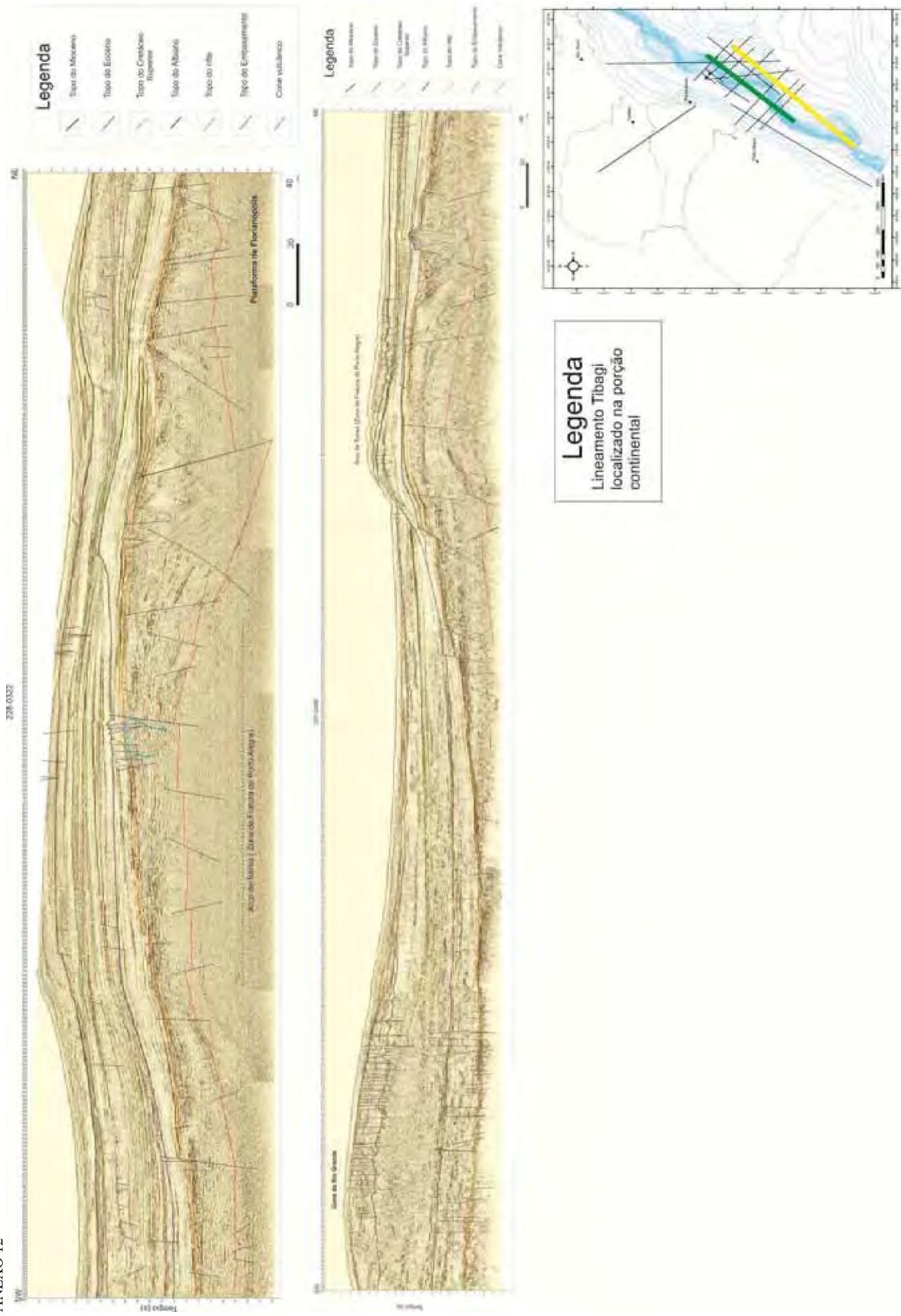
SW 0048-0041 NE



SW 0048-0454 NE







231-0496

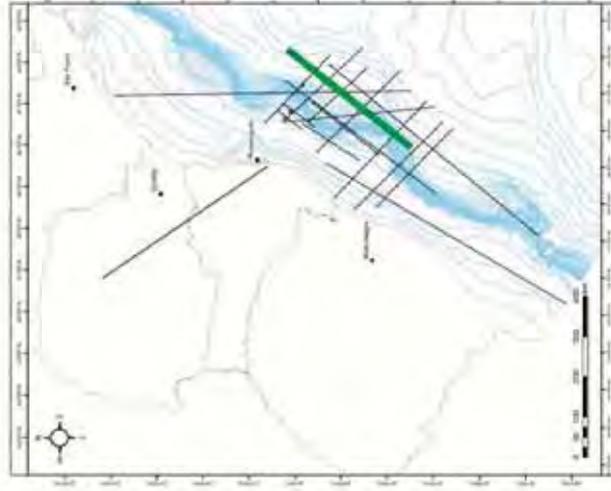


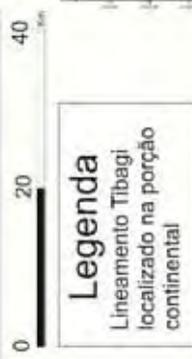
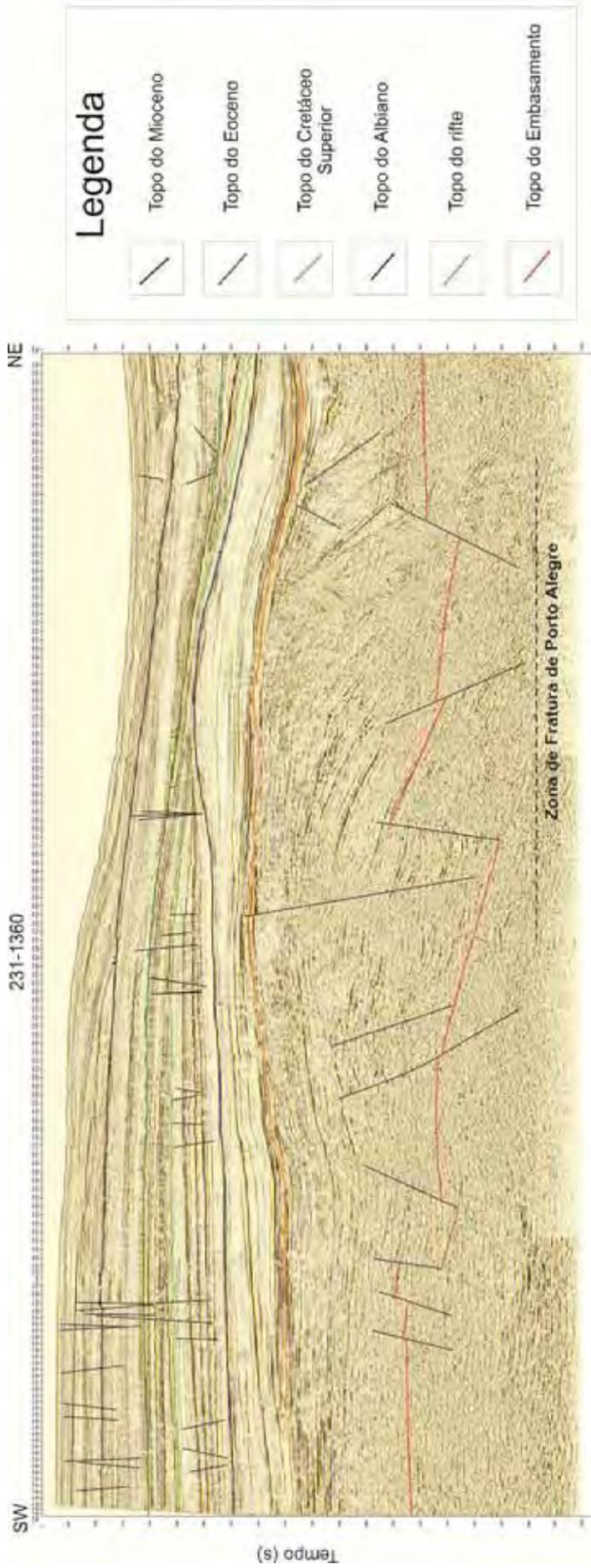
**Legenda**

- Topo do Mioceno
- Topo do Eoceno
- Topo do Cretáceo Superior
- Topo do Albiense
- Topo do rifte
- Topo do Entcatamento
- Cose valcáblico

**Legenda**

Lineamento Tibagi  
localizado na porção  
continental





**Legenda**  
Lineamento Tibagi localizado na porção continental

