

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de RIO CLARO

ETHEL MORALES PÉREZ

**EVOLUÇÃO TECTÔNICA E ESTRATIGRÁFICA DAS BACIAS
DA MARGEM CONTINENTAL DO URUGUAI**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Câmpus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Chang Hung Kiang
Co-orientador: Dr. Fernando Santos Corrêa

RIO CLARO – SP

2013

ETHEL MORALES PÉREZ

EVOLUÇÃO TECTÔNICA E ESTRATIGRÁFICA DAS BACIAS DA MARGEM CONTINENTAL DO URUGUAI

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Câmpus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Dr. CHANG HUNG KIANG
Dr. HÉCTOR BARRET DE SANTA ANA ALVAREZ
Dr. GERARDO VEROSLAVSKY BARBE
Dr. MICHAEL HOLZ
Dr. CLAUDIO RICCOMINI

Rio Claro, SP 13 de setembro de 2013

AGRADECIMENTOS

Probablemente ésta sea la parte de la tesis más difícil de escribir. Tengo tanto y a tantas personas para agradecer, que creo que cualquier intento de nombrar a cada una de ellas, dejará inevitablemente fuera de la lista a personas que contribuyeron significativamente en mi formación profesional y personal. Por lo tanto, en primera instancia, quiero agradecer a TODOS, decirles que tienen y tendrán siempre mi gratitud y que si los olvido (circunstancialmente) en ésta lista no es por falta de agradecimiento, sino porque están tan enteramente en mi corazón que sé que comparten mi sentir aún sin nombrarlos. Pero, como la conformación de la lista parece inevitable, comenzaré por agradecer a las instituciones. A la Universidad Estadual Paulista (Câmpus de Rio Claro) por haberme recibido como una hija más y haberme permitido concretar un proyecto largamente anhelado. A la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland por haberme permitido ausentar de mis tareas durante algunos meses y por el uso de los datos. A SPECTRUM, por permitirme el uso de los datos sísmicos (de los años 2002, 2007 y 2008) y la exposición de imágenes. A la Facultad de Ciencias - Universidad de la República Oriental del Uruguay, por haberme formado en ésta rama de las ciencias. En cuanto a las personas, la tarea de hacer una lista se hace muy ardua, soy una afortunada, una bendecida de la vida (como dice alguien a quien quiero mucho), he tenido y tengo la suerte de tener a mi lado personas maravillosas. Sólo por comenzar por algún lugar, comienzo por agradecer a mis compañeros de trabajo de la Gerencia de Exploración y Producción, de ANCAP, (Bruno, Josefina, Juan, Matías, Pablo Gristo, Pablo Rodríguez, Santiago y Ucha), por el apoyo y por haber asumido mis tareas diligentemente durante mi ausencia y a Héctor, por tantas cosas, que prefiero decir sólo gracias. A mi orientador Chang, por el apoyo y por compartir conmigo generosamente sus conocimientos; y en su nombre quiero agradecer a todos los profesores y personal de la UNESP por el recibimiento y la ayuda brindada, particularmente a los profesores María Rita, Alexandre y Mario. A mi co-orientador Fernando, por el apoyo y la ayuda brindada. A, Cris, Deborah, Dennin, Denise, Didier, Homero, Leiliane, Marcelo, Marcia, Leo y a todas las personas lindísimas que conocí en Rio Claro, por haberme recibido maravillosamente y por haberme hecho sentir en casa. A Gerardo, por el cariño y el apoyo incondicional de siempre. A

Rossana, por ser mi “madre geológica”. Sigo con mis amigos queridos. A Seba, gracias por estar en mi vida. A Laura, por tantas cosas, que sólo pueden resumirse en una vida de amistad juntas. A Verónica y Alejandra, por tantos años de convivencia y por la presencia de siempre estando aún lejos. A Judith, por la maravilla de construir un vínculo de cariño juntas. A Diego, por la emoción compartida de recorrer el camino hacia uno mismo. A Martín. A mi familia querida (mi madre adorada, mis hermanos, cuñados y sobrinos), a la cual simplemente tengo todo para agradecer. Me falta un mundo de personas, antes de empezar ya sabía que ésta tarea iba a ser muy difícil, así que voy dejando por acá, simplemente gracias a todos, espero que estén siempre en mi vida. Uy, me olvidaba de alguien muy querido! Les dije que esto de armar una lista no era para mí. Gracias Alfredo, por la maravilla de acompañarnos hoy en el amor.

RESUMO

A margem continental uruguaia é uma típica margem divergente gerada pela fragmentação do supercontinente Gondwana e posterior abertura do Oceano Atlântico. Localiza-se no segmento extensional sul da margem atlântica, onde a abertura ocorreu de sul para norte, durante o Jurássico-Cretáceo Inferior. Três bacias sedimentares estão presentes na margem continental uruguaia: a Bacia de Punta del Este, a porção mais austral da Bacia de Pelotas e a Bacia Oriental del Plata. A estrutura crustal da margem continental uruguaia apresenta feições características de margens passivas do tipo vulcânico, com desenvolvimento de cunhas de SDR e presença de um corpo de alta velocidade sísmica na base da crosta. Para nordeste, seguindo o *strike* da margem uruguaia, é notável a progressiva diminuição da espessura da crosta continental e a maior proximidade com a linha de costa da passagem de crosta continental–crosta oceânica. A descontinuidade de Mohorovicic apresenta inflexão brusca, associada ao adelgaçamento da crosta continental, no setor central e setentrional da margem uruguaia (Bacia de Pelotas), e mais gradual no setor meridional (Bacia de Punta del Este), a qual se correlaciona com a quebra da plataforma continental e a maior anomalia gravimétrica para cada um dos setores. Utilizando a estratigrafia de sequências como método de análise de bacia, catorze sequências deposicionais foram mapeadas na margem uruguaia, pertencentes a quatro fases de evolução: pré-rifte (Paleozoico), rifte (Jurássico-Cretáceo Inferior), transição (Barremiano-Aptiano) e pós-rifte (Aptiano-Presente). Cada uma dessas fases apresenta configuração estrutural e arquitetura estratigráfica particulares, decorrentes do tipo de bacia, dos elementos tectônicos presentes, do aporte sedimentar, da taxa de subsidência e das variações do nível do mar. Durante a evolução geológica da margem continental uruguaia ocorreu uma migração de depocentros para nordeste, em direção à Bacia de Pelotas. O depocentro cretáceo localiza-se na Bacia de Punta del Este, enquanto que o depocentro cenozoico localiza-se na Bacia de Pelotas, fato que tem implicações nos componentes dos potenciais sistemas petrolíferos da margem continental uruguaia (principalmente rochas geradoras e reservatórios e tempo de migração). Com base nas fases de evolução das bacias Punta del Este e Pelotas e no estabelecimento de analogias com as bacias marginais atlânticas produtoras de hidrocarbonetos, cinco sistemas petrolíferos especulativos foram

propostos para a margem continental uruguaia: a) sistema petrolífero marinho da fase pré-rifte (?), b) sistema petrolífero lacustre da fase rifte (?), c) sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cretácea, d) sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cenozoica, e) sistema petrolífero não convencional associado a hidratos de gás.

Palabras-chave: Bacias *offshore* do Uruguai, estratigrafia de sequências, migração de depocentros, sistemas petrolíferos.

ABSTRACT

The continental margin of Uruguay is a typical divergent margin, generated as the result of the breakup of Gondwana and later opening of the Atlantic Ocean. It is located in the southern extensional segment of the Atlantic margin, where the opening came from the south to the north, during the Jurassic-Early Cretaceous. Three sedimentary basins are located on the continental margin of Uruguay: the Punta del Este Basin, the southernmost part of the Pelotas Basin and the Oriental del Plata Basin. The crustal architecture of the Uruguayan margin presents characteristics of volcanic type passive margins, with the development of SDR wedges and the presence of a high velocity lower crust. The thickness of the continental crust decrease progressively in the strike direction of the Uruguayan continental margin and the passage of continental-oceanic crust came closer to the coastal line in the same direction. Mohorovicic unconformity presents a sharp inflection in the central and northern sectors of the Uruguayan continental margin (Pelotas Basin), associated with thinning of the continental crust and more gradual in the southern sector (Punta del Este Basin). This inflection coincides with the shelf break and the largest gravity anomaly present in the continental margin of Uruguay for each sectors. Fourteen depositional sequences were mapped on the Uruguayan continental margin, using the sequence stratigraphy as a basin analysis method. These depositional sequences were grouped into four phases of evolution: prerift (Paleozoic), rift (Jurassic-Early Cretaceous), transition (Barremian-Aptian) and postrift (Aptian-Present). Each of these phases has a specific structural configuration and stratigraphic architecture, depending of the type of basin, tectonic elements, sediment supply, rate of subsidence and sea level changes. During the geological evolution of the Uruguayan continental margin a migration of depocenters occurred, towards northeast. The Cretaceous depocenter is located in the Punta del Este Basin, while the Cenozoic depocenter is located in the Pelotas Basin, which has implications for potential petroleum systems's components of the Uruguayan continental margin (mainly source and reservoirs rocks). Five speculative petroleum systems were proposed for the Uruguayan continental margin, based on the phases of basin's evolution and analogies with productive basins of the Atlantic margin: a) marine petroleum system of the prerift phase (?), b) lacustrine petroleum system of the rift phase (?), c) marine petroleum system of the cretaceous postrift (?), d) marine

petroleum system of the cenozoic postrift (?) and e) unconventional petroleum system associated with gas hydrates.

Keywords: Offshore basins of Uruguay, sequence stratigraphy, migration of depocenters, petroleum systems.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização das bacias sedimentares da margem continental do Uruguai.	18 -
Figura 2: Bacias sedimentares do Atlântico Sul. Reconstrução pré-drifte da América do Sul e da África (124 Ma). Retirado de Mohriak <i>et al.</i> (2002).	21 -
Figura 3: Perfil esquemático das bacias da margem continental argentina (Retirado de Ramos e Turic 1996). SDR: <i>Seaward Dipping Reflectors</i>	22 -
Figura 4: Interpretação do lineamento SaLAM como um rifte abortado (Retirado de Rossello <i>et al.</i> 2007). ZCSY: Zona de cizalhamento Sarandí del Yi-Piriápolis. ZCSB: Zona de cizalhamento de Sierra Ballena.	23 -
Figura 5: Características gerais da margem Sul-atlântica (Retirado de Eldholm <i>et al.</i> 2000). FZ: Zona de fratura. S: Trend do Hotspot de Santa Elena. T: Trend do Hotspot de Tristão da Cunha.	24 -
Figura 6: Principais constituintes das margens passivas de tipo vulcânico. CFB: Continental Flood Basalts; HVLC: High-Velocity Lower Crust; SDRS: Seaward Dipping Reflectors. (Retirado de Bueno 2004).	25 -
Figura 7: Cartas estratigráficas simplificadas das bacias de Campos, Santos, Pelotas e Orange. Modificado de Paton <i>et al.</i> (2007), Winter <i>et al.</i> (2007), Pereira e Feijó (1994), Dias <i>et al.</i> (1994). Notar o rejuvenescimento das fases para norte.	26 -
Figura 8: Resumo geral dos principais sistemas petrolíferos das bacias da margem brasileira (Retirado de Berlinger <i>et al.</i> 2013).	31 -
Figura 9: Mapa estrutural das margens continentais argentina e uruguaia (Retirado de Raggio <i>et al.</i> 2011).	33 -
Figura 10: Seção sísmica interpretada da margem continental do Uruguai (Retirado de Grassmann <i>et al.</i> 2011). Profundidade em metros, longitude em quilômetros. Localização em amarelo no mapa.	34 -
Figura 11: Coluna Estratigráfica da Bacia de Punta del Este (Retirado de Stoakes <i>et al.</i> 1991).	35 -
Figura 12: Sequências deposicionais nos poços Lobo e Gaviotín segundo Stoakes <i>et al.</i> (1991) e Fontana <i>et al.</i> (1999).	37 -
Figura 13: Coluna estratigráfica da Bacia de Punta del Este, segundo Ucha <i>et al.</i> (2004).	38 -
Figura 14: Seção sísmica interpretada da Bacia Punta del Este (Retirado de Raggio <i>et al.</i> 2011). HST: High System Tract; TST: Transgressive System Tract; LST: Low System Tract; mfs: maximum flooding surface.	40 -
Figura 15: Coluna estratigráfica da Bacia de Punta del Este (Retirado de Welsink, 2010 <i>apud</i> Raggio <i>et al.</i> 2011).	41 -
Figura 16: Mapa das principais feições estruturais identificadas da Bacia de Pelotas (Retirado de da Camara Rosa 2009).	44 -
Figura 17: Perfil esquemático (<i>dip</i>) da Bacia de Pelotas (Retirado de Fontana 1996).	45 -

Figura 18: Coluna estratigráfica da Bacia de Pelotas (Retirado de Bueno <i>et al.</i> 2007).	47 -
Figura 19: Dados sísmicos históricos da margem continental do Uruguai e poços perfurados na Bacia de Punta del Este (Lobo: vermelho, Gaviotín: verde).	49 -
Figura 20: Dados sísmicos modernos da margem continental do Uruguai.	50 -
Figura 21: Idades atribuídas pelos estudos bioestratigráficos desenvolvidos nos poços Lobo e Gaviotín.	52 -
Figura 22: Correlação regional da Formação Gaviotín e unidades das bacias atlânticas vizinhas (Retirado de Daners e Guerstein 2004).	53 -
Figura 23: Amarração do poço Gaviotín com o dado sísmico.	59 -
Figura 24: Localização dos poços hipotéticos.	62 -
Figura 25: A) Mapa de localização dos perfis batimétricos 1 e 2, batimetria 3D obtida de COALEP (2009); B) Dinâmica oceânica na margem uruguaia (Retirado de Krastel <i>et al.</i> 2011) ; C) Perfil batimétrico da Bacia de Punta del Este; D) Perfil batimétrico da Bacia de Pelotas.	64 -
Figura 26: A: Mapa batimétrico da margem uruguaia; B: mapa gravimétrico da margem uruguaia; C: mapa de intensidade magnética total da margem uruguaia; D: Mapa de anomalia gravimétrica Bouguer da margem uruguaia. Linha branca: quebra da plataforma. SRTP: Sistema de Transferência do Rio de la Plata.	66 -
Figura 27: Modelagem gravimétrica ao longo da seção sísmica UR07_06 (setor meridional, Bacia de Punta del Este). Densidades em kg/m ³	68 -
Figura 28: Modelagem gravimétrica ao longo da seção sísmica UR07_18 (setor central da margem uruguaia). Densidades em kg/m ³	69 -
Figura 29: Modelagem gravimétrica ao longo da seção sísmica UR07_32 (setor setentrional, Bacia de Pelotas). Densidades em kg/m ³	70 -
Figura 30: Mapa de espessura crustal (km) na margem continental uruguaia.	71 -
Figura 31: Correlação das sequências deposicionais identificadas neste trabalho nos poços Lobo e Gaviotín. As discordâncias apresentadas na coluna “horizontes” referem-se aos limites das sequências definidas neste trabalho.	73 -
Figura 32: Comparação entre as sequências mapeadas neste trabalho e as mapeadas por Stoakes <i>et al.</i> (1991) e Fontana <i>et al.</i> (1999).	75 -
Figura 33: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo do embasamento na margem continental do Uruguai.	77 -
Figura 34: Características sísmicas da sequência pré-rifte na Bacia de Punta del Este.	77 -
Figura 35: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência rifte, com as principais falhas normais mapeadas pela sísmica.	78 -
Figura 36: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência rifte.	79 -
Figura 37: Características do topo do rifte. Setas: Amarela: <i>Onlap</i> , Azul: <i>Downlap</i> . Escala vertical em TWT (s).	80 -

Figura 38: Seção sísmica <i>strike</i> da Bacia de Punta del Este apresentando as características sísmicas das sequências rifte e pós-rifte.....	- 81 -
Figura 39: Mapa de isópacas da sequência rifte.....	- 81 -
Figura 40: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência de transição.	- 82 -
Figura 41: Seção sísmica <i>dip</i> (A) e <i>strike</i> (B) da Bacia de Punta del Este, nas quais podem ser observados os truncamentos no topo da sequência de transição (setas amarelas).....	- 83 -
Figura 42: Mapa de isópacas da sequência de transição.	- 84 -
Figura 43: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência pós-rifte 1.....	- 85 -
Figura 44: Características sísmicas da sequência pós-rifte 1 na Bacia de Pelotas.	- 86 -
Figura 45: Mapa de isópacas da sequência pós-rifte 1.....	- 86 -
Figura 46: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Punta del Este apresentando as características sísmicas da sequência pós-rifte 2. Setas: vermelhas: truncamentos, amarelas: <i>onlap</i> e azuis: <i>downlap</i>	- 87 -
Figura 47: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Pelotas apresentando as características sísmicas da sequência pós-rifte 2. Seta vermelha: truncamentos.	- 88 -
Figura 48: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 3.	- 89 -
Figura 49: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 5.	- 91 -
Figura 50: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Punta del Este apresentando as características sísmicas das sequências pós-rifte 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 na Bacia de Punta del Este. Setas: amarelas: <i>onlaps</i> , azuis: <i>toplap</i> , verdes: <i>downlaps</i> , vermelhas: truncamentos.....	- 92 -
Figura 51: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência pós-rifte 5.	93
Figura 52: Mapa de isópacas da sequência pós-rifte 5.....	93
Figura 53: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência pós-rifte 6.	95
Figura 54: Mapa de isópacas da sequência pós-rifte 6.....	95
Figura 55: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 9.	98
Figura 56: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Punta del Este, apresentando as feições sísmicas da sequência pós-rifte 9.	99
Figura 57: Mapa de isópacas da sequência pós-rifte 9.....	99
Figura 58: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 10.	100
Figura 59: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Punta del Este, mostrando caniões na área da plataforma e depósitos contorníticos (<i>drift</i>). Escala vertical TWT(s).	101
Figura 60: <i>Onlaps</i> (setas amarelas) sobre a base da sequência pós-rifte 10 nos setores distais da Bacia de Pelotas.	101
Figura 61: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 11. Na porção marcada com linha tracejada o horizonte H.14. é distorcido por processos de erosão e contorníticos, que dificultam seu rastreamento.	102
Figura 62: Mapa de contorno estrutural sísmico do fundo do mar.....	103

Figura 63: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Pelotas, apresentando as características da sequência pós-rifte 11. Ol: <i>onlaps</i> . Dl: <i>downlaps</i> .	104
Figura 64: Seções sísmicas <i>strike</i> na margem uruguaia, localizadas em águas pouco profundas (acima) e profundas (abaixo).	105
Figura 65: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Punta del Este, apresentando as sequências identificadas neste trabalho.	- 107 -
Figura 66: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Pelotas, apresentando os horizontes e as sequências identificadas neste trabalho.	- 108 -
Figura 67: Seção sísmica <i>dip</i> da Bacia de Pelotas, apresentando os horizontes e as sequências identificadas neste trabalho.	- 109 -
Figura 68: Seção sísmica composta das bacias da margem continental do Uruguai, apresentando a migração de depocentros.	- 113 -
Figura 69: Mapa de isópacas da sedimentação cretácea pós-rifte, na margem continental uruguaia.	114
Figura 70: Mapa de isópacas da sedimentação cenozoica pós-rifte, na margem continental uruguaia.	114
Figura 71: Carta estratigráfica da Bacia Punta del Este. As discordâncias apresentadas na última coluna da direita referem-se aos limites das sequências definidas neste trabalho.	- 119 -
Figura 72: Carta estratigráfica da Bacia de Pelotas. As discordâncias apresentadas na última coluna da direita referem-se aos limites das sequências definidas neste trabalho.	- 120 -
Figura 73: Trajetórias das bacias Punta del Este e Pelotas (<i>offshore</i> do Uruguai) e Campos e Santos (<i>offshore</i> do Brasil). Trajetórias das bacias de Campos e Santos extraídas de Beglinger <i>et al.</i> (2013).	- 123 -
Figura 74: Localização dos poços hipotéticos modelados neste trabalho. Acima: setor meridional (UR07_06); Meio: setor central (UR07_18); Abaixo: setor setentrional (UR07_32), da margem continental uruguaia. PH: poço hipotético.	- 126 -
Figura 75: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 1.	- 132 -
Figura 76: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 2.	- 132 -
Figura 77: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 3.	- 132 -
Figura 78: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 4.	- 133 -
Figura 79: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 5.	- 133 -
Figura 80: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 6.	- 133 -
Figura 81: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 7.	- 134 -
Figura 82: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 8.	- 134 -
Figura 83: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 9.	- 134 -
Figura 84: Seções esquemáticas com as janelas de maturidade das potenciais rochas geradoras nos setores meridional (acima), central (meio) e setentrional (abaixo) da margem uruguaia, no Paleoceno...	- 136 -

Figura 85: Seções esquemáticas com as janelas de maturidade das potenciais rochas geradoras nos setores meridional (acima), central (meio) e setentrional (abaixo) da margem uruguaia no Oligoceno....	- 138 -
Figura 86: Seções esquemáticas com as janelas de maturidade das potenciais rochas geradoras nos setores meridional (acima), central (meio) e setentrional (abaixo) da margem uruguaia no Presente.....	- 139 -
Figura 87: Síntese das características do sistema petrolífero marinho da fase pré-rifte (?), na margem continental uruguaia.	- 141 -
Figura 88: Síntese das características do sistema petrolífero lacustre da fase rifte (?), na margem continental uruguaia.	- 144 -
Figura 89: Síntese das características do sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cretácea (?), na margem continental uruguaia.	- 147 -
Figura 90: Síntese das características do sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cenozoica (?), na margem continental uruguaia.	- 150 -
Figura 91: Síntese das características do sistema petrolífero não convencional associado a hidratos de gás (?), na margem continental uruguaia. Mapa de ocorrência e seções sísmicas retiradas de Tomasini <i>et al.</i> 2011.....	- 152 -

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Aquisição de dados sísmicos históricos na margem continental uruguaia.....	- 49 -
Tabela 2: Aquisição de dados sísmicos modernos na margem continental uruguaia.....	- 50 -
Tabela 3: Aquisição de dados sísmicos do ano 2011 na margem continental uruguaia.....	- 50 -
Tabela 4: Horizontes mapeados, idade e critérios utilizados para sua definição.	- 60 -
Tabela 5: Refletância da vitrinita nos poços Lobo e Gaviotín (Fonte: relatório interno da ANCAP). -	62
-	
Tabela 6: Dados geoquímicos das potenciais rochas geradoras, utilizados nas modelagens.....	- 125 -
Tabela 7: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 1.....	- 127 -
Tabela 8: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 2.....	- 127 -
Tabela 9: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 3.....	- 128 -
Tabela 10: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 4.....	- 128 -
Tabela 11: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 5.....	- 129 -
Tabela 12: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 6.....	- 129 -
Tabela 13: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 7.....	- 130 -
Tabela 14: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 8.....	- 130 -
Tabela 15: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 9.....	- 131 -

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	- 16 -
2.	OBJETIVOS.....	- 17 -
3.	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	- 18 -
4.	REVISÃO DA LITERATURA.....	- 19 -
4.1	Contexto Geológico da Margem Sul-Atlântica.....	- 19 -
4.1.1	Sistemas Petrolíferos da Margem Sul-Atlântica.....	- 28 -
4.2	Bacias da Margem Continental Uruguiaia (Exceto a Bacia Oriental del Plata)	- 31 -
4.2.1	Introdução.....	- 31 -
4.2.2	Bacia de Punta del Este	- 34 -
4.2.3	Bacia de Pelotas.....	- 42 -
5.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	- 48 -
5.1	Dados Sísmicos e de Poços.....	- 48 -
5.2	Dados Bioestratigráficos.....	- 51 -
5.3	Dados Magnetométricos e Gravimétricos.....	- 54 -
5.4	Estratigrafia de Sequências.....	- 55 -
5.5	Atividades Desenvolvidas e Métodos Utilizados	- 58 -
6.	EVOLUÇÃO TECTÔNICA E SEDIMENTAR DA MARGEM CONTINENTAL URUGUAIA.....	- 63 -
6.1	Introdução	- 63 -
6.2	Estrutura Crustal	- 66 -
6.3	Secuencias Depositionais	- 72 -
6.4	Análise Estratigráfica.....	104
6.5	Cartas Estratigráficas	- 118 -
7.	SISTEMAS PETROLÍFEROS DA MARGEM CONTINENTAL URUGUAIA.....	- 121 -
7.1	Introdução	- 121 -
7.2	Modelagens de soterramento	- 124 -
7.3	Sistema petrolífero marinho da fase pré-rifte (?).....	- 140 -
7.4	Sistema petrolífero lacustre da fase rifte (?)	- 142 -
7.5	Sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cretácea (?)	- 145 -
7.6	Sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cenozoica (?)	- 148 -
7.7	Sistema petrolífero não convencional associado a Hidratos de Gás (?)	- 151 -
8.	CONCLUSÕES.....	- 153 -

1. INTRODUÇÃO

A margem continental uruguaia é uma típica margem divergente do tipo vulcânico e segmentada, gerada como resultado da fragmentação do supercontinente Gondwana e posterior abertura do Oceano Atlântico. Três bacias sedimentares estão presentes na margem continental uruguaia: a Bacia de Punta del Este, a porção mais austral da Bacia de Pelotas e a Bacia Oriental del Plata.

A Bacia de Punta del Este (Ucha *et al.* 2004, Stoakes *et al.* 1991) constitui um rifte abortado, orientado perpendicularmente à margem continental (NW-SE), enquanto a Bacia de Pelotas (Bueno *et al.* 2007, Fontana 1996 e 1987) herdou a borda flexural do rifte precursor, apresentando uma orientação geral NE-SW. A Bacia Oriental del Plata (Soto *et al.* 2011, de Santa Ana *et al.* 2005) localiza-se em águas ultra-profundas, sob crosta de transição e oceânica.

As bacias da margem continental do Uruguai são muito pouco conhecidas do ponto de vista geológico, tanto no que se refere à sua litoestratigrafia, quanto à sua gênese e evolução sedimentar e tectônica.

Os trabalhos de pesquisa nessas bacias são escassos, sendo a maioria deles limitados à cobertura de dados sísmicos históricos, os quais se restringem às áreas da plataforma continental e à porção superior do talude, deixando “às escuras” os domínios distais das bacias. Além disso, a margem continental do Uruguai apresenta uma história exploratória muito limitada, com apenas dois poços perfurados numa área total de aproximadamente 130.000 km².

Assim, as bacias da margem continental do Uruguai demandam muito investimento em pesquisa nas mais variadas áreas, sendo evidente a necessidade de incrementar o conhecimento de sua evolução tectônica e sedimentar, de forma a melhor avaliar seu potencial em ocorrências de hidrocarbonetos.

Devido à escassez de dados de poços e à aquisição de novos dados sísmicos na margem continental do Uruguai, a estratigrafia de sequências tornou-se o principal método de trabalho aplicado nesta pesquisa.

A estratigrafia de sequências, como método de análise estratigráfica, tem se mostrado muito útil no estudo de bacias *offshore*, permitindo a predição da

localização dos tratos de sistemas e das fácies presentes no preenchimento sedimentar de uma bacia. No caso da indústria do petróleo, constitui uma ferramenta muito utilizada na predição da localização das prováveis áreas de ocorrências de hidrocarbonetos, dos componentes do sistema petrolífero (rocha geradora, vias de migração, reservatório, selo e trapa), assim como na elaboração de modelos exploratórios.

A aplicação dessa metodologia em seções sísmicas das bacias Punta del Este e Pelotas, cedidas pela ANCAP (Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland), empresa petroleira estatal do Uruguai, permitiu o mapeamento sistemático das sequências deposicionais em seções sísmicas que abrangem os domínios proximais e distais das bacias e, portanto, o entendimento de sua evolução tectônica e sedimentar.

2. OBJETIVOS

Os objetivos principais desta pesquisa foram o entendimento e a caracterização da evolução tectônica e sedimentar da Bacia de Punta del Este e da porção mais austral da Bacia de Pelotas, localizadas na margem continental do Uruguai. Mais especificamente, o trabalho visou a:

- Montagem do arcabouço cronoestratigráfico (perfis geofísicos e bioestratigrafia) da bacia de Punta del Este;
- Caracterização dos estilos estruturais e da estrutura crustal das bacias de Punta del Este e Pelotas, esta última em sua porção mais austral;
- Interpretação de superfícies-chave e subdivisão do pacote sedimentar em sequências deposicionais;
- Caracterização dos tratos de sistemas deposicionais que compõem as sequências deposicionais dessas bacias;
- Caracterização de sistemas petrolíferos especulativos.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A margem continental uruguaia localiza-se aproximadamente entre os paralelos 34°S e 38°S e os meridianos 50°W e 56°W, apresentando uma área total de aproximadamente 130.000 km² até as duzentas milhas marinhas, e profundidades da lâmina de água que variam entre 20 m e mais de 4000 m.

Três bacias sedimentares estão presentes na margem continental do Uruguai (Fig. 1): a Bacia de Punta del Este, a porção mais austral da Bacia de Pelotas e a Bacia Oriental del Plata.

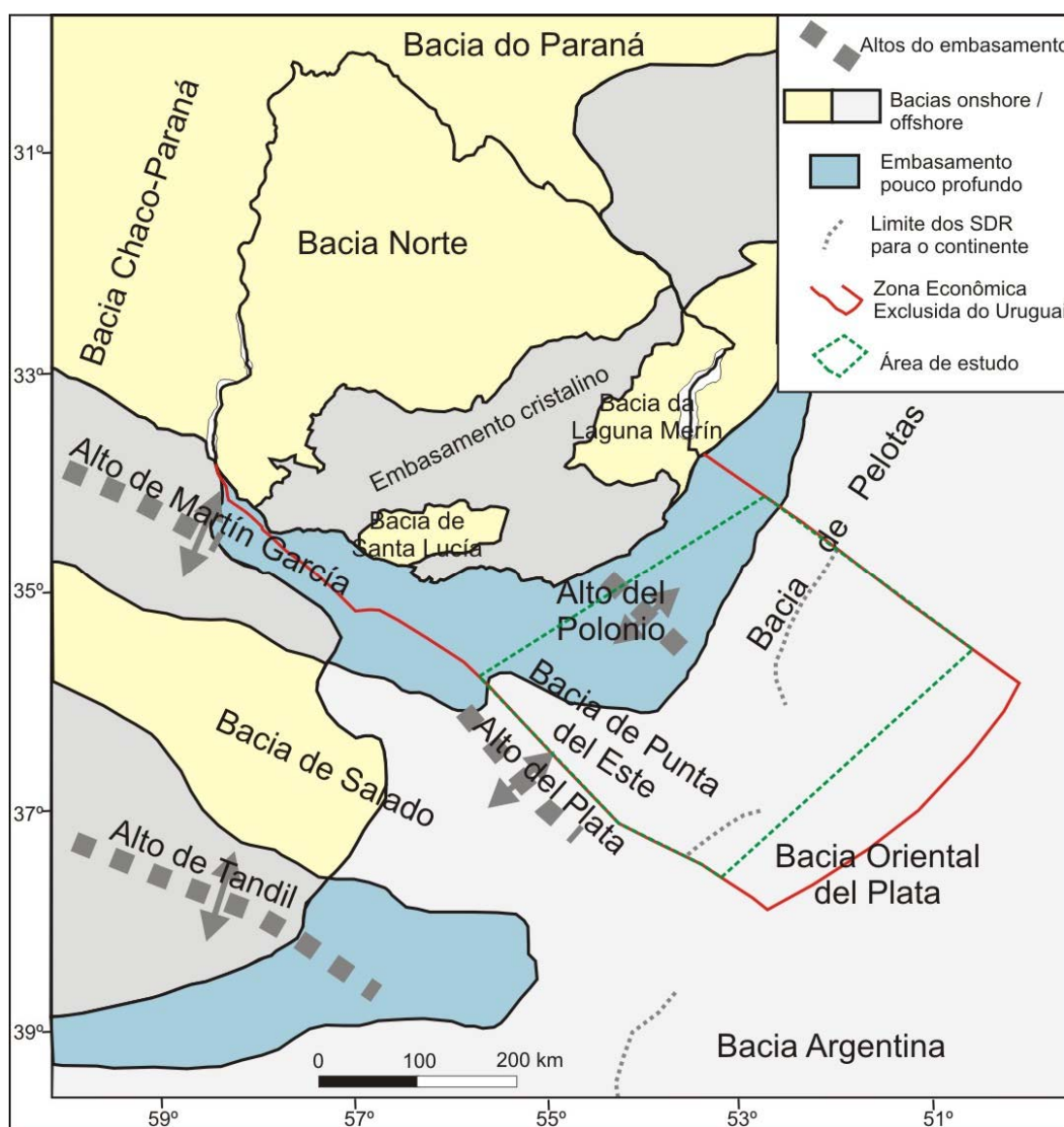


Figura 1: Localização das bacias sedimentares da margem continental do Uruguai.

A Bacia de Punta del Este possui área de aproximadamente 50.000 km². O limite sudoeste com a congênere Bacia de Salado, na Argentina, é dado pelo Alto de Martín García ou Alto del Plata, e o limite nordeste pelo Alto do Polonio, que a separa da Bacia de Pelotas na margem continental uruguaia.

A Bacia de Pelotas, com aproximadamente 80.000 km² de área no Uruguai, estende-se desde o Alto do Polonio até a Zona de Fratura de Florianópolis, que a separa da Bacia de Santos na plataforma continental brasileira.

A Bacia Oriental del Plata localiza-se no extremo sul da margem continental uruguaia, sobre crosta de transição e oceânica, tendo a sua máxima expressão nas áreas da planície abissal, além do limite jurídico marítimo uruguaio.

A Bacia de Punta del Este e a porção da Bacia de Pelotas incluída na zona econômica exclusiva do Uruguai constituíram a área de estudo desta pesquisa (Fig. 1).

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Contexto Geológico da Margem Sul-Atlântica

As bacias marginais atlânticas têm sua origem nos processos que geraram a fragmentação do supercontinente Gondwana e a posterior abertura do Oceano Atlântico. A história da separação entre os continentes sul-americano e africano está associada à instalação de um sistema rifte, iniciado no Jurássico (Almeida 1967), que posteriormente evoluiu para bacias de tipo margem passiva (Rabinowitz e LaBrecque 1979, Porto e Asmus 1976).

Diversas propostas têm sido apresentadas para a abertura do Oceano Atlântico Sul, considerando rifteamento por cisalhamento puro *versus* simples ou rifteamento ativo *versus* passivo. Corrêa (2009) resume as três abordagens diferentes que têm sido apresentadas a respeito do mecanismo predominante responsável pela abertura: a) domeamento térmico como causa do afinamento da crosta (e.g. Asmus e Baisch 1983, Ojeda 1982); b) processos de estiramento litosférico com anomalias termais associadas ao processo (Chang *et al.* 1992,

Ussami *et al.* 1986); c) processos mistos, em função da presença ou ausência de plumas do manto, herança do embasamento e diferentes taxas de estiramento ao longo da proto-margem (Davison 2007, Gladczenko *et al.* 1997, Standlee *et al.* 1992, White e Mackenzie 1989).

A margem atlântica apresenta diferentes províncias, cujos limites têm sido definidos com base em vários critérios geológicos e tectônicos. Considerando a natureza e a orientação dos esforços atuantes durante o processo de rifteamento e a subsequente dinâmica divergente entre as placas Sul-Americana e Africana, Milani e Thomaz Filho (2000) reconheceram, na margem atlântica, três grandes segmentos: a) segmento extensional (ao norte, Atlântico Central); b) segmento transformante (Atlântico Equatorial); e c) segmento extensional (ao sul, Atlântico Sul).

O segmento extensional sul da margem americana é constituído por diversas bacias sedimentares, desde a Bacia de Pernambuco-Paraíba, no *offshore* do Brasil, até a Bacia de Malvinas, no *offshore* da Argentina (Fig. 2). Neste segmento, a abertura ocorreu de sul para norte, durante o Jurássico-Cretáceo Inferior, e consequentemente as diversas fases e discordâncias se rejuvenesceram progressivamente para norte (Jackson *et al.* 2000, Milani e Thomaz Filho 2000).

Neste segmento sul, ao longo das margens continentais argentina e uruguaia localiza-se um conjunto de riftes abortados, com orientação geral NW. Na margem argentina, de sul para norte, encontram-se as bacias do Golfo de San Jorge, Valdés, Colorado e Salado (Fig. 2). Na margem uruguaia localiza-se o mais setentrional desses riftes abortados, denominado Bacia de Punta del Este.



Figura 2: Bacias sedimentares do Atlântico Sul. Reconstrução pré-difte da América do Sul e da África (124 Ma). Retirado de Mohriak *et al.* (2002).

No *offshore* da Argentina, esses riftes abortados apresentam como limite leste um grande alto estrutural do embasamento (Fig. 3), o qual constitui o limite ocidental da Bacia Argentina (Figueria *et al.* 2005; Urien 2001). Esse alto estrutural impede a deposição de sedimentos marinhos até o Maastrichtiano-Paleoceno nas bacias do

Colorado e Salado e perde progressivamente expressão morfológica na direção nordeste, apresentando-se só escassamente desenvolvido no limite sul da margem uruguaia com a margem argentina.

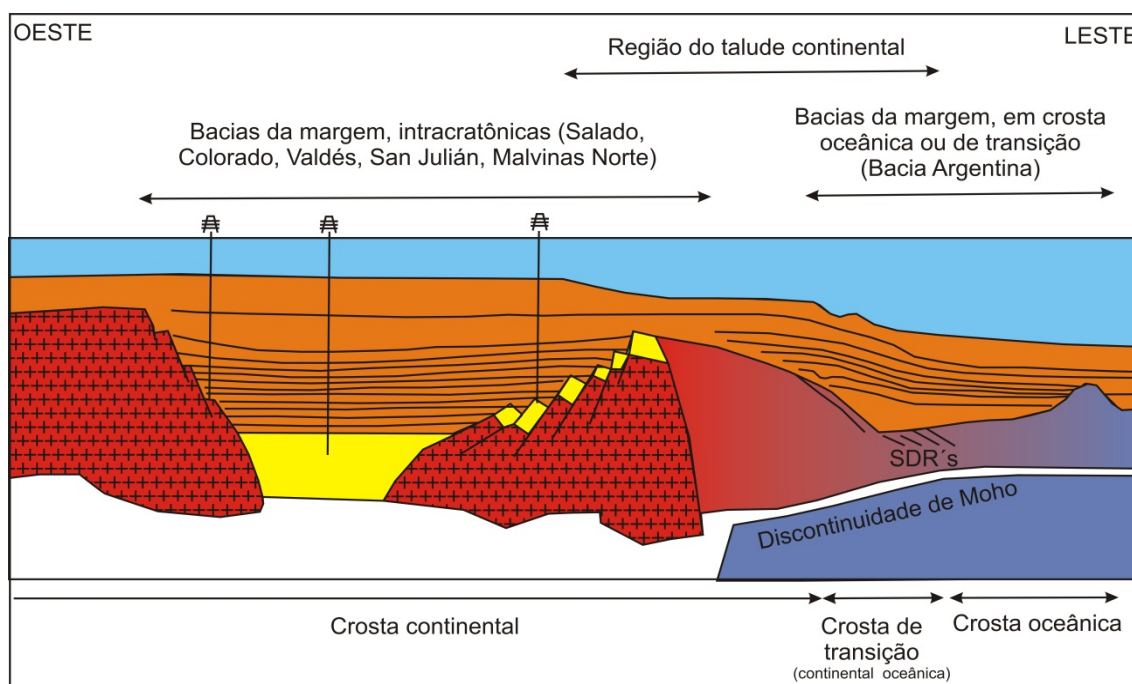


Figura 3: Perfil esquemático das bacias da margem continental argentina (Retirado de Ramos e Turic 1996). SDR: Seaward Dipping Reflectors.

De um modo geral, três modelos têm sido apresentados na literatura para interpretar a gênese desses riftes abortados: a) o modelo clássico de junção tripla, em forma de meia estrela, produto de uma anomalia térmica (e.g. Stoakes *et al.* 1991, Introcaso e Ramos 1984); b) acomodação do *stress* por rotação da América do Sul em relação à África, como resultado do estiramento da crosta ao norte da dorsal Walvis-Rio Grande e expansão oceânica ao sul (Chang *et al.* 1992); e c) extensão oblíqua no início da abertura atlântica (e.g. Macdonald *et al.* 2003). Além das diferenças nas propostas, todas elas coincidem na importância da herança do embasamento, cujas estruturas condicionaram o desenvolvimento dos riftes (Págaro e Ramos 2012, Macdonald *et al.* 2003, Tankard *et al.* 1995). Estas estruturas teriam sido geradas pelos processos de sutura do Gondwana ocidental, ocorridos antes do final do Proterozoico (Tankard *et al.* 1995).

Na área emersa do Uruguai, segundo Rossello *et al.* (2000), as bacias Santa Lucía e Laguna Merín compõem um lineamento estrutural, associado geneticamente à abertura atlântica, denominado Santa Lucía-Aiguá-Merín (SaLAM). Rossello *et al.* (2000 e 2007) e Veroslavsky *et al.* (2007) sugerem que essa feição representaria um rifte abortado durante a abertura do Oceano Atlântico Sul (Fig. 4).

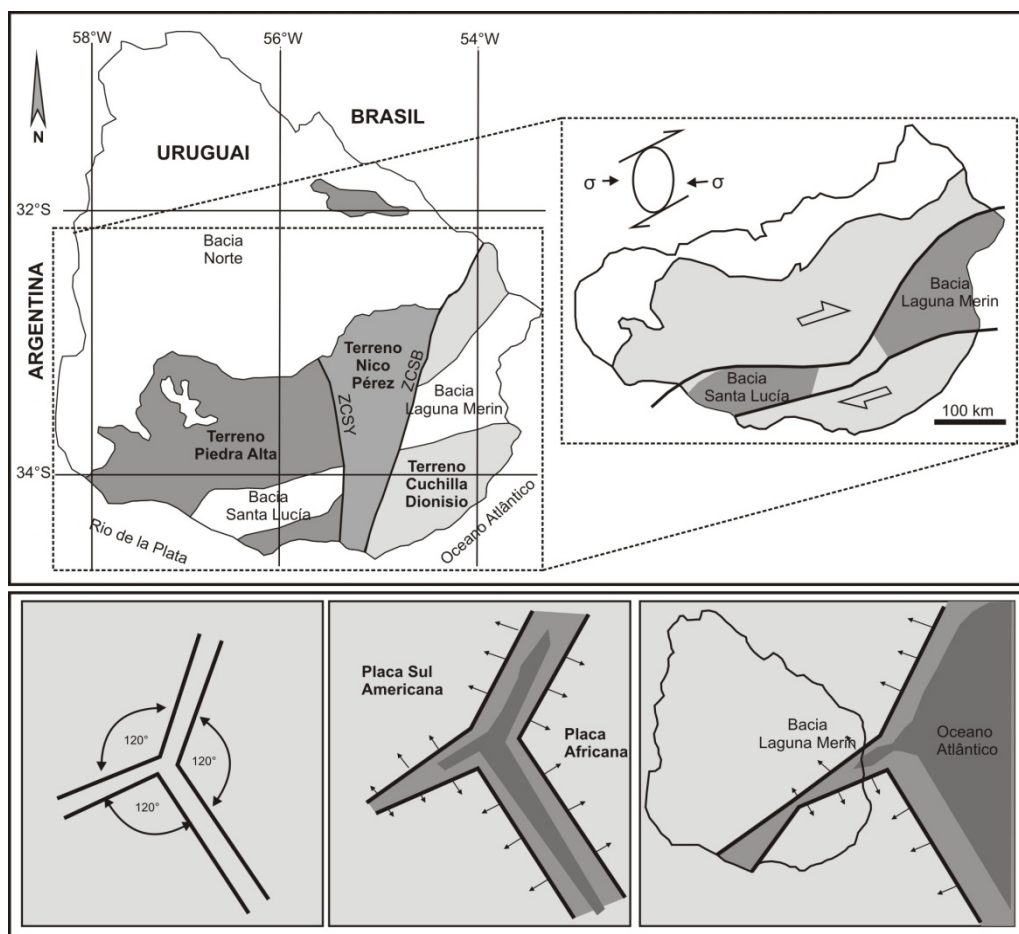


Figura 4: Interpretação do lineamento SaLAM como um rifte abortado (Retirado de Rossello *et al.* 2007). ZCSY: Zona de cisalhamento Sarandí del Yi-Piriápolis. ZCSB: Zona de cisalhamento de Sierra Ballena.

Adicionalmente, as bacias localizadas no segmento ao sul da dorsal Walvis-Rio Grande, onde estão inseridas as bacias da margem continental uruguaia, apresentam preenchimento rico em rochas magmáticas, o que as caracteriza como bacias de margem continental do tipo vulcânica (Franke *et al.* 2007, Bueno 2004, Talwani e Adreu 2000, Hinz *et al.* 1999, Gladczenko *et al.* 1997).

As bacias da margem continental do Uruguai localizam-se, portanto, na porção vulcânica do Atlântico Sul (Fig. 5), tendo assim muito em comum com as bacias da Namíbia e da África do Sul (Eldholm *et al.* 2000). O Neojurássico marcou o início do rifteamento no setor sul da América do Sul, mas na porção meridional da Argentina, a fase inicial de ruptura é documentada por alguns pulsos magmáticos mais antigos, datados entre 200 Ma e 180 Ma (Milani *et al.* 2000). Já a abertura do Oceano Atlântico entre Argentina-Uruguai e África do Sul-Namíbia ocorreu entre 126 Ma e 137 Ma (Unternehrr *et al.* 1988).

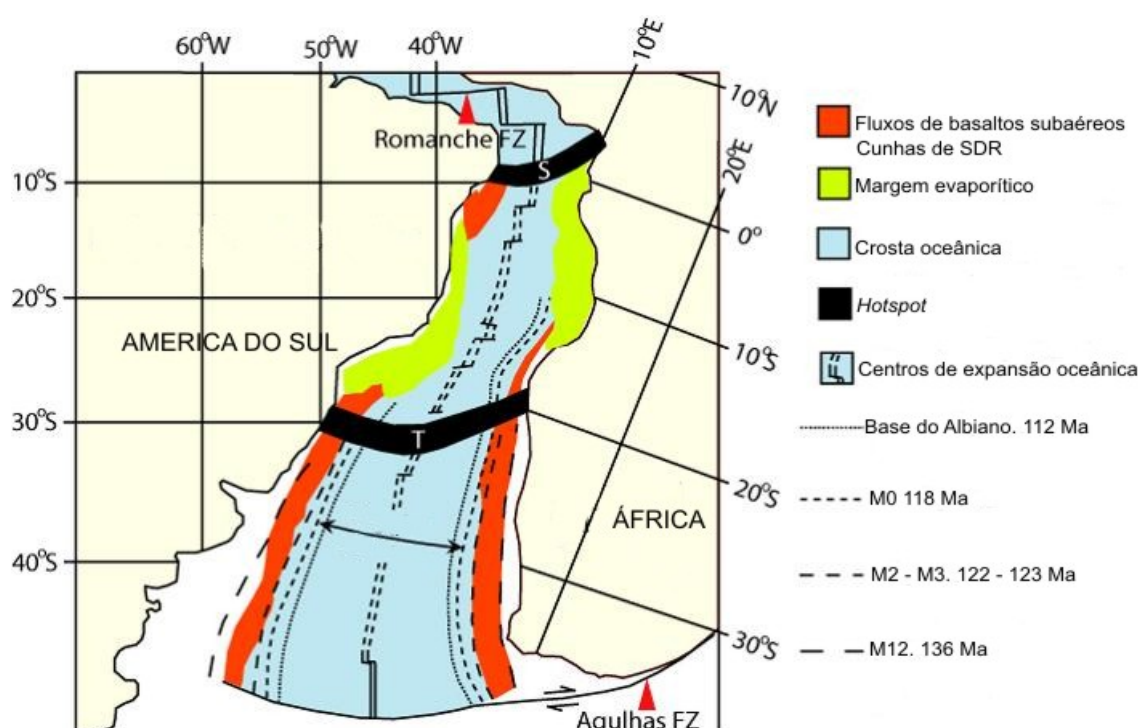


Figura 5: Características gerais da margem Sul-atlântica (Retirado de Eldholm *et al.* 2000). FZ: Zona de fratura. S: Trend do Hotspot de Santa Elena. T: Trend do Hotspot de Tristão da Cunha.

As margens passivas de tipo vulcânico são caracterizadas por ocorrências massivas de vulcanismo e magmatismo intrusivo, formados durante a quebra da litosfera continental, e constituem entre 75% e 90% das margens passivas continentais (Menzies *et al.* 2002; Eldholm *et al.* 2000). São caracterizadas por cunhas de refletores mergulhando na direção do mar (SDR), facilmente reconhecíveis em seções sísmicas, e uma crosta inferior de alta velocidade sísmica (HVLC, Fig. 6). Adicionalmente, ocorrem no *onshore* derrames de lavas basálticas e, subordinadamente, félsicas.

Embora exista uma ampla distribuição mundial de margens passivas do tipo vulcânico, e sua origem seja geralmente associada a uma anomalia térmica causada, por exemplo, por uma pluma mantélica na base da crosta (e.g. Gernigon *et al.*, 2005), a natureza dos processos que provocam a ruptura da crosta continental e levam progressivamente à formação de crosta oceânica ainda é alvo de controvérsias (Geoffrey 2005, Menzies *et al.* 2002, Eldholm *et al.* 2000).

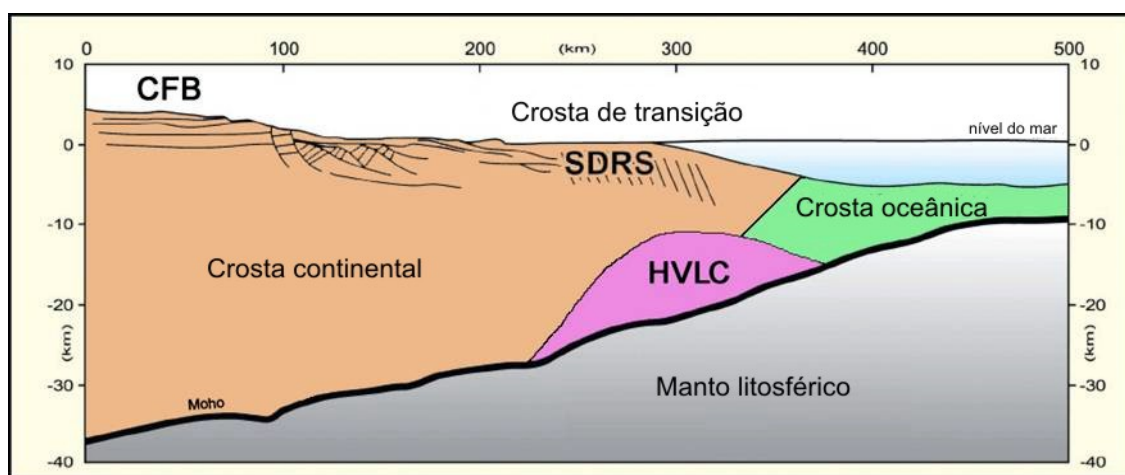


Figura 6: Principais constituintes das margens passivas de tipo vulcânico. CFB: Continental Flood Basalts; HVLC: High-Velocity Lower Crust; SDRS: Seaward Dipping Reflectors. (Retirado de Bueno 2004).

Na evolução das bacias sul-atlânticas são reconhecidas, de um modo geral, quatro grandes fases (Fig. 7): a) pré-rifte, b) rifte, c) transição e d) pós-rifte (e.g. Cainelli e Mohriak 1999, Karner e Driscoll 1999, Cesero e Ponte 1997, Chang *et al.* 1992).

A fase pré-rifte (Paleozoico–Jurássico) das bacias da margem continental sul-atlântica correlacionam-se com os depósitos sedimentares e vulcânicos das bacias intracratônicas do Gondwana ocidental, e está relacionada aos processos de subsidência intracratônica e estiramento que precedeu à fase rifte (Chang *et al.* 1992, García 1991).

Segundo diversos autores (e.g. Gonçalves *et al.* 2000, Cainelli e Mohriak 1999, Chang *et al.* 1992), a fase pré-rifte é composta de duas super-sequências, uma de idade paleozoica e outra de idade jurássica, separadas pela discordância triássica. A super-sequência de idade paleozoica é amplamente desenvolvida nas bacias de Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná, sendo preservada como relictos

nas bacias de Sergipe-Alagoas, Almada-Camamu, Punta del Este e Pelotas. A super-sequência de idade jurássica correlaciona-se com sedimentos não marinhos e rochas vulcânicas (Gonçalves *et al.* 2000) amplamente distribuídos na Bacia do Paraná.

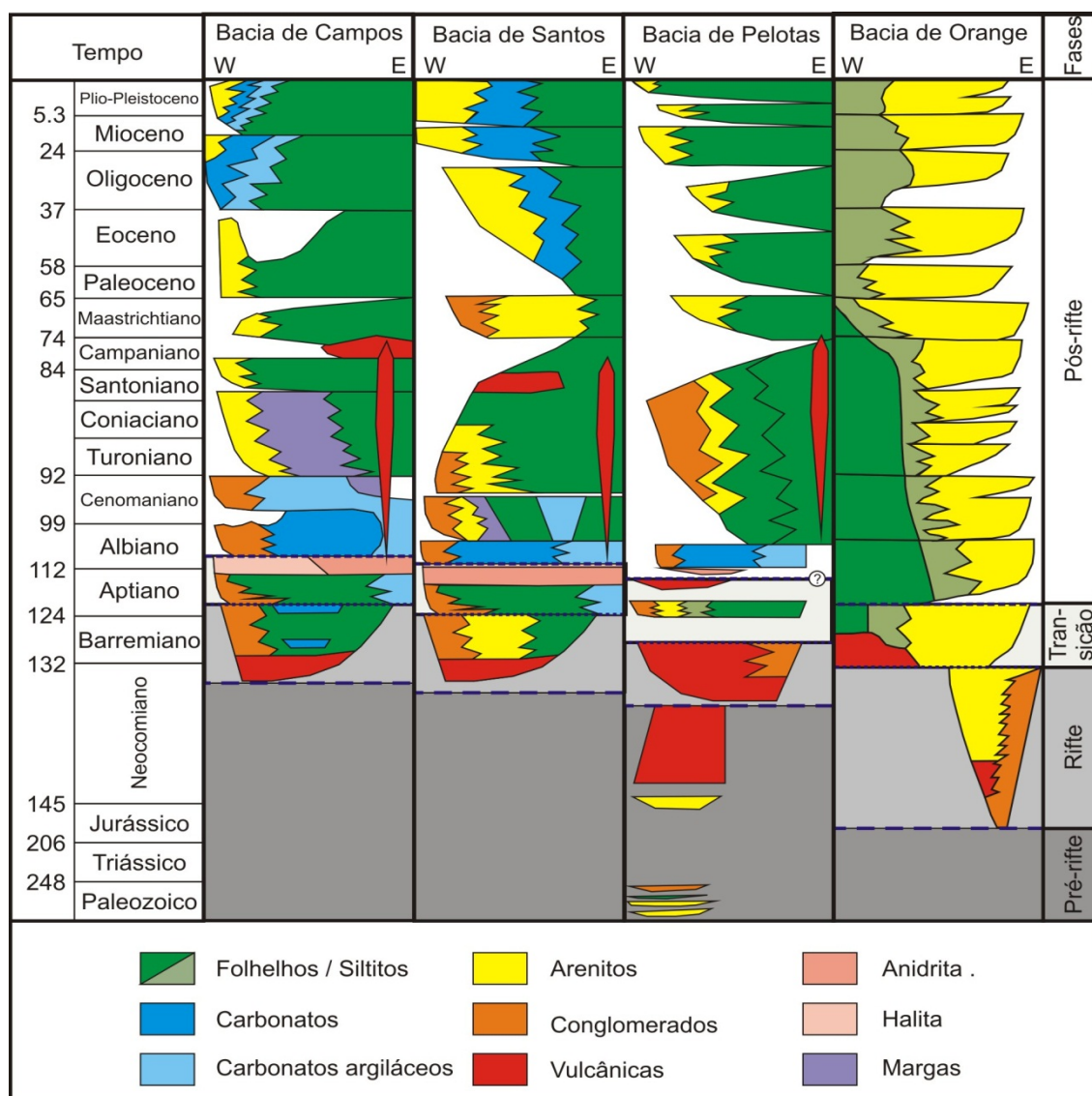


Figura 7: Cartas estratigráficas simplificadas das bacias de Campos, Santos, Pelotas e Orange. Modificado de Paton *et al.* (2007), Winter *et al.* (2007), Pereira e Feijó (1994), Dias *et al.* (1994). Notar o rejuvenescimento das fases para norte.

A fase rifte (Jurássico–Cretáceo inferior) é caracterizada por afinamento litosférico, sendo controlada por falhas normais que determinaram a subsidência mecânica das bacias, resultando em bacias alongadas (Unterneh *et al.* 2010).

Diversos autores têm sugerido que a fase rifte do Atlântico Sul, na sua porção central, ocorreu em três estágios: Neocomiano (143 Ma -130 Ma); Barremiano (130 Ma -125 Ma) e Eo-Aptiano (125 Ma -118 Ma) (e.g. Karner e Driscoll 1999, Cesero e Ponte 1997, Chang *et al.* 1992).

Segundo Cainelli e Mohriak (1999), a fase rifte seria representada por falhas sintéticas NS a NE/SW e sistemas secundários antitéticos, formando uma série de meio-grábens com altos internos; sistemas EW ou NW/SE de falhas transferentes acomodariam as diferentes taxas de estiramento entre as bacias e os blocos internos.

O preenchimento dos riftes é composto principalmente por três litofacies: a) conglomerados e arenitos pertencentes a leques aluviais da borda das bacias (associados a falhas ativas do rifte); b) folhelhos pretos, ricos em matéria orgânica, localizados nos depocentros lacustres e depositados em condições anóxicas; e c) coquinhos associadas a cristas ou flancos de altos internos do rifte, em áreas de nulo ou escasso aporte terrígeno.

A fase de transição rifte-drifte (ou *sag*) (Aptiano) apresenta o desenvolvimento de espessas sequências evaporíticas, nas bacias localizadas ao norte da dorsal de Walvis-Rio Grande. Provavelmente seja esta a fase que apresenta as maiores diferenças entre as bacias marginais sul-atlânticas, sendo sua constituição (clástica/carbonática/evaporítica ou apenas carbonática/evaporítica) e sua posição estratigráfica (terceiro estágio do rifte, estágio inicial do pós-rifte) ainda alvo de controvérsias (e.g. Unternehr *et al.* 2010, Reston 2010, Winter *et al.* 2007, Moreira *et al.* 2007, Moulin *et al.* 2005). Porém, de um modo geral, caracteriza o fim do estiramento e da atividade das principais falhas que envolvem o embasamento (Unternehr *et al.* 2010). Além disso, segundo Lentini *et al.* (2010), de norte para sul, a sequência pré-sal da fase de transição apresenta uma variação desde ambientes clásticos dominantes a ambientes progressivamente mais ricos em carbonatos.

Nas bacias localizadas ao sul da dorsal Walvis-Rio Grande nem sempre é reconhecida uma fase de transição (e.g. Fontana 1996 e 1987, para a Bacia de Pelotas), mas onde ocorre apresenta natureza predominantemente clástica (e.g. Paton *et al.* 2007 para a Bacia de Orange).

A fase pós-rifte (Aptiano/Albiano–presente) é caracterizada por subsidência termal e flexural das bacias, em resposta ao resfriamento e contração da litosfera e à carga sedimentar. Apresenta contínuo aprofundamento dos sistemas deposicionais, com desenvolvimento de grandes cunhas clásticas e plataformas carbonáticas (ao norte). Tem início no Aptiano, em condições de restrição, uma vez que ainda não havia se formado a abertura na zona de transferência de Falklands (e.g. Rabinowitz e Labrecque 1979), após o que imperaram condições marinhas abertas em toda a margem sul-atlântica.

Segundo Cainelli e Mohriak (1999), duas super-sequências constituem a fase pós-rifte: a) super-sequência marinha restrita, caracterizada por depósitos de ambientes marinhos pouco profundos, anóxicos; e b) super-sequência marinha aberta, que caracteriza a fase de deposição oceânica, com desenvolvimento de plataformas mistas (clástica e carbonática), e turbiditos e depósitos de fluxo de massa em ambiente marinho.

Na fase pós-rifte são reconhecidas diferenças nas bacias do Atlântico Sul, decorrentes de fatores locais, principalmente relacionadas ao aporte sedimentar, à taxa de subsidência e aos elementos tectônicos.

4.1.1 Sistemas Petrolíferos da Margem Sul-Atlântica

O Atlântico Sul tem se consolidado como uma das principais províncias petrolíferas do mundo nos últimos anos. Desde as primeiras descobertas no Brasil (Campo Candeias, Bacia de Recôncavo, em 1941) e em Angola (Campo Benfica, Bacia de Kwanza, em 1955), seguidas pela descoberta do primeiro campo gigante no Delta do Níger, em 1958, até o presente, o Atlântico Sul tem apresentado notável incremento de suas reservas.

Nessa história de contínua adição de reservas da margem sul atlântica, merecem especial destaque as descobertas do pré-sal na margem brasileira, iniciadas com o campo Tupi, na Bacia de Santos, que tem provocado uma verdadeira revolução na indústria, em nível mundial. Essa revolução é em grande parte o resultado dos contínuos avanços tecnológicos que possibilitaram a

exploração e o desenvolvimento de poços em profundidades de lâmina d'água inconcebíveis até relativamente poucos anos atrás.

Dessa forma, o Atlântico Sul têm demonstrado possuir uma geologia favorável à ocorrência de jazidas de hidrocarbonetos, apresentando uma ampla distribuição de rochas geradoras, reservatórios e *plays* que apresentam características comuns nas margens americana e africana.

Na margem americana, a principal província petrolífera ocorre na costa do Brasil e na margem africana, esta última compreendendo as bacias do Congo e de Angola (Hartwing *et al.* 2012, Berlinger *et al.* 2012a, Coward *et al.* 1999, Davison 2009, Mello *et al.* 1995). As bacias localizadas ao sul ainda permanecem relativamente subexploradas, embora significativas descobertas de hidrocarbonetos tenham acontecido nos últimos anos, principalmente nas bacias de Orange e Malvinas (Mello *et al.* 2012, BGS 2010, van der Spuy 2003, Jungslager 1999).

As principais rochas geradoras das acumulações de hidrocarbonetos do Atlântico Sul são os folhelhos lacustres do rifte, mais de 90 % no Brasil e em Angola (Mello *et al.* 2012), e os folhelhos marinhos do Cretáceo inferior (Hartwing *et al.* 2012, Mello *et al.* 2012). As características dessas rochas geradoras e os hidrocarbonetos derivados têm sido reportados por Mello *et al.* (2012), Davison (2009) e Mello *et al.* (1995), entre outros, para a margem brasileira, e Hartwing *et al.* (2012), Adekola *et al.* (2012), van der Spuy (2003) e Burwood (1999), entre outros, para a margem africana.

A similaridade das rochas geradoras nas duas margens do Atlântico Sul reflete o ambiente deposicional similar, mas a assimetria dos riftes resulta em diferentes histórias sedimentares e de subsidência que têm consequências na distribuição de petróleo leves *versus* gás e condensados, e nas profundidades dos reservatórios (Mello *et al.* 2012, Berlinger *et al.* 2012a, Lentini *et al.* 2010, Versfelt 2009). Na margem brasileira, a maioria dos óleos deriva de rochas geradoras lacustres, com uma menor contribuição de rochas marinhas do pós-rifte, já que, apesar de existirem rochas marinhas cretáceas com bom potencial gerador, não foi ainda comprovada sua efetiva contribuição. Do lado africano, por sua vez condições de geração e migração são atestadas, por exemplo, pela geração de óleos leves e gás a partir de rochas marinhas cretáceas no campo Kudu (Namíbia) (Mello *et al.* 2012).

As rochas reservatórios e/ou tipos de *plays* das acumulações de hidrocarbonetos na margem sul-atlântica podem ser agrupados em: a) turbiditos marinhos profundos da fase pós-rifte, b) arenitos e carbonatos pouco profundos da fase pós-rifte inicial, c) arenitos e conglomerados aluviais, fluviais e deltaicos da fase de transição (pré-sal), d) turbiditos lacustres da fase rifte, e) carbonatos lacustres da fase rifte, e) arenitos e conglomerados aluviais e fluviais da fase rifte, f) arenitos eólicos e fluviais e basaltos fraturados da fase pré-rifte (e.g. Berlinger *et al.* 2012a, ANP 2002 e 2009, Chang *et al.* 2008, Mohriak *et al.* 2002, Guardado *et al.* 2000, Gonçalves *et al.* 2000, Mello *et al.* 1995).

Beglinger *et al.* (2013) resumem os sistemas petrolíferos presentes na margem brasileira em cinco tipos principais (Fig. 8): a) sistema petrolífero lacustre do rifte, b) sistema petrolífero fluvial-marinho da fase de transição, c) sistema petrolífero marinho restrito da fase de transição, d) sistema petrolífero marinho raso do pós-rifte, e e) sistema petrolífero marinho profundo do pós-rifte. Considerando que os *habitats* dos hidrocarbonetos estão relacionados com as fases tectônicas e estratigráficas das bacias, decorrentes da sua origem e história evolutiva (e.g. Beglinger *et al.* 2012a,b, Douts e Summer 2007), os sistemas petrolíferos mencionados podem ser estendidos para toda a margem atlântica, levando-se em consideração as características locais.

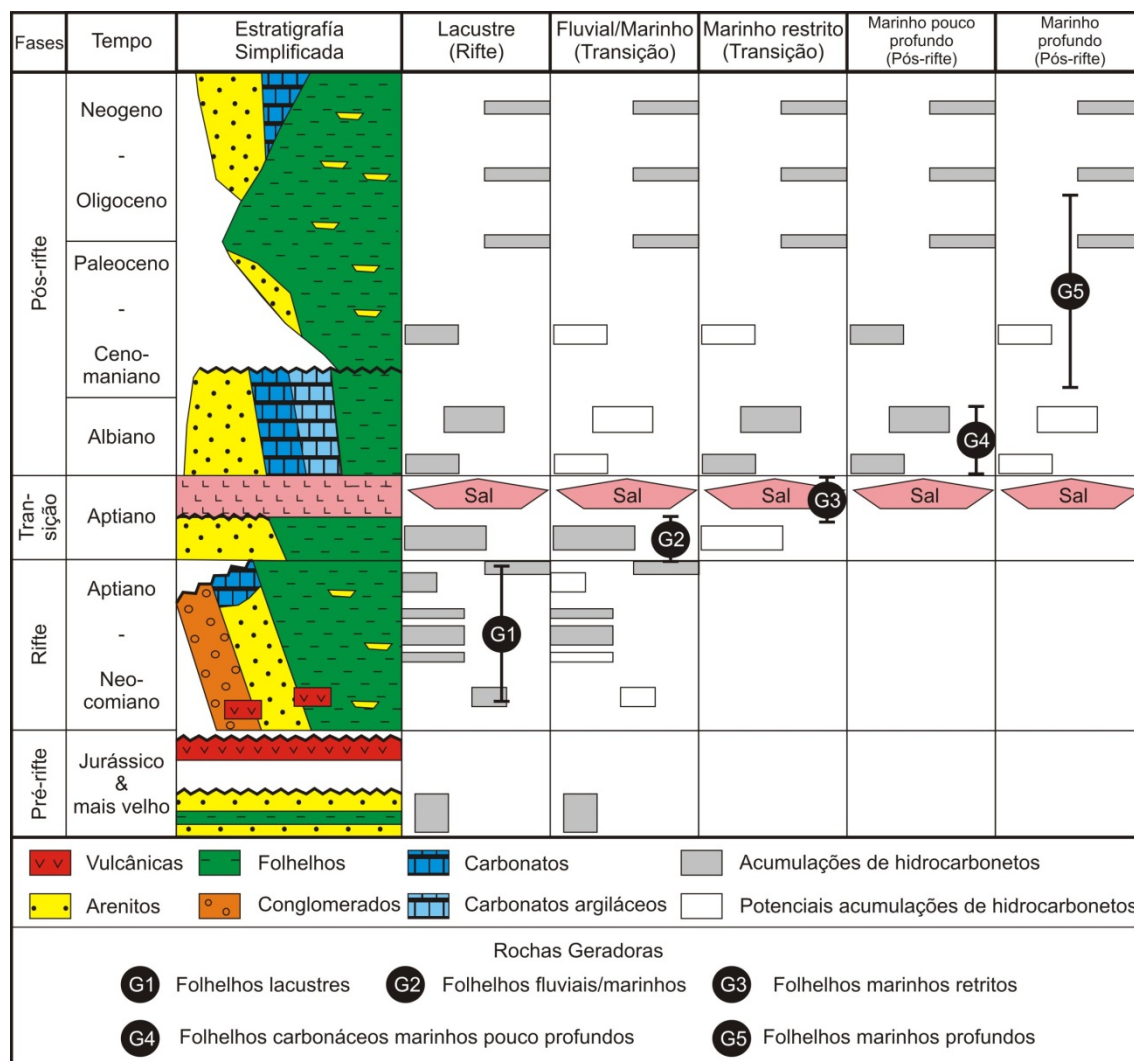


Figura 8: Resumo geral dos principais sistemas petrolíferos das bacias da margem brasileira (Retirado de Berlinger *et al.* 2013).

4.2 Bacias da Margem Continental Uruguaia (Exceto a Bacia Oriental del Plata)

4.2.1 Introdução

Os primeiros trabalhos realizados na margem continental uruguaia, de natureza geofísica, foram desenvolvidos pelo Observatório Geológico Lamont, da Universidade de Columbia, entre os anos 1960 e 1965 (Leyden *et al.* 1971, Ewing *et al.* 1963). A partir da década de 1970, as bacias da margem continental do Uruguai foram objeto de diversas campanhas de aquisição de dados geofísicos desenvolvidas pela ANCAP e outras companhias, incluindo dados gravimétricos, magnetométricos e sísmicos 2D, e da perfuração de dois poços exploratórios.

Entre os estudos regionais que analisaram as margens continentais argentina e uruguaia, e contribuíram de forma significativa para o maior conhecimento das bacias da margem continental uruguaia, destacam-se o trabalho de Hinz *et al.* (1999), que separou diferentes domínios de crosta, e o de Franke *et al.* (2007), que caracterizou a compartimentação tectônica das margens.

Hinz *et al.* (1999) interpretaram três unidades tectono-vulcânicas de crosta sobre as quais se depositou uma sucessão sedimentar espessa, sem atividade tectônica, de idade do Cretáceo ao Cenozoico. Estas unidades são: a) bacias rifte e feições pré-rifte localizadas na plataforma externa, b) cunhas de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas (SDR), de grande espessura, desenvolvidas principalmente na área do talude, associadas com a anomalia magnética G, e c) crosta oceânica cretácea à frente, em direção ao mar. Esses autores definiram cinco horizontes sísmicos denominados: AR1 (topo do rifte, diacrônico), AR2 (topo do drifte inicial, Aptiano tardio), AR3 (drifte, Campaniano inferior), AR4 (Eoceno tardio) e AR5 (Mioceno médio), todos eles em seções sísmicas da margem argentina.

Franke *et al.* (2007) propuseram que a propagação do rifte sul-atlântico deu-se em grande escala, mas ao longo de diferentes segmentos (400 km) limitados por zonas de transferência. Esses autores propuseram que o rifte do Atlântico Sul evoluiu de forma instantânea, por desmembramento de seções e não por propagação contínua. Identificaram quatro zonas de transferência maiores na margem argentina-uruguaia (I, II, III e IV), denominadas Falkland, Colorado, Ventana e Salado. Posteriormente, Raggio *et al.* (2011) modificaram a configuração de algumas das zonas de transferência definidas por Franke *et al.* (2007) (Fig. 9).

Soto *et al.* (2011) identificaram na margem uruguaia mais uma zona de transferência, que denominaram Sistema de Transferência do Rio de la Plata (STRP), localizada na borda sudoeste do Alto do Polônio. O STRP separa um segmento sul de um segmento norte que, de um modo geral, correspondem às bacias de Punta del Este e Pelotas, respectivamente. Esta zona de transferência é definida pela atenuação e/ou interrupção de diferentes feições geológicas e geofísicas (notadamente as cunhas de SDR, anomalias magnéticas e depocentros). O STRP apresentaria continuidade na direção do mar com as zonas de fratura oceânica, de orientação E-W, e na direção do continente, com lineamentos *onshore* (e.g. Martín García, Soto *et al.* 2011).

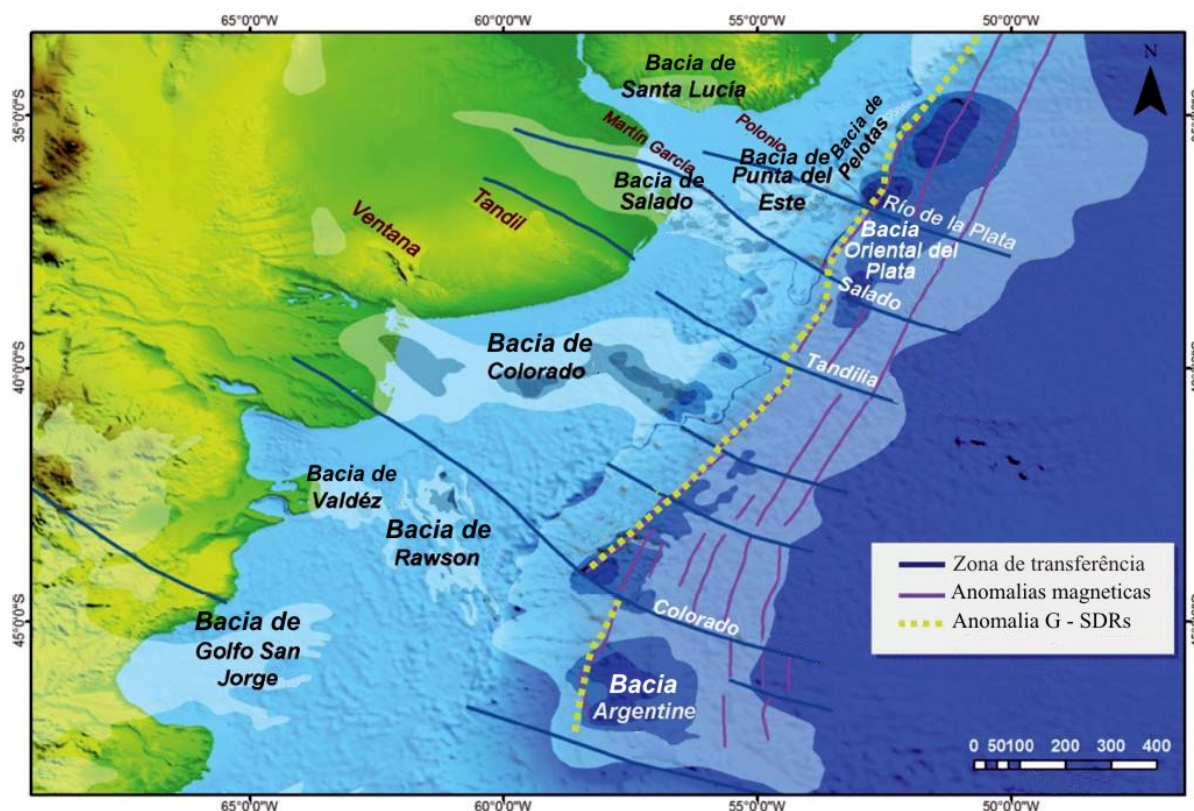


Figura 9: Mapa estrutural das margens continentais argentina e uruguaia (Retirado de Raggio *et al.* 2011).

Trabalhos focalizados na análise do potencial de ocorrências de hidrocarbonetos nas bacias *offshore* do Uruguai foram desenvolvidos por de Santa Ana *et al.* (2005, 2009, 2010). Para esses autores, as principais rochas geradoras são os folhelhos lacustres do rifte, os folhelhos marinhos restritos do pré-rifte e os folhelhos marinhos distais do sag; como rochas reservatório, propuseram as unidades siliciclásticas das sequências fluviais do rifte, as deltaicas do sag e as sucessões de turbiditos e de sistemas de canais da fase inicial de margem passiva; as rochas selantes corresponderiam a folhelhos de extensão regional (Formação Gaviotín) e local; e as trapas seriam estruturais, estratigráficas e mistas.

Grassmann *et al.* (2011) avaliaram o potencial de ocorrências de hidrocarbonetos das bacias da margem uruguaia e argentina por meio de simulações numéricas. Propuseram um potencial sistema petrolífero composto por uma rocha geradora marinha aptiana, de excelente qualidade (Fig. 10), rochas reservatórios da Formação Colorado (Cretáceo médio-tardio) e rochas selantes da

Formação Pedro Luro (Paleoceno). As unidades litoestratigráficas corresponderiam às da Bacia de Colorado, da margem argentina. O resultado indicou alta maturação da rocha fonte, na janela de gás, para a margem uruguaia.

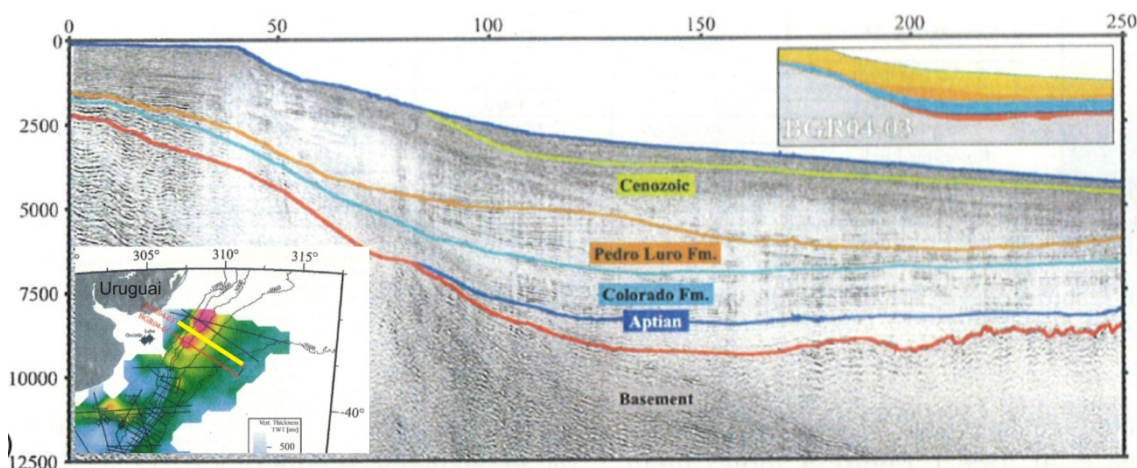


Figura 10: Seção sísmica interpretada da margem continental do Uruguai (Retirado de Grassmann *et al.* 2011). Profundidade em metros, longitude em quilômetros. Localização em amarelo no mapa.

A ocorrência de hidratos de gás na margem continental do Uruguai, baseada na identificação do BSR (*Bottom Simulating Reflector*), foi apresentada por de Santa Ana *et al.* (2004), de Santa Ana e Tomasini (2010) e Tomasini *et al.* (2011). Segundo esses autores, os hidratos de gás desenvolvem-se numa ampla área na margem continental do Uruguai cobrindo aproximadamente 26.000 km² e se constituindo num importante recurso de hidrocarbonetos não convencional.

Adicionalmente, Tomasini (2010) e Tomasini *et al.* (2011) identificaram em seções sísmicas da margem uruguaia, evidências de gás livre, de provável origem termogênico, localizadas por baixo da zona de estabilidade dos hidratos de gás.

4.2.2 Bacia de Punta del Este

O primeiro e mais extenso trabalho publicado sobre a Bacia de Punta del Este é o de Stoakes *et al.* (1991), que definiram quatro sequências sismoestratigráficas: A, B, C e D (Fig. 11). Segundo esses autores, a Bacia de Punta del Este teria evoluído em três fases: rifte, sag e margem passiva. A fase rifte, de idade Neocomiana, seria representada predominantemente por rochas siliciclásticas; a

fase sag, de idade do Aptiano ao Maastrichtiano, estaria representada por depósitos continentais e marinhos; e a fase margem passiva (Paleoceno-Recente) estaria representada por depósitos marinhos.

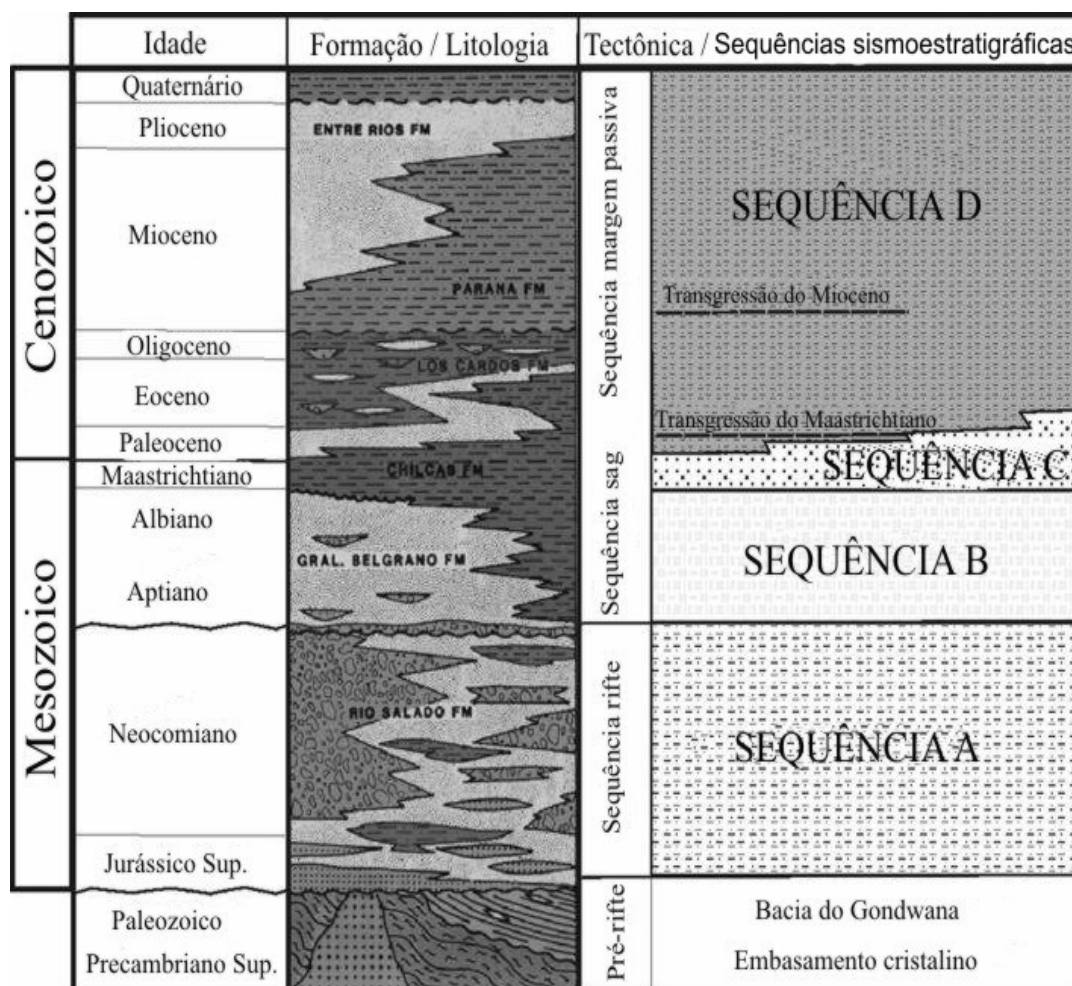


Figura 11: Coluna Estratigráfica da Bacia de Punta del Este (Retirado de Stoakes *et al.* 1991).

Para esses autores, a gênese da Bacia de Punta del Este seguiu o modelo clássico de junção tripla, com forma de meia estrela. Nesse contexto, a Bacia de Pelotas teria evoluído para uma fase rifte-drifte, de forma que as bacias de Salado e Punta del Este corresponderiam ao braço abortado. Esse modelo é semelhante ao estabelecido por Introcaso e Ramos (1984) para a Bacia de Salado, e foi adotado por Ucha *et al.* (2004) para a Bacia de Punta del Este.

Tavella e Wright (1996) descreveram a Bacia de Punta del Este como uma sub-bacia da Bacia de Salado, estabelecendo que o Alto de Martin Garcia manteve-se como um elemento positivo desde o fim do Jurássico até o fim do Cretáceo

(Senoniano). Para a análise da evolução e do potencial petrolífero da Bacia de Punta del Este, Tavella e Wright (1996) adotaram a mesma nomenclatura das unidades litoestratigráficas formais descritas na área emersa da Bacia de Salado, na Argentina, e como unidades sismoestratigráficas, as definidas por Stoakes *et al.* (1991).

Fontana *et al.* (1999) caracterizaram a evolução da Bacia de Punta del Este em oito sequências deposicionais: a) Sequência Rife, Jurássico Superior-Cretáceo Inferior; b) Sequência I, Aptiano Inferior-Albiano Inferior; c) Sequência II, provavelmente Albiano-Cenomaniano; d) Sequência III, provavelmente Albiano Superior-Cretáceo Superior; e) Sequência IV, Paleoceno; f) Sequência V, provavelmente Eoceno; g) Sequência VI, Eoceno Superior-Oligoceno Inferior, e h) Sequência VII, Oligoceno-Mioceno até o Recente.

Nos estudos de Stoakes *et al.* (1991) e Fontana *et al.* (1999) utilizaram-se dados sísmicos da plataforma continental e da parte superior do talude. A figura 12 apresenta as sequências deposicionais da Bacia de Punta del Este, segundo esses trabalhos.

Veroslavsky *et al.* (2003) estudaram os sedimentos do intervalo inferior do poço Gaviotín (3492 m – 3631 m) e correlacionaram os 93 metros superiores às formações Yaguarí/Buena Vista, e os 46 metros da base à Formação Três Islas da Bacia Norte do Uruguai. A correlação com as formações Yaguarí/Buena Vista baseou-se em feições litológicas e relações estratigráficas, enquanto a correlação com a Formação Três Islas sustenta-se em dados tanto litoestratigráficos quanto bioestratigráficos, já que esse intervalo forneceu palinomorfos permianos (Daners *et al.* 2003).

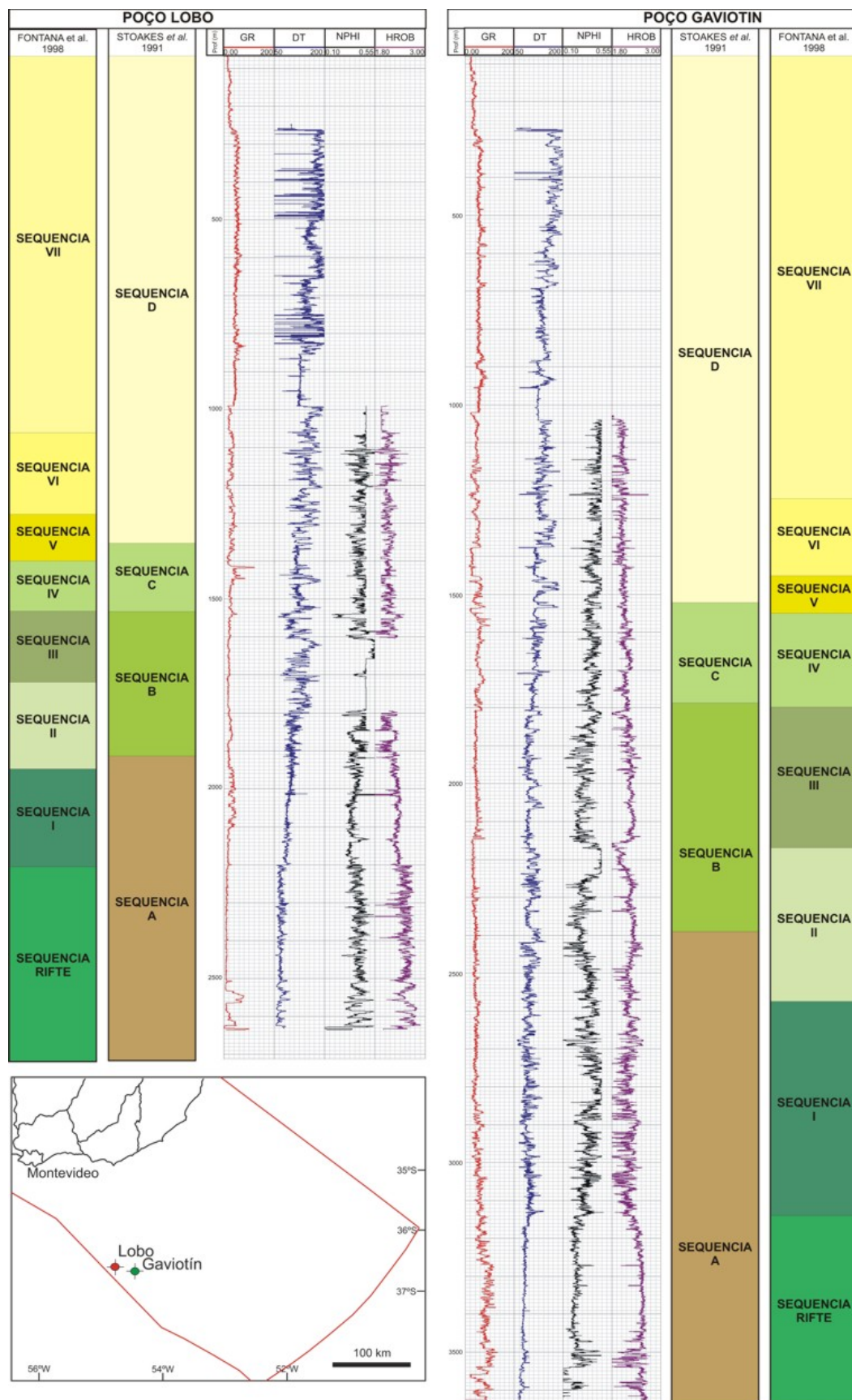


Figura 12: Sequências deposicionais nos poços Lobo e Gaviotín segundo Stoakes *et al.* (1991) e Fontana *et al.* (1999).

Com base nos dados dos dois poços perfurados na Bacia de Punta del Este, Ucha *et al.* (2004) modificaram o esquema de Stoakes *et al.* (1991) e apresentaram uma nova coluna estratigráfica para a bacia, até o Paleoceno (Fig. 13).

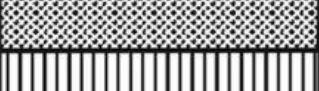
Período		Formações	Litologia	Tectônica
CRATÁCEO		Gaviotín		Margem Passiva
	S	Mercedes		Sag II
	I	Migues		I
JURÁSSICO	S	Cañada Solís		Rifte II
	M	Puerto Gómez		
PERMIANO	S	Buena Vista / Yaguari		Pré-rifte
	I	Tres Islas		
PRECAMBRIANO		Escudo Uruguayo Sur-riograndense		

Figura 13: Coluna estratigráfica da Bacia de Punta del Este, segundo Ucha *et al.* (2004).

Ucha *et al.* (2004) caracterizaram uma fase pré-rifte, definiram duas fases rifte e duas fases sag. Esses autores correlacionaram as litologias dos poços com unidades litoestratigráficas formais das bacias *onshore* do Uruguai, e caracterizaram a evolução da Bacia de Punta del Este em cinco fases, abaixo especificadas.

- **Pré-rifte:** sedimentos permianos (Formações Tres Islas e Yaguari/Buena Vista da Bacia Norte) superpostos a rochas do embasamento cristalino (Escudo Uruguayo Sul-Riograndense).

- **Rifte I:** de características tectônicas extensionais (Jurássico-Cretáceo Inferior), é constituída por uma sucessão vulcano-sedimentar (Formações Cañada Solís e Puerto Gómez das bacias Santa Lucia e Laguna Merín).

- **Rifte II:** com características tectônicas transcorrentes (Cretáceo Inferior), constituída por sedimentos continentais aluviais e fluviais (Formação Migue, da Bacia Santa Lucia). Associado a estes sistemas alúvio-fluviais os autores inferem a ocorrência de sedimentos lacustres nas porções distais da bacia, os quais seriam correlacionáveis à Formação Castellanos da Bacia Santa Lucía. Como resultado dessa correlação, atribui-se a esta fase idade do Aptiano-Albiano.

- **Sag I e Sag II:** do Cretáceo Superior, apresentam sedimentos continentais, principalmente arenitos com intercalações de siltitos (Formação Mercedes das bacias Norte e Santa Lucía).

- **Margem passiva:** com evolução do Paleoceno-Recente.

Compreendida na fase margem passiva, Ucha *et al.* (2004) definiram a Formação Gaviotín como uma unidade litoestratigráfica constituída por folhelhos pretos e cinzas com intercalações menores de siltitos e areias. Esta unidade não tem equivalente no *onshore* do Uruguai e é correlacionável, do ponto de vista litoestratigráfico, às formações Chilcas e Pedro Luro do *offshore* da Argentina.

O trabalho de Ucha *et al.* (2004) para a fase margem passiva da Bacia de Punta del Este foi complementado por de Santa Ana *et al.* (2005), que definiram cinco sequências deposicionais para o intervalo Cretáceo Superior–Recente. Estas sequências foram denominadas: a) Margem passiva 1, Formação Gaviotín (Maastrichtiano-Daniano); b) Margem passiva 2, Formação Gaviotín (Eoceno médio); c) Margem passiva 3 (Eoceno tardio-Oligoceno Inferior), correlacionável à Formação Fray Bentos do *onshore* do Uruguai; d) Margem passiva 4 (Mioceno), correlacionável às formações Raigón e Camacho; e e) Margem passiva 5 (Quaternário).

Raggio *et al.* (2011) caracterizaram a evolução da Bacia Punta del Este em três grandes sequências correspondentes a três fases de evolução: a) Fase de extensão SSW-NNE, do Jurássico Médio–Cretáceo Inferior, correspondente à sequência rifte; b) Fase de Abertura E-W do Gondwana (*breakup* Cretáceo), correspondente à sequência pós-rifte/sag (Aptiano-Campaniano); c) Fase de subsidência da margem passiva, do Terciário, correspondente à sequência margem passiva (Fig. 14).

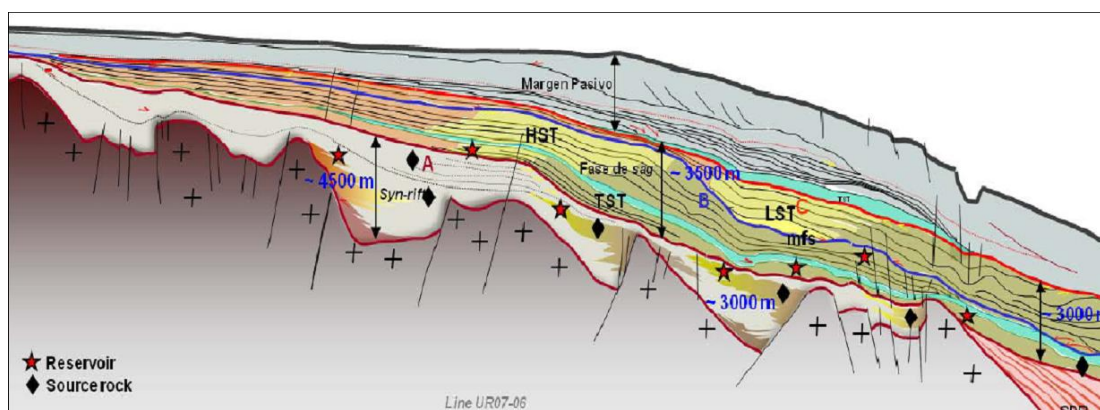


Figura 14: Seção sísmica interpretada da Bacia Punta del Este (Retirado de Raggio *et al.* 2011). HST: High System Tract; TST: Transgressive System Tract; LST: Low System Tract; mfs: maximum flooding surface.

Raggio *et al.* (2011) apresentaram a mais recente coluna estratigráfica da Bacia de Punta del Este (Fig. 15), adotando as unidades litoestratigráficas formais da Bacia de Salado. Das discordâncias apresentadas na coluna estratigráfica, somente os horizontes A, B e C são identificados na seção sísmica apresentada pelos autores (Fig. 14). Embora os autores coloquem na carta estratigráfica apresentada (Fig. 15) uma sequência transgressiva entre os horizontes B e C, de idade maastrichtiana-paleocênica, na seção sísmica apresentada (Fig. 14) consideram o pacote compreendido entre esses horizontes como um LST (*Low System Tract*).

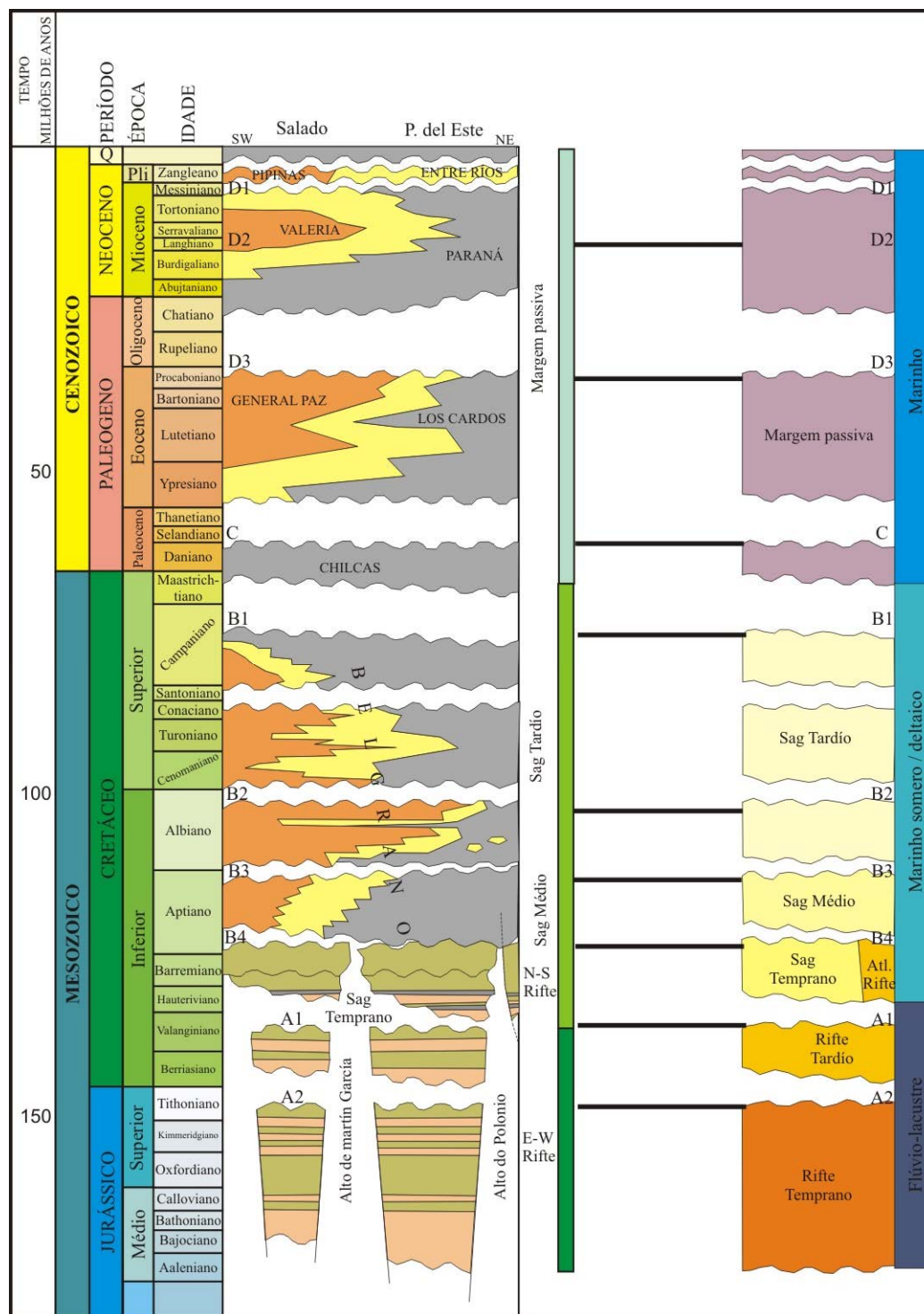


Figura 15: Coluna estratigráfica da Bacia de Punta del Este (Retirado de Welsink , 2010 *apud* Raggio *et al.* 2011).

Do ponto de vista exploratório, os dois poços perfurados na margem uruguaia (Lobo e Gaviotín) localizam-se no extremo oeste da Bacia de Punta del Este, na plataforma continental, em altos estruturais, muito próximos um do outro, com uma lâmina de água menor aos 60 m. Os poços Lobo e Gaviotín foram declarados secos

pela Chevron Oil Uruguay e apresentaram uma profundidade total de 2713 m e 3631 m, respectivamente.

Esses poços tinham como alvo sedimentos cretáceos do rifte e pós-rifte inicial, associados a estruturas nos ombros dos hemi-grábens. O poço Lobo foi finalizado depois de atravessar quase 500 metros de basaltos do rifte, e o poço Gaviotín foi finalizado em arenitos muito consolidados, de duvidosa natureza, que posteriormente seriam atribuídos a arenitos permianos, correspondentes à sequência pré-rifte.

Em 1996, um estudo desenvolvido pela empresa petroleira Amoco e publicado por Tavella e Wright (1996) identificou, em toda a seção dos poços, inclusões fluidas de óleo leve e gás. As inclusões de óleo, de 32° API e provável origem lacustre, ocorrem principalmente nos sedimentos do rifte, e as inclusões de gás ocorrem preferencialmente nos sedimentos cretáceos do pós-rifte.

4.2.3 Bacia de Pelotas

Não existem na literatura antecedentes de estudos da porção uruguaia da Bacia de Pelotas. No entanto, embora seja a bacia menos estudada da margem sudeste do Brasil, existem estudos desenvolvidos na sua porção brasileira.

Os trabalhos de pesquisa na Bacia de Pelotas são, em sua maioria, de reconhecimento regional, provavelmente devido à escassez de dados disponíveis para seu estudo e à suas supostas escassas possibilidades para conter acumulações de hidrocarbonetos, já que, ao contrário das outras bacias da margem continental brasileira, não é ainda uma bacia produtora de hidrocarbonetos.

Outras particularidades da Bacia de Pelotas, quando comparada às demais bacias da margem brasileira, referem-se ao seu importante preenchimento magmático e à ausência de uma seção evaporítica aptiana espessa, devido às condições de mar aberto (Bueno *et al.* 2007, Dias *et al.* 1994).

A Bacia de Pelotas é caracterizada por uma rampa homoclinal, em que os depósitos se espessam em direção à parte mais profunda da mesma. Na porção mais proximal, a bacia assenta-se sobre crosta continental e, em sua porção mais

distal, sobre o assoalho oceânico. Na porção continental, a bacia desenvolve-se sobre rochas do Escudo Uruguaio-Sulriograndense e rochas paleozoicas e mesozoicas da Bacia do Paraná (Bueno *et al.* 2007, Fontana 1996 e 1987, Dias *et al.* 1994).

Uma feição deposicional de grande importância da Bacia de Pelotas é o Cone do Rio Grande (Martins *et al.* 1971), constituído por um prisma sedimentar com mais de 10.000 m de espessura que abrange a plataforma continental e o talude.

Na Bacia de Pelotas são reconhecidas diversas feições estruturais, tanto paralelas quanto perpendiculares à costa (Fig. 16). Entre as perpendiculares destacam-se: a) a Plataforma de Florianópolis, que representa o limite norte da bacia e coincide como o Alto de São Paulo e com a Zona de Fratura de Rio Grande (Gamboa e Rabinowitz 1981); b) Lineamento de Porto Alegre (Alves 1981), caracterizado por altos do embasamento; c) Arco de Torres (Alves 1977), também formado por altos do embasamento, onde as rochas da Bacia do Paraná são sobrepostas pelo pacote sedimentar da Bacia de Pelotas (Dias *et al.* 1994); e d) Lineamento Chui (Alves 1981), junto à fronteira com o Uruguai, o qual, foi sugerido por alguns autores como o limite sul da bacia (Alves 1981, Milani *et al.* 2000). Entre as feições estruturais paralelas à costa, destaca-se a Zona de falha de Rio Grande (Miranda 1970), que corresponde a uma falha normal de grande rejeito.

Silveira e Machado (2004) dividiram a Bacia de Pelotas em duas sub-bacias limitadas pelo Terraço do Rio Grande. Posteriormente, Bueno *et al.* 2007 utilizaram o Lineamento de Porto Alegre como limite para a separação em duas sub-bacias.

Do ponto de vista formal, Dias *et al.* (1994) reconheceram nove unidades litoestratigráficas na Bacia de Pelotas: a) Formação Imbituba, b) Formação Cassino, c) Formação Curumim, d) Formação Ariri, e) Formação Portobelo, f) Formação Tramandaí, g) Formação Atlântida, h) Formação Cidreira e i) Formação Imbé. A carta apresentada por esses autores apresenta caráter genérico, mas constituiu a base das propostas mais recentes.

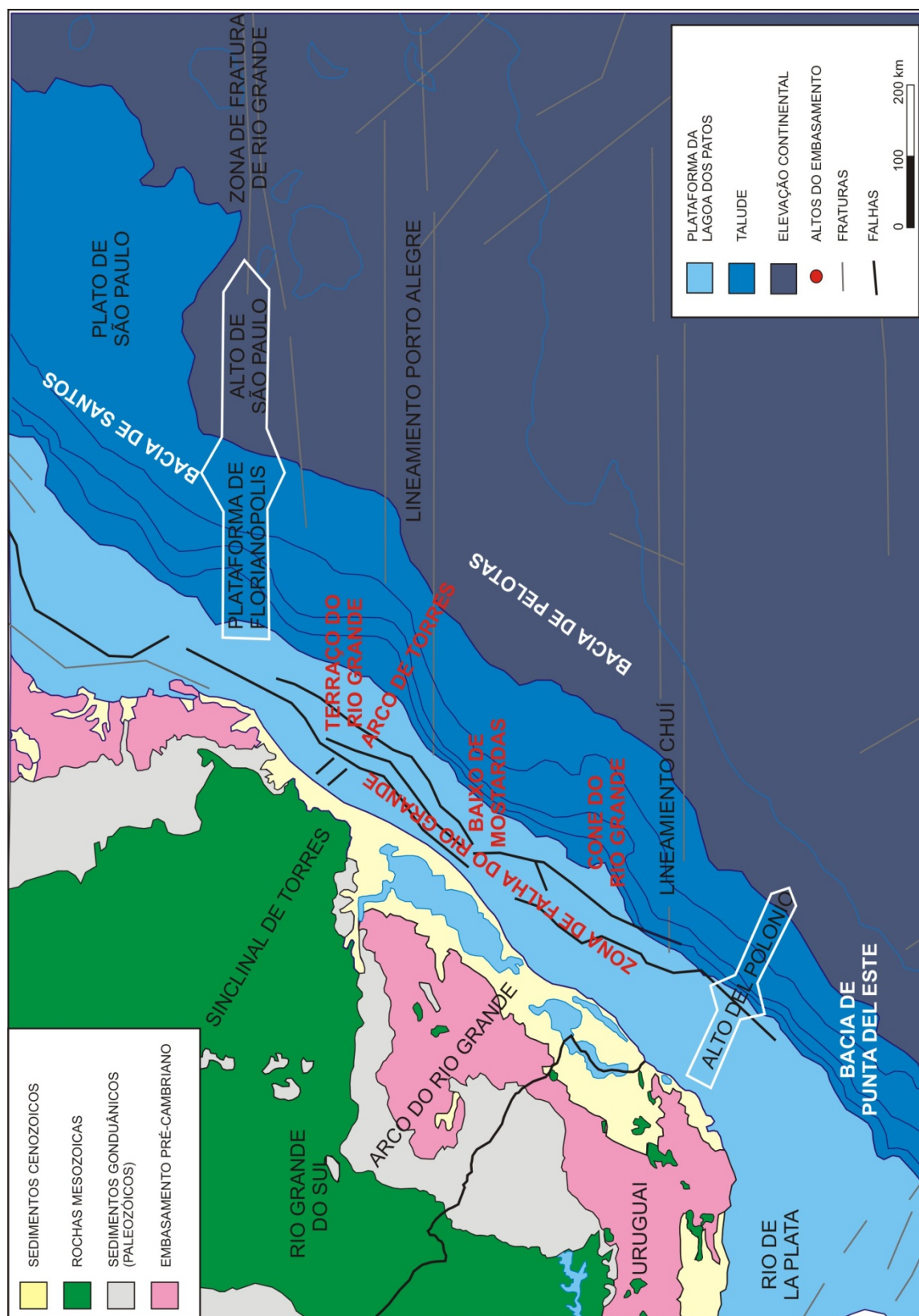


Figura 16: Mapa das principais feições estruturais identificadas da Bacia de Pelotas (Retirado de da Camara Rosa 2009).

O contato entre crosta continental e oceânica na Bacia de Pelotas foi colocado por Kowsmann *et al.* (1977) junto à Zona de Falha de Rio Grande. Este contato foi denominado por Rabinowitz e LaBrecque (1979) como anomalia magnética G. Fontana (1987) sugeriu que o contato crosta continental-crosta oceânica não corresponde à anomalia G, estando localizado entre as anomalias magnéticas M0 e M3 (Fig. 17).

Fontana (1996 e 1987) identificou uma fase rifte (Neojurássico ao Eocretáceo) e uma pós-rifte (Albo-Aptiano ao Recente), compostas por dezessete sequências deposicionais na evolução da Bacia de Pelotas.

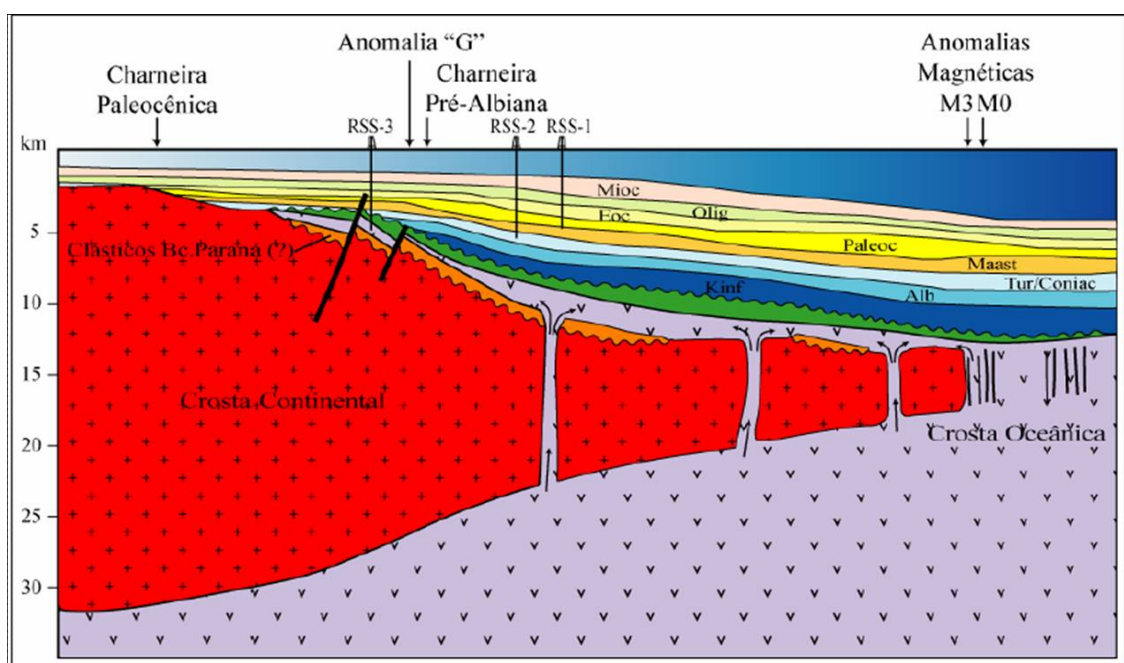


Figura 17: Perfil esquemático (*dip*) da Bacia de Pelotas (Retirado de Fontana 1996).

A primeira fase é representada por falhas antitéticas, extrusão de rochas basálticas associada ao início do rifteamento (cunhas de SDR) e por sedimentos do rifte.

A segunda fase corresponde ao soterramento das sequências do rifte sob um espesso prisma sedimentar, em resposta à subsidência termal e flexural da bacia. Esse autor identificou duas linhas de charneira, uma mais externa, de idade aptiana, coincidente com o início das cunhas de SDR e a anomalia magnética G, e uma mais interna, correspondente ao Paleoceno (Fig. 17).

Bueno *et al.* (2007) propuseram a última atualização da carta estratigráfica da Bacia de Pelotas (Fig. 18), seguindo as denominações litoestratigráficas estabelecidas por Dias *et al.* (1994).

Esses autores dividiram o registro sedimentar da bacia em vinte e uma sequências deposicionais, correspondentes aos estágios rifte (Barremiano-Aptiano), pós-rifte (Neoaptiano) e drifte (Neoaptiano ao Neógeno). As rochas do estágio pré-rifte (Hauteriviano ao Barremiano), correspondentes aos basaltos da província magmática do Paraná, são considerados por esses autores como pertencentes ao contexto evolutivo da Bacia do Paraná.

Do ponto de vista exploratório, nenhum poço foi perfurado na porção uruguaia da Bacia de Pelotas, no entanto, dezoito poços foram perfurados na sua porção brasileira. Todos os poços foram perfurados pela Petrobras, de forma descontínua, desde o ano 1958 até o ano 2001.

Nove poços foram furados entre os anos 1958 e 1964, sendo todos localizados na área continental da Bacia de Pelotas, com profundidades finais que variam entre 151 m e 1500 m. Os alvos foram baixos estruturais profundos pré-terciários. Nenhum dos poços teve resultados positivos (ANP 2012; 2002, Milani *et al.* 2000).

Cinco poços foram perfurados entre os anos 1974 e 1985, todos na porção marinha da bacia, com profundidades da lâmina de água que variam entre 200 m e 1800 m. As profundidades finais dos poços variam entre 4300 m e 5200 m. De um modo geral, os poços tinham alvos arenosos do Terciário e Cretáceo Superior, e plataformas carbonáticas do Albiano. Todos os poços resultaram secos, mas dois poços apresentaram indícios de gás (ANP 2012; 2002, Milani *et al.* 2000).

Três poços foram furados nos anos 1995 e 1996, dois localizados na plataforma continental e um no talude (1769 m de lâmina de água), com alvos do Aptiano, Oligoceno e Mioceno Superior. Os três poços foram declarados secos, mas um deles apresentou indícios de gás (ANP 2012; 2002, Milani *et al.* 2000).

O último poço foi perfurado em 2001. Tinha por alvo arenitos plio-miocênicos deltaicos e turbidíticos do Cone de Rio Grande, mas foi abandonado por problemas mecânicos (ANP 2012; 2002).

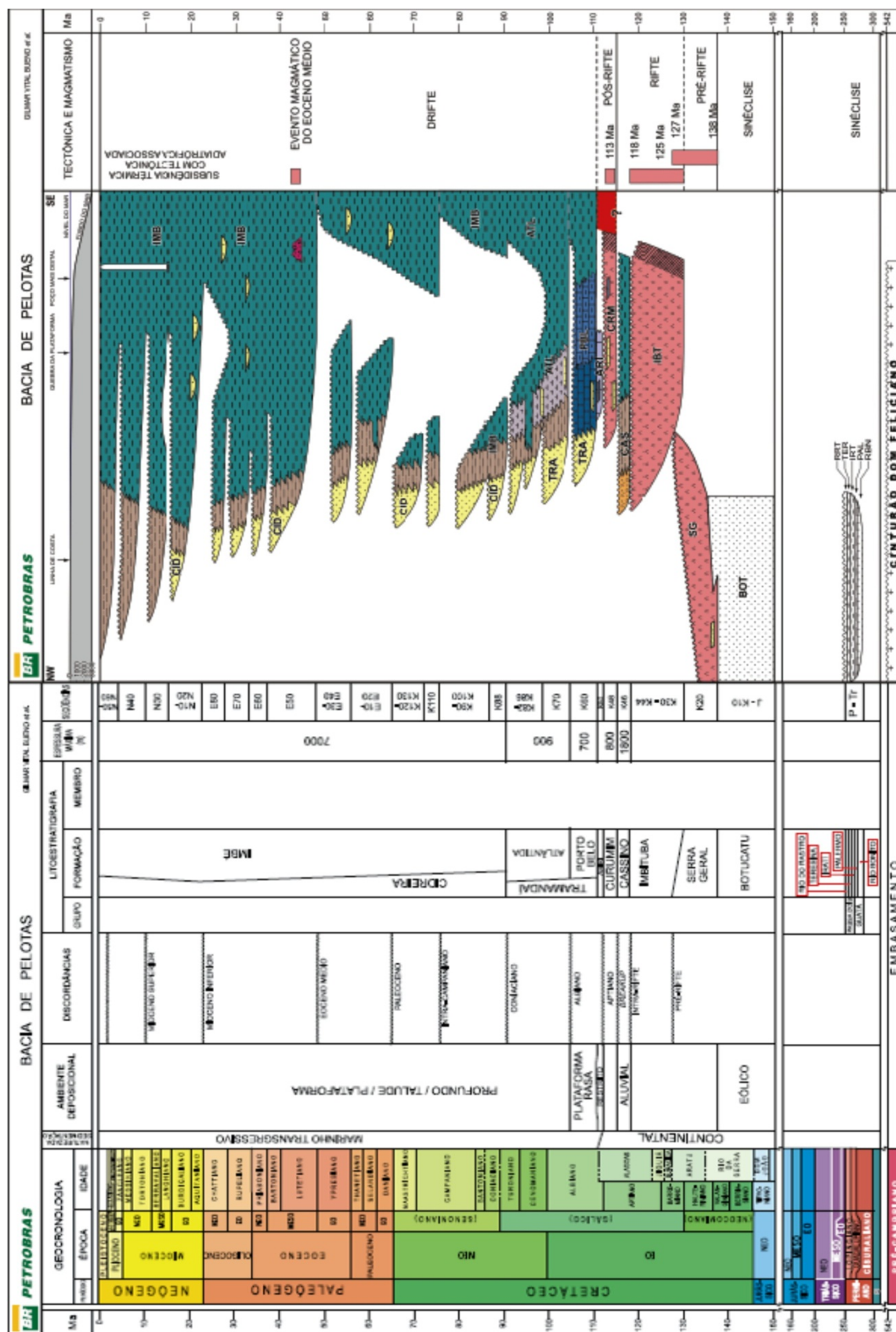


Figura 18: Coluna estratigráfica da Bacia de Pelotas (Retirado de Bueno *et al.* 2007).

Sete desses poços atingiram rochas geradoras (SCS 2, SCS 3, RSS 1, RSS 2, RSS 3, BPS 6A, Cupertino 2006). Folhelhos da Formação Imbé, depositados em ambiente marinho profundo, associado a um evento oceânico anóxico global de idade cenomaniana/turoniana, apresentaram teores de carbono de até 4% e um potencial gerador de hidrocarbonetos em torno de 8kg HC/t rocha. Os valores de Índice de Hidrogênio e Índice de Oxigênio sugerem a predominância de querogênio do tipo II, apropriado para a geração de hidrocarbonetos líquidos (Cupertino 2006). Os folhelhos, com elevado potencial gerador, apresentaram espessuras médias em torno de 50 m, resultando em valores de SPI (*Source Potential Index*) ao redor de 3,6 (Cupertino 2006).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho utilizaram-se seções sísmicas de reflexão 2D, perfis geofísicos e amostras de calha de dois poços exploratórios perfurados na Bacia de Punta del Este. Dados provenientes de métodos geofísicos potenciais (magnetometria e gravimetria) foram utilizados para complementar as informações.

Todos os dados utilizados são propriedade exclusiva da ANCAP, com exceção dos dados sísmicos dos anos 2002, 2007 e 2008 que são provenientes de contratos multiclientes entre as empresas ANCAP e SPECTRUM.

5.1 Dados Sísmicos e de Poços

Diversas campanhas de aquisição de dados sísmicos de reflexão 2D foram executadas na margem continental do Uruguai. Estes dados podem ser divididos em dois grupos: a) dados históricos e b) dados modernos.

Os dados históricos foram obtidos em seis campanhas sísmicas, distribuídas entre os anos 1970 e 1982, cobrindo principalmente as áreas de plataforma continental e a porção superior do talude da margem uruguaia. A configuração das diferentes campanhas e as características de cada uma delas são apresentadas na tabela 1 e na figura 19. A qualidade dos dados é variável, sendo em geral pior com o aumento da profundidade.

Tabela 1: Aquisição de dados sísmicos históricos na margem continental uruguaia.

Ano	Nº de seções	Comprimento total (km)
1970	12	2571
1971	44	2596
1974	35	2578
1975	28	1897
1977	16	992
1982	23	1404

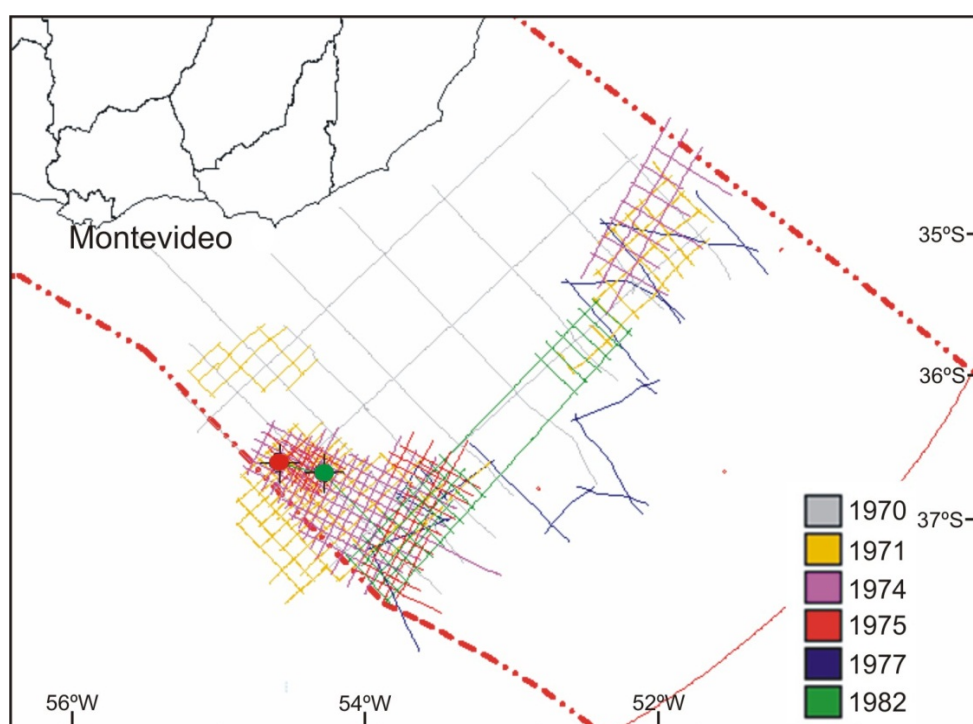


Figura 19: Dados sísmicos históricos da margem continental do Uruguai e poços perfurados na Bacia de Punta del Este (Lobo: vermelho, Gaviotín: verde).

Os dados modernos foram obtidos em três campanhas sísmicas, executadas nos anos 2002, 2007 e 2008 (Tabela 2 e Fig. 20). Estes dados cobrem as bacias da margem continental do Uruguai nas suas porções distais e proximais.

Tabela 2: Aquisição de dados sísmicos modernos na margem continental uruguaia.

Ano	Nº de seções	Comprimento total (km)
2002	6	1840
2007	32	7125
2008	22	2882

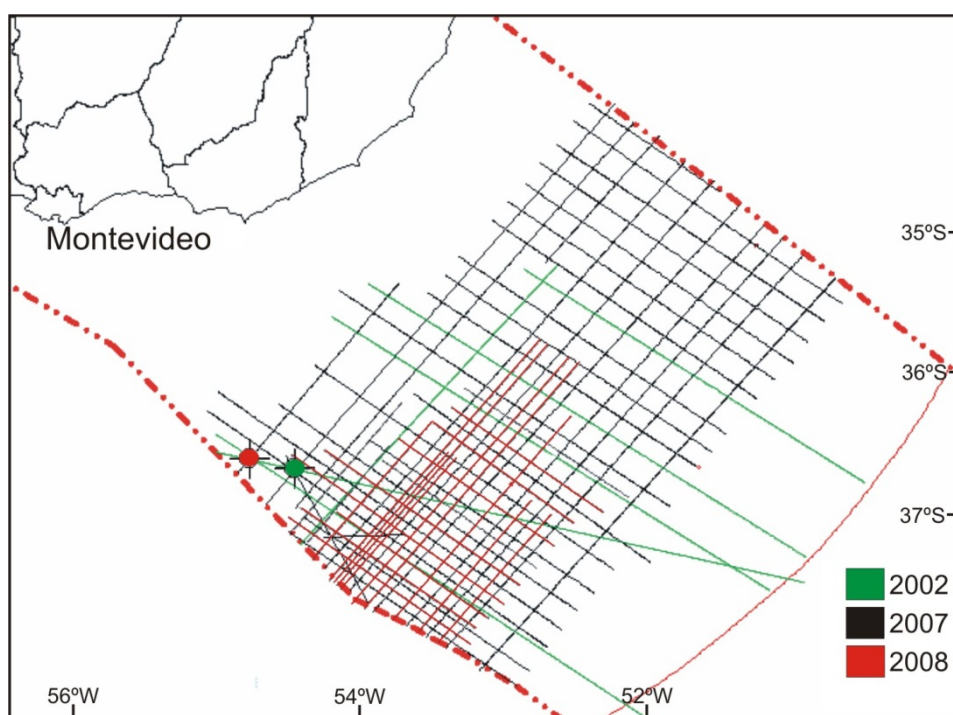


Figura 20: Dados sísmicos modernos da margem continental do Uruguai.

Mais uma campanha foi desenvolvida na margem uruguaia no ano de 2011 (Tabela 3), mas esses dados estiveram disponíveis só como *Brute Stack* durante o desenvolvimento deste trabalho, motivo pelo qual não foram utilizados.

Tabela 3: Aquisição de dados sísmicos do ano 2011 na margem continental uruguaia.

Ano	Nº de seções	Comprimento total (km)
2011	58	6294

Para a execução deste trabalho foram utilizadas principalmente as seções sísmicas de reflexão 2D, adquiridas nos anos 2007 e 2008, por constituírem os *grids* sísmicos que apresentam a cobertura mais regional e regular da margem uruguaia. As duas campanhas de aquisição de dados sísmicos foram desenvolvidas pela companhia norueguesa Wavefield Inseis.

A qualidade da sísmica é boa, embora tenha sido verificada perda importante de informação sísmica na porção nordeste da margem uruguaia, na área correspondente à Bacia de Pelotas. Este fato condicionou a extensão dos horizontes mapeados na Bacia de Punta del Este para a Bacia de Pelotas, especialmente nos setores do talude.

Como mencionado no capítulo anterior, a informação de poços é muito escassa na margem continental do Uruguai; existem apenas dois poços perfurados numa área superior a 130.000 km² (Lobo e Gaviotín - Fig. 19).

A suíte de *logs* disponíveis para os poços inclui: caliper, GR, RHOB, DT, SP, NHPI e Resistividade. Esses dados foram utilizados em formato digital, os quais foram gerados como resultado da vetorização dos registros dos poços impressos. A qualidade dos *logs* não é boa, tendo-se identificado um conjunto importante de problemas associados às condições do poço, os quais foram evidenciados pelo caliper, e alguns problemas menores vinculados a saturações dos registros (saltos) e junções de corridas diferentes.

5.2 Dados Bioestratigráficos

Têm-se três grupos de estudos bioestratigráficos desenvolvidos nos poços Lobo e Gaviotín (Fig. 21). O mais antigo corresponde ao desenvolvido pela Chevron Oil Uruguay, do ano 1976, posteriormente à perfuração dos poços. O segundo grupo corresponde ao estudo de Daners *et al.* (2003), que abrangeu o intervalo inferior do poço Gaviotín, entre 3492 m e sua profundidade total, 3631 m. O terceiro grupo corresponde ao estudado por Daners e Guerstein (2004), que analisaram o conteúdo fóssil dos folhelhos da Formação Gaviotín, no poço homônimo, e de três amostras de sedimentos sotopostos da Formação Mercedes, entre as profundidades de 1795 m e 1548 m.

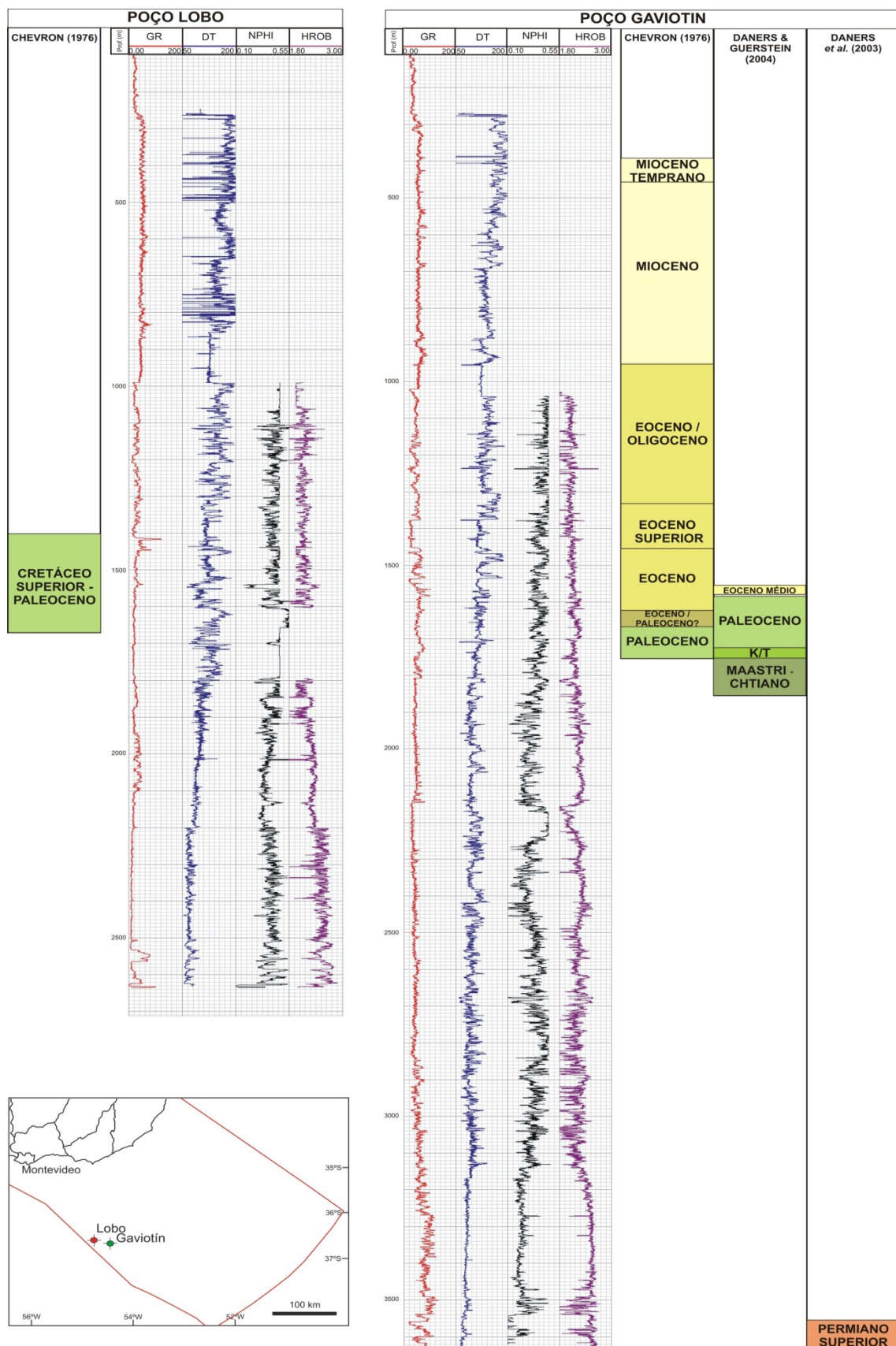


Figura 21: Idades atribuídas pelos estudos bioestratigráficos desenvolvidos nos poços Lobo e Gaviotín.

Daners *et al.* (2003) reportaram a presença de assembleias palinológicas de idade permiana entre 3597 m e 3628 m de profundidade, no poço Gaviotín. Esse intervalo sedimentar correlaciona-se à Formação Tres Islas da Bacia Norte do Uruguai.

O trabalho de Daners e Guerstein (2004), baseado em cistos de dinoflagelados, atribui idades Maastrichtiano-Eoceno Médio aos folhelhos da Formação Gaviotín; os autores verificaram um hiato de 15 Ma nessa unidade, no topo do Paleoceno, entre 1582 m e 1576 m de profundidade. Adicionalmente, segundo esses autores, a passagem do Cretáceo para o Paleógeno seria gradual e estaria localizada entre 1717 m e 1747 m. Também segundo esses autores, a Formação Gaviotín compreende dois ciclos transgressivos: a porção inferior corresponde à transgressão do mar Maastrichtiano-Daniano, e a porção superior ao Eoceno Médio (Fig. 22). As três amostras da Formação Mercedes analisadas pelos autores apresentaram idade maastrichtiana.

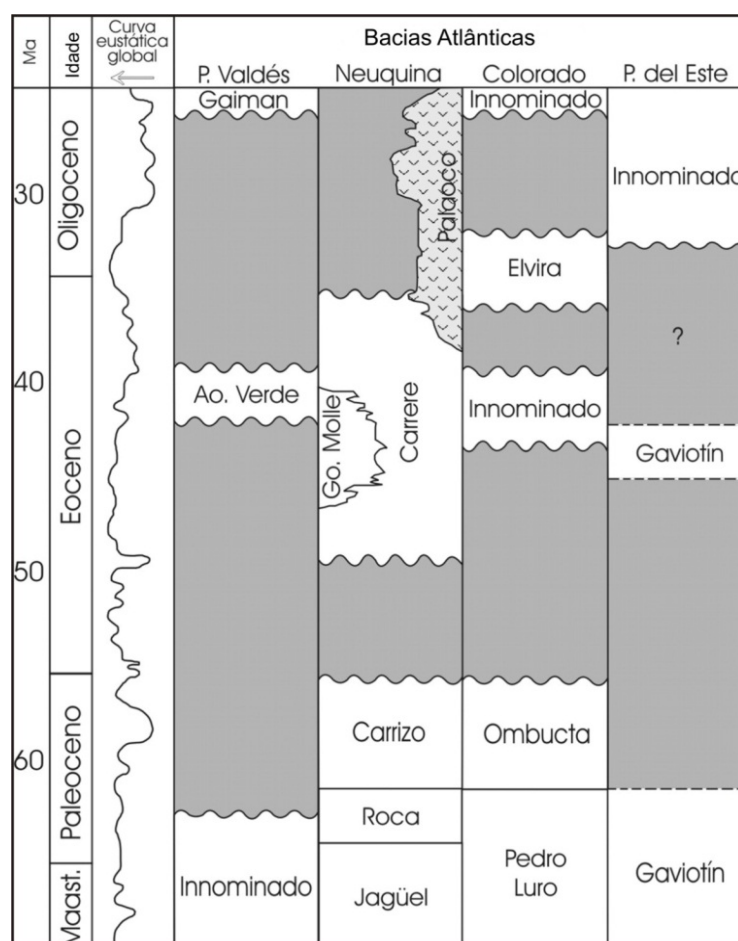


Figura 22: Correlação regional da Formação Gaviotín e unidades das bacias atlânticas vizinhas (Retirado de Daners e Guerstein 2004).

5.3 Dados Magnetométricos e Gravimétricos

Os dados gravimétricos e magnetométricos utilizados foram adquiridos conjuntamente com as seções sísmicas 2D, do ano 2007, e processados pela empresa Austin Exploration Inc., a bordo do navio Akademik Shatsky.

Na gravimetria, um fator de calibração de 0.9828 foi utilizado para converter, internamente, as unidades registradas em mGa. Os dados registrados foram filtrados com filtro digital, equivalente a um filtro analógico de três estágios, de 20 segundos ao tempo de aquisição. Para a redução do dado gravimétrico foram adquiridos dados no porto.

Além disso, foram aplicadas:

- Correção de Eötvös, proporcional aos componentes leste e oeste da velocidade do barco;
- Correção *Free Air*, que retira o efeito da altitude na gravimetria corrigida por Eötvös;
- Correção Bouguer, que leva em conta o efeito gravitacional da variação na profundidade da água.

A respeito dos dados magnetométricos, a amplitude do campo magnético total da Terra foi extraída do dado adquirido, usando a latitude, longitude e tempo para cada *shotpoint*.

Os principais parâmetros para o campo magnético da Terra, na margem uruguaia, são: a) intensidade total de 24,200 gammas; b) inclinação de 38° S e c) declinação de 9° W.

Paralelamente a campanha de aquisição de dados, foram adquiridos dados na área continental (Universidad Nacional de La Plata, Argentina), os quais foram utilizados para corrigir as variações diurnas do campo magnético total.

Para gerar os mapas de contorno finais, utilizados nesta pesquisa, os dados processados foram gridados utilizando um algoritmo de mínima curvatura.

5.4 Estratigrafia de Sequências

A Estratigrafia de Sequências foi a metodologia utilizada nesta pesquisa para o estudo da evolução das bacias da margem continental do Uruguai. Esta metodologia possibilita o entendimento e a análise do preenchimento sedimentar de uma bacia, permitindo gerar modelos preditivos realistas e possíveis, aplicáveis na exploração de recursos minerais e energéticos (Posamentier e Allen 1999).

A moderna estratigrafia de sequências teve notável desenvolvimento desde a publicação dos conceitos básicos da sismoestratigrafia – Memoria N° 26 da AAPG –, que estabeleceram seus fundamentos. A partir dessa publicação, inúmeros trabalhos foram desenvolvidos, tratando de aspectos gerais da Estratigrafia de Sequências, ou visando a aplicação de seus conceitos a diferentes tipos de bacias e sistemas deposicionais.

O termo sequência foi introduzido pela primeira vez por Sloss *et al.* (1949), em mapeamento regional de sedimentos paleozoicos do Estado de Montana (USA), para definir unidades estratigráficas de grande escala, separadas por discordâncias no topo e na base.

A concepção original do termo sequência refere-se, portanto, a uma sucessão de estratos limitada por discordâncias, tendo sido posteriormente redefinida no contexto da Estratigrafia de Sequências. Mitchum Jr. *et al.* (1977) definiram Sequência Depositional como “uma unidade estratigráfica composta por uma sucessão relativamente concordante de estratos geneticamente relacionados e limitada, no topo e na base, por discordâncias ou suas conformidades correlatas”.

Na acepção de Mitchum Jr. *et al.* (1977), as sequências não são unidades limitadas exclusivamente por discordâncias, uma vez que para sua definição podem ser utilizadas superfícies concordantes, correlatas e lateralmente contíguas às discordâncias. Além disso, as sequências estratigráficas estabelecidas por Sloss *et al.* (1949) são de maior ordem de magnitude que as sequências deposicionais de Mitchum Jr. *et al.* (1977).

Galloway (1989) definiu a Sequência Genética como um pacote sedimentar compreendido entre duas superfícies de máxima inundação, apresentando assim critérios diferentes dos de Mitchum Jr. *et al.* (1977) no estabelecimento dos limites

de sequências. Os limites assim estabelecidos constituem descontinuidades não deposicionais nas porções mais distais das bacias, durante as transgressões marinhas.

Em sua concepção original, a estratigrafia de sequências busca o entendimento das relações entre a arquitetura deposicional do preenchimento das bacias sedimentares e as oscilações eustáticas, ou seja, a partir do padrão estratal interpretam-se os tratos de sistemas deposicionais relacionados com determinados trechos da curva de oscilação eustática (Posamentier *et al.* 1988).

Sistema deposicional foi definido por Fischer e McGowen (1967) como um conjunto tridimensional de litofácies geneticamente associadas por processos e ambientes ativos (recentes) ou inferidos (antigos). Estes autores definiram o Trato de Sistemas como um conjunto de sistemas deposicionais contíguos e contemporâneos.

Posamentier e Vail (1988) estabeleceram que uma sequência deposicional constitui-se por uma sucessão de tratos de sistemas deposicionais, interpretados como depositados entre dois pontos de inflexão de queda eustática. Assim, por definição, cada sequência deposicional compõe-se por uma sucessão de tratos de sistemas deposicionais, e estes, por sua vez, constituem-se por sistemas deposicionais contemporâneos.

A definição de tratos de sistemas foi gradualmente modificada desde os primeiros trabalhos do grupo de cientistas da Exxon (Posamentier e Allen 1999, Galloway 1989, Vail 1987). Cada trato de sistemas é definido por um padrão de empilhamento sedimentar particular, o qual está associado ao tipo de movimento da linha de costa, e representa uma específica resposta ao balanço entre suprimento sedimentar, fisiografia, energia do ambiente e variações na taxa de acomodação (Posamentier e Allen 1999). Os tratos de sistemas são, portanto, interpretados com base no padrão estratal, em sua posição na sequência e em suas superfícies limitantes, e estão associados a posições particulares numa curva inferida de variação do nível de base no limite deposicional da linha de costa (Catuneanu 2006).

No modelo inicial de sequência deposicional da escola da Exxon (Posamentier e Vail 1988), as sequências deposicionais subdividiam-se em quatro tipos de tratos de sistemas associados à curva eustática: a) trato de sistemas de

nível alto (HST), b) trato de sistemas de nível baixo (LST), c) trato de sistemas de margem de plataforma (SMST), e d) trato de sistemas transgressivos (TST). Inicialmente, estes sistemas foram referidos à curva eustática, a qual foi substituída, em modelos subsequentes, pela curva de variação relativa do nível do mar (Posamentier e James 1993, Hunt e Tucker 1992).

Posamentier e Allen (1999) advogaram pela eliminação do trato de sistemas de margem de plataforma. Como resultado, o modelo de sequência deposicional atual da escola de Exxon é um modelo *tripartite*, constituído por tratos de sistemas de nível baixo, transgressivo e alto como unidades básicas.

Hunt e Tucker (1992) definiram o trato de sistemas de regressão forçada como correspondente aos depósitos de leques de nível baixo (*Lowstand fans* de *Lowstand Systems Tract*, de Posamentier e Vail 1988), colocando o limite de sequência no topo do novo trato de sistemas (ao final da queda do nível de base). Além disso, esses autores modificaram o *timing* de vários tratos de sistemas relativos à curva de variação do nível de base, usando os pontos de *highstand* e *lowstand* como bordas temporais do novo trato de sistemas de regressão forçada.

Pela metodologia estabelecida pela Estratigrafia de Sequências, superfícies com significado genético e as camadas localizadas entre elas são colocadas num modelo coerente que explica as relações temporais e espaciais das fácies que constituem o empilhamento sedimentar de uma bacia (Catuneanu 2006).

Segundo Catuneanu (2006), o conjunto geral de passos a ser desenvolvido num estudo sistemático, com enfoque na estratigrafia de sequências e adaptado às condições locais, é o seguinte:

1. Determinação das terminações dos refletores (*onlap*, *toplap*, *downlap*, *offlap*, truncamento) e do padrão de empilhamento sedimentar (progradacional, aggradacional, retrogradacional);
2. Definição de superfícies-chave;
3. Interpretação de tratos de sistemas e sequências deposicionais.

5.5 Atividades Desenvolvidas e Métodos Utilizados

A sequência de trabalho desenvolvida nesta pesquisa incluiu:

1. Revisão bibliográfica;
2. Seleção de dados e controle de qualidade;
3. Montagem dos dados na plataforma Kingdom Suíte;
4. Amarração de dados sísmicos e dados de poços;
5. Interpretação sísmica.
6. Modelagem gravimétrica.
7. Modelagem de soterramento.

Os dados sísmicos e os perfis geofísicos dos poços Lobo e Gaviotín foram montados na Plataforma *Kingdom Suíte*, no seguinte sistema de coordenadas: a) Projeção UTM zona 22 S; b) Leste Falso 500000; c) Norte Falso 10000000; d) Meridiano Central -51; e e) Datum WGS84.

Para a amarração dos poços e dos dados sísmicos utilizaram-se os *checkshots* dos poços. Os principais eventos dos sismogramas sintéticos e dos dados sísmicos foram ajustados, alcançando-se uma boa correlação (Fig. 23A). Este ajuste foi verificado utilizando-se uma seção de Impedância Acústica *Full Band* (UR07_040), localizada a 551 m do poço Gaviotín, e o perfil de impedância acústica desse poço. O ajuste foi feito comparando-se as curvas das ondículas extraídas da impedância acústica invertida (curva vermelha) da seção e a curva de impedância do poço (curva azul), filtrada à frequência do dado sísmico invertido (Fig. 23B).

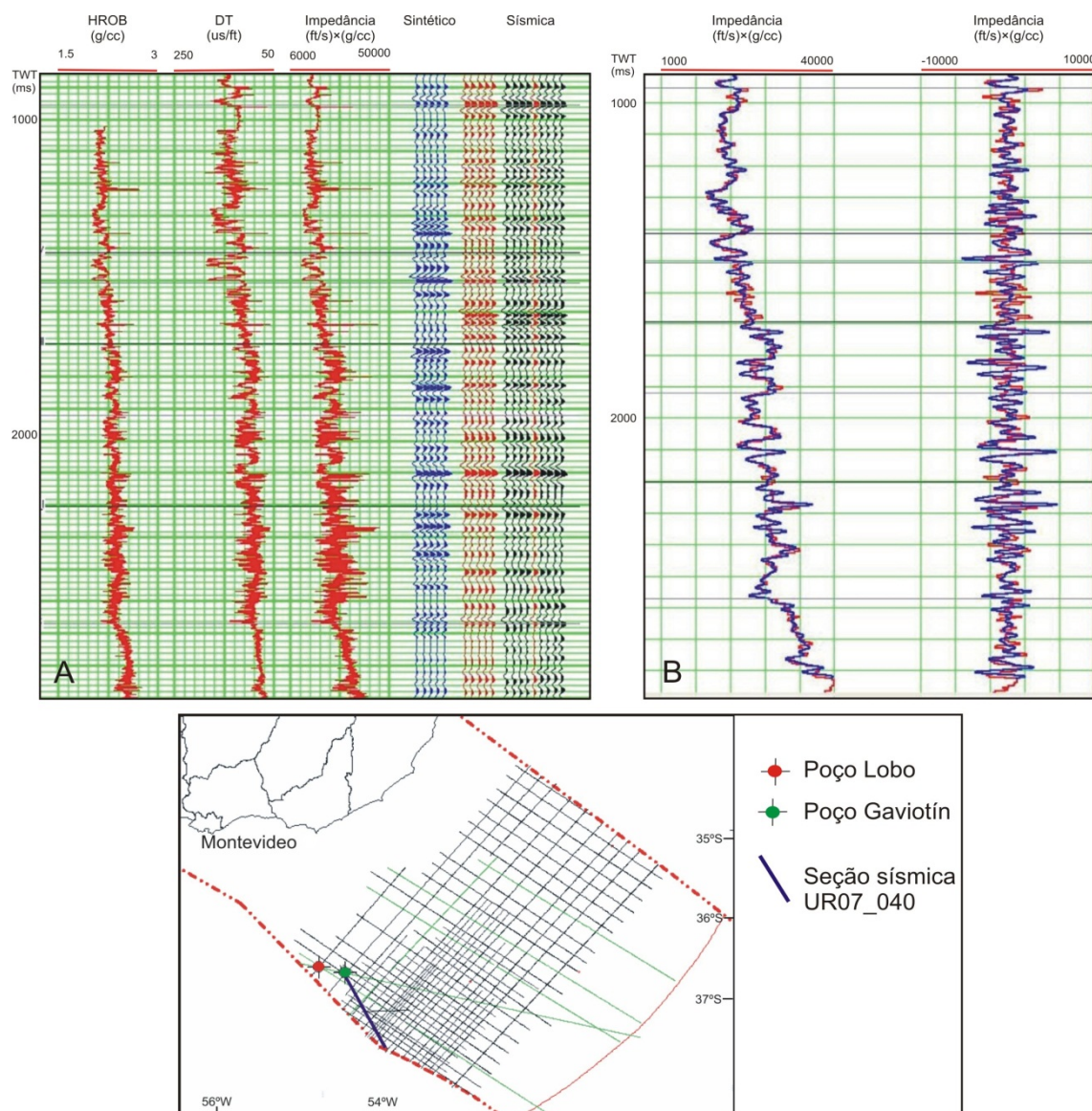


Figura 23: Amarração do poço Gaviotín com o dado sísmico.

A interpretação sísmica foi realizada segundo os critérios estabelecidos pela clássica Estratigrafia de Sequência (e.g. Posamentier et al. 1988, Vail et al. 1987, Mitchum Jr. et al. 1977).

Neste trabalho foram interpretados 15 horizontes sísmicos ou superfícies-chave, determinados a partir das terminações dos refletores e do padrão de empilhamento sedimentar. Os horizontes mapeados, a idade e os critérios utilizados em sua definição são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Horizontes mapeados, idade e critérios utilizados para sua definição.

Nº	Horizonte	Idade	Crítérios
H.1.	Topo do embasamento	Precambriano	Topo do embasamento cristalino
H.2.	Base do rifte	Jurássico - Cretáceo Inferior	No topo das rochas sedimentares do pré-rifte e no topo do embasamento cristalino
H.3.	Topo do rifte	Superfície Diacrôna. Cretáceo Inferior	Abaixo: truncamentos Acima: OI e DI
H.4.	Topo da Transição	Cretáceo Inferior (Provavelmente Barremiano-Aptiano)	Abaixo: truncamentos Acima: OI nos setores proximais e DI nos setores distais
H.5.	Topo Sequência Pós-rifte 1	Cretáceo Inferior (Provavelmente Aptiano)	No topo de um pacote sísmico homogêneo com refletores em OI na direção do continente.
H.6.	Topo Sequência Pós-rifte 2	Cretáceo Inferior (Provavelmente Albiano)	Abaixo: truncamentos Acima: OI nos setores proximais e DI nos setores distais
H.7.	Topo Sequência Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	Abaixo: truncamentos Acima: OI nos setores proximais e DI nos setores distais
H.8.	Topo Sequência Pós-rifte 4	Topo do Cretáceo	Abaixo: truncamentos Acima: OI no talude
H.9.	Topo Sequência Pós-rifte 5	Topo do Paleoceno	Abaixo: truncamentos. Acima: OI nos setores distais
H.10.	Topo Sequência Pós-rifte 6	Eoceno Médio	Abaixo: truncamentos
H.11.	Topo Sequência Pós-rifte 7	Eoceno	Abaixo: Truncamentos Acima: OI
H.12.	Topo Sequência Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	Abaixo: truncamentos. Acima: DI na plataforma
H.13.	Topo Sequência Pós-rifte 9	Oligoceno-Mioceno	Abaixo: Truncamentos. Acima: OI no talude.
H.14.	Topo Sequência Pós-rifte 11	Mioceno Médio	Acima: DI na área da plataforma e OI no talude
H.15.	Topo Sequência Pós-rifte 11	Recente	Fundo do mar

OI: *onlap*; DI: *downlap*.

Os horizontes mapeados foram definidos na Bacia de Punta del Este, na área dos poços, e posteriormente estendidos, na medida do possível, para a Bacia de Pelotas. Embora a maioria desses horizontes possa ser mapeada em toda a extensão da margem uruguaia, para alguns deles a tarefa não é fácil devido à qualidade da sísmica, tanto pela existência de cânions, quanto pela perda de informação sísmica.

As modelagens gravimétricas foram desenvolvidas utilizando-se o *software* GM-SYS (Geotechnical Software Services, geosoft), o qual se baseia no método integral 2D de Talwani *et al.* (1959). Para a conversão em profundidade foram

utilizadas as velocidades de refração apresentadas por Franke *et al* (2006) para a Bacia de Colorado, na margem argentina.

As modelagens gravimétricas buscaram representar um modelo geológico plausível, baseado na interpretação de seções sísmicas, que tivesse a menor diferença entre os dados gravimétricos observados e calculados.

É importante salientar que a precisão no método está relacionada ao polígono desenhado pelo intérprete, que observa a curva real e a curva calculada. No momento em que as duas curvas apresentam um bom ajuste, segundo a avaliação do intérprete, o modelado geológico desenhado é uma alternativa plausível. Portanto, são possíveis diferentes modelos geológicos para representar o perfil gravimétrico.

Nas modelagens desenvolvidas neste trabalho, o ajuste foi refinado inserindo-se mais vértices aos polígonos desenhados e por meio da metodologia de tentativa e erro. Em todos os casos os erros aceitos são menores que 3 mGa.

Nas modelagens de soterramento desenvolvidas neste trabalho utilizou-se o *software* Genex 1D (Beicip Franlab), no intuito de conhecer a história de maturação das potências rochas geradoras da margem uruguaia.

Modelaram-se nove poços hipotéticos, ao longo de três seções sísmicas (Fig. 24), localizadas nos setores meridional (UR07_06, Bacia de Punta del Este), central (UR07_18, Bacia de Pelotas) e setentrional (UR07_32, Bacia de Pelotas) da margem continental uruguaia.

Para cada um dos poços hipotéticos definiu-se sua estratigrafia, baseada na análise estratigráfica desenvolvida neste trabalho, e para cada uma das sequências deposicionais definiram-se as litologias presentes, em porcentagens estimadas.

As características geoquímicas das potenciais rochas geradoras, utilizadas nas modelagens, foram escolhidas levando em consideração os dados publicados na literatura para as bacias do Atlântico Sul e para o *onshore* do Uruguai.

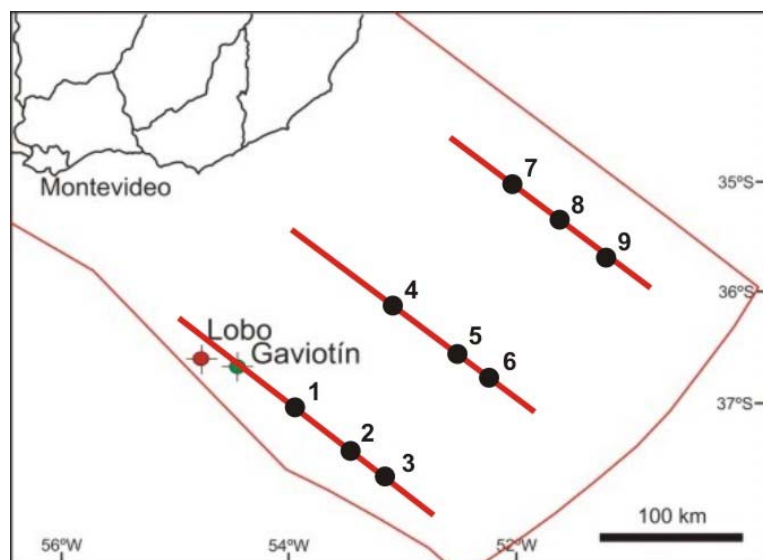


Figura 24: Localização dos poços hipotéticos.

Para a calibração térmica do modelo utilizaram-se os valores de refletância da vitrinita nos poços Lobo e Gaviotín (Tabla 5). Do mesmo modo, considerou-se um fluxo térmico constante equivalente ao promédio do fluxo térmico global (60 mW/m²).

Tabela 5: Refletância da vitrinita nos poços Lobo e Gaviotín (Fonte: relatório interno da ANCAP).

Poço Lobo			Poço Gaviotín	
Ro (%)	Profundidade (m)		Ro (%)	Profundidade (m)
0,25	300		0,32	650
0,4	600		0,41	1300
0,45	800		0,45	1700
0,55	1000		0,80	3300
0,7	1550		0,80	3600
0,75	1700			
0,85	2100			

Além disso, utilizou-se o módulo *Multiwell* do mesmo *software* (Genex 1D - Beicip Franlab) para a realização de seções esquemáticas que apresentam a evolução térmica das potenciais rochas geradoras, nos três setores da margem continental uruguaia, no Paleoceno, no Oligoceno e no Presente.

6. EVOLUÇÃO TECTÔNICA E SEDIMENTAR DA MARGEM CONTINENTAL URUGUAIA

6.1 Introdução

Do ponto de vista fisiográfico, a margem continental do Uruguai consiste de uma plataforma continental, um talude que varia em largura, declividade e feições sedimentares ao longo de toda a sua extensão, e uma planície abissal (Fig. 25A). Feições atribuídas à emersão continental são só reconhecidas na área da Bacia de Punta del Este.

Diferenças significativas ocorrem na margem uruguaia, nos segmentos localizados a sul e a norte do Sistema de Transferência do Rio de la Plata (STRP), definido por Soto *et al.* (2011). O STRP tem orientação NW-SE e localiza-se na borda sul do Alto do Polonio, separa os riftes abortados da margem argentina-uruguaia, de orientação NW, das bacias do tipo margem passiva, de orientação NE, localizadas na margem uruguaia-brasileira. As diferenças entre os segmentos norte e sul se refletem tanto nas feições fisiográficas da margem, quanto na estrutura da crosta.

Do ponto de vista fisiográfico, as diferenças mais importantes entre os segmentos sul e norte ocorrem na plataforma continental e no talude. A plataforma continental é progressivamente mais extensa na direção sul, atingindo uma largura de mais de 200 km no limite com a margem argentina, e o inverso acontece com a largura do talude (Figs. 25A, 25C e 25D).

Além disso, o talude no segmento sul apresenta importantes depósitos e feições erosivas, produto de correntes de contorno e *canyons*, os quais modificaram as geometrias dos depósitos sedimentares desde o Oligoceno até o presente. No segmento norte, o talude apresenta um perfil côncavo, de curvatura constante, que passa gradualmente para a planície abissal (Figs. 25C e 25D).

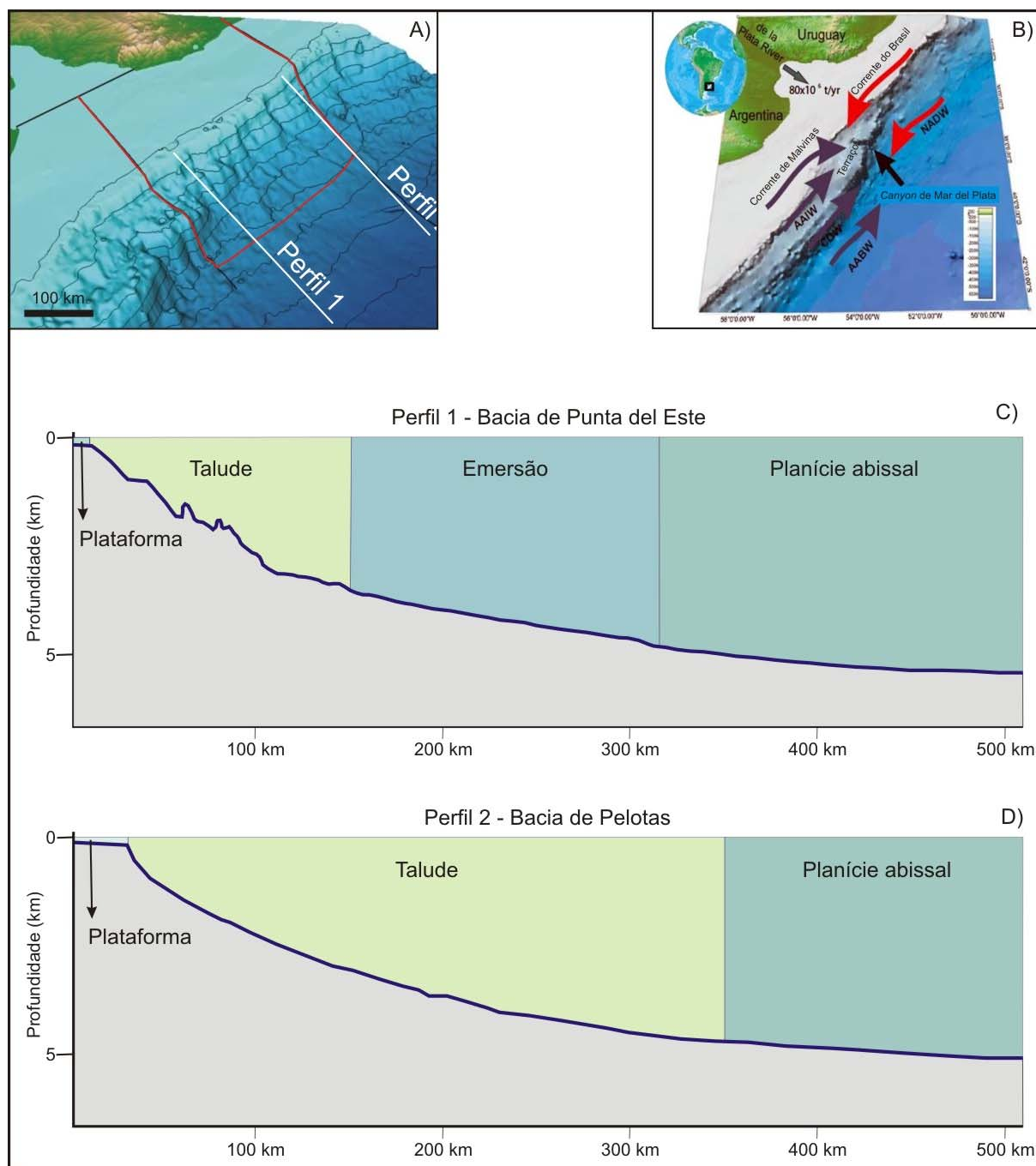


Figura 25: A) Mapa de localização dos perfis batimétricos 1 e 2, batimetria 3D obtida de COALEP (2009); B) Dinâmica oceânica na margem uruguaia (Retirado de Krastel *et al.* 2011) ; C) Perfil batimétrico da Bacia de Punta del Este; D) Perfil batimétrico da Bacia de Pelotas.

Essas feições fisiográficas são produto de heranças do embasamento e de processos sedimentares atuais, que resultam de uma dinâmica oceânica particular na área, sendo o domínio sul o espaço de confluência das correntes marinhas de Malvinas e Brasil, além de área de aporte dos rios Paraná e Uruguai (Fig. 25B) (Krastel *et al.* 2011, Hernández *et al.* 2010).

A quebra da plataforma é nítida em toda a margem uruguaia e bem marcada no mapa batimétrico (Fig. 25A e 26A). Além disso, o mapa gravimétrico (Fig. 26B) apresenta uma proeminente e alongada anomalia gravimétrica alta, com orientação NE, que coincide com a quebra da plataforma e que é atenuada pelo STRP. A leste desse alto gravimétrico ocorre um baixo gravimétrico. A ocorrência de um alto gravimétrico subparalelo à linha de costa e coincidente com a quebra da plataforma é comumente observado em margens continentais passivas (Blaich *et al.* 2009, Watts e Fairhead 1999). Segundo Blaich *et al.* (2009), a ocorrência desse alto gravimétrico tem sido atribuída: a) a diferenças nas densidades e profundidades das crostas continental e oceânicas; b) à justaposição de uma crosta continental espessa e uma crosta afinada, como resultado de processos de rifteamento; c) à presença de material subcrustal; e d) a efeitos de borda, devido à configuração térmica da litosfera.

O mapa de anomalia gravimétrica Bouguer apresenta uma mudança positivo-negativo, que corresponde à zona de transição crosta continental–crosta oceânica (Fig 26D). A crosta de transição na margem uruguaia é representada pelas cunhas de SDR e os basaltos planos, localizados imediatamente em direção mar afora (Soto *et al.* 2011). As duas feições estão interrompidas pelo STRP, que também desloca a mudança positivo-negativo da anomalia Bouguer.

Observa-se no mapa magnetométrico (Fig. 26C) que a maior anomalia magnética correlaciona-se com o início das cunhas de SDR, sendo também interrompida e deslocada sinistralmente pelo STRP. Essa anomalia magnetométrica, bem marcada na margem uruguaia, correlaciona-se, segundo diversos autores, com a anomalia magentica “G” (e.g. Soto *et al.* 2011, Blaich *et al.* 2009, Franke *et al* 2007, Hinz *et al* 1999).

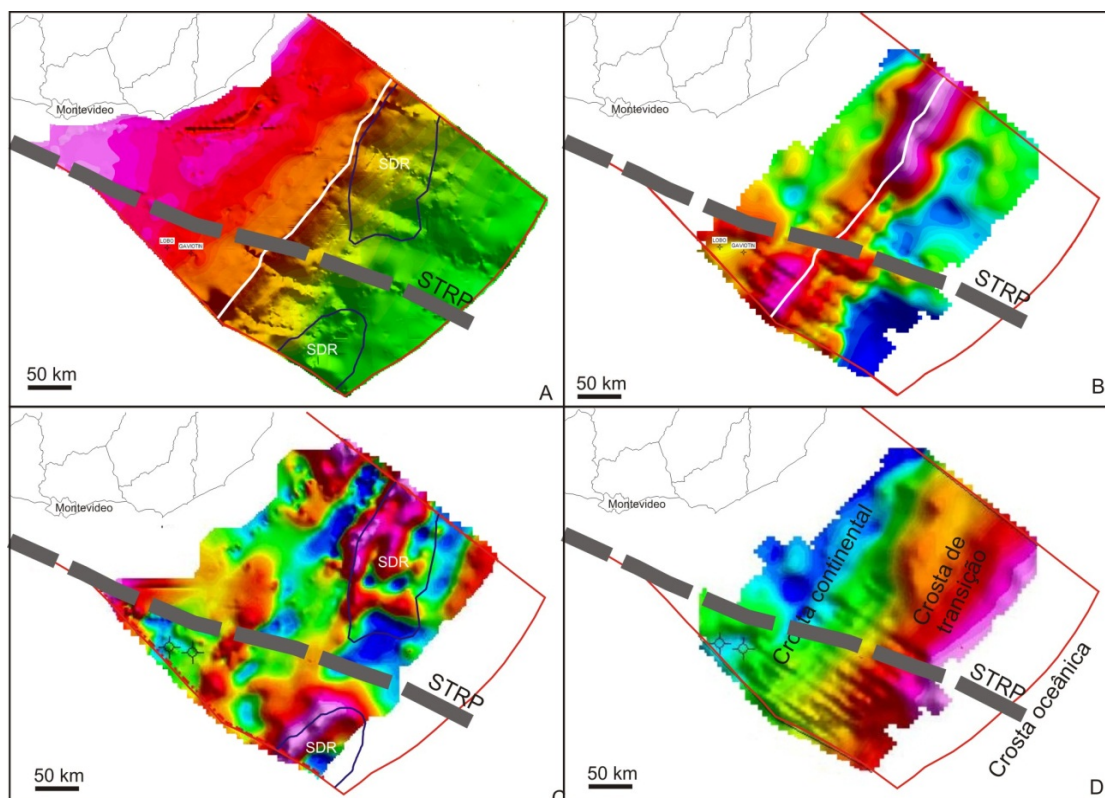


Figura 26: A: Mapa batimétrico da margem uruguaia; B: mapa gravimétrico da margem uruguaia; C: mapa de intensidade magnética total da margem uruguaia; D: Mapa de anomalia gravimétrica Bouguer da margem uruguaia. Linha branca: quebra da plataforma. STRP: Sistema de Transferência do Rio de la Plata.

6.2 Estrutura Crustal

Seções representativas da estrutura crustal da margem continental uruguaia, obtidas a partir de modelagens gravimétricas, são apresentadas nas figuras 27, 28 e 29. As modelagens foram desenvolvidas ao longo das seções sísmicas localizadas nos setores meridional (UR07_06, Bacia de Punta del Este), central (UR07_18, Bacia de Pelotas, onde as cunhas de SDR estão ausentes) e setentrional da margem uruguaia (UR07_32, Bacia de Pelotas), respectivamente.

As diferenças na configuração estrutural e magmática ao longo da margem uruguaia, que apresenta três domínios bem diferentes, são bem demonstradas nas seções modeladas, as quais refletem sua complexidade.

Nas três modelagens foi necessário alocar um corpo de alta densidade na área de transição entre crosta oceânica e continental, com o objetivo de atingir um

bom ajuste entre os valores de gravimetria calculados e observados. Adicionalmente, nas três modelagens distinguiu-se uma crosta continental superior, de menor densidade (2700 kg/m^3), e uma crosta continental inferior, de maior densidade (2800 kg/m^3), o que é sustentado por estudos de refração na Bacia do Colorado, na margem argentina (Franke *et al.* 2006).

Na direção *strike* da margem uruguaia é possível observar a progressiva diminuição da espessura da crosta continental, com valores que variam desde 32 km, no limite com a margem argentina, até 25 km, no limite com a margem brasileira, e a maior proximidade à linha de costa da passagem de crosta continental–crosta oceânica, na mesma direção (Figs. 26D, 27, 28 e 29).

A descontinuidade de Mohorovicic apresenta uma inflexão brusca, associada ao adelgaçamento da crosta continental nos setores central e setentrional da margem uruguaia (Bacia de Pelotas), atingindo profundidades de 12 km. Essa inflexão correlaciona-se com a quebra da plataforma continental e a maior anomalia gravimétrica para cada uma das seções modeladas (44 mGa, 26 mGa, 77 mGa). Na figura 27 (Bacia de Punta del Este) é possível observar que a descontinuidade de Mohorovicic apresenta uma mudança mais gradual, refletindo um adelgaçamento mais progressivo da crosta continental, o que é possível de ser observado no perfil gravimétrico, que se apresenta bem mais complexo que os outros. Além disso, nessa figura duas anomalias gravimétricas maiores podem ser observadas, a primeira corresponde à quebra plataforma–talude, com uma magnitude de 44 mGa, e a segunda, de menor magnitude (27 mGa) coincide com o paleotalude do topo do Cretáceo.

Vale ressaltar que nos setores central e meridional da margem uruguaia a crosta oceânica apresenta espessuras típicas entre 7 km e 8 km; mas no setor setentrional, apresenta uma menor espessura, atingindo valores de 5 km.

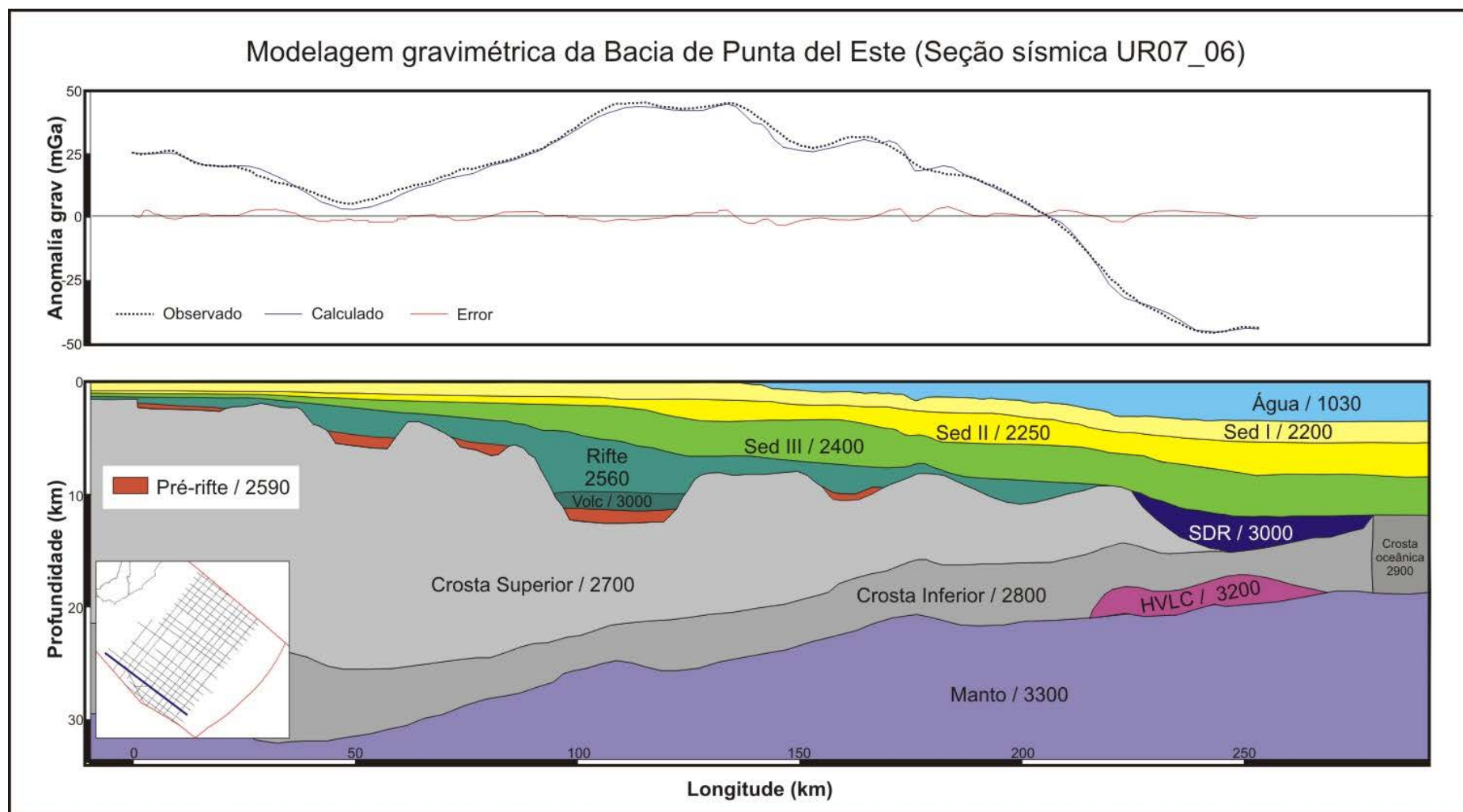


Figura 27: Modelagem gravimétrica ao longo da seção sísmica UR07_06 (setor meridional, Bacia de Punta del Este). Densidades em kg/m³.

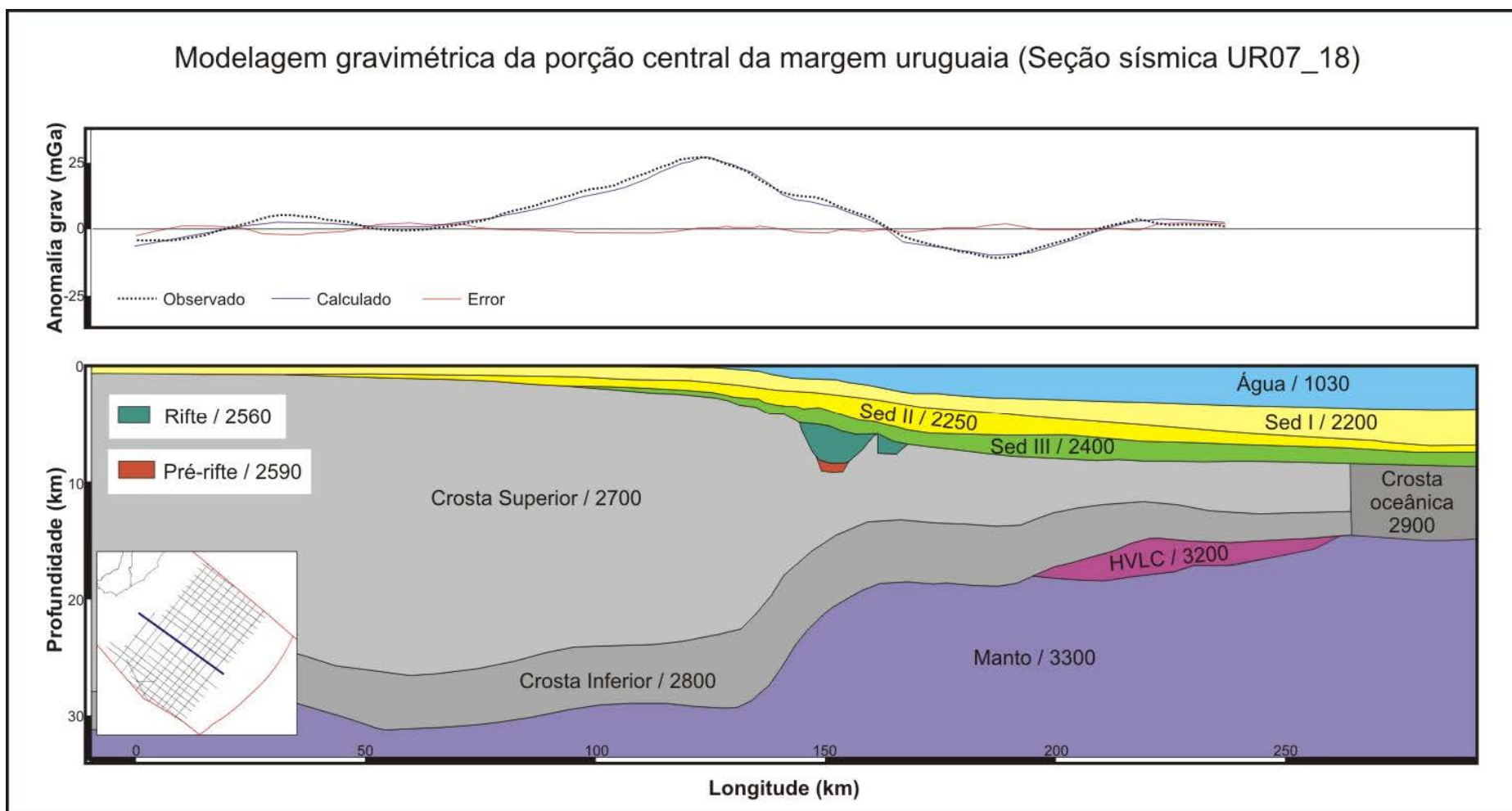


Figura 28: Modelagem gravimétrica ao longo da seção sísmica UR07_18 (setor central da margem uruguaia). Densidades em kg/m³.

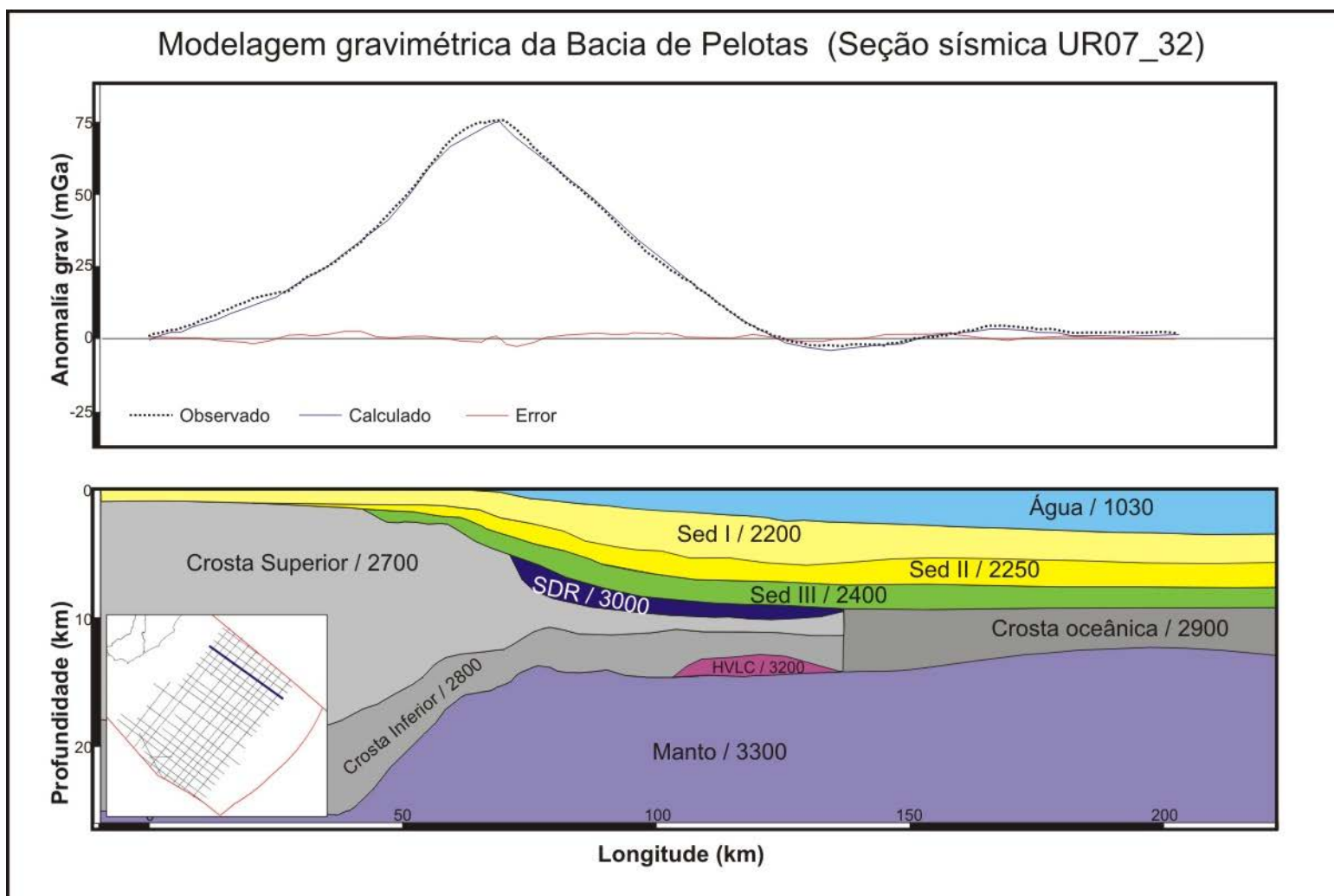


Figura 29: Modelagem gravimétrica ao longo da seção sísmica UR07_32 (setor setentrional, Bacia de Pelotas). Densidades em kg/m³.

A figura 30 apresenta um mapa da espessura crustal (em km) na margem continental uruguaia, baseado nas modelagens desenvolvidas.

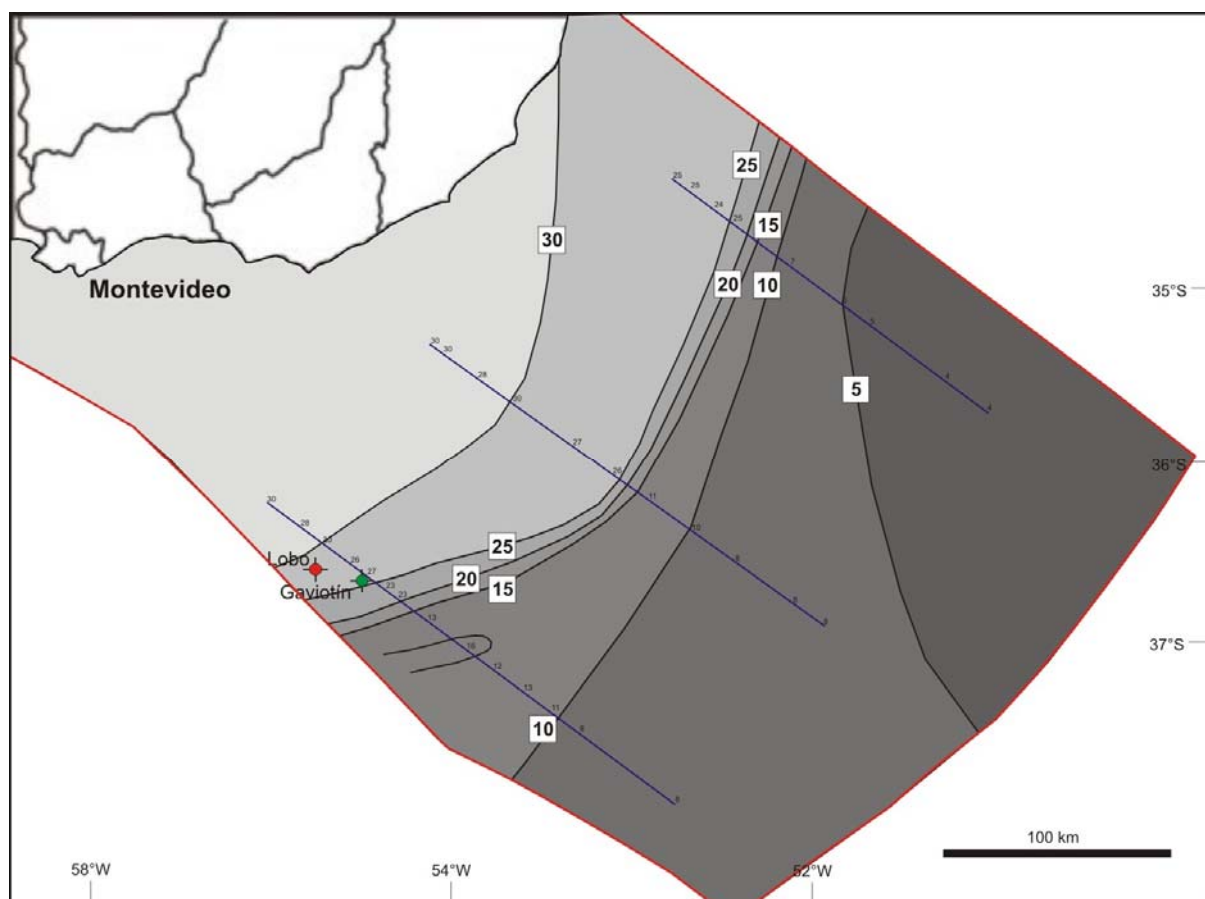


Figura 30: Mapa de espessura crustal (km) na margem continental uruguaia.

No mapa resulta evidente a maior espessura da crosta no setor meridional da margem continental uruguaia, provavelmente como resultado do arcabouço estrutural pré-existente, constituído por um núcleo antigo, que inclui rochas de idade pré-cambriana e paleozoica, o qual teve uma importante influencia durante o rifteamento mesozoico.

A presença dos riftes, particularmente na Bacia de Punta del Este, não é muito evidente no mapa, já que, no geral, a ausência de riftes é compensada com o progressivo assenso da base da crosta, resultando numa continua diminuição da espessura da crosta na direção do mar.

6.3 Secuencias Depositionais

A análise estratigráfica desenvolvida neste trabalho buscou reconhecer os horizontes ou superfícies-chaves em seções sísmicas e fatiar o preenchimento das bacias da margem continental do Uruguai em conjuntos de estratos geneticamente associados.

A interpretação geológica dos horizontes mapeados foi baseada fundamentalmente na sua configuração sísmica. A integração da interpretação sísmica com o registro geológico dos poços (levando em consideração dados litológicos e perfis geofísicos) foi relativamente difícil, uma vez que os poços estão localizados no extremo noroeste da margem uruguaia, na porção proximal dos sistemas deposicionais, sendo a sucessão sedimentar essencialmente arenosa e, com isso, sem mudanças muito marcantes nos registros geofísicos.

A designação de idades aos refletores mapeados foi dificultada pela: a) escassez de dados de poços; b) escassez de dados bioestratigráficos; c) escassez de dados publicados da Bacia de Punta del Este para serem comparados; d) ausência de dados publicados da porção uruguaia da Bacia de Pelotas para serem comparados; e e) dificuldade em dar continuidade ao traçado dos refletores, definidos na Bacia de Punta del Este, para a Bacia de Pelotas.

A figura 31 apresenta a correlação dos horizontes mapeados na seção sísmica entre os poços Lobo e Gaviotín.

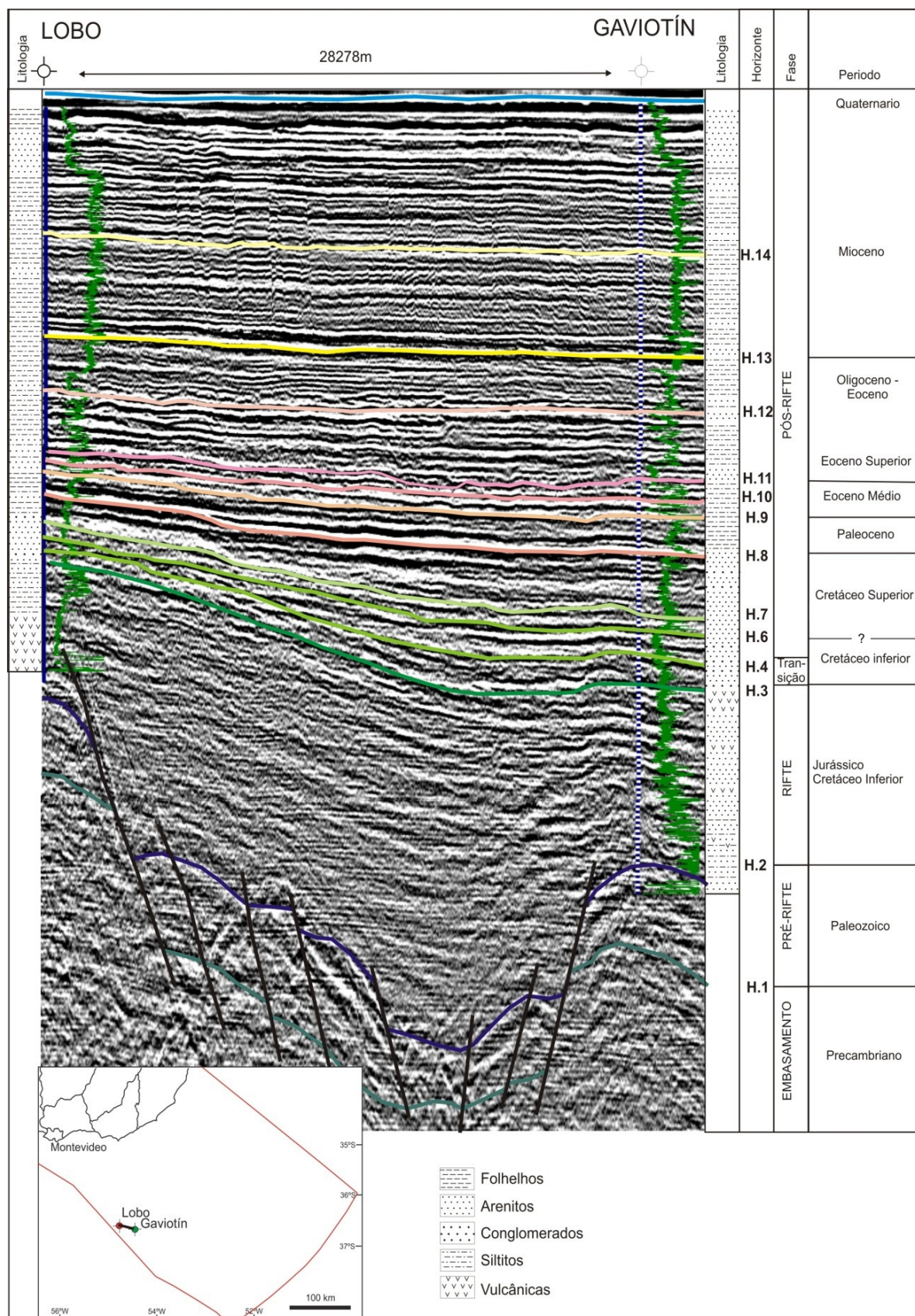


Figura 31: Correlação das seqüências deposicionais identificadas neste trabalho nos poços Lobo e Gaviotín. As discordâncias apresentadas na coluna “horizontes” referem-se aos limites das seqüências definidas neste trabalho.

Por considerar que os horizontes mapeados correspondem a discordâncias, os pacotes compreendidos entre eles constituem Sequências Depositionais no sentido de Mitchum Jr. *et al.* (1977). As sequências deposicionais mapeadas foram agrupadas em quatro grandes fases de evolução das bacias: pré-rifte, rifte, transição e pós-rifte, sendo listadas a seguir.

- Sequência Pré-rifte (H.1 – H.2): Paleozoico
- Sequência Rifte (H.2 – H.3): Jurássico – Cretáceo Inferior
- Sequência Transição (H.3 – H.4): Cretáceo Inferior (Provavelmente Barremiano-Aptiano).
- Sequência Pós-rifte 1 (H.3 – H.5): Cretáceo Inferior (Provavelmente Aptiano).
- Sequência Pós-rifte 2 (H.4/H.5 – H.6): Cretáceo Inferior (Provavelmente Albiano).
- Sequência Pós-rifte 3 (H.6 – H.7): Cretáceo Superior.
- Sequência Pós-rifte 4 (H.7 – H.8): Cretáceo Superior (Maastrichtiano).
- Sequência Pós-rifte 5 (H.8 – H.9): Paleoceno.
- Sequência Pós-rifte 6 (H.9 – H.10): Eoceno Médio.
- Sequência Pós-rifte 7 (H.10 – H.11): Eoceno.
- Sequência Pós-rifte 8 (H.11 – H.12): Oligoceno Inferior.
- Sequência Pós-rifte 9 (H.12 – H.13): Oligoceno Superior.
- Sequência Pós-rifte 10 (H.13 – H.14): Mioceno Inferior – Médio.
- Sequência Pós-rifte 11 (H.14 – H.15): Mioceno Superior – Recente

A figura 32 apresenta um quadro comparativo das sequências mapeadas neste trabalho com as mapeadas por Stoakes *et al.* (1991) e Fontana *et al.* (1999) nos poços Lobo e Gaviotín.

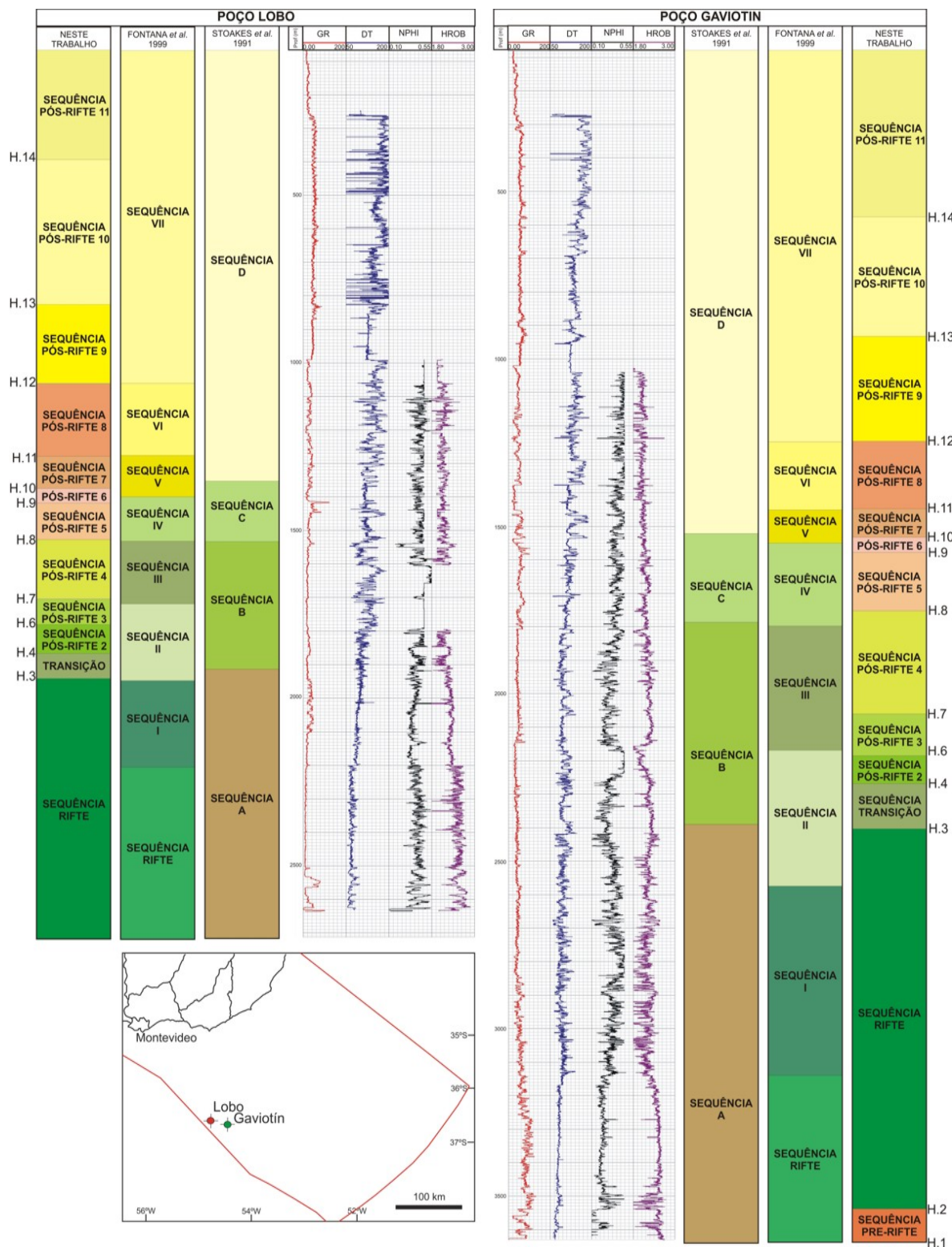


Figura 32: Comparação entre as seqüências mapeadas neste trabalho e as mapeadas por Stoakes *et al.* (1991) e Fontana *et al.* (1999).

Sequência Pré-rifte (H.1 – H.2)

O horizonte H.1 (base da sequência pré-rifte) corresponde ao topo do embasamento cristalino (Fig. 33) e o horizonte H.2 (topo da sequência pré-rifte) corresponde à base da sequência rifte. As duas superfícies constituem discordâncias angulares (Fig. 34), mas o mapeamento da base da sequência foi uma tarefa complexa, e por vezes duvidosa em termos de observação.

Do ponto de vista sísmico, o pacote mapeado como pertencente à sequência pré-rifte é caracterizado por refletores suavemente ondulados, subparalelos, com alta amplitude, alto contraste de impedância acústica e sem crescimento de seção por falha. Essas características estão presentes nos sedimentos perfurados pelo poço Gaviotín (Fig. 34) e nas sequências permianas da Bacia Norte.

Para mapear a sequência, o critério utilizado foi separar o pacote sísmico com características diferentes do rifte e do embasamento. Como resultado desse mapeamento constatou-se que a sequência pré-rifte está preservada, de modo geral coincidindo espacialmente com os grábens juro-cretáceos, especialmente nos setores proximais das bacias.

A sequência pré-rifte foi atravessada pelo poço Gaviotín em seus últimos 139 metros, sendo constituída por arenitos quartzosos, brancos, de granulação fina a grossa, com níveis carbonosos e de folhelhos sotopostos a intercalações de siltitos, folhelhos e arenitos finos de várias cores. Veroslavsky *et al.* (2003) e Daners *et al.* (2003) estudaram essas litologias e as correlacionaram com as formações Tres Islas e Yaguarí/Buena Vista da Bacia Norte.

A idade assumida para a sequência pré-rifte é paleozoica, levando em consideração os dados obtidos por Daners *et al.* (2003) que, baseados em assembleias palinológicas definiram idade do Permiano Superior para as litologias perfuradas no poço Gaviotín. A espessura estimada da sequência, com base em dados sísmicos, está entre 150 m e 1500 m.

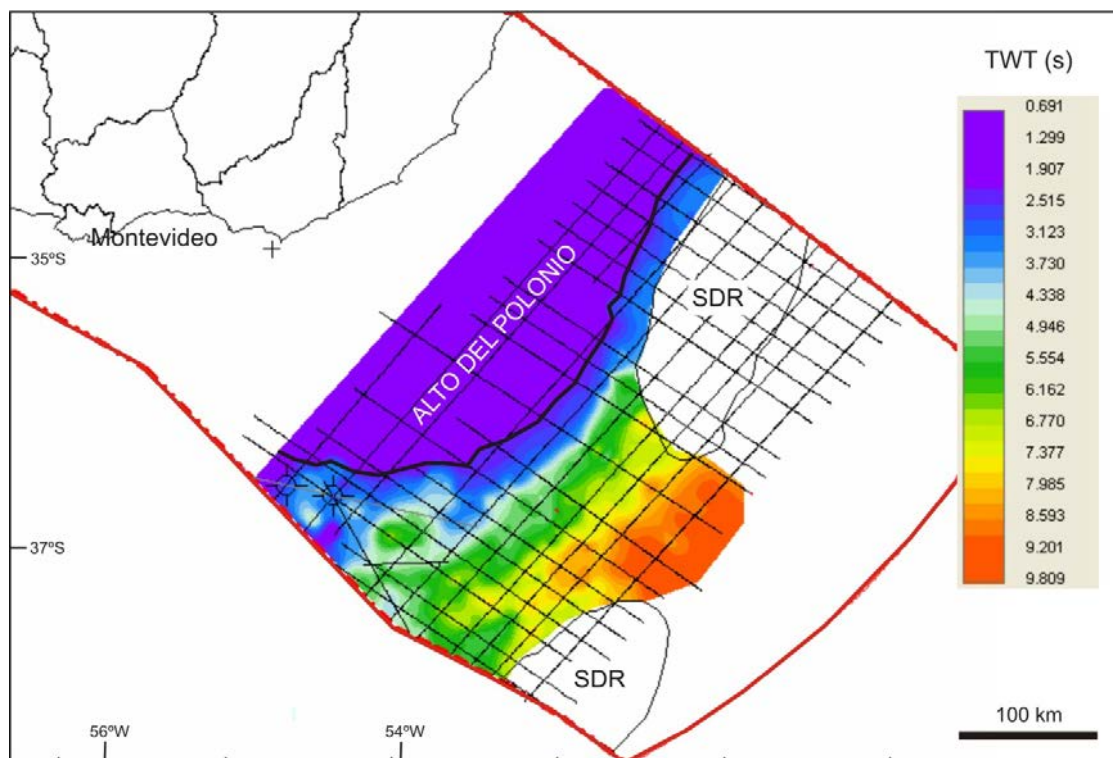


Figura 33: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo do embasamento na margem continental do Uruguai.

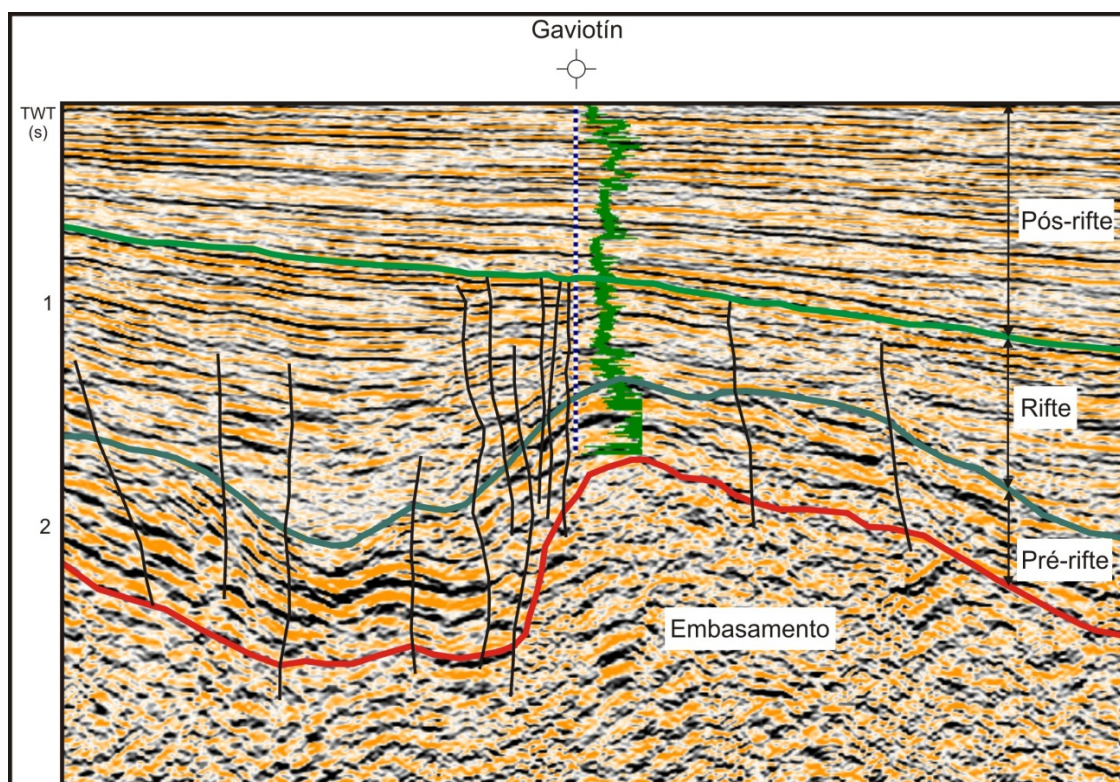


Figura 34: Características sísmicas da sequência pré-rifte na Bacia de Punta del Este.

Sequência Rifte (H.2 – H.3)

Esta sequência é caracterizada por uma tectônica distensiva, sendo controlada por falhas normais que determinaram a subsidência mecânica das bacias.

A orientação das principais falhas normais que controlam o desenvolvimento das estruturas riftes, na margem continental do Uruguai, é NW-SE, nos setores proximais do rifte abortado de Punta del Este, e E-W / NE-SW, nos setores distais (Fig. 35); no entanto, na Bacia de Pelotas tem clara predominância NE-SW (Fig. 35).

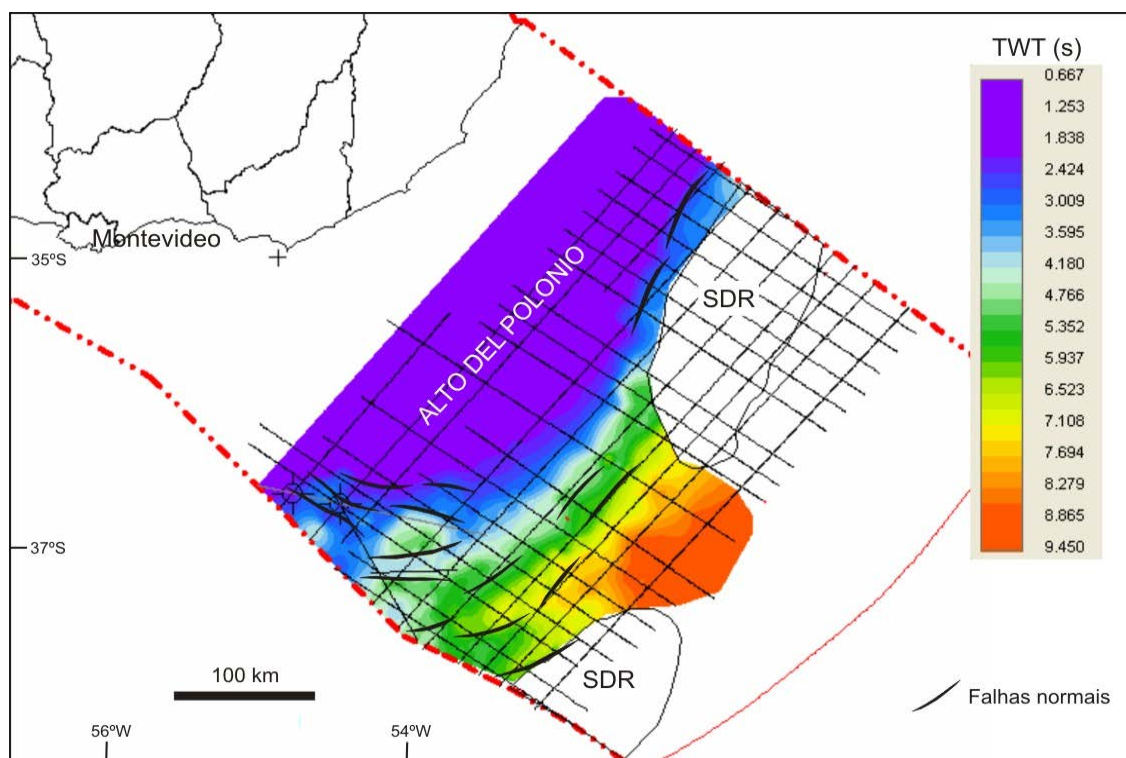


Figura 35: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência rifte, com as principais falhas normais mapeadas pela sísmica.

O horizonte mapeado como topo do rifte (Fig. 36) corresponde a uma discordância angular, sendo uma superfície diacrônica, definida na Bacia de Punta del Este por truncamentos, abaixo, e por *onlaps* muito marcantes nos setores proximais e *downlaps* nos setores distais, acima (Fig. 65). Na área da Bacia de Pelotas, esse horizonte foi mapeado deixando, por baixo, truncamentos nos setores de riftes e no topo dos SDR, nos setores distais da bacia (Figs. 66 e 67).

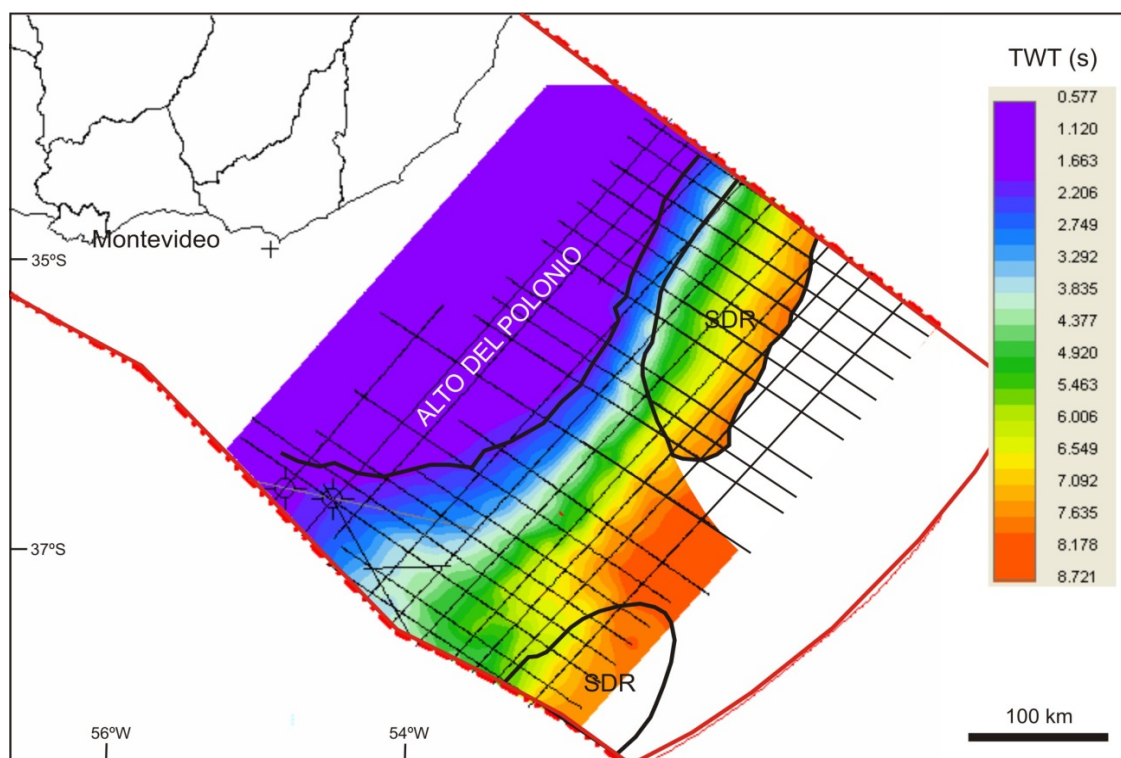


Figura 36: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência rifte.

O topo da sequência rifte apresenta características diferentes nos grábens proximais e distais da Bacia Punta del Este. Enquanto o topo dos riftes proximais apresenta-se como uma superfície quase plana, evidenciando baixa compactação dos sedimentos do rifte ou erosão de seu topo, com marcante *onlap* acima, o topo dos riftes distais apresenta-se côncavo, evidenciando compactação de seus sedimentos (Fig. 37). Os riftes proximais, com orientação perpendicular à margem continental, são considerados mais antigos que os riftes distais, com orientação paralela à margem.

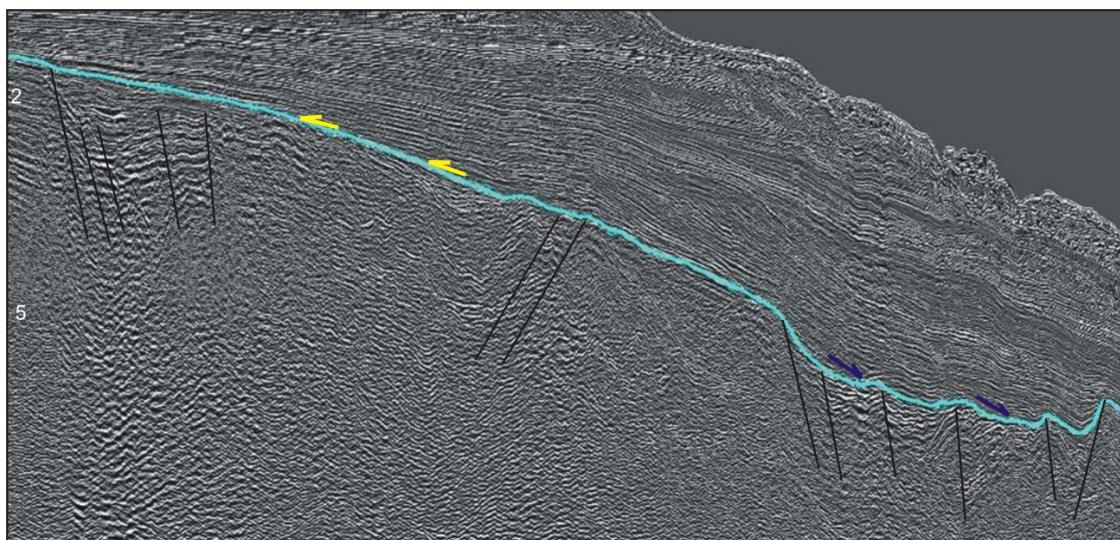


Figura 37: Características do topo do rifte. Setas: Amarela: *Onlap*, Azul: *Downlap*. Escala vertical em TWT (s).

A sequência rifte é constituída por rochas vulcânicas básicas (os últimos 490 m do poço Lobo correspondem a basaltos) sotopostas a um pacote de arenitos e conglomerados de ambiente sedimentar continental subaéreo, com intercalações de rochas vulcânicas efusivas, vulcanoclásticas e siltitos, marrons, amarelos e vermelhos.

O pacote de rochas vulcânicas caracteriza-se por refletores paralelos, com alto contraste de impedância acústica, sendo especialmente bem desenvolvidos no setor noroeste da Bacia de Punta del Este (Fig. 38). O pacote de rochas sedimentares caracteriza-se por refletores de amplitude e continuidade variável. Alguns dos hemi-grábens apresentam uma borda de rampa e outra de falha bem definida, com refletores contínuos, em *onlap* sobre a borda de rampa.

Os *logs* dos poços, principalmente no poço Gaviotín, onde o pacote de rochas sedimentares é mais espesso, apresentam vários ciclos granocrescente–granodecrescente.

A figura 39 apresenta um mapa de isópacas em tempo da sequência rifte (excluindo as cunhas de SDR). Na Bacia de Punta del Este, onde a sequência é bem mais expressiva constitui um pacote de mais de 3000 m de espessura nos grábens mais profundos, conforme dados da sísmica.

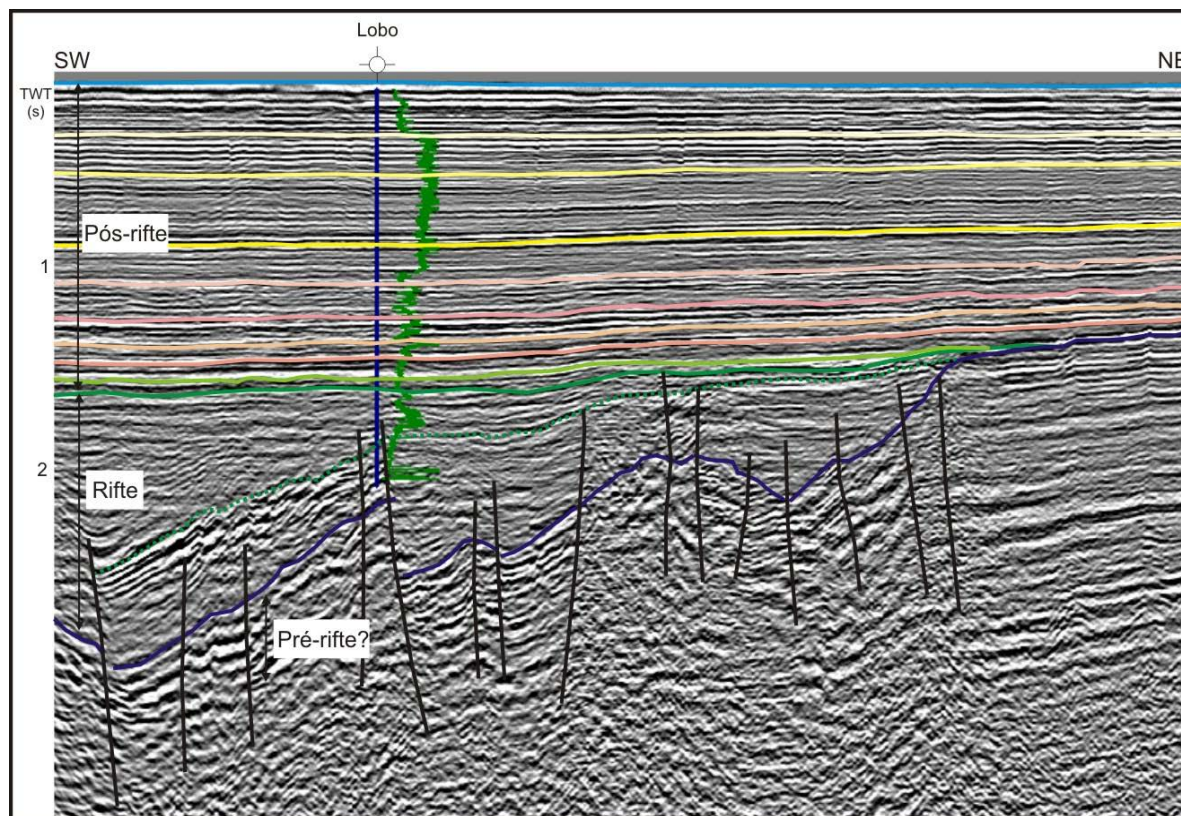


Figura 38: Seção sísmica *strike* da Bacia de Punta del Este apresentando as características sísmicas das sequências rifte e pós-rifte.

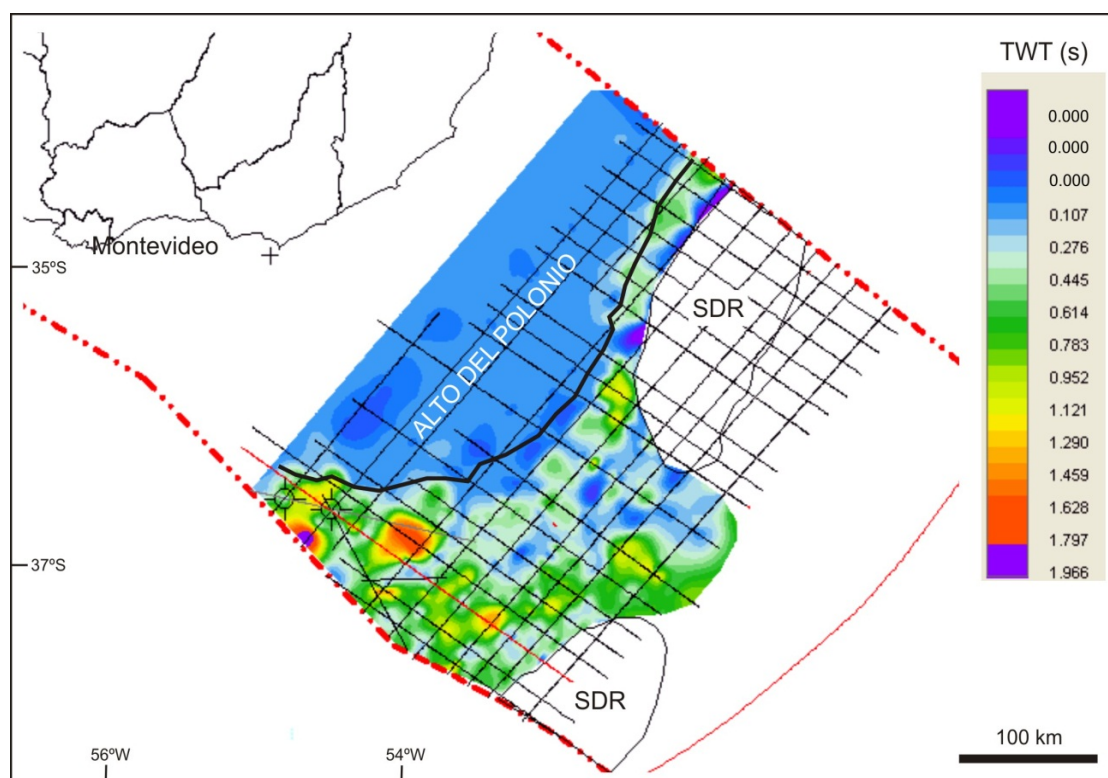


Figura 39: Mapa de isópacas da sequência rifte.

Para a determinação da idade do rifte são necessárias datações geocronológicas. Contudo, a idade máxima, deve se aproximar à dos basaltos associados ao *breakup* do Gondwana, das bacias *onshore* do Uruguai, onde tem se obtido idades do Jurássico Médio (Formação Puerto Gómez na Bacia de Santa Lucia; Veroslavsky 1999) até o Cretáceo Inferior (Formação Arapey na Bacia Norte; Férau *et al.* 1999). A idade mínima dos riftes das bacias da margem africana foi determinada datando-se as vulcânicas do pós-rifte, cujos dados da Namíbia (e.g. Jungslager 1999, Light *et al.* 1993) sugerem idade Aptiana. Dessa forma, os dados disponíveis apontam para um rifte desenvolvido durante o Jurássico Médio e o Neocomiano.

Sequência de Transição (H.3 – H.4)

A sequência definida entre os horizontes topo do rifte (H.3) e H.4 desenvolve-se por sobre as bordas dos grábens, não apresenta crescimento por falha e corresponde ao estágio inicial da subsidência térmica da Bacia Punta del Este.

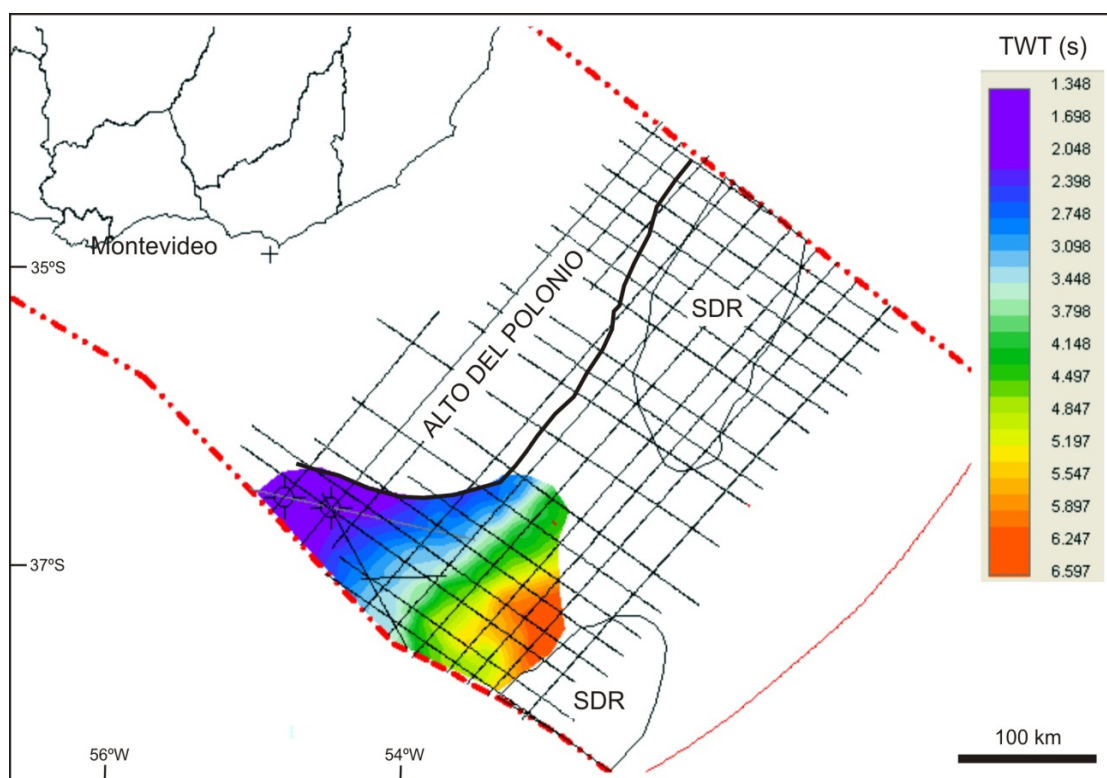


Figura 40: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência de transição.

O topo da sequência é marcado por uma importante discordância, com desenvolvimento de canais nas áreas da plataforma e truncamento dos refletores sotopostos (Fig. 40 e 41). Essa discordância é profundamente erosiva, gerando um paleotaude. A base da sequência corresponde ao topo do rifte, constituindo uma discordância angular com marcante *onlap* acima, nos setores proximais da bacia.

A sequência de transição apresenta geometria de rampa, do tipo *sag*, sem definição interna de quebra plataforma/talude, compreendendo um conjunto de refletores contínuos, plano-paralelos e subparalelos, com padrão de empilhamento agradacional, sem deslocamento da linha de costa (Fig. 41).

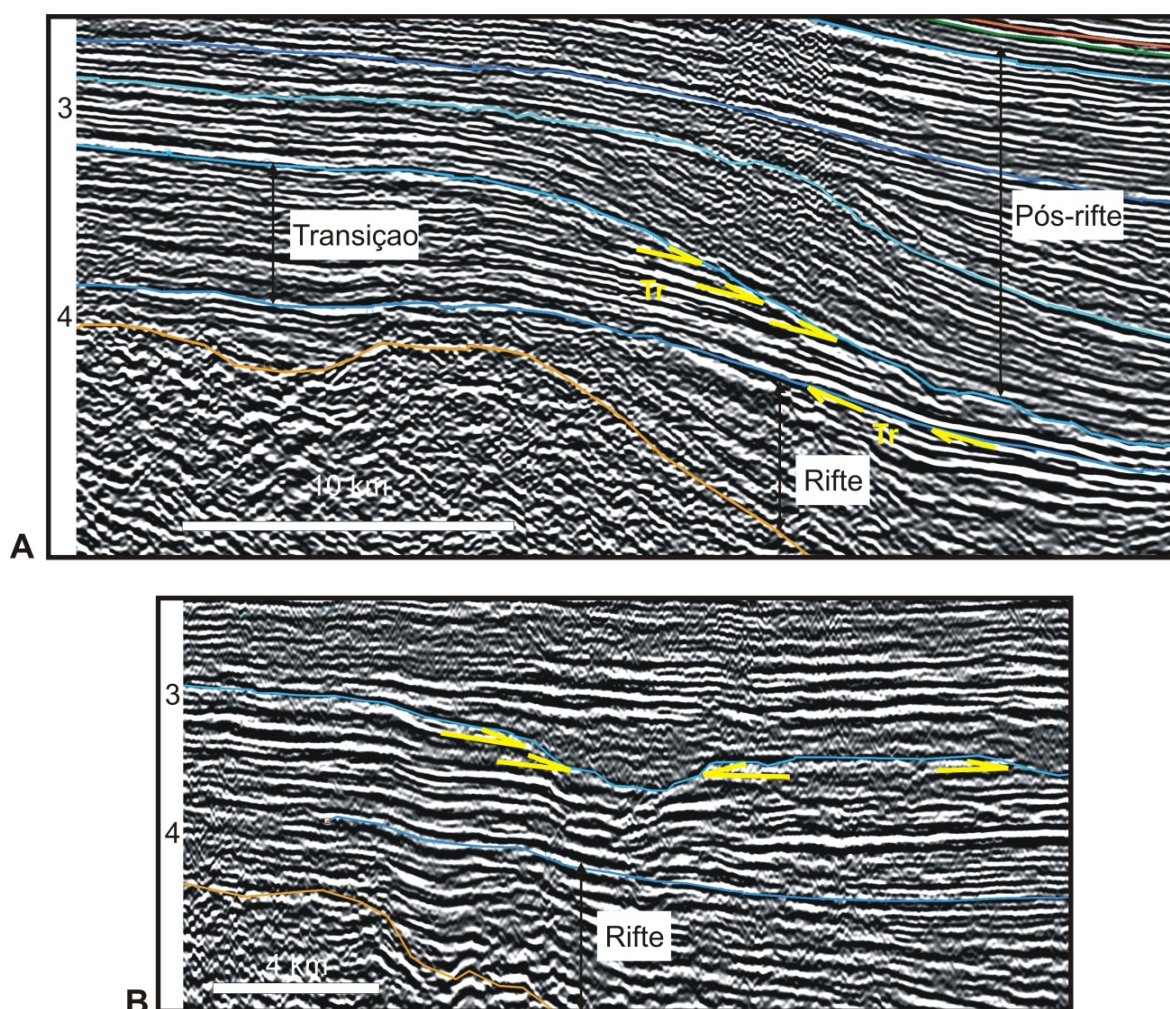


Figura 41: Seção sísmica *dip* (A) e *strike* (B) da Bacia de Punta del Este, nas quais podem ser observados os truncamentos no topo da sequência de transição (setas amarelas).

A sequência pode ter se formado como resultado da subsidência térmica, logo depois da fase rifte, mas com insuficiente aporte de sedimentos, o que teria gerado *onlaps* na base da sequência.

A sequência restringe-se à Bacia de Punta del Este, acunhando-se na direção do Alto do Polonio (no sentido leste) e sendo erodida para o sul, em direção aos setores mais profundos da bacia (Fig. 50). Devido à erosão nos setores distais da Bacia Punta del Este, apresenta as maiores espessuras na região central da bacia (Fig. 42).

Nos poços, a sequência é constituída por um pacote de arenitos com intercalações de conglomerados e algumas intercalações de fragmentos vulcanoclásticos, na base, e arenitos e siltitos alaranjados e marrom-escuros, no topo.

Por correlação com as bacias da margem africana, particularmente da Bacia de Orange, onde uma fase de transição com características sísmicas similares às descritas precedentemente foi reconhecida (e.g. Paton *et al.* 2007, Light *et al.* 1993), propõe-se idade barremiana-aptiana para a sequência de transição.

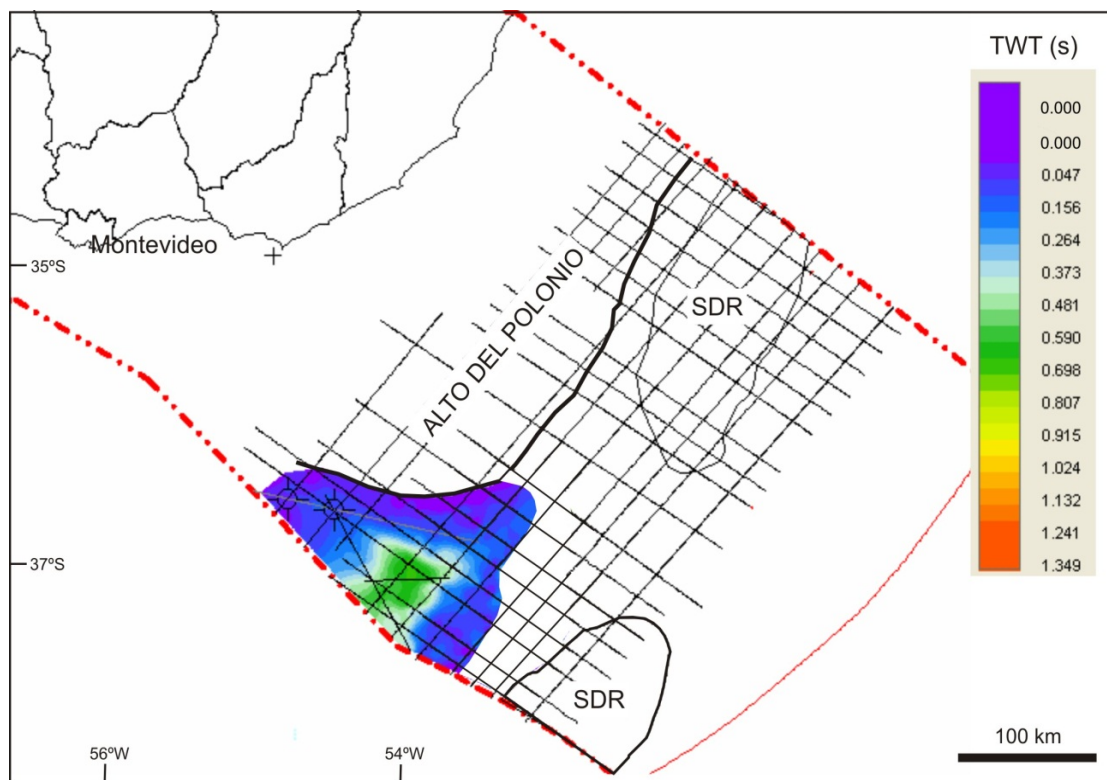


Figura 42: Mapa de isópacas da sequência de transição.

Sequência Pós-rifte 1 (H.3 – H.5)

A sequência pós-rifte 1 desenvolve-se nos setores distais das bacias da margem continental do Uruguai (Fig. 43), especialmente sobre as cunhas de SDR e sobre crosta oceânica.

A sequência caracteriza-se, do ponto de vista sísmico, por um pacote homogêneo de refletores paralelos e subparalelos, predominantemente com baixo contraste de impedância acústica (Fig. 44), em *onlap* na direção do continente. O topo da sequência foi mapeado por cima desse pacote e, no geral, corresponde a um refletor de alta amplitude.

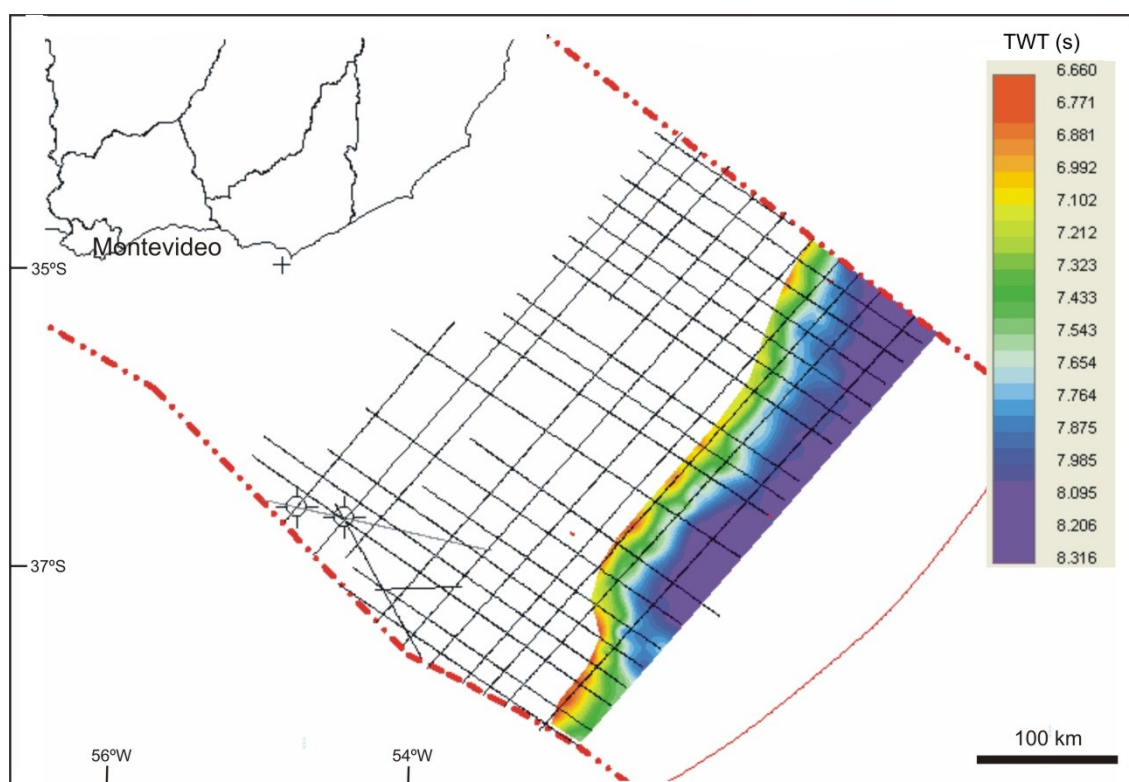


Figura 43: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência pós-rifte 1.

Pelo caráter sísmico, a sequência poderia ser constituída por folhelhos marinhos com potencial gerador. As maiores espessuras da sequência localizam-se nos setores distais da Bacia de Pelotas (Fig. 45).

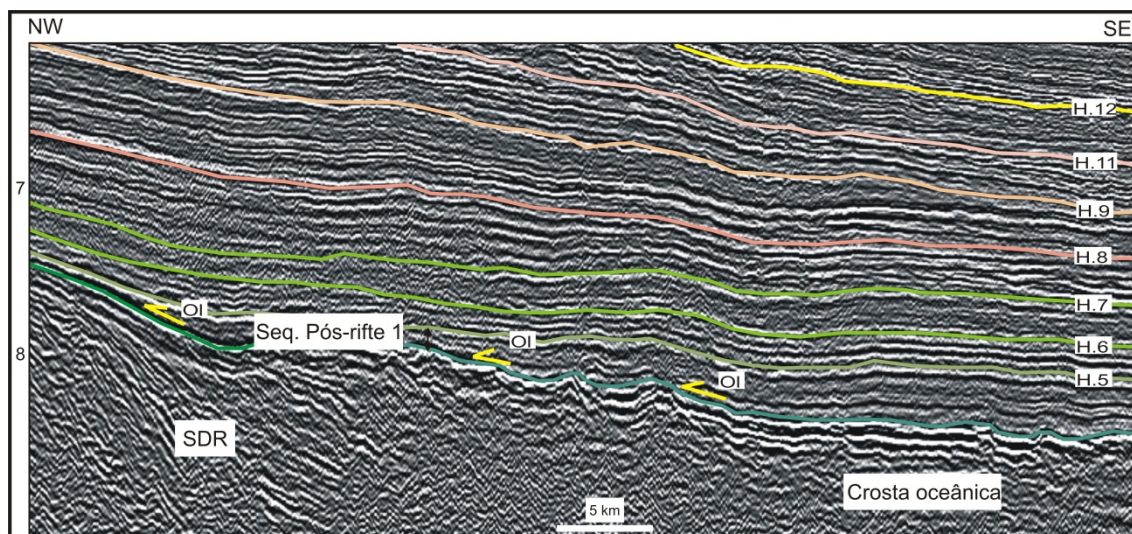


Figura 44: Características sísmicas da sequência pós-rifte 1 na Bacia de Pelotas.

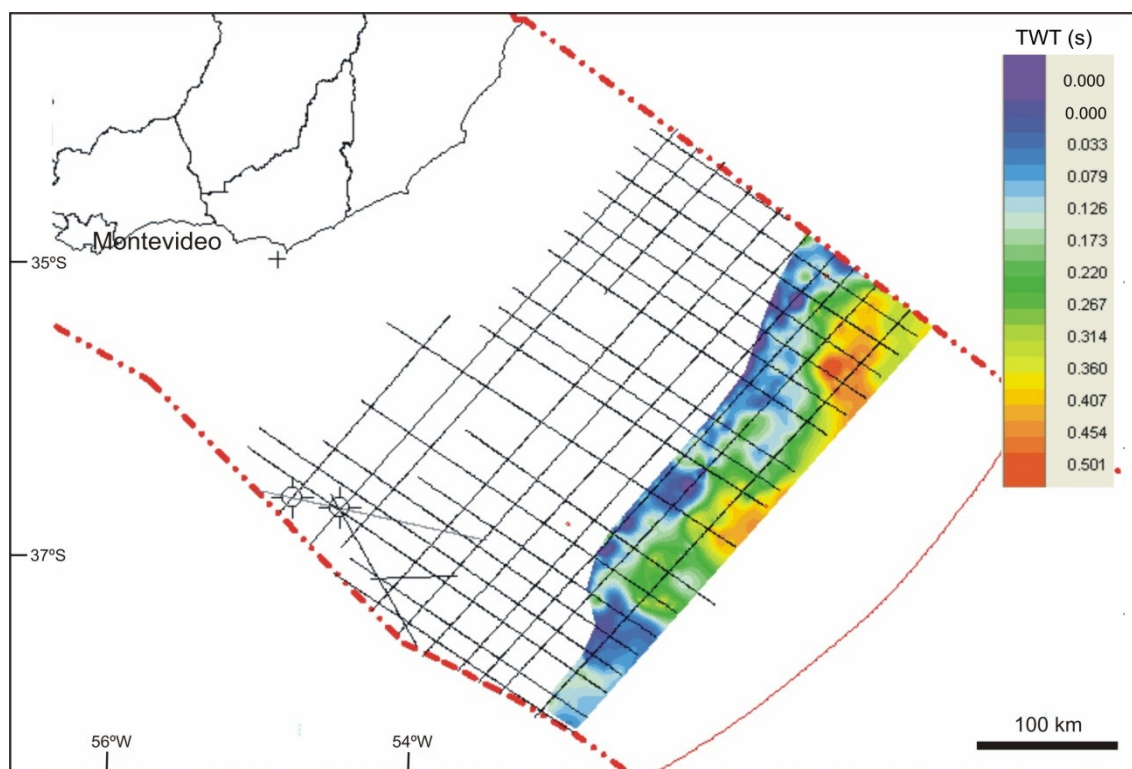


Figura 45: Mapa de isópacas da sequência pós-rifte 1.

A sequência é coincidente com o pacote sísmico mapeado por Grassmann *et al.* (2011) nas seções sísmicas do *offshore* do Uruguai, e o topo correlaciona-se ao horizonte AR2 mapeado por Hinz *et al.* (1999) nas bacias *offshore* da Argentina. Por correlação com esses trabalhos, é proposta idade aptiana para a sequência pós-rifte 1.

Sequência Pós-rifte 2 (H.4 – H.6)

A base da sequência pós-rifte 2 corresponde ao topo da sequência de transição na Bacia de Punta del Este, ao topo do rifte na Bacia de Pelotas e ao topo da sequência pós-rifte 1 nos setores distais das bacias. A sequência acunha-se sobre o Alto do Polonio, nos setores proximais das bacias; o topo da sequência está representado por uma discordância com truncamentos na área da plataforma, abaixo, e *downlaps* acima (Fig. 46).

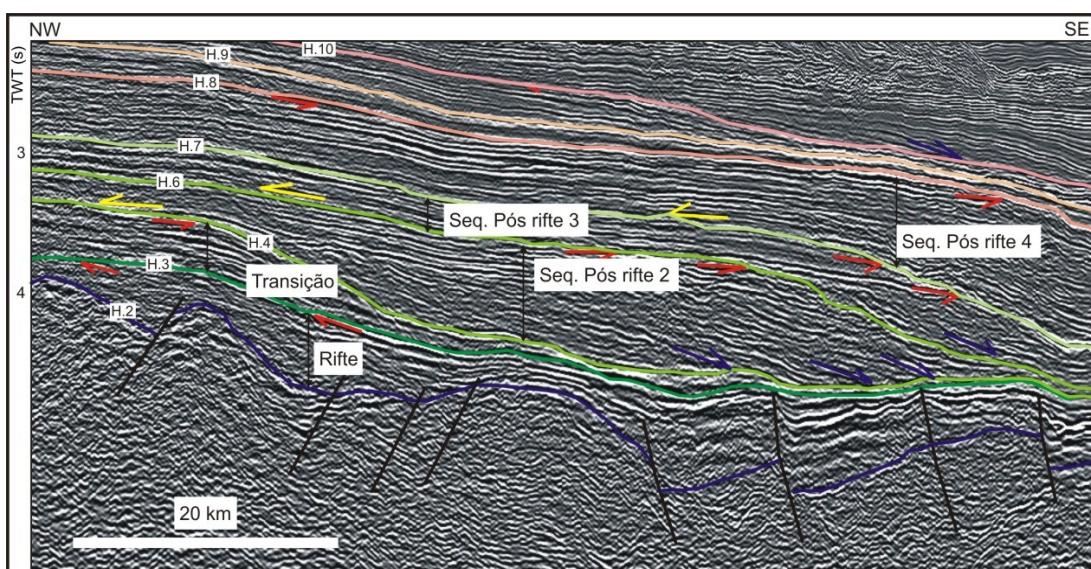


Figura 46: Seção sísmica *dip* da Bacia de Punta del Este apresentando as características sísmicas da sequência pós-rifte 2. Setas: vermelhas: truncamentos, amarelas: *onlap* e azuis: *downlap*.

Na Bacia de Punta del Este, a sequência apresenta padrão de empilhamento progradante, com migração importante da linha de costa em direção à bacia, caracterizando um pacote sedimentar regressivo (Fig. 46). A sequência é composta por clinoformas nas áreas do paleotalude, em *downlap* sobre a base da sequência, interpretadas como pertencentes a tratos de sistema de nível baixo.

Acima das clinoformas, a sequência é caracterizada por refletores relativamente contínuos, paralelos e subparalelos na área de plataforma, que são truncados pelo topo da sequência (Fig. 46).

Na Bacia de Pelotas a sequência é caracterizada por refletores paralelos, relativamente contínuos na área da plataforma (Fig. 47), com padrão de

empilhamento retrogradante, que são truncados pelo topo da sequência. No setor de paleotalude, a sequência apresenta-se parcialmente erodida, e nos setores distais da bacia desenvolvem-se leques de assoalho (Fig. 89).

Na área dos poços, a sequência é constituída por intercalações de arenitos de granulação média a grossa e muito grossa, predominantemente conglomeráticos, de cores amarelas, vermelhas e marrons, e conglomerados.

Dadas as relações estratigráficas com as sequências sotopostas, e por correlação com as bacias vizinhas, a idade da sequência é provavelmente albiana.

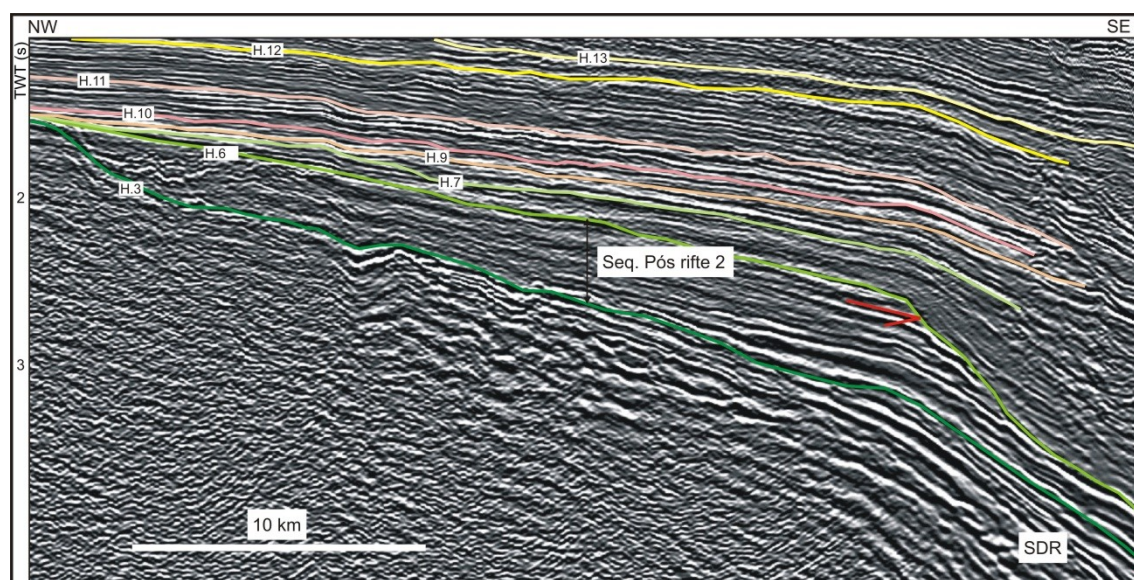


Figura 47: Seção sísmica *dip* da Bacia de Pelotas apresentando as características sísmicas da sequência pós-rifte 2. Seta vermelha: truncamentos.

Sequência Pós-rifte 3 (H.6 – H.7)

A base (Fig. 48) e o topo da sequência pós-rifte 3 correspondem a discordâncias que truncam os refletores sotopostos. Na Bacia de Punta del Este, a sequência é caracterizada por um empilhamento progradante, com migração da linha de costa na direção da bacia, caracterizando um pacote sedimentar regressivo. Sobre a discordância basal desenvolvem-se tratos de sistemas de nível baixo, constituídos por leques de assoalho e de talude, sobre os quais avançam clinoformas em *downlap* (Fig. 50).

Na área da plataforma, a sequência caracteriza-se por refletores paralelos e subparalelos em *onlap* na direção do continente (Fig. 50).

A sequência acunha-se na direção do Alto do Polonio, apresentando o melhor desenvolvimento na Bacia de Punta del Este, onde também apresenta as maiores espessuras.

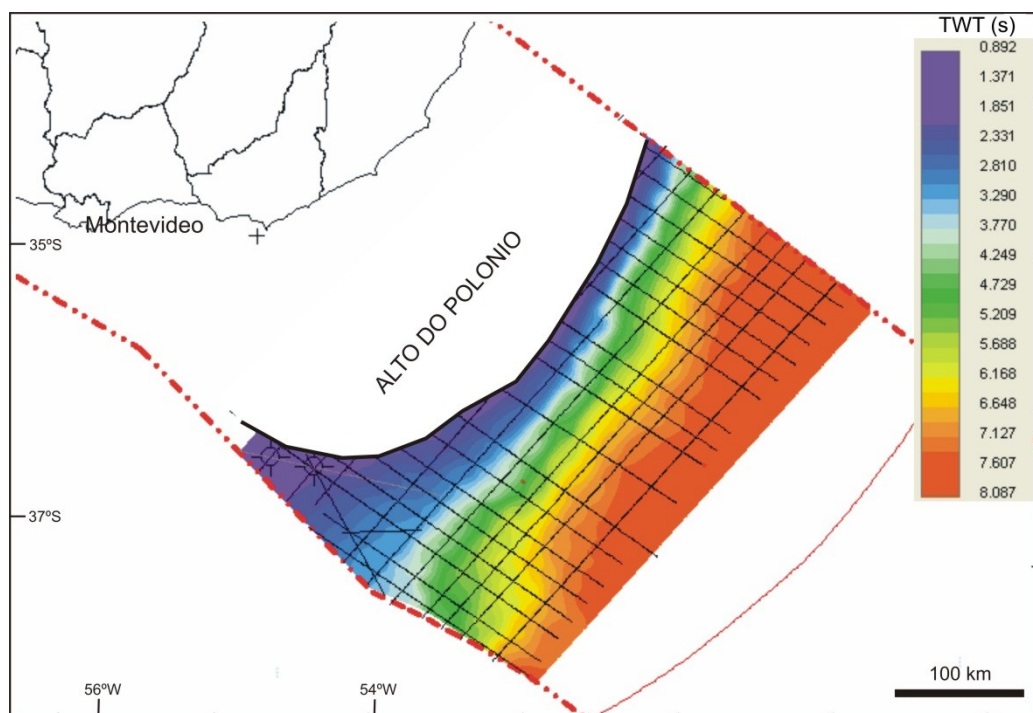


Figura 48: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 3.

Na Bacia de Pelotas, apresenta-se com padrão de empilhamento agradante-retrogradante, parcialmente erodida na área do paleotalude, com desenvolvimento de leques de assoalho nos setores de bacia profunda, os quais são sobrepostos por refletores relativamente contínuos, subparalelos, que são truncados pelo topo da sequência (Fig.89).

Nos poços, a sequência é constituída por intercalações de arenitos com níveis de conglomerados, arenitos conglomeráticos e conglomerados brancos e vermelhos.

Com base nas relações estratigráficas, a idade da sequência é provavelmente Cretáceo Superior.

Sequência Pós-rifte 4 (H.7 – H.8)

A sequência pós-rifte 4 constitui, junto com as sequências pós-rifte 2 e 3, o depocentro cretáceo das bacias de margem continental do Uruguai.

A base da sequência é representada por uma discordância que trunca os refletores sotopostos na área da plataforma e apresenta *downlaps* acima, nos setores do talude e bacia profunda (Fig. 50).

Na Bacia de Punta del Este, a sequência apresenta um padrão de empilhamento progradante, com deslocamento da linha de costa na direção da bacia, sendo composta por clinoformas progradantes na área do talude e refletores paralelos e subparalelos na área da plataforma (Fig. 50).

Na Bacia de Pelotas apresenta as mesmas características que a sequência 2.

Nos poços, a sequência apresenta características ligeiramente progradantes, constituídas predominantemente por arenitos com intercalações de conglomerados, siltitos e arenitos conglomeráticos de cores branca, marrom e vermelha.

No topo da sequência ocorrem os primeiros fósseis encontrados nos poços *offshore* do Uruguai (com exceção dos palinomorfos permianos do tramo final do poço Gaviotín), pertencentes à Formação Mercedes que, segundo o estudo desenvolvido por Daners e Guerstein (2004), apresenta idade do Maastrichtiano.

Sequência Pós-rifte 5 (H.8 – H.9)

A base da sequência pós-rifte 5 corresponde a uma discordância muito marcante nas bacias *offshore* do Uruguai. Essa superfície constitui uma discordância angular, com truncamento dos refletores sotopostos na área do paleotalude e *onlaps* acima, nos setores de plataforma e talude (Fig. 49 e 50). O topo da sequência corresponde a uma outra discordância muito marcante, com truncamentos abaixo e *onlaps* acima, nas áreas de bacia profunda (Fig. 50 e 51).

A sequência é constituída por tratos de sistemas de nível baixo, bem desenvolvidos nos setores distais das bacias. Esses tratos são representados por

sistemas de canais e leques de assoalho oceânico. Acima ocorre um trato de sistema transgressivo, com empilhamento nitidamente transgressivo, constituído por um pacote sedimentar de baixo contraste de impedância acústica, em *onlap* na área do talude, recobrindo toda a plataforma cretácea (Fig. 50).

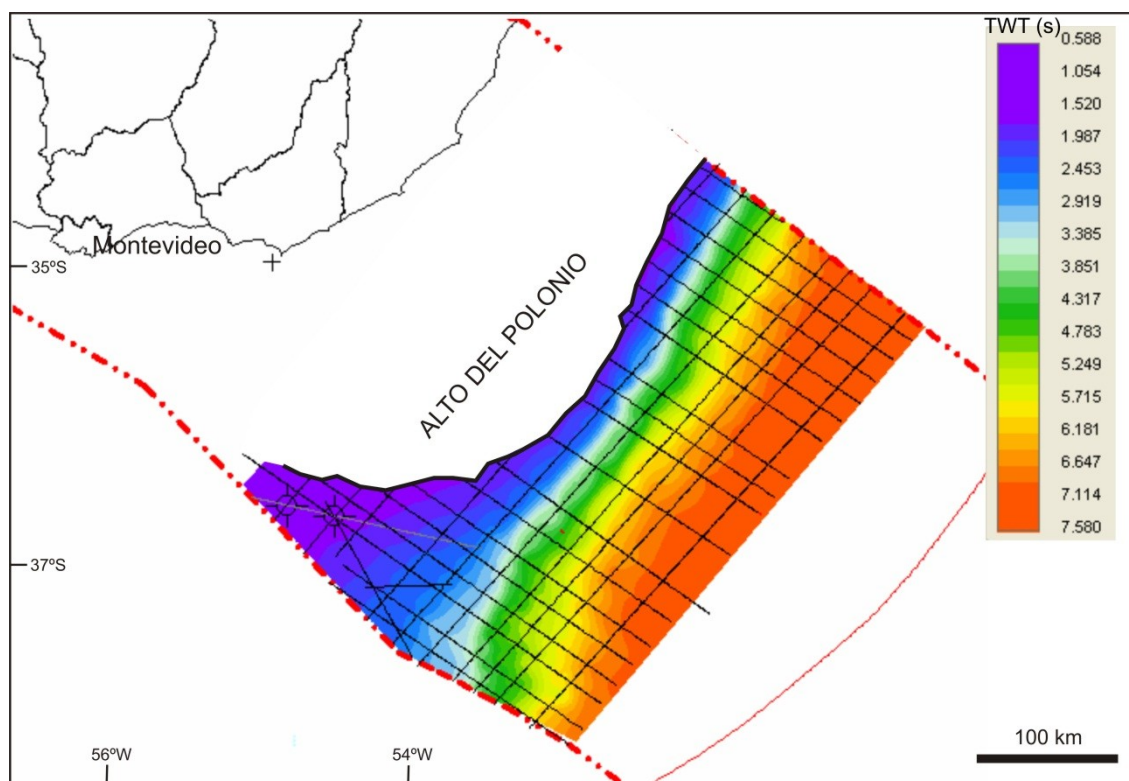


Figura 49: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 5.

Na região mapeada, esta sequência apresenta as maiores espessuras na Bacia de Punta del Este (Fig. 52), estando erodida nos setores proximais da região central da margem uruguaia, onde os sedimentos do Eoceno localizam-se diretamente sobre sedimentos cretáceos, gerando uma nítida discordância angular (Fig. 66 e 67).

A sequência apresenta uma mudança sutil na tendência do registro sônico entre os sedimentos sotopostos e suprajacentes, podendo corresponder à diferença de compactação entre os sedimentos do Cretáceo e do Cenozoico (Fig. 32). Os *logs* de poços apresentam empilhamento retrogradante.

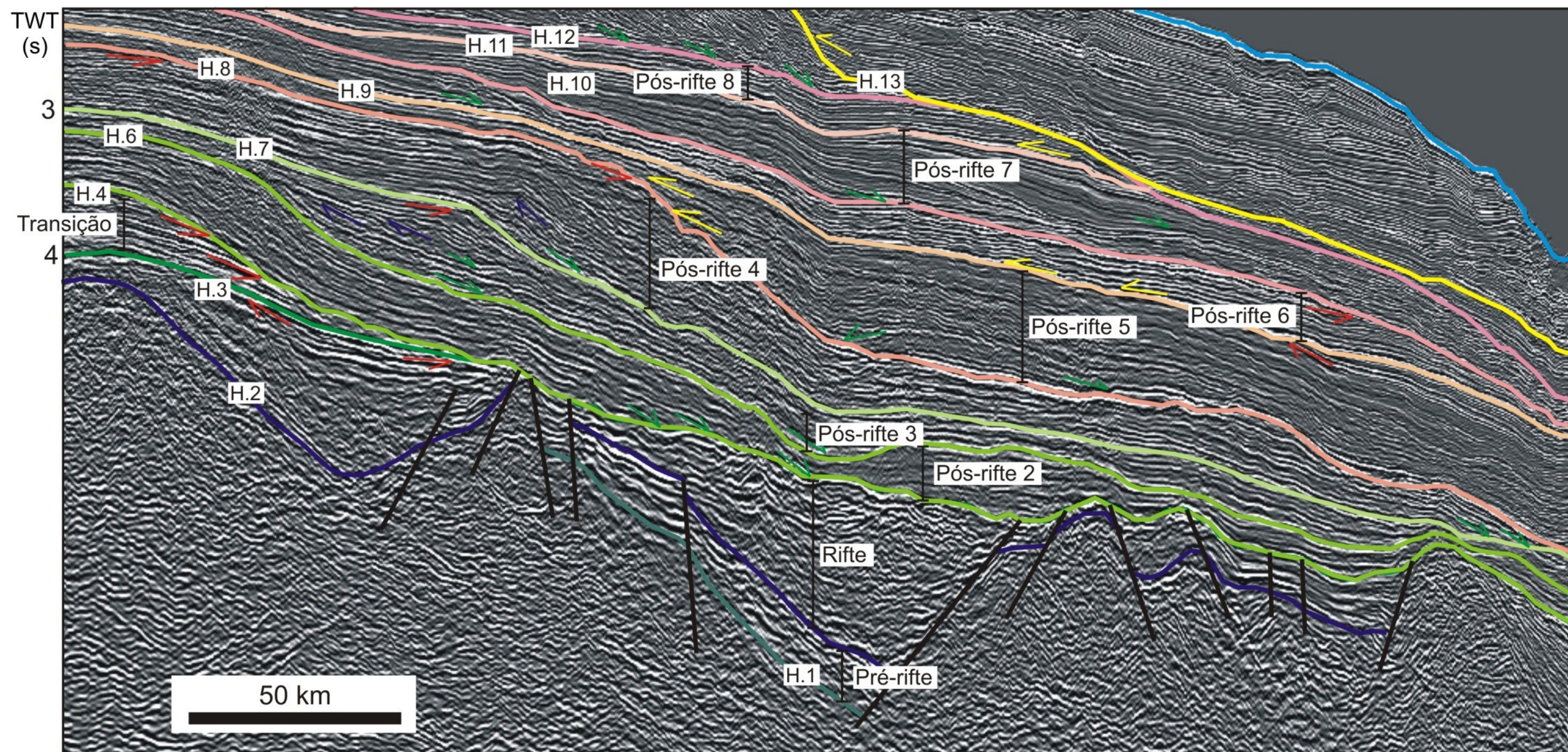


Figura 50: Seção sísmica *dip* da Bacia de Punta del Este apresentando as características sísmicas das sequências pós-rifte 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 na Bacia de Punta del Este. Setas: amarelas: *onlaps*, azuis: *toplap*, verdes: *downlaps*, vermelhas: truncamentos.

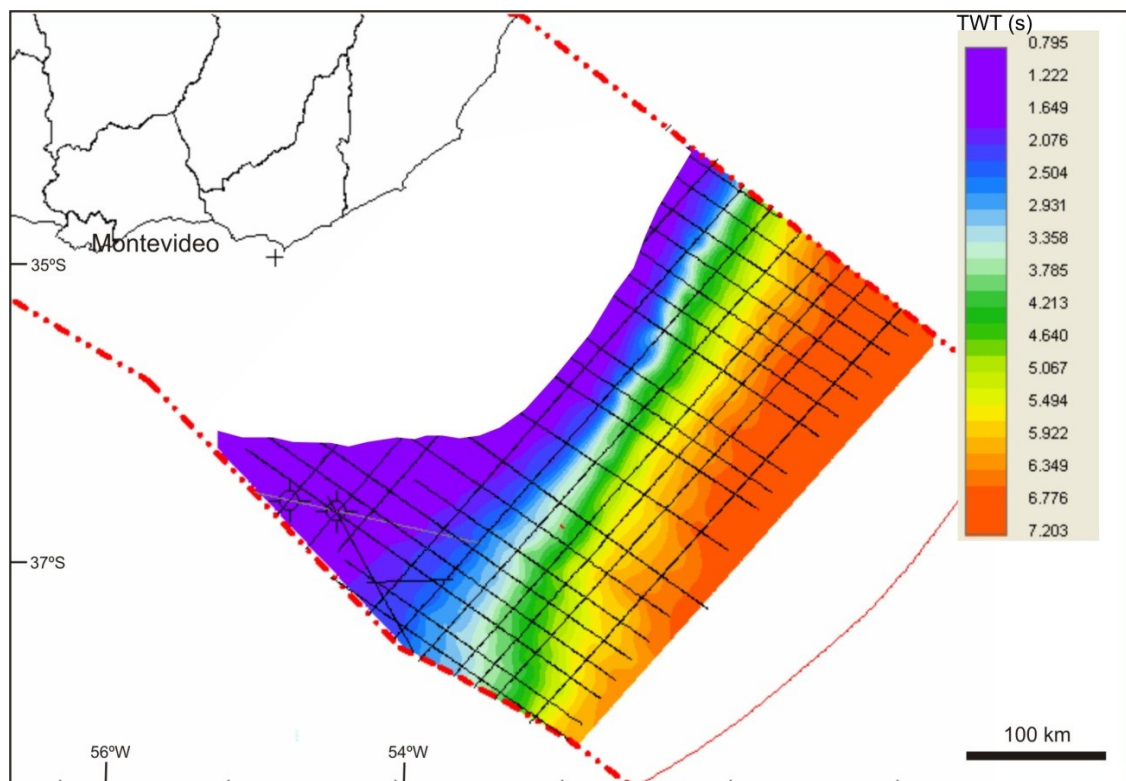


Figura 51: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência pós-rifte 5.

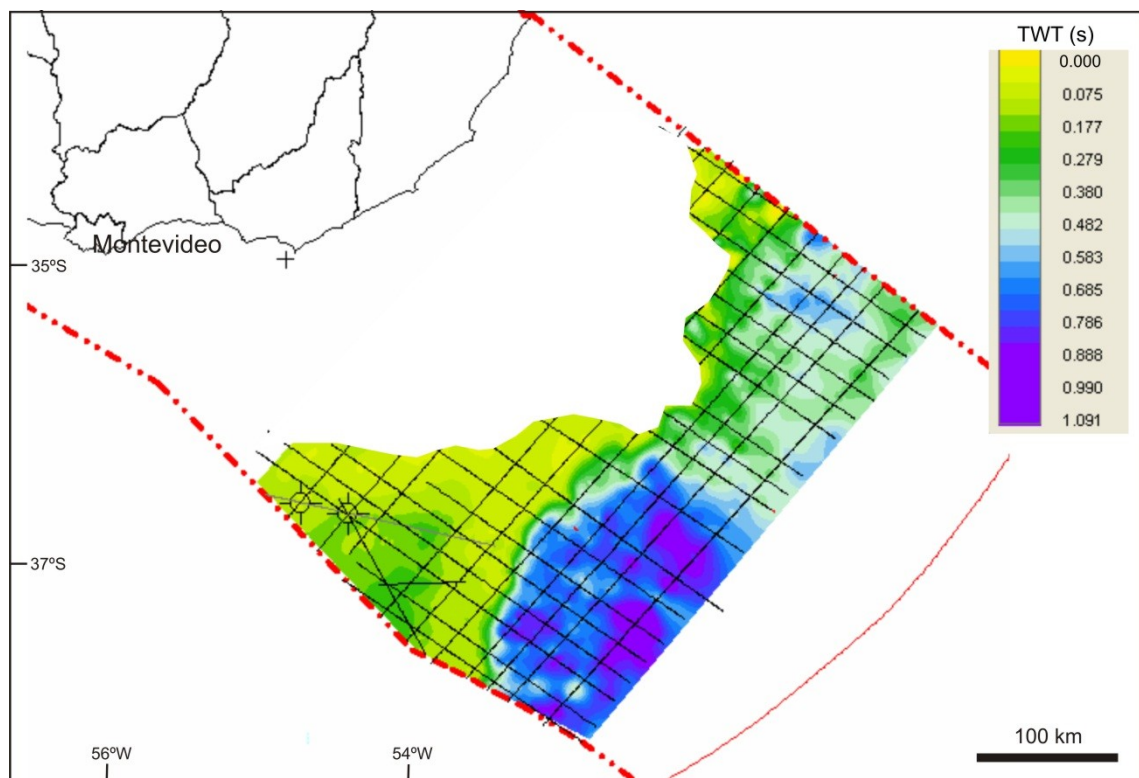


Figura 52: Mapa de isópacas da sequência pós-rifte 5.

Do ponto de vista litoestratigráfico, corresponde à Formação Gaviotín, sendo constituída por alternâncias de siltitos cinza-esverdeados, folhelhos cinza-claros a cinza-esverdeados com delgados níveis de areia e arenitos brancos e verdes.

A idade assumida para a sequência pós-rifte 5 é paleocênica, com base nos dados de Daners e Guerstein (2004) para a Formação Gaviotín. A base situa-se, abaixo, mas muito próxima, do limite Cretáceo-Paleógeno proposto por esses autores. O topo da sequência corresponde com o hiato no topo do Paleoceno, proposto pelos mesmos autores, não correspondendo, portanto, ao topo da Formação Gaviotín.

Sequência Pós-rifte 6 (H.9 – H.10)

A base da sequência pós-rifte 6 corresponde ao horizonte H.9, que constitui discordância com marcante *onlap* marinho nos setores distais das bacias. O topo da sequência corresponde a uma discordância com truncamento dos refletores sotopostos (Fig. 50 e 53).

Sobre a base da sequência e nos setores distais das bacias desenvolve-se um conjunto de refletores planos, contínuos, suavemente divergentes, com importante contraste de impedância acústica, em *onlap* marinho na direção do continente. Esses refletores foram interpretados como formados por tratos de sistemas transgressivos. Este pacote sedimentar apresenta importante continuidade lateral, ocorrendo em toda a extensão da margem uruguaia, com características sismicamente monótonas (Fig. 64).

Do ponto de vista litológico, esta unidade corresponde à porção superior da Formação Gaviotín. A sequência apresenta as maiores espessuras na região central e distal da margem uruguaia (Fig. 54).

O topo da sequência corresponde ao topo da Formação Gaviotín, que tem idade do Eoceno Médio, segundo Daners e Guerstein (2004), sendo essa a idade aqui proposta para a sequência pós-rifte 6.

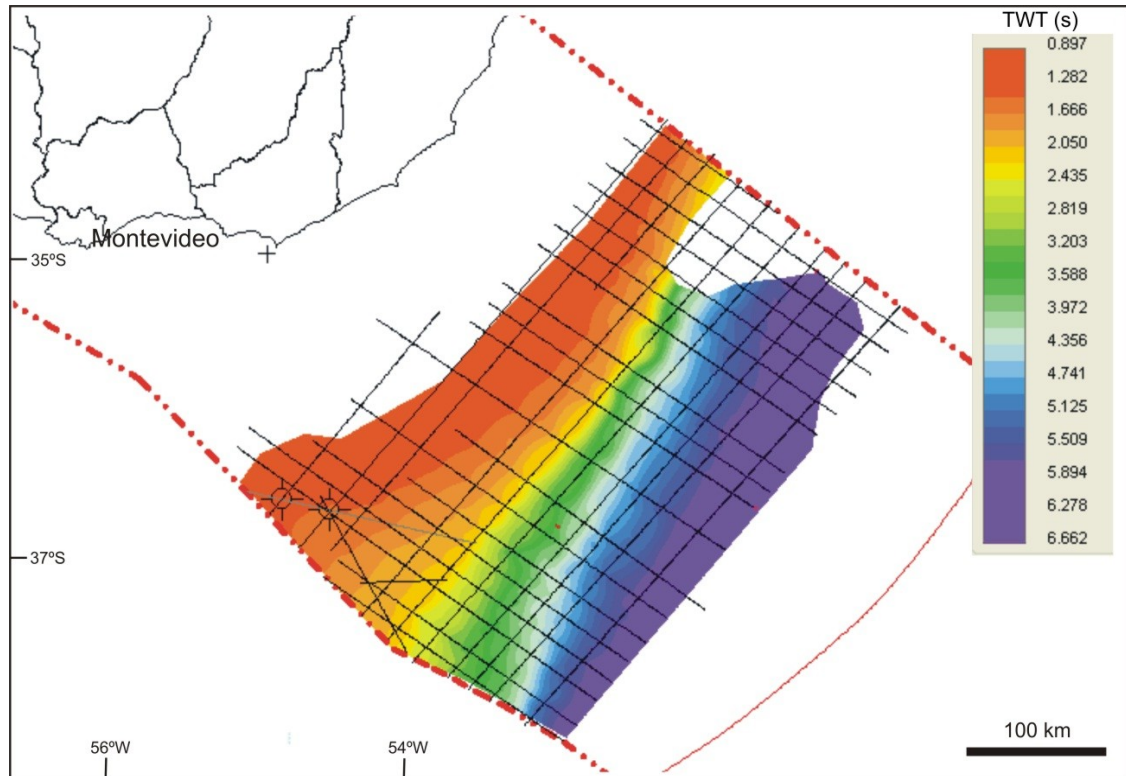


Figura 53: Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da sequência pós-rifte 6.

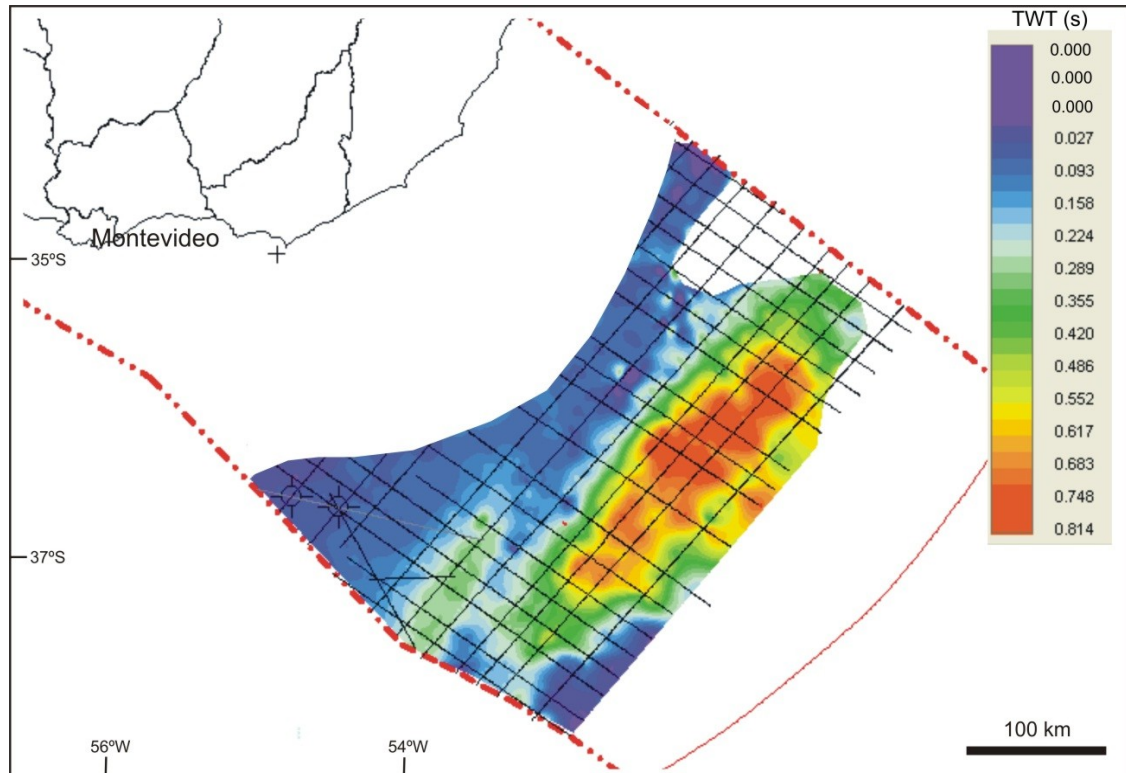


Figura 54: Mapa de isópacas da sequência pós-rifte 6.

No trabalho de Grassmann *et al.* (2011) foi mapeado o topo da Formação Pedro Luro nas seções sísmicas do *offshore* do Uruguai (Fig. 8). Esse horizonte é coincidente com o horizonte H.10 mapeado neste trabalho, mas as idades assumidas são diferentes. Grassmann *et al.* (2011) propõem idade do Paleoceno, enquanto neste trabalho é proposta idade do Eoceno Médio. Vale salientar que as formações Pedro Luro e Gaviotín são correlacionáveis do ponto de vista litoestratigráfico, mas a Formação Pedro Luro, na Argentina, tem idade Maastrichtiano-Paleoceno, e a Formação Gaviotín apresenta idade Maastrichtiano-Eoceno Médio (Fig. 22), segundo Daners e Guerstein (2004).

Sequência Pós-rifte 7 (H.10– H.11)

A base da sequência pós-rifte 7 corresponde a uma discordância que erode o trato de sistemas transgressivo da sequência pós-rifte 6 nos setores distais das bacias (Fig. 50). O topo corresponde a uma discordância com desenvolvimento de canais na área da plataforma.

A sequência apresenta, na base, leques de assoalho muito bem desenvolvidos, sobre os quais ocorrem grandes e suaves clinoformas interpretadas como tratos de sistemas de nível baixo (Fig. 50).

O padrão de empilhamento da sequência é progradante, com migração da linha de costa na direção da bacia (Fig. 50).

A sequência está erodida nos setores distais da Bacia de Punta del Este e no extremo nordeste da margem continental do Uruguai, na Bacia de Pelotas, pelo horizonte H.12, apresentando as maiores espessuras na área do talude do setor central da margem uruguaia.

Nos poços, a sequência é constituída por intercalações de siltitos cinza, vermelho e verde, muito argilosos, folhelhos e arenitos amarelo e cinza-esverdeado.

A idade da sequência, segundo dados bioestratigráficos disponíveis, é Eoceno.

Sequência Pós-rifte 8 (H.11– H.12)

A base da sequência pós rifte 8 corresponde a uma discordância, com o desenvolvimento de canais na área dos poços (Fig. 31). O topo corresponde a uma discordância que erode a sequência nos setores distais da Bacia de Punta del Este e praticamente em toda a Bacia de Pelotas (Fig. 50).

Onde é preservada, a sequência compõe-se de refletores subparalelos em *onlap* na direção do continente (Fig. 50), interpretados como pertencentes a tratos de sistemas transgressivos.

Nos poços, a sequência apresenta arenitos na base, aos quais se sobrepõe uma alternância de arenitos e siltitos em arranjo de tendência geral granodecrescente.

A idade da sequência, segundo os dados bioestratigráficos disponíveis, é Eoceno Superior, mas por correlação com as bacias da margem atlântica ajusta-se melhor ao Oligoceno Inferior.

Sequência Pós-rifte 9 (H.12 – H.13)

A base da sequência pós-rifte 9 é definida pelo horizonte H.12 (Fig. 55), correspondente a uma discordância com desenvolvimento de *downlaps* muito marcantes na área do talude, acima, e truncamento dos refletores sotopostos. Este é o primeiro horizonte que apresenta marcante aprofundamento na direção da Bacia de Pelotas, sendo profundamente erosivo, com desenvolvimento de canais nessa área da margem continental do Uruguai (Fig. 64). O topo da sequência apresenta truncamento dos refletores sotopostos, com desenvolvimento de canais e *onlaps* no talude.

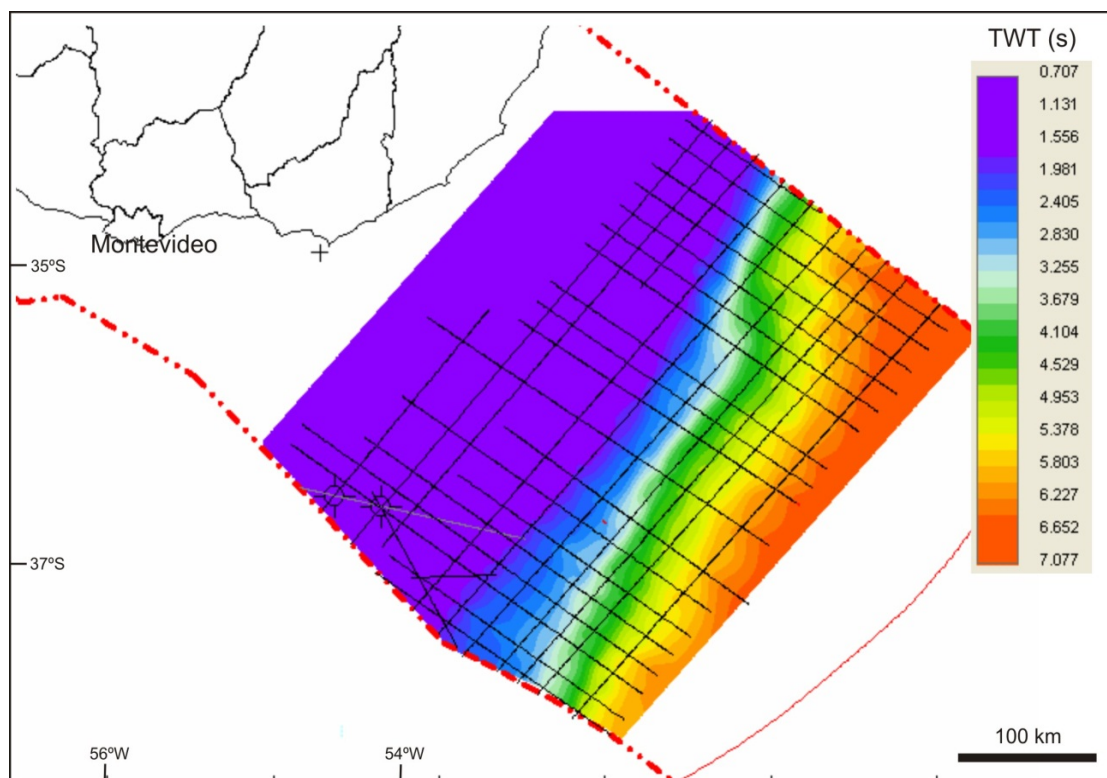


Figura 55: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 9.

A sequência apresenta padrão de empilhamento progradante, com migração da linha de costa na direção da bacia. Compreende um conjunto importante de clinoformas com desenvolvimento complexo de tratos de sistemas de nível baixo. A sequência pode ser dividida em várias sequências de menor ordem, as quais não foram mapeadas. Essas sequências de menor ordem são caracterizadas por terminações dos refletores em *downlap*, na base, e *offlap*, no topo. Na área da plataforma, a sequência apresenta refletores paralelos e subparalelos, com alto contraste de impedância acústica (Fig. 56).

Esse conjunto espesso de progradações apresenta seu maior desenvolvimento na Bacia de Punta del Este, principalmente em corredor de direção NE (Fig. 57), perdendo progressivamente sua espessura na direção da Bacia de Pelotas. A sequência é erodida na região central da Bacia Punta del Este e na área central da margem uruguaia .

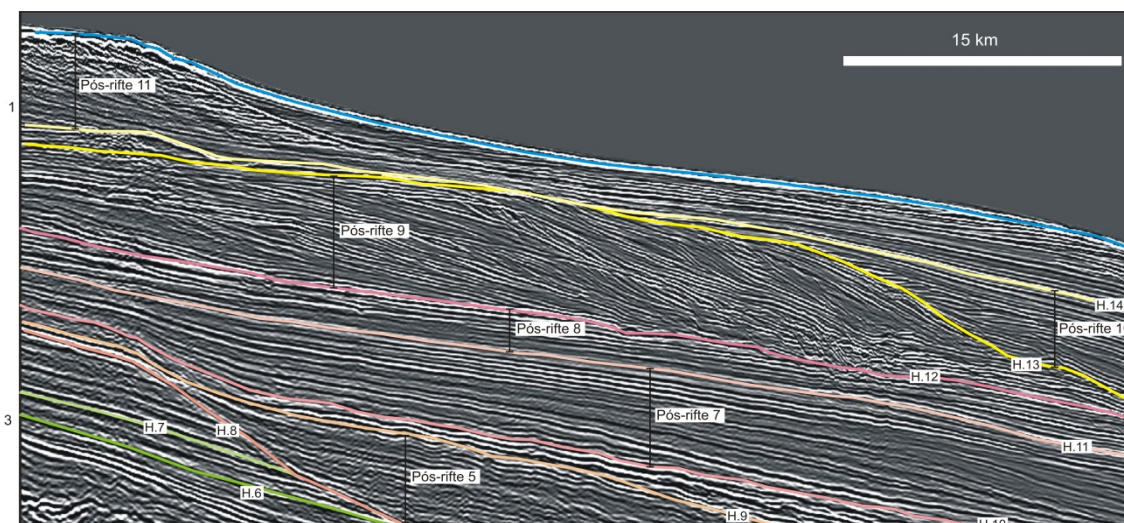


Figura 56: Seção sísmica dip da Bacia de Punta del Este, apresentando as feições sísmicas da sequência pós-rifte 9.

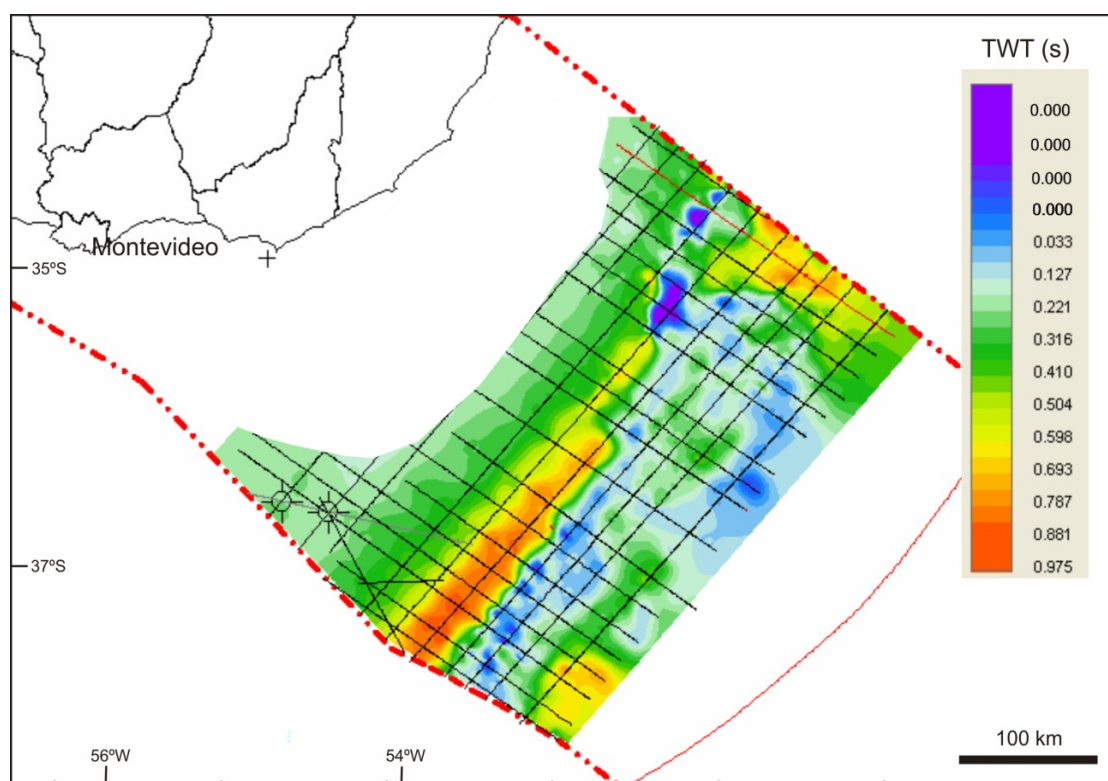


Figura 57: Mapa de isópacas da sequência pós-rifte 9.

Nos poços, a sequência é constituída por intercalações de siltitos, siltitos argilosos e folhelhos, com níveis finos de arenitos de granulação fina a muito fina. O perfil geofísico do poço Lobo apresenta arranjo agradante na base, sobreposto por um arranjo retrogradante, enquanto que no poço Gaviotín apresenta arranjo retrogradante.

A idade da sequência, segundo dados bioestratigraficos disponíveis, é Oligoceno.

Sequência Pós-rifte 10 (H.13 – H.14)

A sequência pós-rifte 10 desenvolve-se entre os horizontes H.13 (Fig. 58) e H.14, os quais se aprofundam na direção da Bacia de Pelotas.

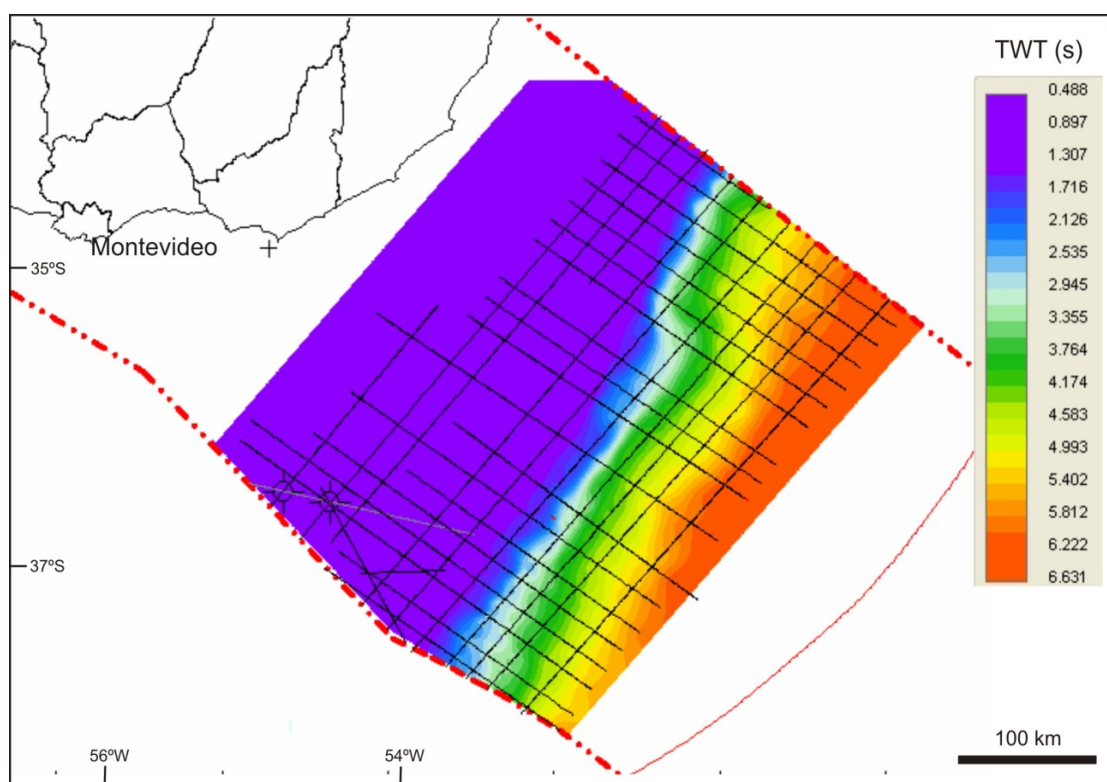


Figura 58: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 10.

A sequência é composta, nos setores da plataforma continental da Bacia de Punta del Este, por um pacote de refletores paralelos a subparalelos, que apresentam *back step* na direção do continente, em arranjo retrogradante, correspondente a um trato de sistemas transgressivo. Nas áreas distais da Bacia de Punta del Este, a sequência é difícil de ser mapeada devido à ocorrência de processos de erosão e contorníticos no talude (Fig. 59).

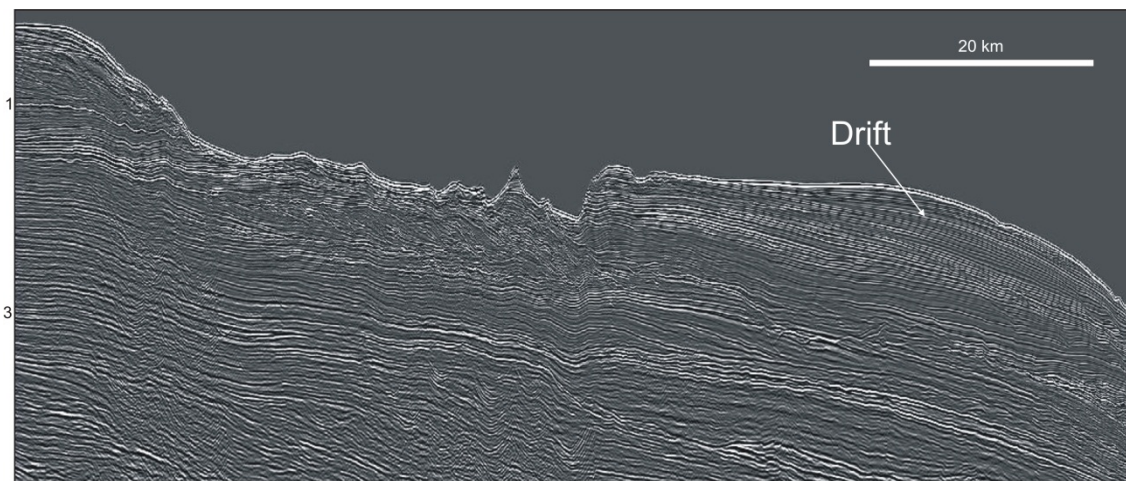


Figura 59: Seção sísmica *dip* da Bacia de Punta del Este, mostrando caniões na área da plataforma e depósitos contorníticos (*drift*). Escala vertical TWT(s).

É na Bacia de Pelotas que a sequência apresenta as maiores espessuras, com truncamentos abaixo do horizonte H.13 e suaves *downlaps* acima, na área da plataforma. Na área do talude há perda da informação sísmica, de forma que o horizonte perde continuidade, sendo mais facilmente rastreado nos setores distais da bacia, onde apresenta *onlaps* marinhos (Fig. 60) acima, às vezes observando-se processos de deslizamento.

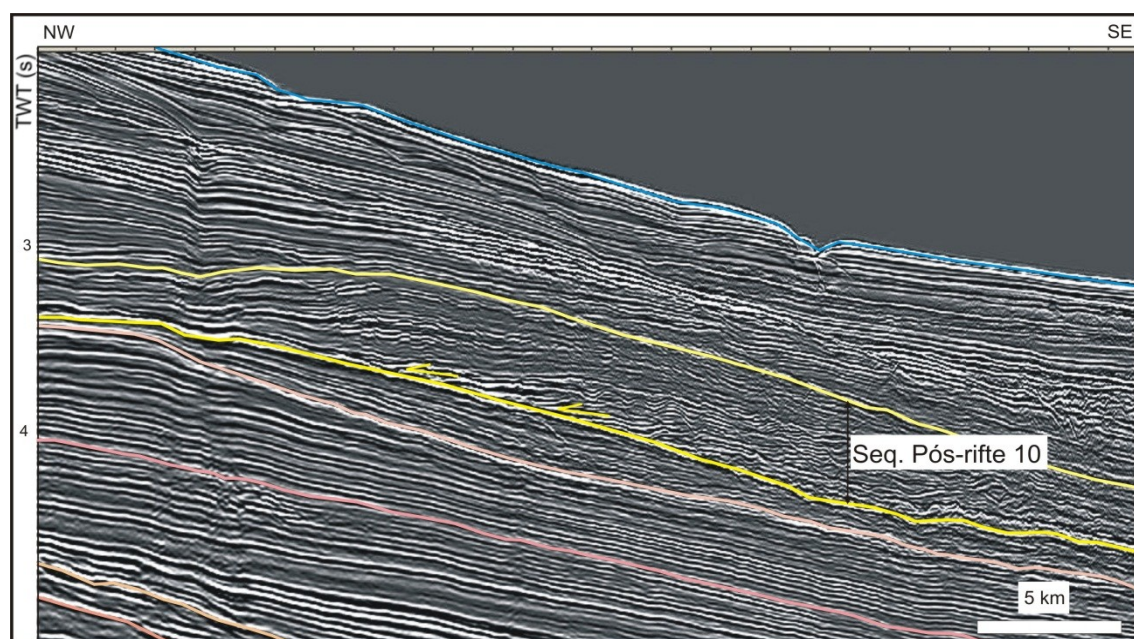


Figura 60: *Onlaps* (setas amarelas) sobre a base da sequência pós-rifte 10 nos setores distais da Bacia de Pelotas.

Nos poços, a sequência é composta predominantemente por siltitos e siltitos argilosos, com lâminas e níveis de areia fina. Os *logs* apresentam arranjo retrogradante.

A idade assumida para a sequência pós-rifte 10, com base em correlações com a porção brasileira da Bacia de Pelotas, é Mioceno Inferior a Médio.

Sequência Pós-rifte 11 (H.14 – Fundo do mar)

A base da sequência pós-rifte 11 (Fig. 61) corresponde a uma superfície caracterizada por *downlaps* nos setores de plataforma continental. Constitui um horizonte que se aprofunda na direção da Bacia de Pelotas, onde apresenta *onlaps* no setor do talude. O topo da sequência corresponde ao fundo do mar (Fig. 62).

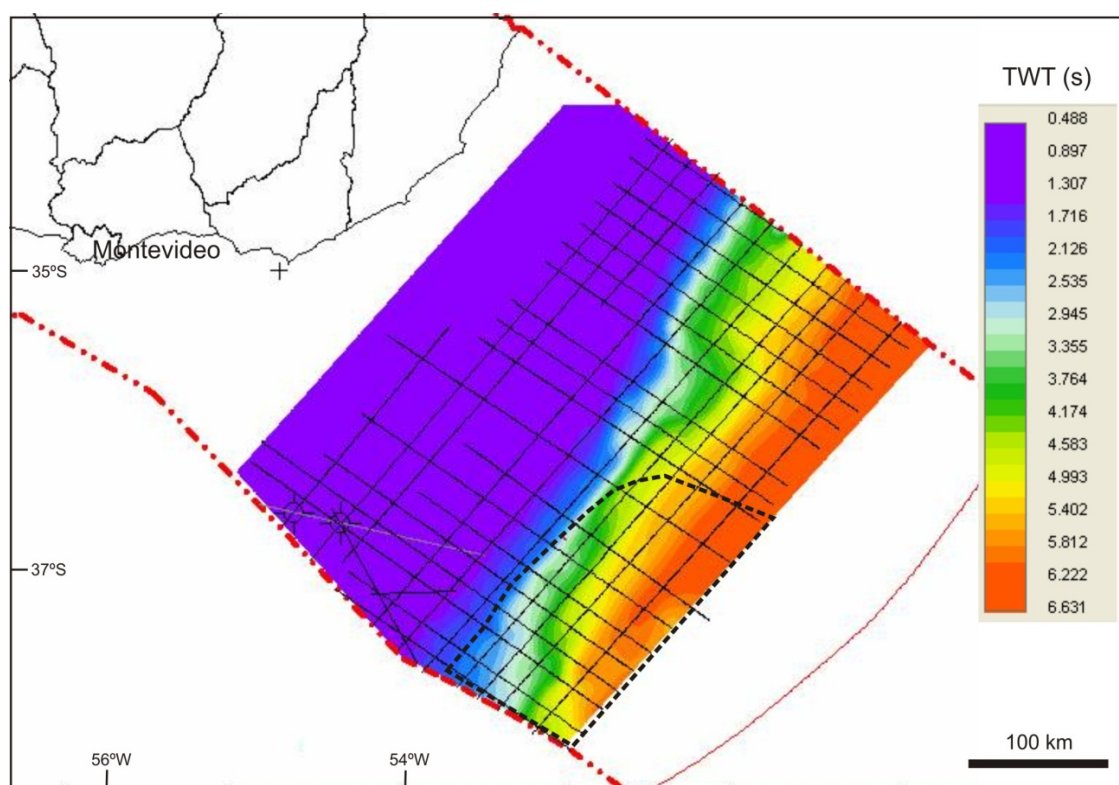


Figura 61: Mapa de contorno estrutural sísmico da base da sequência pós-rifte 11. Na porção marcada com linha tracejada o horizonte H.14. é distorcido por processos de erosão e contorníticos, que dificultam seu rastreamento.

A sequência é caracterizada por clinoformas progradantes no setor da plataforma, interpretadas como formados por tratos de sistemas de nível alto, e refletores divergentes, relativamente contínuos, em *onlap* na direção do continente, no setor do talude (Fig. 63).

Nos setores de talude e distais, o horizonte H.13 é mais difícil de ser mapeado na Bacia de Punta del Este que na Bacia de Pelotas, como resultado de canais atuais e de processos contorníticos que modificam seu empilhamento sedimentar (Fig. 59).

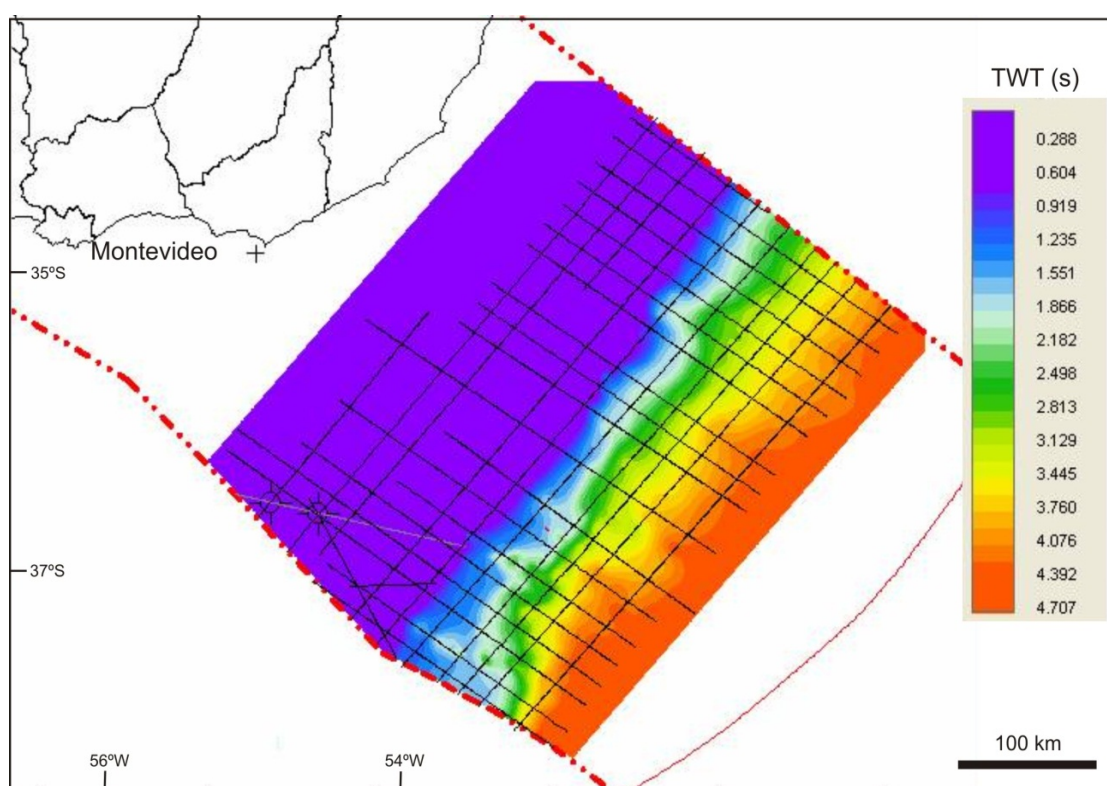


Figura 62: Mapa de contorno estrutural sísmico do fundo do mar.

A sequência apresenta as maiores espessuras no setor setentrional da margem uruguaia, na Bacia de Pelotas.

Nos poços, a sequência é constituída por intercalações de siltitos, folhelhos, folhelhos siltíticos e níveis finos de areia. No topo da sequência ocorrem areias e areias com níveis orgânicos, correspondentes a depósitos do quaternário.

A idade proposta para a sequência pós-rifte 11, por correlação com dados publicados da porção brasileira da Bacia de Pelotas (e.g. Contreras *et al.* 2010), é Mioceno Superior ao Recente.

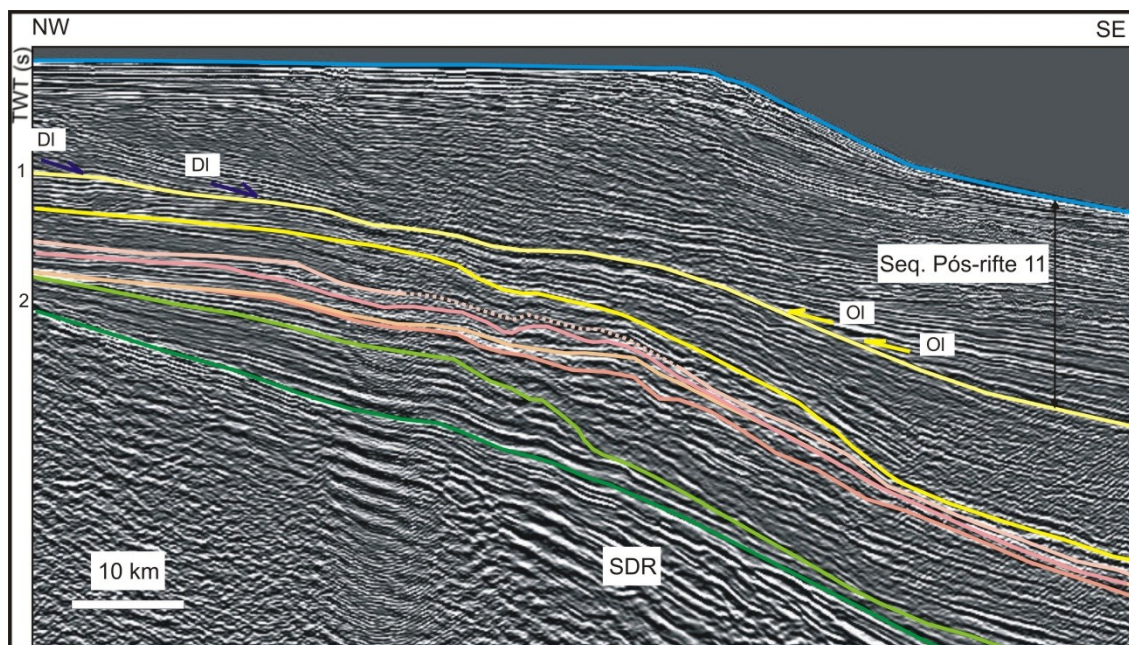


Figura 63: Seção sísmica dip da Bacia de Pelotas, apresentando as características da sequência pós-rifte 11. OI: *onlaps*. DI: *downlaps*.

6.4 Análise Estratigráfica

O mapeamento das sequências deposicionais da margem continental do Uruguai mostrou um extenso ambiente de sedimentação, com um grande alto estrutural (Alto do Polonio), em águas pouco profundas, que separa as bacias de Punta del Este e Pelotas, e sobre o qual as sequências pós-rifte assentam-se diretamente sobre o embasamento (Fig. 64). Esse alto perde progressivamente sua expressão morfológica na direção do mar, até desaparecer, permitindo que as bacias *offshore* do Uruguai constituam um único sítio de sedimentação (Fig. 64).

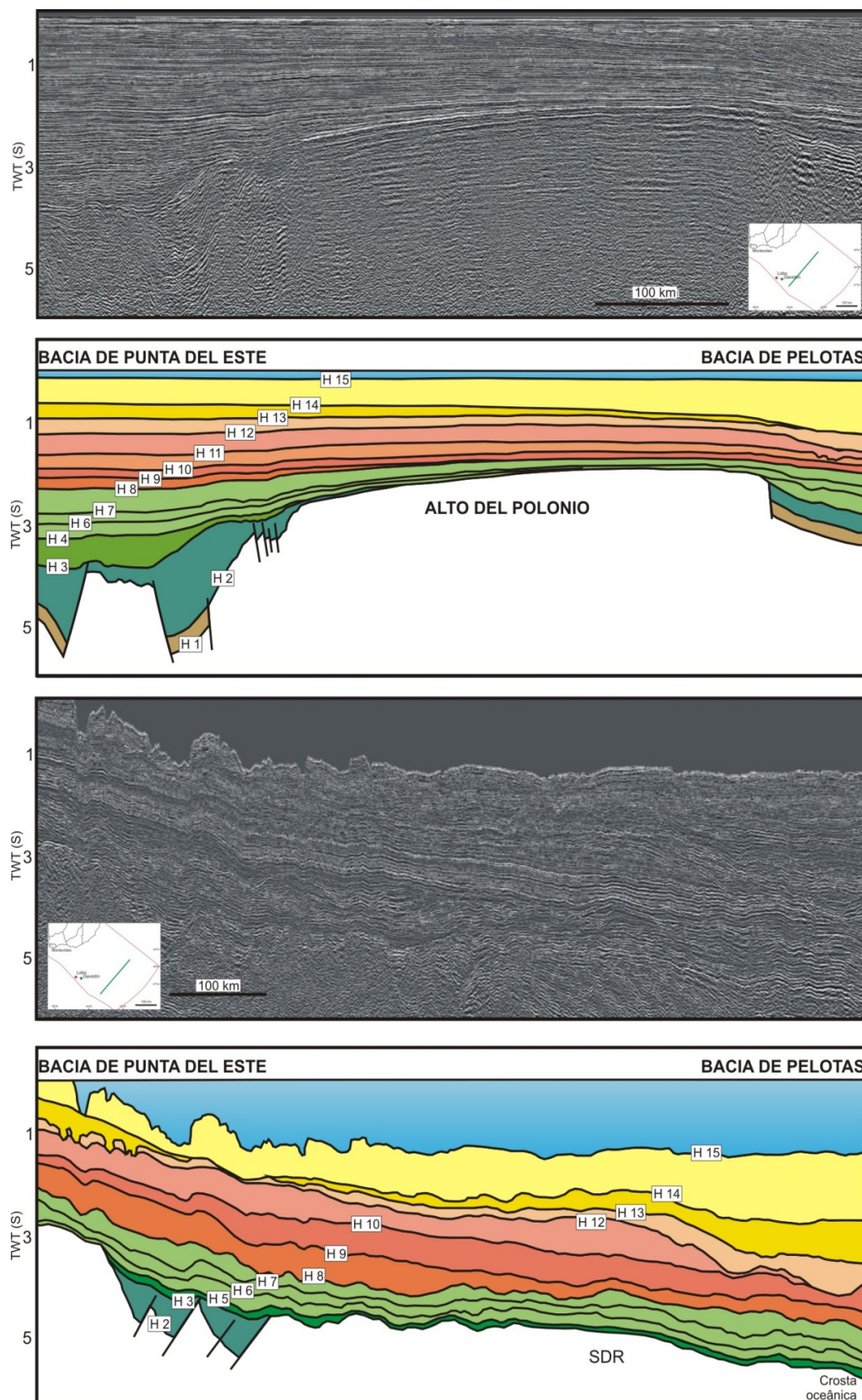


Figura 64: Seções sísmicas *strike* na margem uruguaia, localizadas em águas pouco profundas (acima) e profundas (abaixo).

Seções sísmicas representativas da Bacia Punta del Este e da Bacia de Pelotas (nos setores central e septentrional da margem uruguaia) são apresentadas nas figuras 65, 66 e 67, respectivamente, nas quais é possível observar as diferenças na configuração tectônica e no empilhamento sedimentar dessas bacias.

De um modo geral, a sedimentação pós-rifte das bacias de Punta del Este e Pelotas apresenta uma geometria de cunha que se espessa na direção da bacia, sendo o substrato constituído por: a) rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, b) depósitos paleozoicos pré-rifte, c) depósitos jurássicos-neocomianos rifte, d) cunhas de SDR, e) crosta oceânica (em direção do mar) (Figs. 65, 66 e 67).

Os depósitos pré-rifte e rifte desenvolvem-se nas áreas de crosta continental pouco e muito estirada, constituída por rochas cristalinas granítico-gnáissicas, do embasamento pré-cambriano, pertencentes ao Escudo Uruguaio-Sul Riograndense. Essas rochas afloram nos altos estruturais localizados nas bordas das bacias Punta del Este e Pelotas, no *onshore* do Uruguai, não tendo sido atingidas pelas perfurações localizadas na margem continental do Uruguai, porém sim pelos poços El Dorado 1 e Samborombón A e B, localizados na porção *offshore* da Bacia do Salado, na Argentina (Tavella e Wrigth, 1996).

A fase pré-rifte corresponde aos depósitos paleozóicos do Gondwana ocidental, preservados como relictos, após o levantamento e erosão generalizada, provocados pela orogênese tardi-herciniana. Compreende uma pilha sedimentar estimada entre 150 m e 1500 m, segundo os dados sísmicos, que por correlação com a Bacia Norte do Uruguai, supõe-se que apresente seções do Devoniano (Grupo Durazno) e Permiano (Formações San Gregorio, Tres Islas, Frayle Muerto, Mangrullo, Paso Aguiar, Yaguarí e Buena Vista). A preservação de relictos paleozóicos, pelo menos na Bacia de Punta del Este, é auxiliada pela geração de depocentros mesozóicos, que preservam além dos depósitos rifte, depósitos do pré-rifte na sua base.

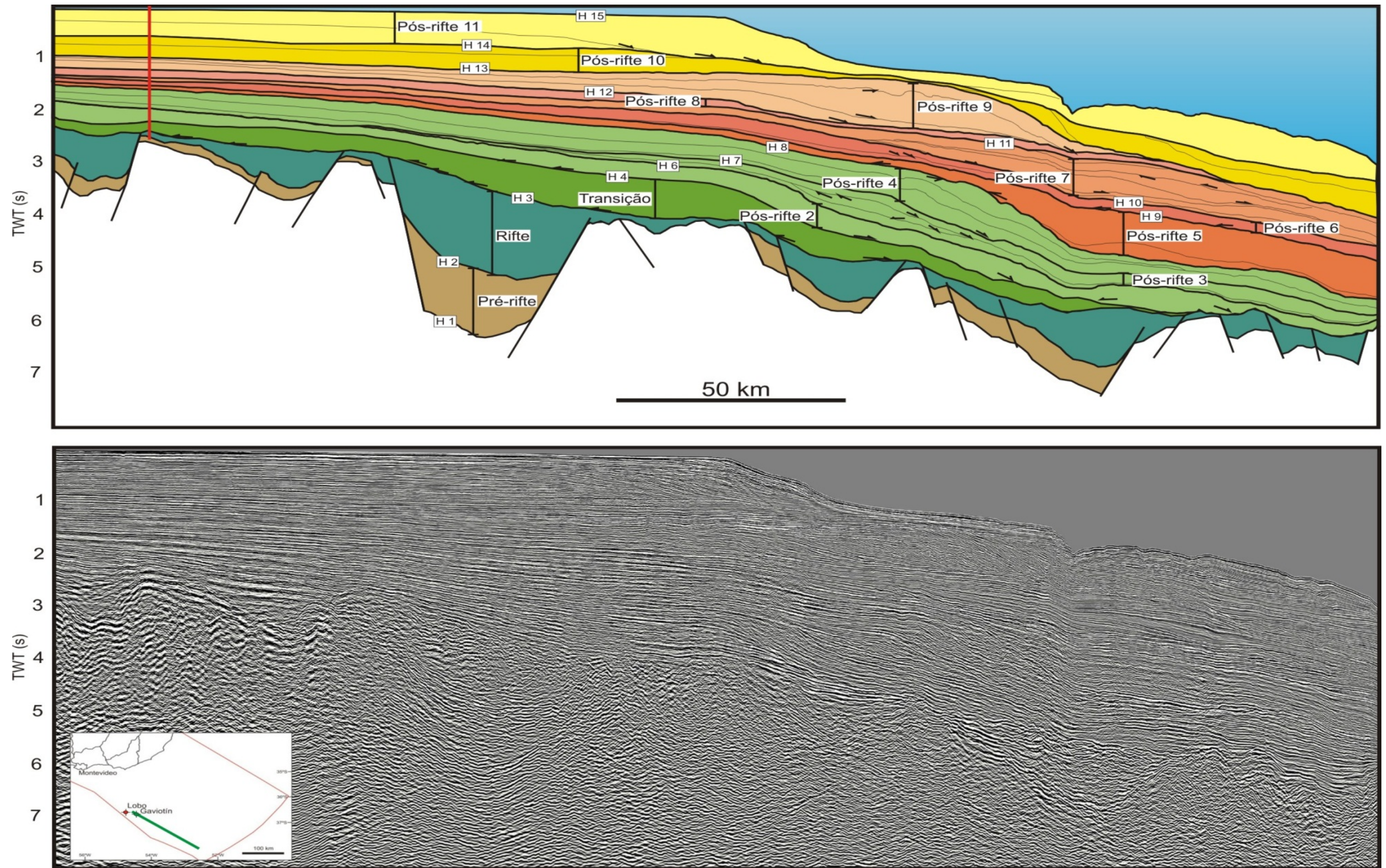


Figura 65: Seção sísmica *dip* da Bacia de Punta del Este, apresentando as sequências identificadas neste trabalho.

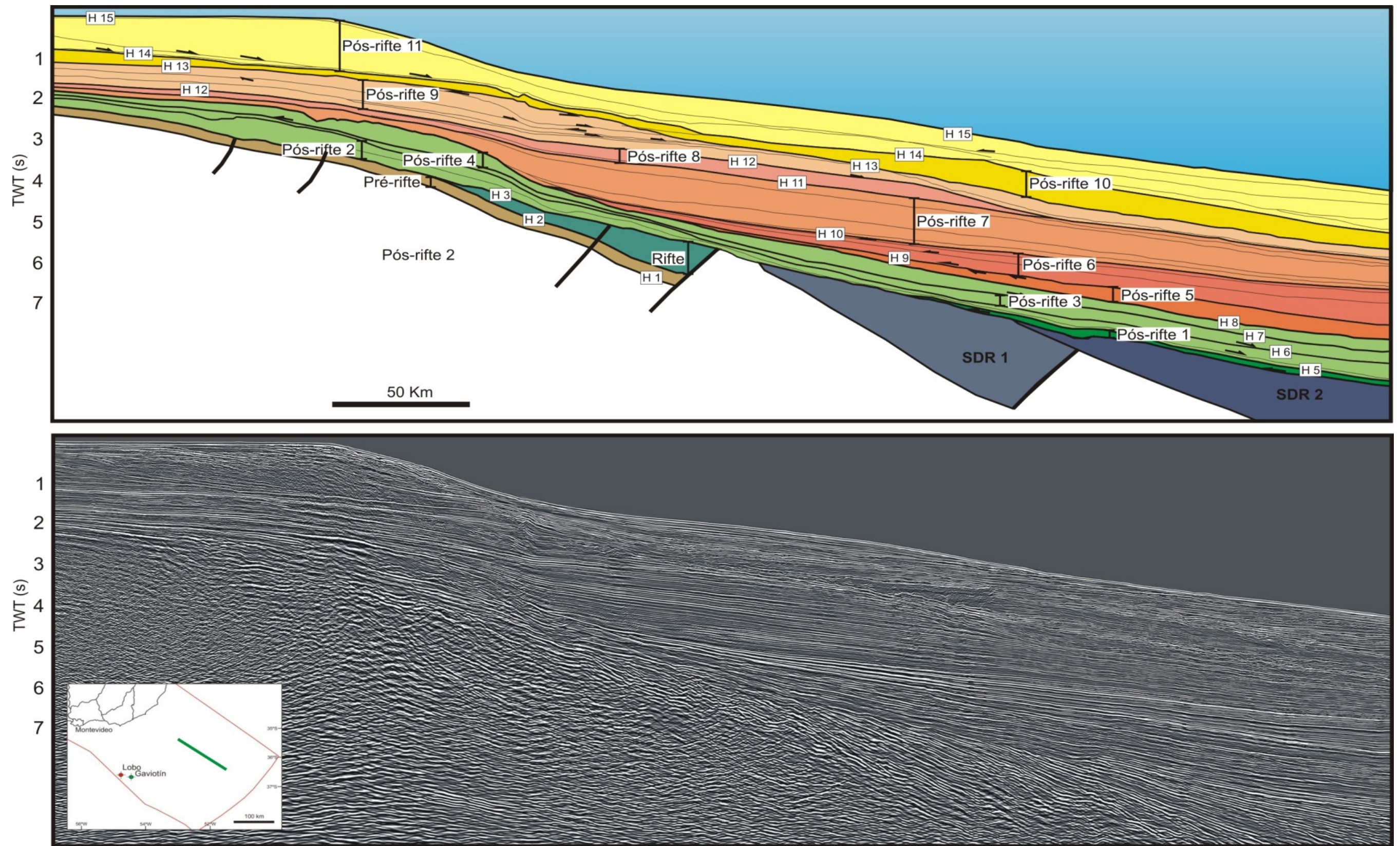


Figura 66: Seção sísmica *dip* da Bacia de Pelotas, apresentando os horizontes e as sequências identificadas neste trabalho.

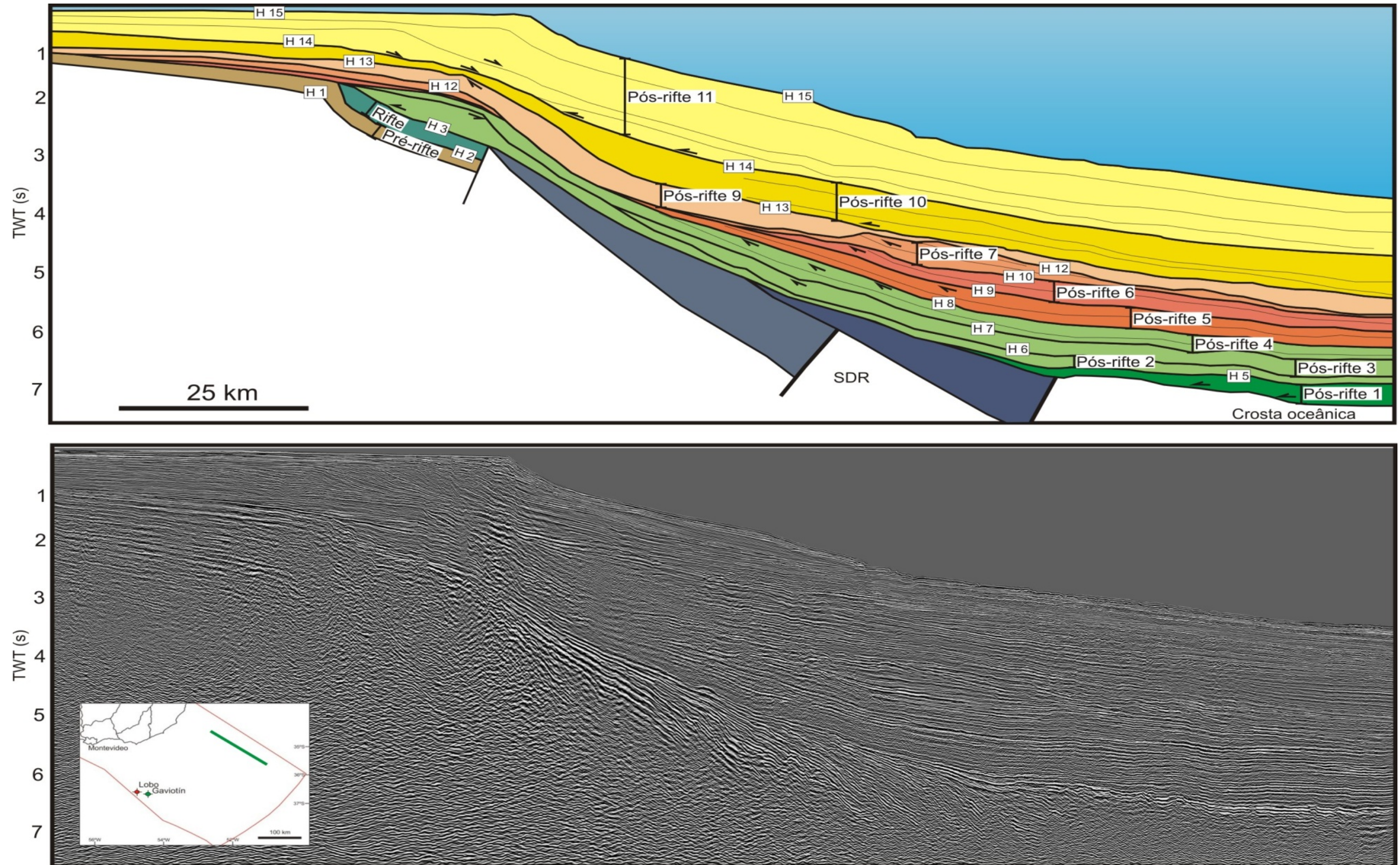


Figura 67: Seção sísmica *dip* da Bacia de Pelotas, apresentando os horizontes e as sequências identificadas neste trabalho.

A definição da fase pré-rifte, composta por depósitos paleozoicos, baseou-se no poço Gaviotín e nas perfurações dos setores *onshore* da porção brasileira da Bacia de Pelotas (e.g. poço 2TO 0001RS, ANP 2002). O mapeamento dessa sequência não foi simples, mas de um modo geral seu melhor desenvolvimento ocorre na área da Bacia de Punta del Este e nos setores proximais da bacia de Pelotas, sendo possível que apresente um desenvolvimento mais estendido que o mapeado, nas áreas de crosta continental.

Como mencionado anteriormeten, a fase rifte (Jurássico-Cretáceo Inferior) apresenta características e geometrias diferentes nas bacias de Punta del Este e Pelotas, o que tentou-se refletir nas cartas estratigráficas. A Bacia de Punta del Este está caracterizada por grábens e meio-grábens controlados por falhas normais, sintéticas e antitéticas, de orientação geral NW-SE nos setores proximais e E-W / NE-SW nos setores distais; a fase rifte da bacia apresenta preenchimento superior aos 3.000 m, segundo informação sísmica.

Na Bacia de Pelotas, a fase rifte está representada por meio-grábens, controlados por falhas antitéticas de orientação NE-SW, com espessuras que variam entre 200 m e 1000 m, ocorrendo, no geral, lateralmente isolados ou por vezes conectados.

Nas duas bacias, a fase rifte apresenta preenchimento por rochas vulcânicas básicas na base, sobrepostas por depósitos continentais de tipo aluvial, com intercalações de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas na seção superior. Para a Bacia de Punta del Este, a caracterização desse preenchimento baseou-se nos poços Lobo e Gaviotín. Já para a Bacia de Pelotas baseou-se nas descrições da ANP (ANP 2012, ANP 2002), para os poços 1RSS 0002 RS e 1RSS 0003 RS perfurados no Baixo de Mostardas. A ocorrência de depósitos lacustres nos setores mais profundos das estruturas riftes baseou-se em modelos geológicos atuais da literatura (Prosser 1993, Waltham *et al.* 1993).

Os riftes de orientação NW-SE da Bacia de Punta del Este foram considerados mais antigos que os riftes de orientação E-W / NE-SW; esses últimos foram considerados parcialmente contemporâneos aos riftes da Bacia de Pelotas, cuja idade do Neocomiano, se baseia em dados da literatura (Contreras *et al* 2010,

Dias *et al* 1994). Essa proposta é baseada nas características dos riftes que foram apresentadas no capítulo precedente.

Do ponto de vista litoestratigráfico, os depósitos rifte das bacias *offshore* correlacionam-se com as formações Puerto Gómez (basaltos das bacias mesozoicas Santa Lucía e Laguna Merín), Cañada Solís (conglomerados pertencentes a leques aluviais da Bacia Santa Lucía) e Migueles (conglomerados e arenitos fluviais das bacias Santa Lucía e Laguna Merín).

Seguindo a descrição dos componentes do substrato da sedimentação pós-rifte em direção ao mar, as cunhas de SDR são caracterizadas por refletores divergentes, convexos para a superfície e sem uma nítida terminação basal. Duas cunhas são reconhecidas na margem continental uruguaia pela diferença no ângulo de mergulho dos refletores (Figs. 66 e 67), apresentando-se interrompidas no setor central, fato já apontado por Soto *et al.* (2011).

As cunhas de SDR são consideradas, neste trabalho, como parte integrante da fase rifte da evolução das bacias, constituindo a crosta de transição da margem, segundo os modelos atuais de margens passivas vulcânicas. Segundo diferentes autores (*e.g.* Geoffrey 2005, Bueno 2004, Mohriak *et al.* 2002, Menzies *et al.* 2002, Eldholm *et al.* 2000, Fontana 1996), são constituídas principalmente por rochas vulcânicas subaéreas, podendo conter intercalações vulcano-clásticas e sedimentares de tipo continental.

Após desse vulcanismo ocorre o vulcanismo de fundo oceânico, o qual constitui os primeiros registros de crosta oceânica. Esses derrames oceânicos fazem parte do início dos processos de deriva continental, caracterizados pelo abatimento da crosta, devido ao incremento progressivo da subsidência termal. A crosta oceânica localiza-se nos setores distais das bacias e além do limite jurídico marítimo do Uruguai.

A fase de transição é reconhecida apenas na Bacia de Punta del Este, sendo caracterizada por uma geometria de tipo *sag*, sem definição interna de quebra plataforma/talude. A sequência mapeada não foi considerada como pertencente à fase rifte, devido à sua sedimentação, que ocorre por cima das ombreiras dos grábens, e à maioria das falhas do rifte, que terminam sua atividade na discordância basal. Também não foi considerada como parte da fase pós-rifte, uma vez que sua

área de ocorrência aparece restrita às áreas com substrato de crosta continental muito estirada, afetada por falhas, e que apresenta geometria de tipo *sag*, com afinamento na direção dos grandes altos estruturais nas bordas da bacia (Alto do Polonio e de Martín Garcia - Figs. 64 e 65). Dessa forma, foi considerada uma fase de transição entre o rifte e o pós-rifte.

O início da fase pós-rifte ocorre sobre o substrato predominantemente vulcânico (SDR e crosta oceânica), onde são depositados os primeiros registros da margem passiva das bacias *offshore* do Uruguai – a sequência pós-rifte 1.

A sedimentação pós-rifte das bacias *offshore* do Uruguai apresenta a maior espessura da margem argentina–uruguaia (ver mapa pp 58 de Franke *et al.* 2007), correspondendo a uma cunha sedimentar que resulta da interação entre subsidência tectônica e flexural, aporte sedimentar e variações do nível do mar.

A sequência pós-rifte 1 é interpretada como um trato de sistema transgressivo com base no *onlap* marinho bem marcado em sua base, seu padrão de empilhamento e seus atributos sísmicos.

As sequências pós-rifte 2 a 11 foram divididas, para sua análise, em sedimentação cretácea pós-rifte (sequências 2, 3 e 4) e sedimentação cenozoica pós-rifte (sequências 5 a 11), com base em: a) áreas de depocentro, b) diferenças nas características litológicas que apresentam nos poços Lobo e Gaviotín, c) diferenças na configuração sísmica.

Vale salientar que a sedimentação cretácea pós-rifte apresenta características bem diferentes nas bacias de Punta del Este e Pelotas, evidenciando ambientes de sedimentação influenciados por diversos fatores. A sedimentação cenozoica pós-rifte é mais homogênea nas duas bacias, porém, é notável o preenchimento mais novo da Bacia de Pelotas em relação à Bacia de Punta del Este, o que é evidenciado pelo aprofundamento dos horizontes na direção da Bacia de Pelotas (Fig 64).

Quanto aos depocentros, a maior espessura dos sedimentos cretáceos pós-rifte ocorre na Bacia Punta del Este (3500 m) e a maior espessura dos sedimentos cenozoicos ocorre na Bacia de Pelotas (6000 m), conforme apresentado nas figuras 68, 69 e 70.

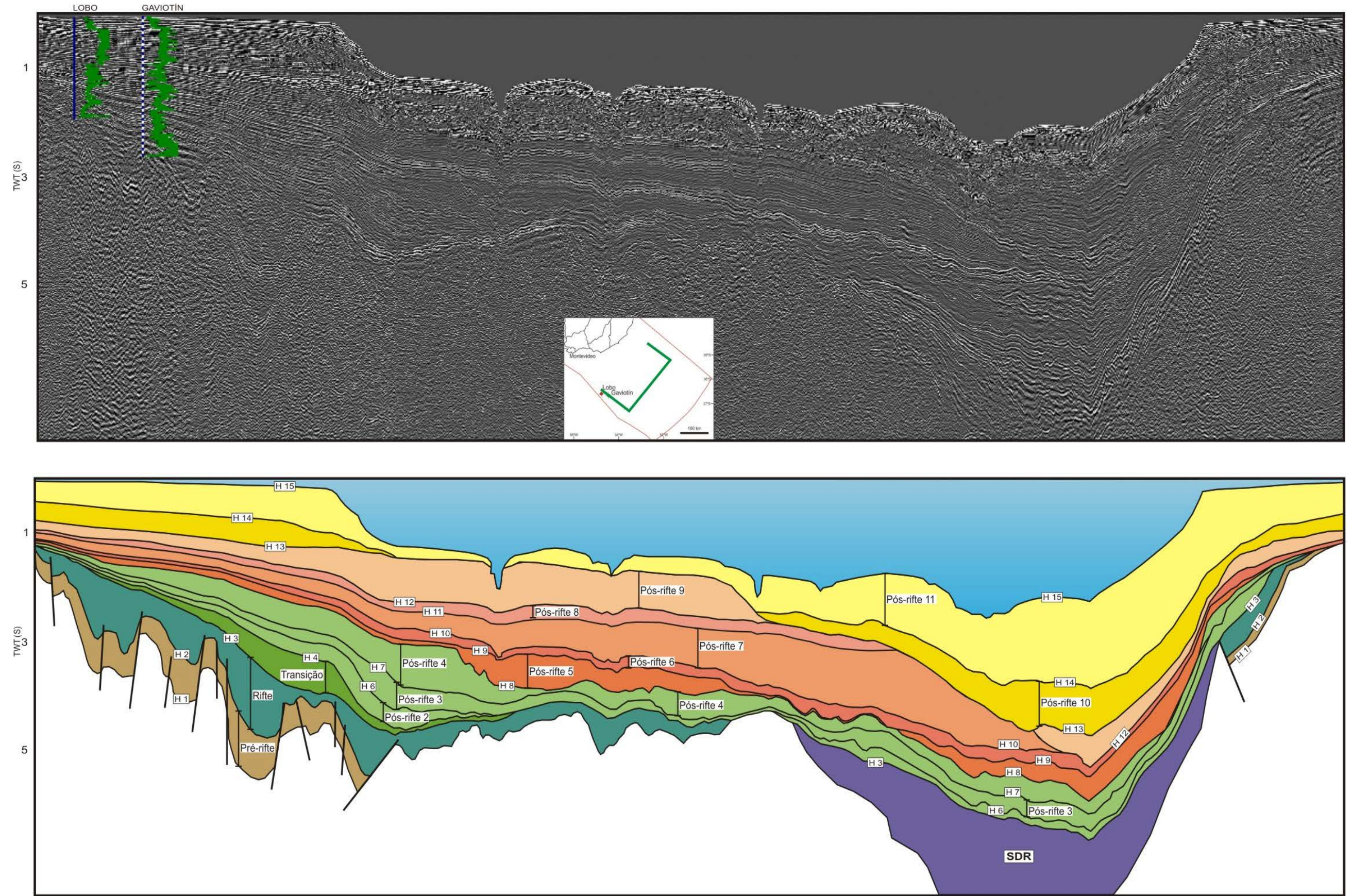


Figura 68: Seção sísmica composta das bacias da margem continental do Uruguai, apresentando a migração de depocentros.

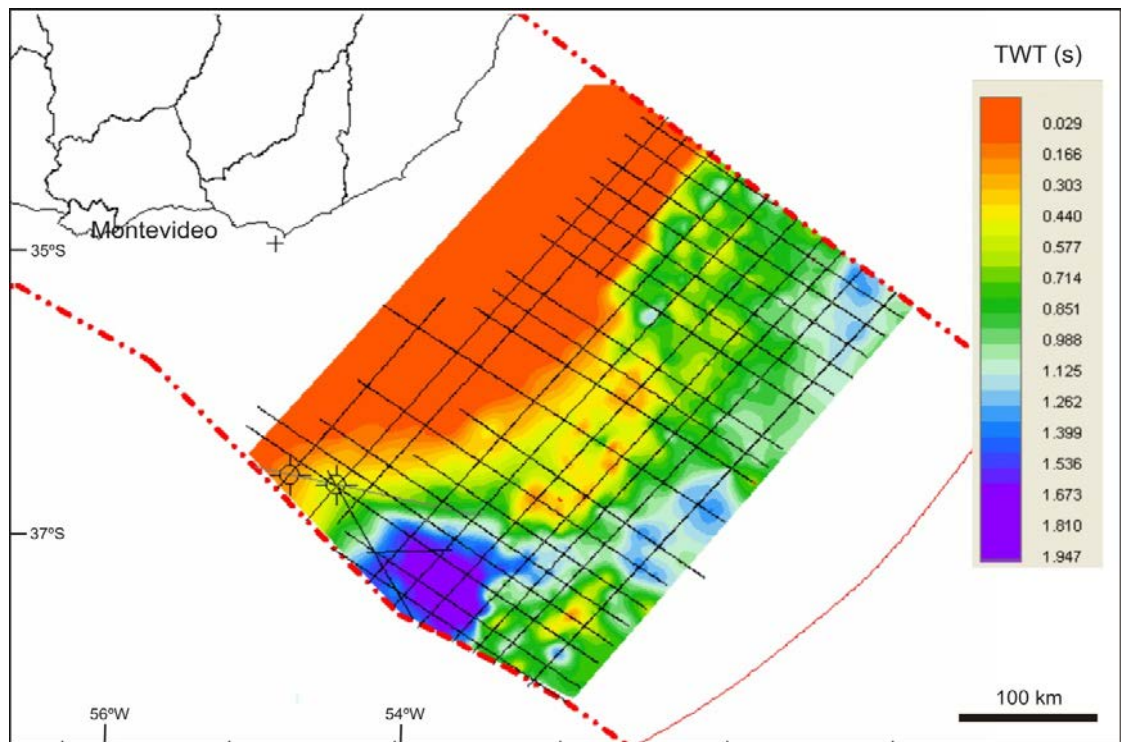


Figura 69: Mapa de isópacas da sedimentação cretácea pós-rifte, na margem continental uruguaia.

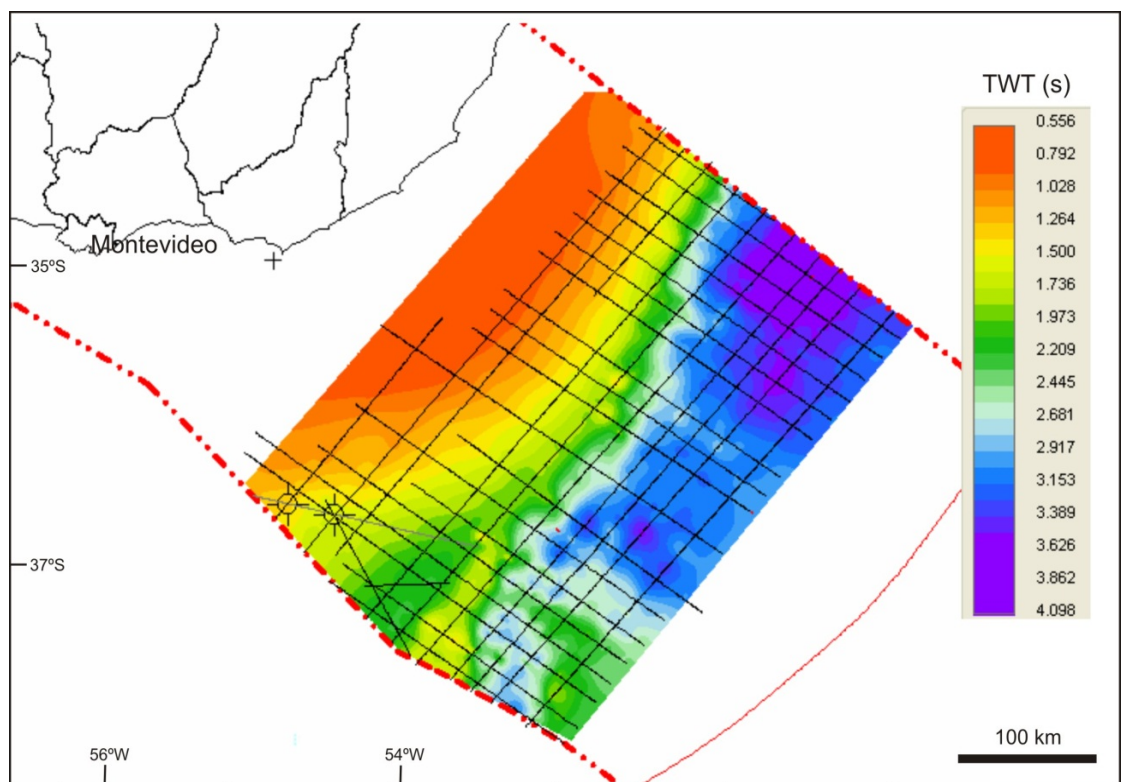


Figura 70: Mapa de isópacas da sedimentação cenozoica pós-rifte, na margem continental uruguaia.

Nos poços Lobo e Gaviotín predominam arenitos e conglomerados continentais na seção cretácea pós-rifte, e siltitos e arenitos finos marinhos, na seção cenozoica pós-rifte.

A ausência de depósitos marinhos na sedimentação pós-rifte cretácea nos poços *offshore* é explicada por sua localização proximal, depositando-se em sistemas continentais, interpretados a partir de seções sísmicas. Do ponto de vista sísmico, a sedimentação cretácea pós-rifte é caracterizada, na Bacia de Punta del Este, por uma megassequência regressiva, com migração da linha de costa em direção à bacia (Fig. 65). Essa megassequência é constituída, de um modo geral, por um conjunto de clinoformas com padrão de empilhamento progradante, que evidenciam aporte sedimentar de noroeste.

No entanto, na Bacia de Pelotas a sedimentação cretácea pós-rifte é caracterizada por sequências agradantes-retrogradantes, nas quais ocorrem depósitos de ambiente marinho profundo, nos setores distais da bacia. Além disso, todas as sequências que compõem a sedimentação cretácea pós-rifte apresentam-se parcialmente erodidas nos setores do paleotalude, estando preservadas nos setores proximais, em *pinch out* sobre o Alto do Polonio, e nos setores distais da bacia.

O principal fator de influência na arquitetura sedimentar cretácea pós-rifte na margem continental do Uruguai é o aporte sedimentar, elevado para a Bacia de Punta del Este e insuficiente para a Bacia de Pelotas. Esse fato está provavelmente associado à maior proximidade da Bacia de Punta del Este com as áreas de descarga dos sistemas fluviais precursores do Rio de la Plata e do próprio Rio de la Plata.

Potter (1997) aventou a possibilidade da instalação de um sistema fluvial, em decorrência da abertura do Gondwana, denominando-o Paleoparaná; para o autor, a paleo-sistema fluvial fluiria em direção ao rifte abortado de Punta del Este, drenando a parte oeste da região sul-brasileira, uruguaia e argentina, de forma similar à drenagem atual do Rio de la Plata e seus tributários. Como resultado da erosão do basamento granítico exposto é provável que os sistemas turbidíticos, localizados na base das clinoformas, constituam reservatórios arenosos de boa qualidade;

correspondem a leques de talude e de assoalho oceânico, localizados nos sítios distais das bacias, e alimentados por cânions submarinos.

Além do aporte sedimentar, a geração de espaço de acomodação pela subsidência experimentada pela bacia provavelmente também seja um fator importante na localização do depocentro cretáceo na Bacia de Punta del Este.

Nesse momento da evolução da margem continental do Uruguai, a Bacia de Pelotas teria gerado espaço de acomodação, como resultado da subsidência térmica experimentada pela bacia, por esfriamento da litosfera, logo depois da fase rifte. Contudo, teria recebido pouco suprimento sedimentar, com uma menor espessura de sedimentos cretáceos, podendo ser considerada como uma bacia faminta, constituída por sistemas deposicionais profundos (sistemas turbidíticos de fundo de bacia).

Tal situação tem importância tanto para a ocorrência de potenciais rochas reservatórios da margem continental do Uruguai, quanto para as potenciais rochas geradoras cretáceas. Isso porque, dos dois eventos transgressivos mais importantes registrados em nível mundial no Cretáceo, o Aptiano e o Cenomaniano–Turoniano, só o primeiro teria um potencial de preservação importante nas duas bacias, já que o segundo (provavelmente incluso na sequência 3 deste trabalho) teria um potencial de preservação maior na Bacia de Pelotas que na Bacia de Punta del Este, onde provavelmente teriam sofrido processos de diluição clástica, devido ao importante aporte sedimentar.

Do ponto de vista litoestratigráfico, toda a sedimentação cretácea pós-rifte das bacias *offshore* se correlaciona com a Formação Mercedes (depósitos fluviais das bacias Norte, Santa Lucía e Laguna Merín).

A definição do limite Cretáceo–Paleógeno nos poços de *offshore* baseou-se nos dados fornecidos por Daners e Guerstein (2004), na mudança sutil do registro sônico no horizonte H.8, e na correlação com seções publicadas das bacias atlânticas. Deve-se ressaltar, contudo, que essa tarefa não foi fácil, nem livre de dúvidas ou incertezas.

Nas bacias *onshore*, o limite Cretáceo–Paleógeno é caracterizado pelo desenvolvimento de um conjunto importante de processos pedogenéticos, que

resultaram na geração de calcretes, silcretes e ferricretes na Formação Mercedes, evidenciando a ausência de sedimentação nesse período.

No entanto, nas bacias *offshore*, os depocentros migram para nordeste, na direção da Bacia de Pelotas, ocorrendo a primeira transgressão que atinge a área dos poços Lobo e Gaviotín (sequência pós-rifte 5), mas não as áreas emersas.

A migração do depocentro para a Bacia de Pelotas provavelmente seja a resposta ao preenchimento do espaço de acomodação disponível na Bacia de Punta del Este, o que ocasionou o desvio do aporte sedimentar para a Bacia de Pelotas, que provavelmente apresentava espaço de acomodação herdado do Cretáceo (bacia faminta), e produto de processos de subsidência termal por resfriamento e contração da litosfera.

A sedimentação cenozoica pós-rifte na margem uruguaia corresponde a uma megassequência transgressiva, com migração da linha de costa na direção do continente, embora várias das sequências que a compõem apresentem características regressivas (Fig. 65, 66 e 67).

Para a Bacia de Pelotas, Fontana (1996) estabelece que terminada a fase rifte teria se iniciado a deriva continental, acompanhada por abatimento da crosta com o avanço progressivo da subsidência térmica. O mesmo autor estabelece que entre o Albo-Aptiano e o Mioceno teria ocorrido a maior parte da subsidência termal da Bacia de Pelotas e, a partir do Mioceno, teria sido mais importante a atuação da flexura. A espessura da sedimentação miocênica na Bacia de Pelotas é notável tanto na sua porção uruguaia, quanto brasileira. Sendo o setor setentrional a área de depocentro na margem uruguaia.

O início da orogênese andina no Eoceno permitiu o levantamento das áreas fontes e o aumento do suprimento sedimentar, a través dos sistemas de drenagem (rio Paraná e Rio de la Plata principalmente), sendo o importante aporte sedimentar do Mioceno atribuído por alguns autores à fase Quéchua de essa orogênese (Contreras *et al.* 2010; Cobbold *et al.* 2007).

Com relação às áreas de proveniência dos sedimentos, a Bacia de Pelotas é bordejada por áreas-fonte pouco elevadas de afloramentos da Bacia do Paraná (Norte, no Uruguai) e do Escudo Uruguaio-Sul-riograndense. O aporte fluvial mais

importante para a porção uruguaia da Bacia de Pelotas foi e é, atualmente, o Rio de la Plata (Corrêa *et al.* 2008).

Com respeito à correlação litoestratigráfica entre as bacias *onshore* e *offshore*, para o caso da sedimentação pós-rifte cenozoica, não há registros do Eoceno no *onshore*, enquanto no *offshore* localizam-se nos setores distais das bacias (sequências pós-rifte 6 e 7), sendo a área de depocentro o setor central da margem uruguaia. Os depósitos do Oligoceno, de características gerais regressivas nas bacias *offshore*, associados a uma descida do nível do mar, se correlacionam com os depósitos continentais da Formação Fray Bentos, das bacias Norte e Santa Lucía.

Os depósitos transgressivos do Mioceno no *offshore* (sequência pós-rifte 10) são correlacionáveis à Formação Camacho da Bacia de Santa Lucía. Já as progradações deltaicas do Mioceno-Plioceno (sequência pós-rifte 11) são correlacionáveis à Formação Raigón da Bacia de Santa Lucía. As transgressões do Pleistoceno ao recente se correlacionam com as Formações Chuy e Villa Soriano, que ocorrem na área costeira do Uruguai.

6.5 Cartas Estratigráficas

Como resultado do trabalho desenvolvido nas figuras 71 e 72 são apresentadas propostas de cartas estratigráficas para as bacias Punta del Este e Pelotas (na sua porção mais austral), respectivamente. Essas cartas foram elaboradas considerando-se principalmente a interpretação sísmica e os modelos e conceitos geológicos que constituem a base dessa interpretação, auxiliados pela análise dos dados dos poços (Lobo e Gaviotín) e pela correlação com as bacias congêneres, principalmente baseada na análise visual comparativa com seções sísmicas da literatura da Bacia de Pelotas e Orange (*e.g.* Contreras *et al.* 2010 para a Bacia de Pelotas, e Light *et al.* 1993 para a Bacia de Orange)

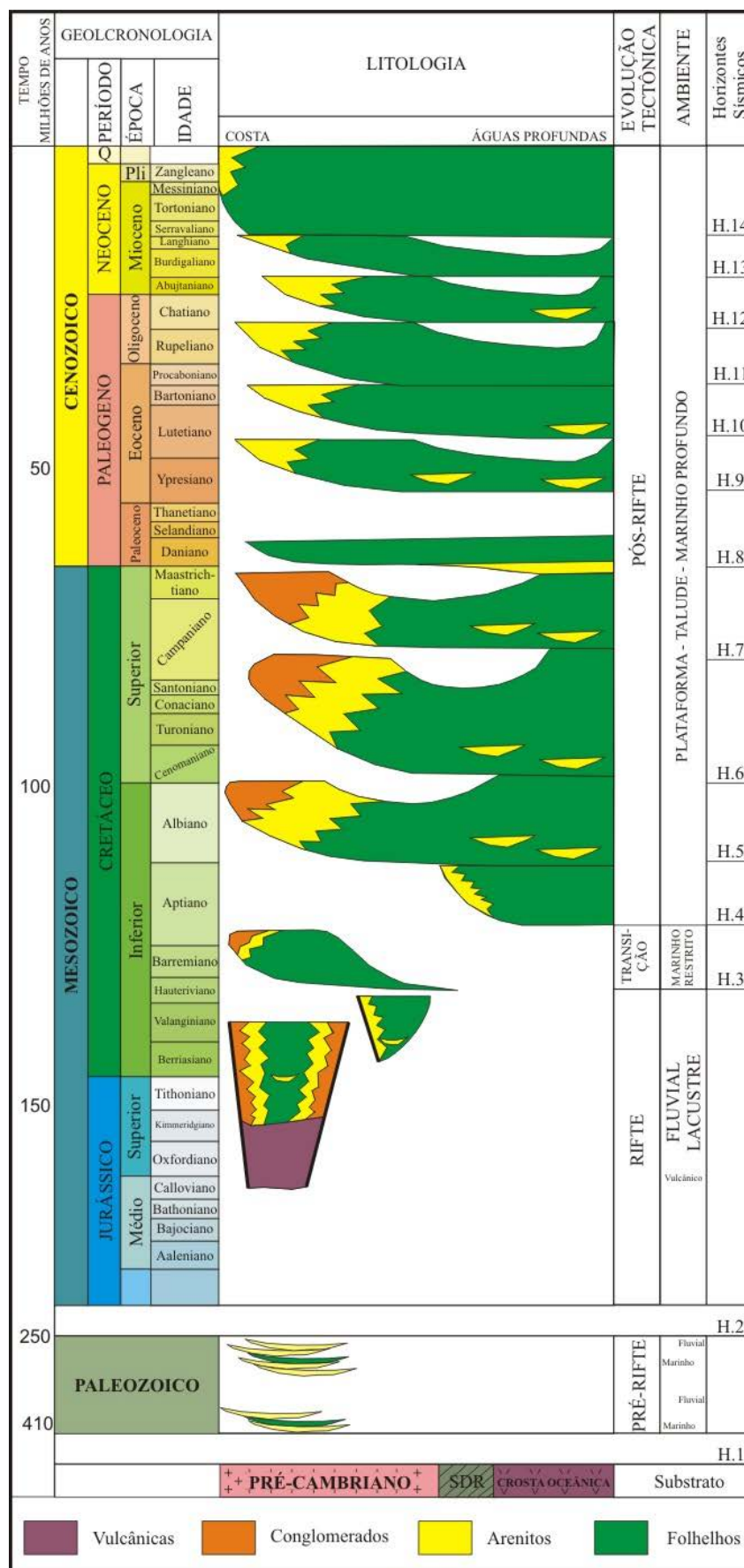


Figura 71: Carta estratigráfica da Bacia Punta del Este. As discordâncias apresentadas na última coluna da direita referem-se aos limites das sequências definidas neste trabalho.

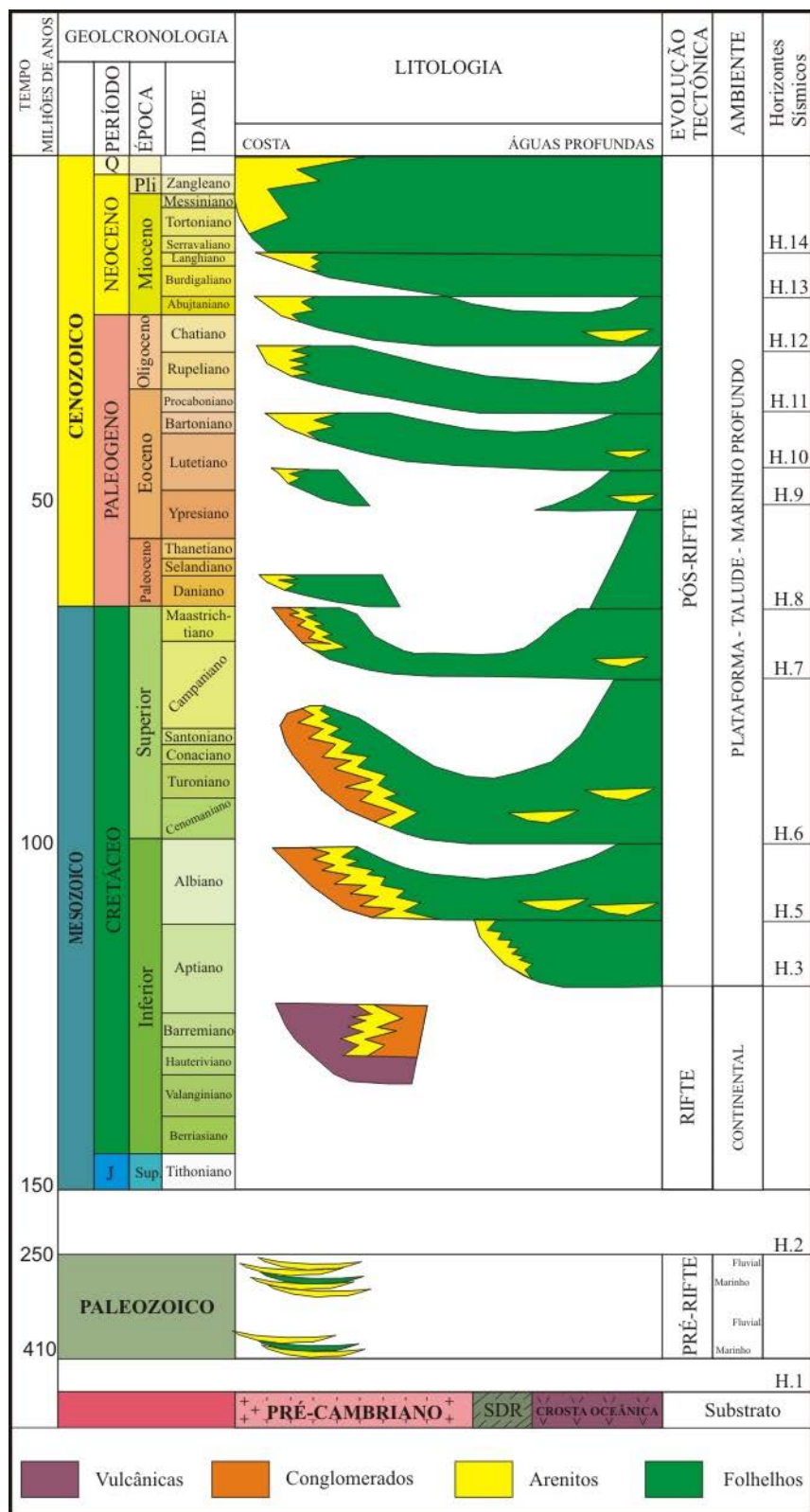


Figura 72: Carta estratigráfica da Bacia de Pelotas. As discordâncias apresentadas na última coluna da direita referem-se aos limites das sequências definidas neste trabalho.

Embora seja indiscutível que os dados bioestratigráficos disponíveis são insuficientes para a elaboração de uma carta cronoestratigráfica com alto grau de confiabilidade, os diagramas construídos apresentam as principais fases de evolução das bacias Punta del Este e Pelotas, e as características mais importantes de seus elementos, podendo assim, se constituir a base para trabalhos futuros, quando dados adicionais estiverem disponíveis e um trabalho mais refinado possa ser desenvolvido.

7. SISTEMAS PETROLÍFEROS DA MARGEM CONTINENTAL URUGUAIA

7.1 Introdução

O estudo do potencial de uma bacia sedimentar para acumulações de hidrocarbonetos pode se dar, de um modo geral, em quatro níveis: a) análise de bacia, b) análise do sistema petrolífero, c) análise de *plays* e d) análise de prospectos (Magoon e Dow, 1994). Os dois primeiros níveis não envolvem fatores econômicos, no entanto na análise de *plays* e prospectos esses fatores se tornam muito importantes.

A análise dos sistemas petrolíferos em bacias sedimentares de fronteira exploratória, subexploradas ou ainda não exploradas, como é o caso das bacias da margem continental do Uruguai, é auxiliada pelo estabelecimento de analogias com bacias produtoras que apresentam uma evolução tectônica e sedimentar similar; isso porque bacias que compartilham uma mesma história evolutiva (“famílias de bacias”) desenvolvem sistemas petrolíferos análogos (Beglinger *et al.* 2012a, b; 2013, Douts 2010, Douts e Sumner 2007, Magoon e Dow 1994).

Beglinger *et al.* (2013, 2012b) estabelecem uma metodologia para estudar os setores de bacia subexplorados ou ainda não explorados da margem sul-atlântica. Essa metodologia se baseia no desmembramento do preenchimento das bacias em megassequências tectono-estratigráficas (correspondentes às diferentes fases de sua evolução), às quais são posteriormente relacionados os diversos componentes dos sistemas petrolíferos (rochas geradoras, reservatórios, selantes, etc.).

Levando em consideração que as bacias da margem continental uruguaia são ainda não exploradas e apresentam a mesma origem e esquema de evolução geral das bacias marginais sul-atlânticas, entende-se que a metodologia estabelecida por Beglinger *et al.* (2013, 2012b) é a mais apropriada para uma primeira avaliação de seu potencial para acumulações de hidrocarbonetos.

Como mencionado nos capítulos precedentes, todas as bacias da margem sul-atlântica (segmento extensional sul) apresentam uma evolução tectono-sedimentar similar, sendo reconhecidas, de um modo geral, quatro grandes fases: pré-rifte (Paleozoico), rifte (Jurássico-Cretáceo Inferior), transição (Barremiano-Aptiano) e pós-rifte (Aptiano ao presente). Algumas dessas bacias são produtoras de hidrocarbonetos e apresentam sistemas petrolíferos análogos para cada uma das fases de sua evolução (Marcano *et al.* 2013; Mello *et al.* 2012 e 1994, ANP 2002; 2009, Gonçalves *et al.* 2000, Guardado *et al.* 2000, Mohriak *et al.* 2000).

Seguindo a metodologia estabelecida por Beglinger *et al.* (2012b, 2013), na figura 73 são apresentados os sistemas deposicionais para cada uma das fases evolutivas identificadas nas bacias da margem continental uruguaia. Os sistemas deposicionais propostos estão baseados na interpretação sísmica desenvolvida neste trabalho, na correlação com as bacias *onshore* do Uruguai para as sequências pré-rifte e rifte e nos modelos deposicionais descritos na literatura para as diferentes fases de evolução das bacias de tipo rifte e margem passiva.

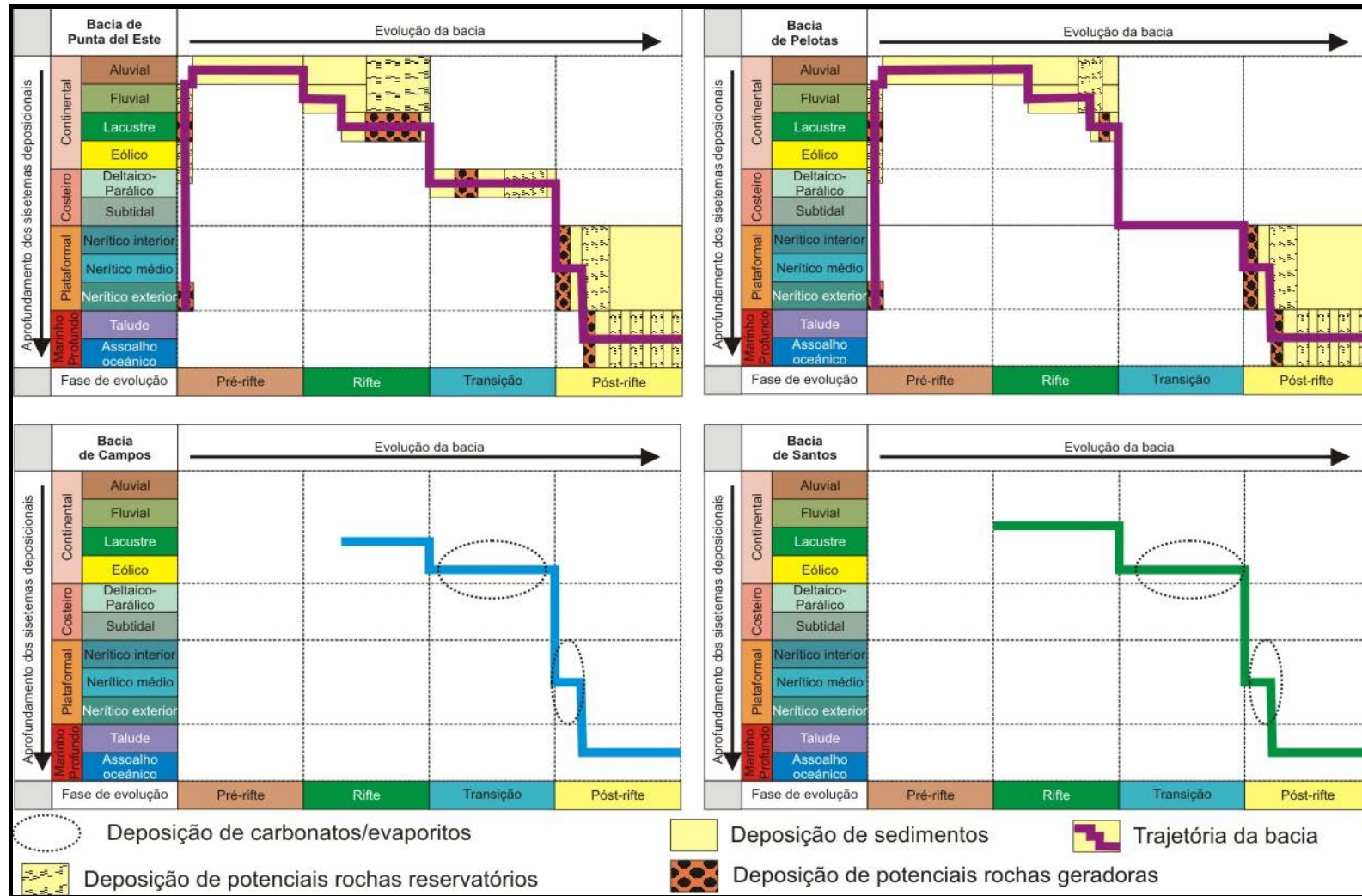


Figura 73: Trajetórias das bacias Punta del Este e Pelotas (*offshore* do Uruguai) e Campos e Santos (*offshore* do Brasil). Trajetórias das bacias de Campos e Santos extraídas de Beglinger *et al.* (2013).

A linha que une os diferentes sistemas deposicionais ao longo do tempo é denominada trajetória da bacia por Beglinger *et al.* (2013, 2012b), sendo possível observar na figura 73 que existe certa superposição entre as trajetórias das bacias uruguaias e das bacias de Campos e Santos da margem brasileira, sugerindo a presença de sistemas petrolíferos análogos nas diferentes fases de evolução.

Cada uma dessas bacias apresenta uma fase rifte flúvio-lacustre, seguida por uma fase de transição continental-marinha rasa e uma fase pós-rifte rasa a profunda. A fase pré-rifte não é reconhecida nas bacias de Campos e Santos, mas está presente nas bacias localizadas para norte na margem brasileira (Sergipe-Alagoas e Almada-Camamu) e nas bacias da margem sul-africana (Orange e Walvis).

Seguindo essa linha de raciocínio são propostos cinco sistemas petrolíferos especulativos (segundo a terminologia de Magoon e Dow 1994), para as bacias da margem continental uruguaia. Cada um dos sistemas petrolíferos especulativos propostos é associado a uma fase de evolução específica das bacias: 1) sistema petrolífero marinho da fase pré-rifte (?), 2) sistema petrolífero lacustre da fase rifte (?), 3) sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cretácea (?), 4) sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cenozoica (?), e 5) sistema petrolífero não convencional associado a hidratos de gás (?).

Embora seja indiscutível o caráter especulativo dos sistemas petrolíferos propostos para a margem continental do Uruguai, também resulta evidente seu potencial para acumulações de hidrocarbonetos, quando comparada sua evolução tectono-sedimentar com a das bacias sul-atlânticas produtoras.

7.2 Modelagens de soterramento

Nos sistemas petrolíferos especulativos propostos são distinguidas quatro potenciais rochas geradoras: a) marinha da fase pré-rifte (Permiano), b) lacustre da fase rifte (Neocomiano), c) marinha da fase pós-rifte (Aptiano) e d) marinha da fase pós-rifte (Cenomaniano-Turoniano). Essas rochas foram modeladas no intuito de

conhecer sua evolução térmica ao longo da história geológica das bacias da margem continental uruguaia.

Mais uma potencial rocha geradora foi modelada, pertencente à sequência de transição, a qual poderia ter alguma relevância na sua área de ocorrência.

A tabela 6 apresenta as características geoquímicas utilizadas nas modelagens. Com exceção do valor de COT para o Cenomaniano-Turoniano, para o qual escolheu-se o reportado por Cupertino (2006) para o poço BPS 06A, em todos os outros casos escolheu-se o menor valor de COT encontrado na literatura.

Tabela 6: Dados geoquímicos das potenciais rochas geradoras, utilizados nas modelagens.

Potenciais Rochas Geradoras			
Sequencia	Idade	Tipo MO	COT (%)
Pré-rifte	Permiano	I	8
Rifte	Neocomiano	I	3
Transição	Barremiano	II-III	2,5
Pós-rifte 1	Aptiano	I	5
Pós-rifte 3	Cenomaniano-Turoniano	II	4

A localização dos poços hipotéticos modelados foi definida levando em consideração as diferenças na configuração tectono-sedimentar do setor meridional (Bacia de Punta del Este, representado pela seção sísmica UR07_06), central (Bacia de Pelotas, representado pela seção sísmica UR07_18) e setentrional (Bacia de Pelotas, representado pela seção sísmica UR07_32) da margem uruguaia (Fig. 74).

As Tabelas 7 a 15 apresentam a estratigrafia definida para uma das sequências deposicionais e as litologias presentes, em porcentagens estimadas, que foram utilizadas nas modelagens.

As figuras 75 a 83 apresentam os diagramas de geo-história com as janelas de maturidade para os poços hipotéticos 1 a 9, respectivamente. É considerada zona imatura até $R_o = 0.6\%$, zona do óleo entre $0.6 > R_o < 1\%$ (Ó), máximo de geração do óleo entre $1 > R_o < 1.3\%$ (PGÓ), zona do gás húmido e condensado entre $1.3 > R_o < 2\%$ (GHC) e zona do gás seco quando $R_o > 2\%$ (GS). As idades apresentadas nas tabelas correspondem à idade, em Ma, da base da sequência, para cada um dos casos referidos.

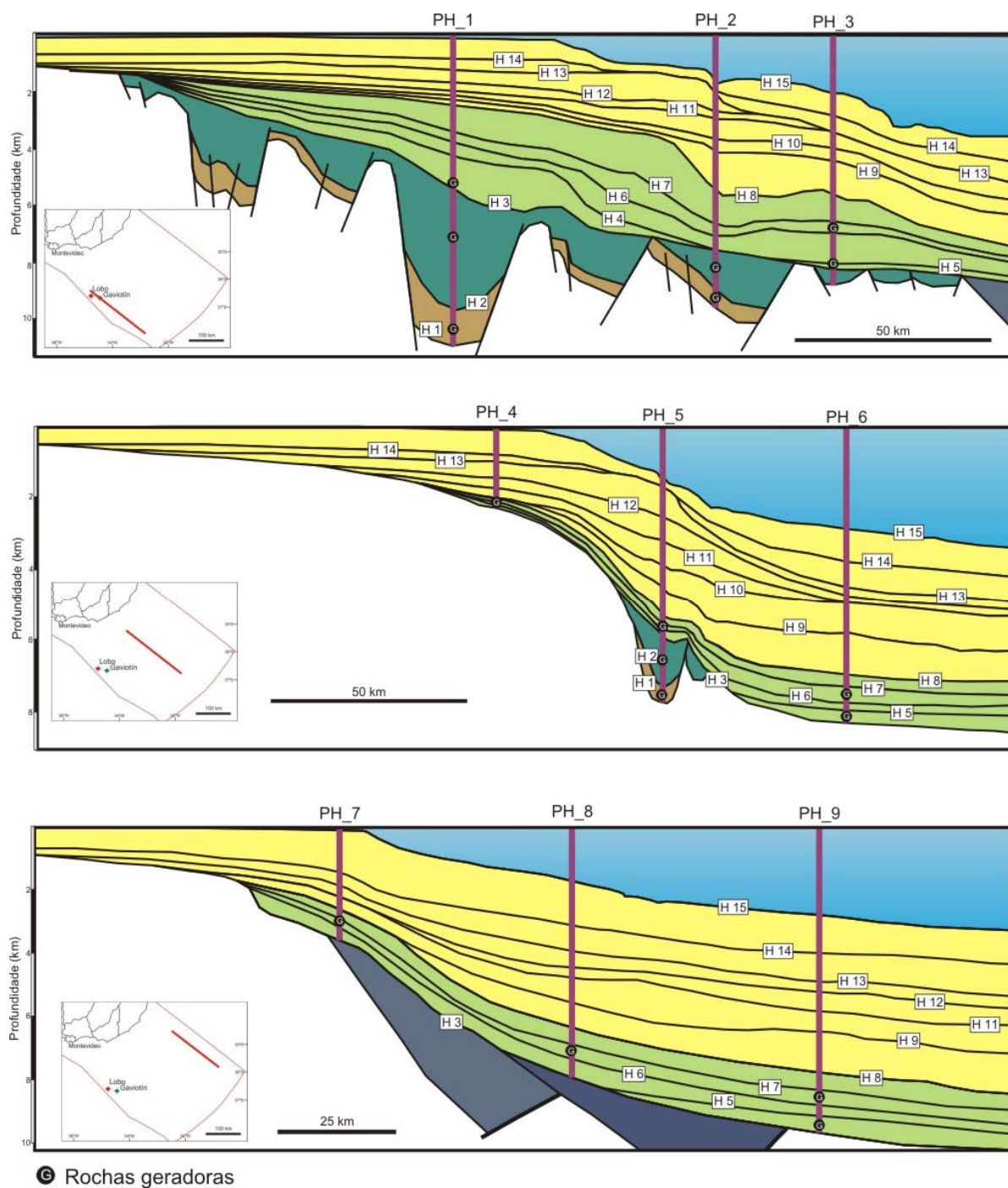


Figura 74: Localização dos poços hipotéticos modelados neste trabalho. Acima: setor meridional (UR07_06); Meio: setor central (UR07_18); Abaixo: setor setentrional (UR07_32), da margem continental uruguaia. PH: poço hipotético.

Tabela 7: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 1.

Poço hipotético 1										
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)	Sequência	Espessura (m)	Litologias			
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	30			Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Ígneas
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	823	Seq. Pós-rifte 11	792	45	35	20	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	1158	Seq. Pós-rifte 10	335	20	35	45	
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	1676	Seq. Pós-rifte 9	518	30	30	40	
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	2073	Seq. Pós-rifte 8	396	20	35	45	
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45	2256	Seq. Pós-rifte 7	183	35	35	30	
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	2286	Seq. Pós-rifte 6	30	30	35	35	
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	2530	Seq. Pós-rifte 5	244	20	35	45	
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	3414	Seq. Pós-rifte 4	884	35	35	30	
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	3749	Seq. Pós-rifte 3	335	35	35	30	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	4298	Seq. Pós-rifte 2	549	35	35	30	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120	4298	Seq. Pós-rifte 1	No depositada				
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136	5425	Seq. Transição	1128	25	35	35	5
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251	8601	Seq. Rifte	3176	45	10	35	10
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540	9851	Seq. Pré-rifte	1250	45	20	35	

Tabela 8: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 2.

Poço hipotético 2										
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)	Sequência	Espessura (m)	Litologias			
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	1400			Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Ígneas
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	1700	Seq. Pós-rifte 11	300	10	30	60	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	1700	Seq. Pós-rifte 10	Erodida				
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	2400	Seq. Pós-rifte 9	700	45	20	35	
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	2800	Seq. Pós-rifte 8	400	10	35	55	
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45	3200	Seq. Pós-rifte 7	400	35	30	35	
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	3400	Seq. Pós-rifte 6	200	15	25	60	
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	4450	Seq. Pós-rifte 5	1050	15	35	50	
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	5250	Seq. Pós-rifte 4	800	45	35	20	
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	5800	Seq. Pós-rifte 3	550	30	30	40	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	6100	Seq. Pós-rifte 2	300	35	35	30	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120	6100	Seq. Pós-rifte 1	No depositada				
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136	6100	Seq. Transição	Erodida				
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251	7800	Seq. Rifte	1700	45	10	35	10
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540	8350	Seq. Pré-rifte	550	45	20	35	

Tabela 9: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 3.

Poço hipotético 3										
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)	Sequência	Espessura (m)	Litologias			
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	2042			Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Igneas
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	2377	Seq. Pós-rifte 11	335	10	30	60	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	2911	Seq. Pós-rifte 10	533	25	35	40	
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	2911	Seq. Pós-rifte 9		Erodida			
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	2911	Seq. Pós-rifte 8		Erodida			
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45	3566	Seq. Pós-rifte 7	655	20	35	45	
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	4343	Seq. Pós-rifte 6	777	20	35	45	
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	5486	Seq. Pós-rifte 5	1143	15	35	50	
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	6248	Seq. Pós-rifte 4	762	45	35	20	
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	7010	Seq. Pós-rifte 3	762	25	35	40	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	7285	Seq. Pós-rifte 2	389	35	35	30	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120	7399	Seq. Pós-rifte 1	180	10	15	75	
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136	7399	Seq. Transição		Erodida			
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251	8199	Seq. Rifte	800	45	15	30	10
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540	8199	Seq. Pré-rifte		No presente			

Tabela 10: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 4.

Poço hipotético 4											
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)		Sequência	Espessura (m)	Litologias			
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	61				Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Igneas
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	792		Seq. Pós-rifte 11	732	45	35	20	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	1067		Seq. Pós-rifte 10	274	20	35	45	
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	1372		Seq. Pós-rifte 9	305	30	30	40	
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	1585		Seq. Pós-rifte 8	213	30	35	35	
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45	1768		Seq. Pós-rifte 7	183	35	30	35	
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	1768		Seq. Pós-rifte 6		Erodida			
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	1768		Seq. Pós-rifte 5		Erodida			
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	1890		Seq. Pós-rifte 4	122	35	35	30	
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	2050		Seq. Pós-rifte 3	160	40	35	25	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	2134		Seq. Pós-rifte 2	84	35	35	30	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120	2134		Seq. Pós-rifte 1		No depositada			
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136	2134		Seq. Transição		No depositada			
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251	2134		Seq. Rifte	No presente - Sedimentos pós-rifte sobre o embasamento				
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540	2134		Seq. Pré-rifte	No presente - Sedimentos pós-rifte sobre o embasamento				

Tabela 11: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 5.

Poço hipotético 5										
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)	Sequência	Espessura (m)	Litologias			
							Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Ígneas
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	1463						
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	1768	Seq. Pós-rifte 11	305	10	35	55	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	1768	Seq. Pós-rifte 10		Erodida			
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	2591	Seq. Pós-rifte 9	823	65	25	10	
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	3170	Seq. Pós-rifte 8	579	15	35	50	
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45	3871	Seq. Pós-rifte 7	701	35	35	30	
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	4481	Seq. Pós-rifte 6	610	25	25	50	
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	4968	Seq. Pós-rifte 5	488	10	35	55	
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	5517	Seq. Pós-rifte 4	549	35	30	35	
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	5650	Seq. Pós-rifte 3	133	35	25	40	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	5761	Seq. Pós-rifte 2	111	35	25	40	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120	5761	Seq. Pós-rifte 1		No depositada			
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136	5761	Seq. Transição		No depositada			
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251	7132	Seq. Rifte	1372	45	15	30	10
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540	7620	Seq. Pré-rifte	488	45	25	30	

Tabela 12: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 6.

Poço hipotético 6										
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)	Sequência	Espessura (m)	Litologias			
							Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Ígneas
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	2896						
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	3810	Seq. Pós-rifte 11	914	10	30	60	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	4450	Seq. Pós-rifte 10	640	10	30	60	
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	4633	Seq. Pós-rifte 9	183	15	35	50	
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	4907	Seq. Pós-rifte 8	274	10	25	65	
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45	4907	Seq. Pós-rifte 7		Erodida			
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	5730	Seq. Pós-rifte 6	823	25	25	50	
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	6730	Seq. Pós-rifte 5	1000	15	35	50	
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	6902	Seq. Pós-rifte 4	172	35	35	30	
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	7390	Seq. Pós-rifte 3	488	30	25	45	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	7772	Seq. Pós-rifte 2	383	35	35	40	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120	7986	Seq. Pós-rifte 1	213	10	15	75	
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136		Seq. Transição		No depositada			
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251		Seq. Rifte		No presente			
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540		Seq. Pré-rifte		No presente			

Tabela 13: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 7.

Poço hipotético 7										
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)	Sequência	Espessura (m)	Litologias			
							Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Ígneas
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	91						
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	1372	Seq. Pós-rifte 11	1280	45	35	20	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	1768	Seq. Pós-rifte 10	396	20	35	45	
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	2103	Seq. Pós-rifte 9	335	55	35	10	
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	2103	Seq. Pós-rifte 8		Erodida			
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45	2560	Seq. Pós-rifte 7	457	35	35	30	
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	2560	Seq. Pós-rifte 6		Erodida			
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	2560	Seq. Pós-rifte 5		Erodida			
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	2926	Seq. Pós-rifte 4	366	45	35	20	
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	3250	Seq. Pós-rifte 3	324	35	35	30	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	3444	Seq. Pós-rifte 2	194	35	35	30	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120		Seq. Pós-rifte 1		No depositada			
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136		Seq. Transição		No depositada			
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251		Seq. Rifte		SDR			
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540		Seq. Pré-rifte					

Tabela 14: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 8.

Poço hipotético 8										
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)	Sequência	Espessura (m)	Litologias			
							Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Ígneas
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	1768						
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	3109	Seq. Pós-rifte 11	1341	10	35	55	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	3871	Seq. Pós-rifte 10	762	15	30	55	
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	4420	Seq. Pós-rifte 9	549	20	25	55	
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	4724	Seq. Pós-rifte 8	305	15	30	55	
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45		Seq. Pós-rifte 7	823	25	30	45	
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	5547	Seq. Pós-rifte 6		Erodida			
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	6279	Seq. Pós-rifte 5	732	10	35	55	
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	6858	Seq. Pós-rifte 4	579	40	25	35	
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	7342	Seq. Pós-rifte 3	484	30	30	40	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	7742	Seq. Pós-rifte 2	400	40	25	35	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120		Seq. Pós-rifte 1		No depositada			
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136		Seq. Transição		No depositada			
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251		Seq. Rifte		SDR's			
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540		Seq. Pré-rifte					

Tabela 15: Estratigrafia e litologias propostas para o poço hipotético 9.

Poço hipotético 9											
Nº	Horizonte	Idade	Idade (Ma)	Prof (m)		Sequência	Espessura (m)	Litologias			
H_15	Topo Seq. Pós-rifte 11	Recente	0	2774				Arenitos	Siltitos	Folhelhos	Igneas
H_14	Topo Seq. Pós-rifte 10	Mioceno Médio	13	3932		Seq. Pós-rifte 11	1158	10	35	55	
H_13	Topo Seq. Pós-rifte 9	Mioceno Inferior	20	4785		Seq. Pós-rifte 10	853	15	30	55	
H_12	Topo Seq. Pós-rifte 8	Oligoceno Inferior	31	5090		Seq. Pós-rifte 9	305	20	25	55	
H_11	Topo Seq. Pós-rifte 7	Eoceno Tardio	37	5669		Seq. Pós-rifte 8	579	15	30	55	
H_10	Topo Seq. Pós-rifte 6	Eoceno Médio	45	6401		Seq. Pós-rifte 7	732	25	30	45	
H_9	Topo Seq. Pós-rifte 5	Top Paleoceno	55	6401		Seq. Pós-rifte 6	Erodida				
H_8	Topo Seq. Pós-rifte 4	Top Cretáceo	65	7622		Seq. Pós-rifte 5	1221	10	30	60	
H_7	Topo Seq. Pós-rifte 3	Cretáceo Superior	85	7872		Seq. Pós-rifte 4	250				
H_6	Topo Seq. Pós-rifte 2	Albiano	99	8534		Seq. Pós-rifte 3	662	35	25	40	
H_5	Topo Seq. Pós-rifte 1	Aptiano	112	9083		Seq. Pós-rifte 2	549	35	35	30	
H_4	Topo da Transição	Aptiano	120	9723		Seq. Pós-rifte 1	640	5	15	80	
H_3	Topo do Rifte	Cretáceo Inferior	136			Seq. Transição	No depositada				
H_2	Topo do Pré-rifte	Paleozoico	251			Seq. Rifte	Crosta oceânica				
H_1	Topo do embasamento	Precambriano	540			Seq. Pré-rifte					

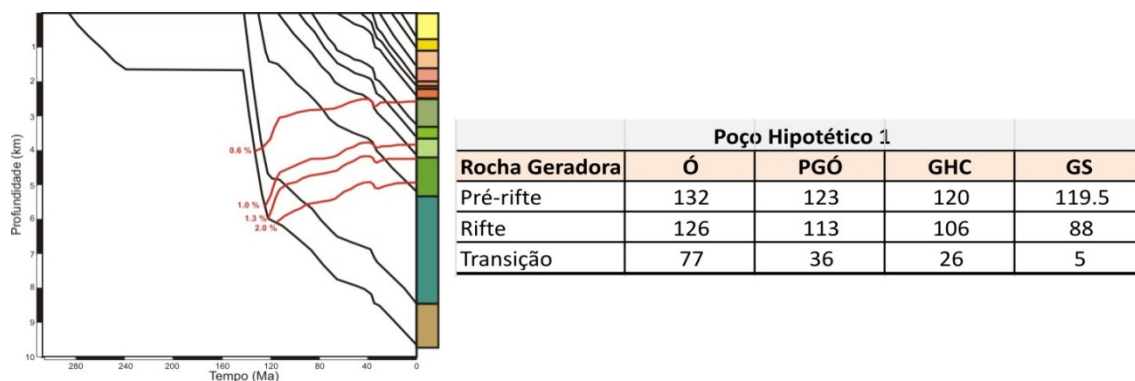


Figura 75: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 1.

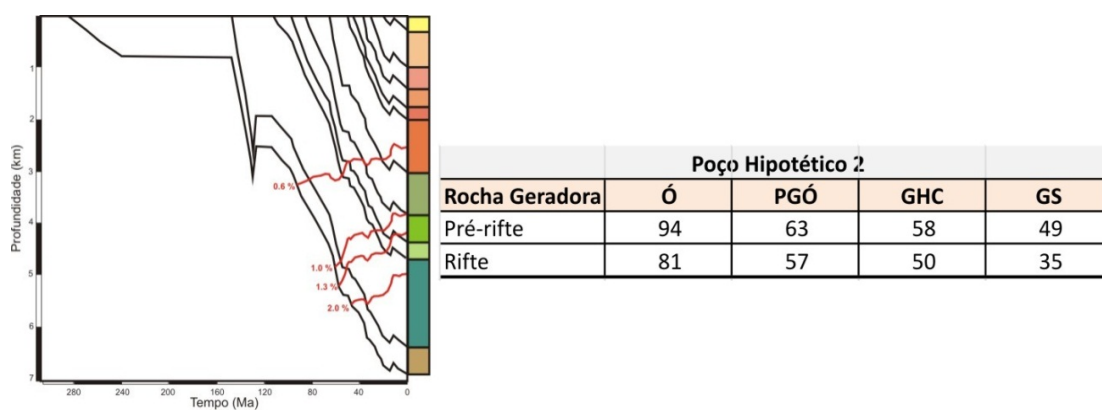


Figura 76: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 2.

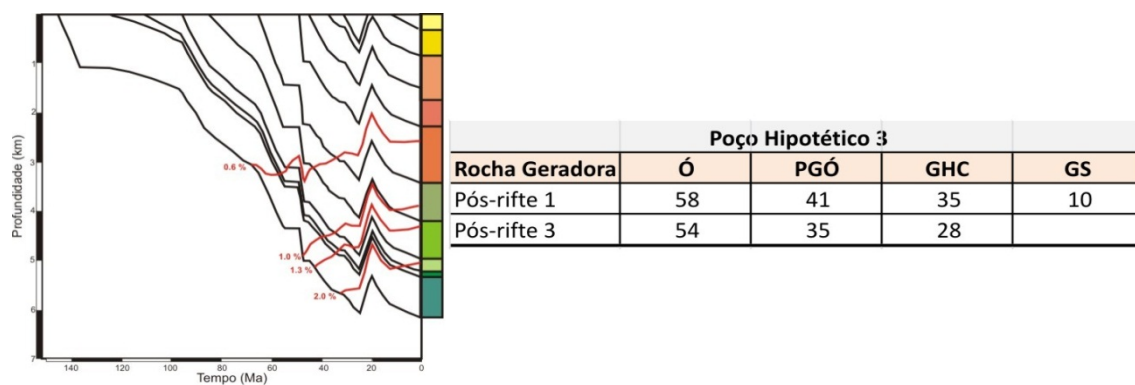


Figura 77: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 3.

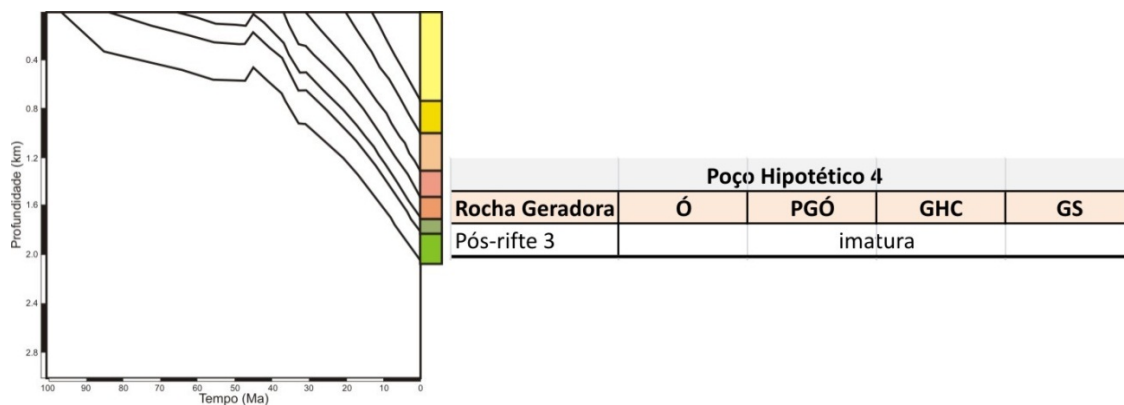


Figura 78: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 4.

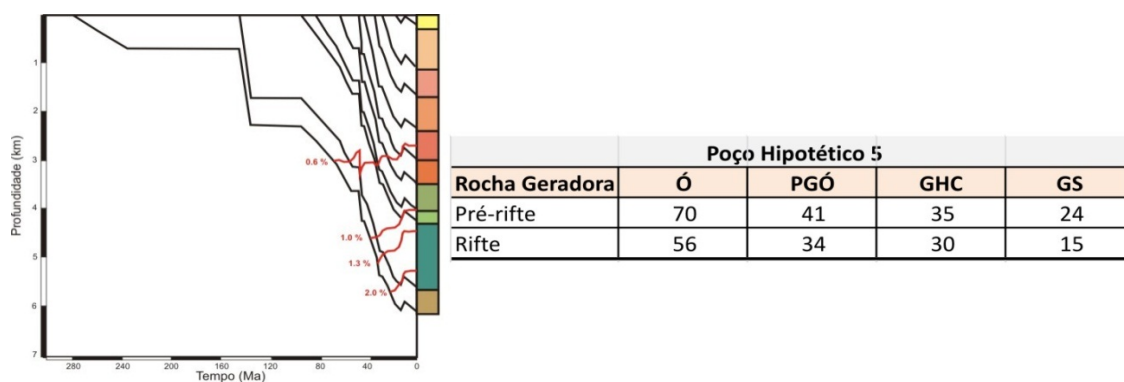


Figura 79: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 5.

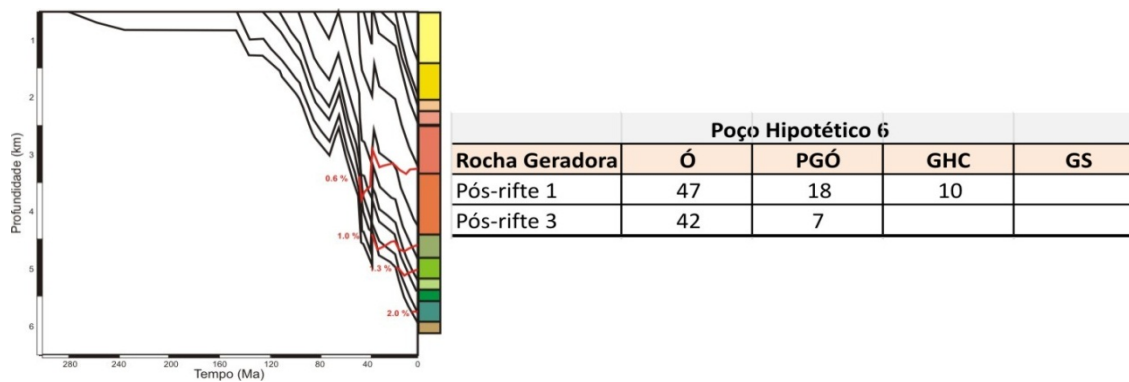


Figura 80: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 6.

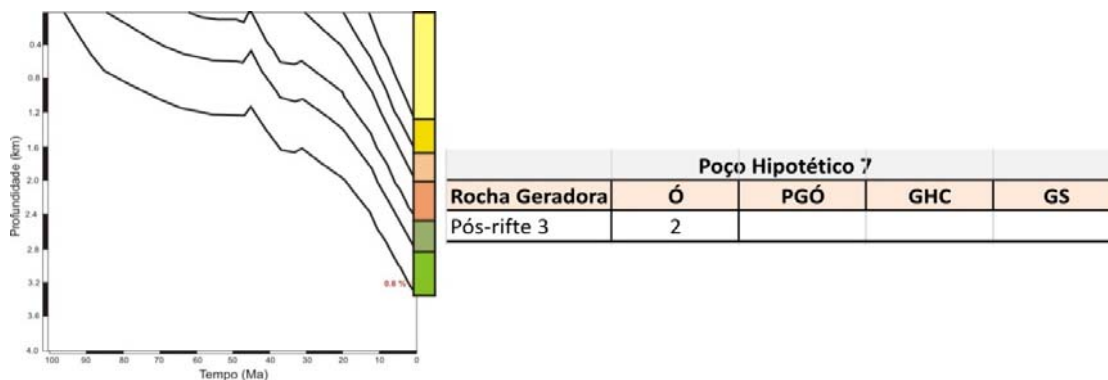


Figura 81: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 7.

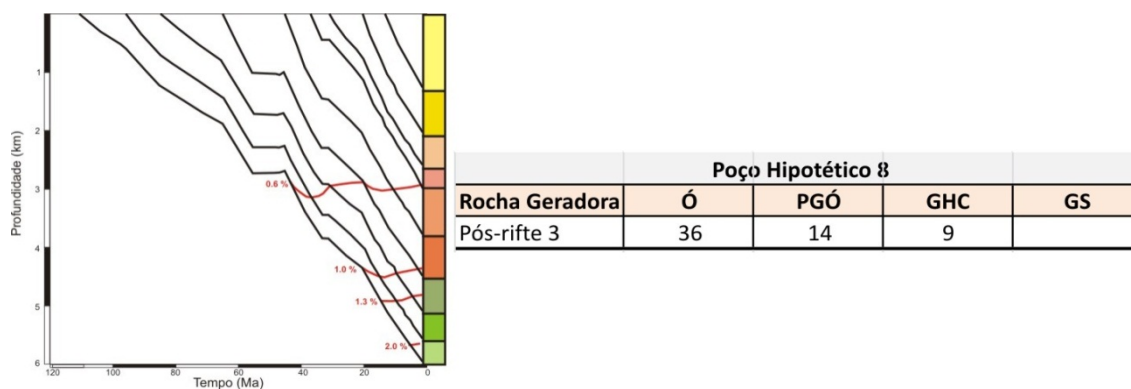


Figura 82: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 8.

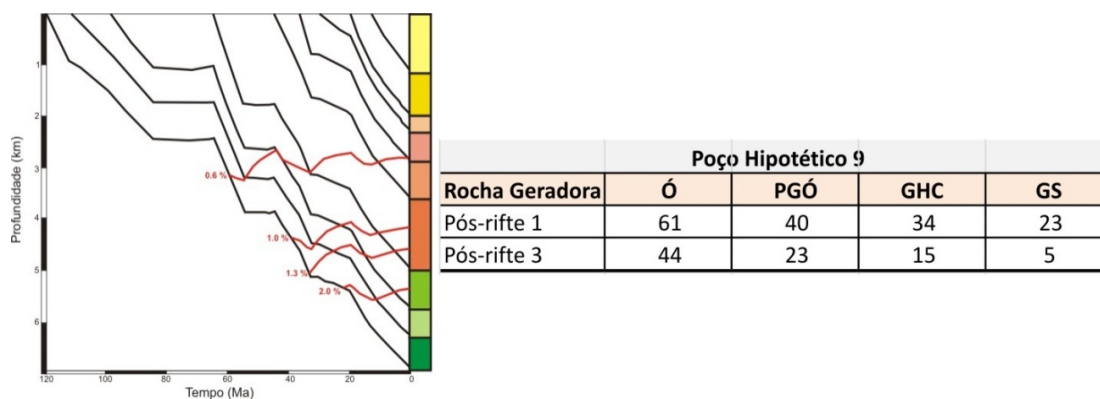


Figura 83: Diagrama de Geo-história com janelas de maturidade para o poço hipotético 9.

As figuras 84, 85 e 86 apresentam seções esquemáticas com as janelas do óleo, gás húmido e condensado e gás seco para os setores meridional, central e

setentrional da margem uruguaia no Paleoceno (~50 Ma), Oligoceno (~31 Ma) e Presente, respectivamente.

Os três domínios da margem continental uruguaia também influenciam na história térmica das potenciais rochas geradoras; de um modo geral, as condições de maturidade são atingidas mais tardiamente nos setores central e setentrional que no setor meridional.

No Paleoceno, as potenciais rochas geradoras da sequência pré-rifte estariam na janela do gás seco, em depocentros mais profundos, e na janela do gás húmido e condensado, em depocentros menos profundos do setor meridional. No entanto, no setor central da margem uruguaia as potenciais rochas geradoras da sequência pré-rifte estariam na janela do óleo. As potenciais rochas geradoras do rifte, no setor meridional, estariam gerando óleo ativamente nos depocentros menos profundos, e dentro da janela do gás nos depocentros mais profundos, enquanto no setor central da margem uruguaia estariam recém-ingressando na janela do óleo. As potenciais rochas geradoras da sequência de transição estariam na janela do óleo no setor meridional, sua única área de ocorrência. As potenciais rochas geradoras da sequência pós-rifte 1 estariam na janela do óleo nos setores meridional e setentrional da margem uruguaia; no entanto não teriam ainda atingido condições de maturidade no setor central. As potenciais rochas geradoras da sequência pós-rifte 3 estariam ingressando na janela do óleo no setor meridional e imaturas nos setores central e setentrional.

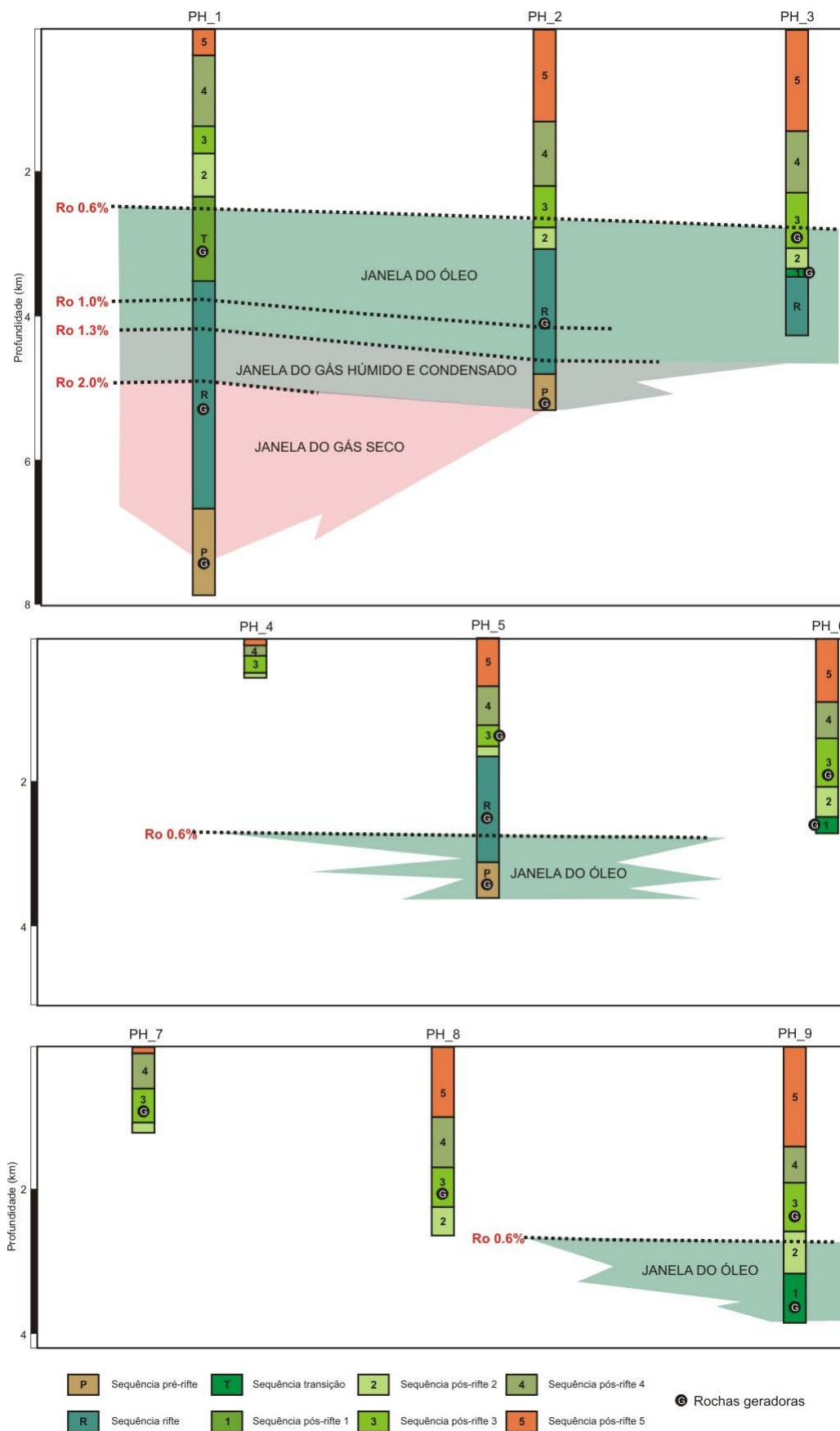


Figura 84: Seções esquemáticas com as janelas de maturidade das potenciais rochas geradoras nos setores meridional (acima), central (meio) e setentrional (abaixo) da margem uruguaia, no Paleoceno.

No Oligoceno, as potenciais rochas geradoras da sequência pré-rifte estariam extremamente maduras, no setor meridional, e na janela do gás húmido e condensado, no setor central. No entanto, as potenciais rochas geradoras do rifte estariam na janela do gás seco nos depocentros mais profundos do setor meridional, e nas janelas do gás húmido e condensado e do óleo nos depocentros menos profundos, enquanto no setor central da margem uruguaia estariam no momento de máxima geração de óleo. Do mesmo modo, as potenciais rochas geradoras da sequência de transição estariam no momento de máxima geração de óleo no setor meridional. As potenciais rochas geradoras da sequência pós-rifte 1 estariam na janela do gás húmido e condensado no setor meridional, na janela do óleo, no setor central, e na janela do óleo, atingindo a janela do gás húmido e condensado, no setor setentrional. As potenciais rochas geradoras da sequência pós-rifte 3 estariam no momento de máxima geração de óleo no setor meridional e na janela do óleo nos setores central e setentrional.

No Presente, as potenciais rochas geradoras da sequência rifte estariam na janela do gás seco no setor meridional, e nas janelas do gás húmido e condensado e gás seco no setor central. As potenciais rochas geradoras da sequência de transição estariam na janela do gás húmido e condensado, em sua área de ocorrência. As potenciais rochas geradoras da sequência pós-rifte 1 estariam na janela do gás seco nos setores meridional e setentrional da margem uruguaia, e na janela do gás húmido e condensando no setor central. As potenciais rochas geradoras da sequência pós-rifte 3 estariam na janela do gás húmido e condensado no setor meridional da margem uruguaia e nas áreas distais do setor setentrional. No entanto, no setor central estariam no momento de máxima geração de óleo.

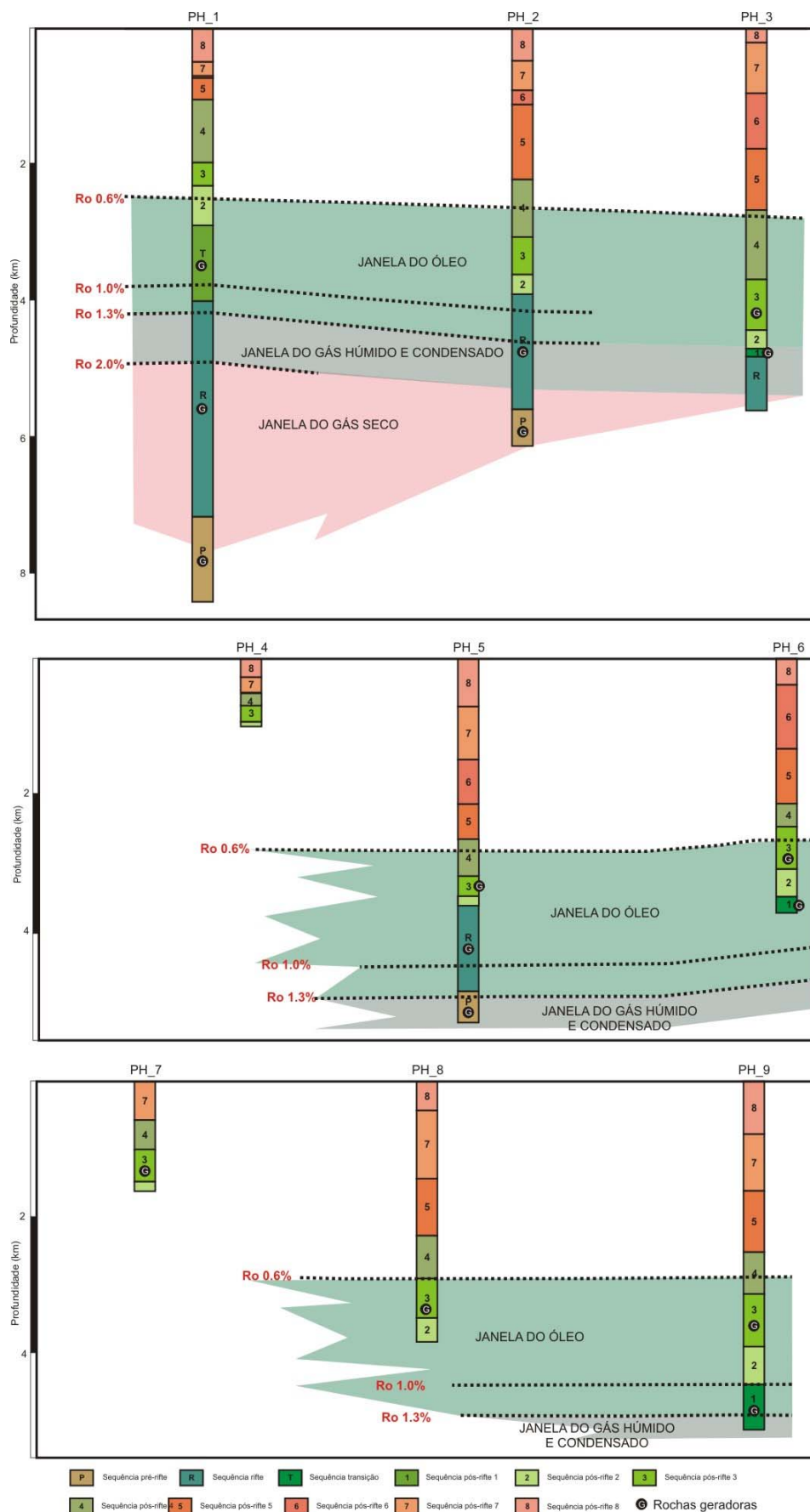


Figura 85: Seções esquemáticas com as janelas de maturidade das potenciais rochas geradoras nos setores meridional (acima), central (meio) e setentrional (abaixo) da margem uruguaia no Oligoceno.

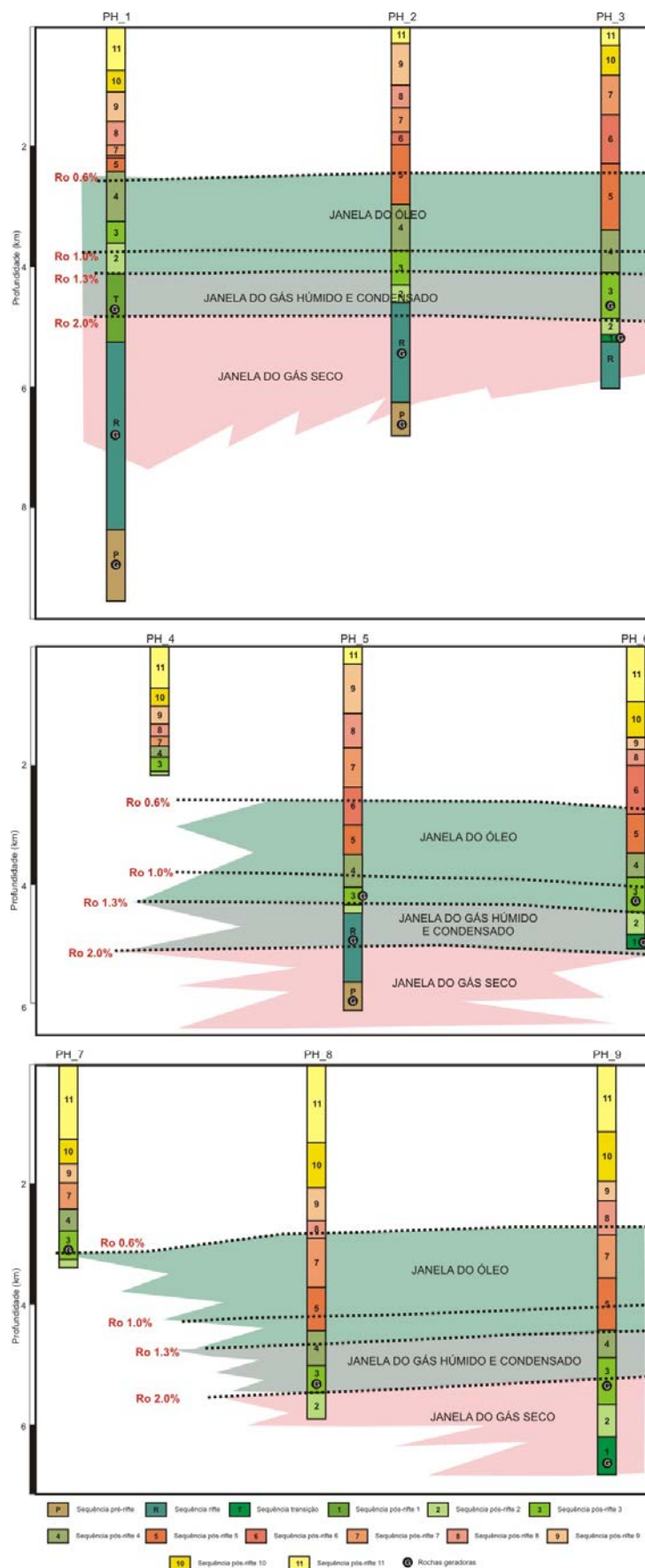


Figura 86: Seções esquemáticas com as janelas de maturidade das potenciais rochas geradoras nos setores meridional (acima), central (meio) e setentrional (abaixo) da margem uruguaia no Presente.

7.3 Sistema petrolífero marinho da fase pré-rifte (?)

Uma síntese das características deste sistema petrolífero é apresentada na Figura 87.

Rochas geradoras: A sequência pré-rifte mapeada na margem uruguaia apresenta uma espessura de entre 150 m e 1500 m, segundo os dados sísmicos. Por correlação com a Bacia Norte do Uruguai infere-se que esta sequência poderia conter rochas geradoras do Devoniano (Formação Cordobés, no Uruguai / Formação Ponta Grossa, no Brasil) e/ou do Permiano Inferior (Formação Mangrullo no Uruguai / Formação Iratí no Brasil).

Os folhelhos marinhos da Formação Cordobés/Ponta Grossa apresentam até 3,6% de COT e matéria orgânica do tipo I (*oil-prone*), e estão imaturos na área aflorante do Uruguai (ANCAP, 2012). Esta unidade é responsável pela acumulação de hidrocarbonetos do campo Barra Bonita na Bacia do Paraná, no Brasil (Campos *et al.* 1998).

Os folhelhos marinhos da Formação Mangrullo/Iratí são potencialmente excelentes rochas geradoras de hidrocarbonetos, com valores de COT entre 8% e 14% e matéria orgânica do tipo I (*oil-prone*) (ANP 2002, Milani e Zalán 1999, ANCAP 1994). Esta unidade é responsável pelas exsudações de hidrocarbonetos nos arenitos das Formações Pirambóia e Rio Bonito, na Bacia do Paraná (Soares Loutfi *et al.* 2012, Araújo *et al.* 2004). No *onshore* do Uruguai apresenta-se imatura, com exceção daquelas próximas a diques e sills mesozoicos.

Rocha reservatório: Por correlação com a Bacia Norte, a sequência pré-rifte poderia conter litologias equivalentes aos arenitos flúvio-deltaicos e eólicos das Formações Tres Islas e Buena Vista da Bacia Norte do Uruguai (Formações Rio Bonito e Rio do Rasto da Bacia do Paraná, respectivamente), pertencentes ao Permiano Superior.

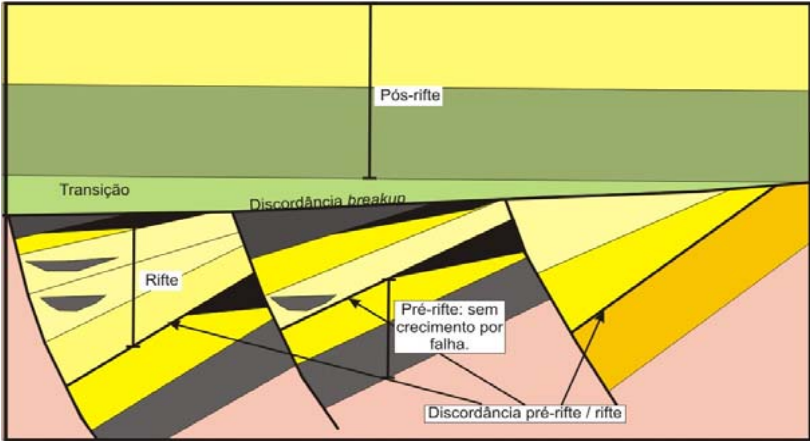
Rochas selantes: folhelhos lacustres e basaltos da sequência rifte, discordância pré-rifte/rifte.

Migração de hidrocarbonetos: Migração lateral e vertical curta entre as fácies do pré-rifte. Em menor medida, migração vertical ao longo de falhas da porção crustal muito estirada, que afetam as sequências pré-rifte e rifte.

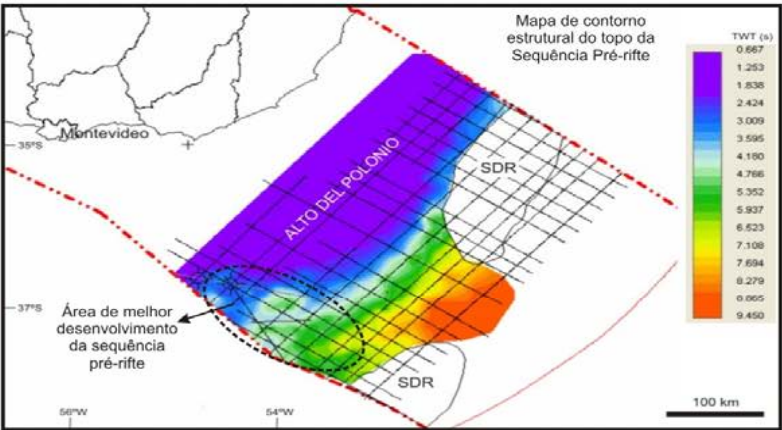
CARTA DE EVENTOS

Paleozoico			Mesozoico			Cenozoico		Tempo	Sist. Petrolífero
Devoniano	Carbonífero	Permiano	Triássico	Jurássico	Cretáceo	Paleógeno	Neógeno		
									Rocha Geradora
									Rocha Reservatório
									Rocha Selante
									Soterramento
									Trampa
									Migração
									Preservação
									Momento Crítico

MODELO GEOLÓGICO



MAPA DE OCORRÊNCIA



SEÇÃO SÍSMICA REPRESENTATIVA

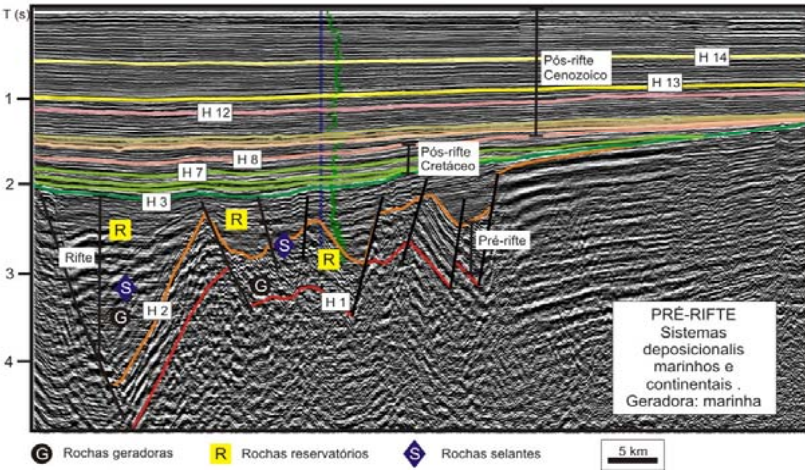


Figura 87: Síntese das características do sistema petrolífero marinho da fase pré-rifte (?), na margem continental uruguaia.

Trapas: Estrutural, blocos falhados e rotados da sequência pré-rifte, preservados como relictos entre discordâncias.

Geração de hidrocarbonetos: Sendo as potenciais rochas geradoras paleozoicas submetidas ao soterramento pelos sedimentos das bacias *offshore*, condições de maturidade são atingidas no Cretáceo. Nos depocentros mais profundos, o processo todo de transformação da matéria orgânica ocorre no Cretáceo. No entanto, nos depocentros menos profundos, o máximo da geração do óleo é atingido no início do Paleógeno, e a janela do gás húmido e condensado, no final do Paleógeno. De um modo geral, no setor meridional da margem uruguaia são atingidas condições de maturidade mais cedo que no setor central.

Este sistema petrolífero apresenta a vantagem de possuir potenciais rochas geradoras de muito boa qualidade, que teriam atingido condições de maturidade no *offshore*, devido à espessura da sucessão sedimentar mesozoica-cenozoica. As desvantagens principais são a grande profundidade que teriam atingido os depósitos, o que pode ter deteriorado as propriedades de porosidade e permeabilidade das rochas reservatórios, e o potencial de preservação dos relictos paleozoicos.

7.4 Sistema petrolífero lacustre da fase rifte (?)

Uma síntese das características deste sistema petrolífero é apresentada na Figura 88.

Rochas geradoras: A Bacia de Punta del Este apresenta uma sequência rifte bem desenvolvida, com espessuras que atingem 3000 metros, segundo os dados sísmicos. Embora nenhum desses riftes tenha sido perfurado, a ocorrência de sistemas deposicionais lacustres contendo folhelhos ricos em matéria orgânica é esperada, tendo em vista as analogias estabelecidas com as bacias marginais atlânticas.

Os folhelhos lacustres da margem atlântica apresentam altos valores de COT, entre 3% e 10% e matéria orgânica do tipo I (*oil-prone*), sendo responsáveis pela maioria das acumulações de hidrocarbonetos comerciais (Hartwig *et al.* 2012, Mello *et al.* 2012; 1994).

Além disso, na Bacia Santa Lucia, no *onshore* do Uruguai, ocorrem folhelhos lacustres com valores de COT de até 2,95% e matéria orgânica do tipo II (*oil-prone*), pertencentes à Formação Castellanos (ANCAP, 2012).

Porém, embora a Bacia de Pelotas apresente uma evolução geológica similar às das bacias marginais atlânticas, a sequência rifte é predominantemente vulcânica, com desenvolvimento de riftes de pequenas dimensões, onde a presença de folhelhos lacustres ricos em matéria orgânica, embora não descartada, é mais especulativa.

Rochas reservatórios: As principais rochas reservatórios seriam conglomerados e arenitos, pertencentes a leques aluviais de borda de bacia, leques lacustres e sistemas deposicionais fluviais e deltaicos do rifte. Podem constituir reservatórios secundários os arenitos da fase pós-rifte (plataformais e leques de assoalho).

Rochas selantes: Folhelhos e vulcânicas da sequência rifte e para os reservatórios secundários, folhelhos marinhos de extensão regional da fase pós-rifte.

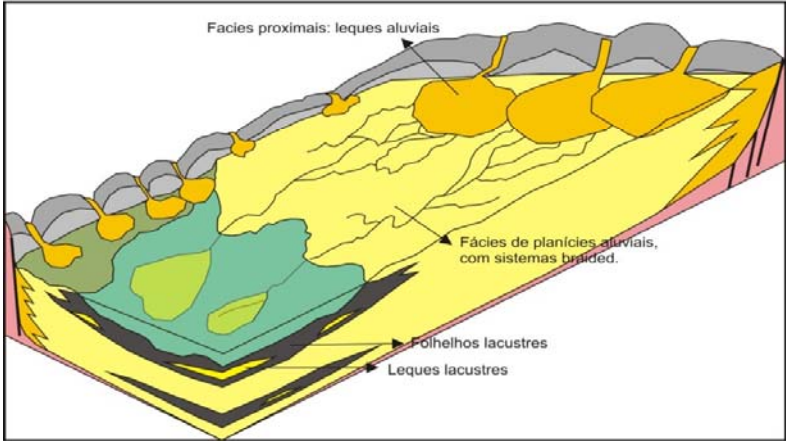
Migração de hidrocarbonetos: Essencialmente através de falhas do rifte. Migração lateral e vertical curta entre as fácies do rifte. Em menor medida, migração vertical ao longo de falhas reativadas que afetam as sequências rifte e pós-rifte.

Trapas: Estratigráficas, leques aluviais de borda de bacia e leques lacustres; combinadas, truncamentos contra a discordância *break up* e *pinch outs* contra as ombreiras dos grábens; estruturais, blocos falhados e rotacionados que determinam altos e grábens internos.

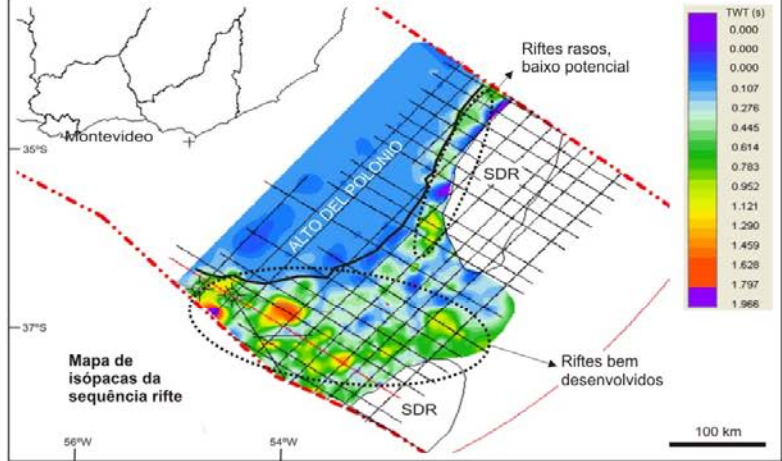
CARTA DE EVENTOS

Paleozoico			Mesozoico			Cenozoico		Tempo	Sist. Petrolífero
Devoniano	Carbonífero	Permiano	Triássico	Jurássico	Cretáceo	Paleógeno	Neógeno		
									Rocha Geradora
									Rocha Reservatório
									Rocha Selante
									Soterramento
									Trampa
									Migração
									Preservação
									Momento Crítico

MODELO GEOLÓGICO



MAPA DE OCORRÊNCIA



SEÇÃO SÍSMICA REPRESENTATIVA

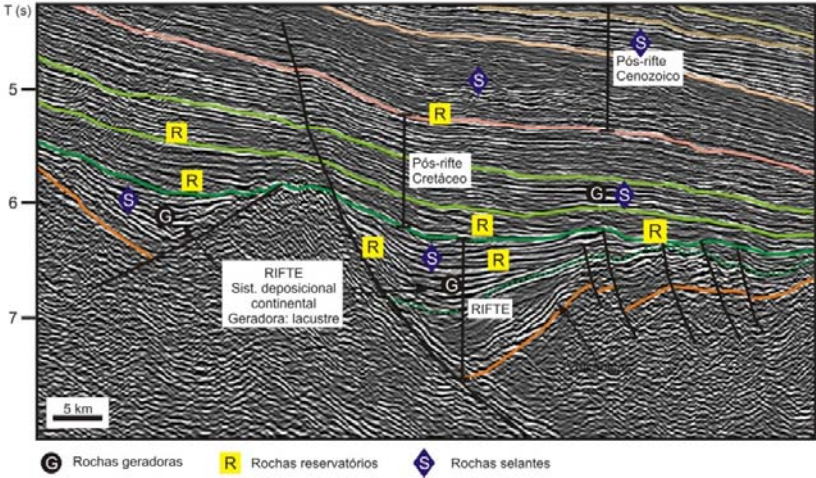


Figura 88: Síntese das características do sistema petrolífero lacustre da fase rifte (?), na margem continental uruguaia.

Geração de hidrocarbonetos: As potenciais rochas geradoras do rifte foram modeladas no setor meridional, onde apresentam o máximo desenvolvimento, e no setor central da margem uruguaia, onde os riftes apresentam-se isolados e de menores dimensões. Para o setor meridional da margem uruguaia e nos depocentros mais profundos, as potenciais rochas geradoras do rifte teriam sofrido todo o processo de transformação no Cretáceo, como consequência da importante espessura da sedimentação rifte e pós-rifte cretácea. No entanto, nos riftes menos profundos, a janela do óleo é atingida no Cretáceo Superior, ocorrendo a máxima geração do óleo no Paleoceno/Eoceno, e sendo atingidas as janelas de gás húmido e condensado e gás seco no Eoceno. Para o setor central da margem uruguaia, condições de maturidade das potenciais rochas geradoras do rifte são alcançadas mais tardiamente que no setor meridional, sendo atingida a janela do óleo no Paleoceno/Eoceno e o momento de máxima geração do óleo no limite Eoceno/Oligoceno.

Este sistema petrolífero tem ocorrência provada nas diversas bacias sedimentares da margem atlântica (e.g. Beglinger *et al.* 2013, Mello *et al.* 2012, Chang *et al.* 2008, ANP 2002; 2009, Coward *et al.* 1999). Devido ao desenvolvimento da sequência rifte na Bacia de Punta del Este, seu potencial de ocorrência nessa bacia é alto. Porém, na Bacia de Pelotas, o principal fator de risco é a não ocorrência de folhelhos lacustres na sequência rifte.

7.5 Sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cretácea (?)

Uma síntese das características deste sistema petrolífero é apresentada na Figura 89.

Rochas geradoras: Rochas geradoras do Aptiano e do Cenomaniano-Turoniano têm sido identificadas nas margens brasileira e africana do Atlântico Sul (e.g. Adekola *et al.* 2012, Mello *et al.* 2012, Davison 1999, van der Spuy 2003). Entre as perfurações que atingiram essas rochas geradoras, merecem destaque as de Nº 361 e 364, do *Deep Sea Drilling Program* (DSDP), localizadas nas bacias de Cape e Angola, respectivamente (Foresman, J. 1978), e a BPS 6A, perfurada pela Petrobras na porção brasileira da Bacia de Pelotas.

Teores de matéria orgânica total superiores a 15%, predominantemente do tipo I e II, têm sido reportados para os folhelhos marinhos do Aptiano (Hartwig *et al.* 2012, Bray *et al.* 1998, Foresman, J. 1978), e de até 4%, do tipo II, para os folhelhos marinhos do Cenomaniano-Turoniano (Cupertino 2006, Herbin *et al.* 1987, Foresman, J. 1978).

Neste trabalho, considerando-se sua posição estratigráfica e atributos sísmicos, foi mapeada uma sequência deposicional de provável idade aptiana (sequência pós-rifte 1), ao longo de toda a margem continental do Uruguai. Folhelhos marinhos do Cenomaniano-Turoniano (sequência pós-rifte 3) provavelmente apresentam maior potencial de preservação na Bacia de Pelotas que na Bacia de Punta del Este, devido ao aporte sedimentar, como mencionado previamente.

Exemplos de acumulações de hidrocarbonetos com geradoras marinhas do Cretáceo podem ser encontrados tanto na margem sul-americana quanto africana do Atlântico (Mello *et al.* 2012, Schimidt 2004, Cole *et al.* 2000). O campo Kudu, na Bacia de Orange, e o poço 1-ESS-130-ES, na Bacia do Espírito Santo, são exemplos de acumulações de hidrocarbonetos com geradora mista, lacustre e marinha cretácea (Mello *et al.* 2012).

Rochas reservatórios: Na fase pós-rifte cretácea foram identificados, através da análise dos dados sísmicos, leques de assoalho de idade cretácea, além de leques de talude, cunhas de nível baixo e deltas plataformais como potenciais rochas reservatórios.

Rochas selantes: Folhelhos marinhos de extensão regional da fase pós-rifte.

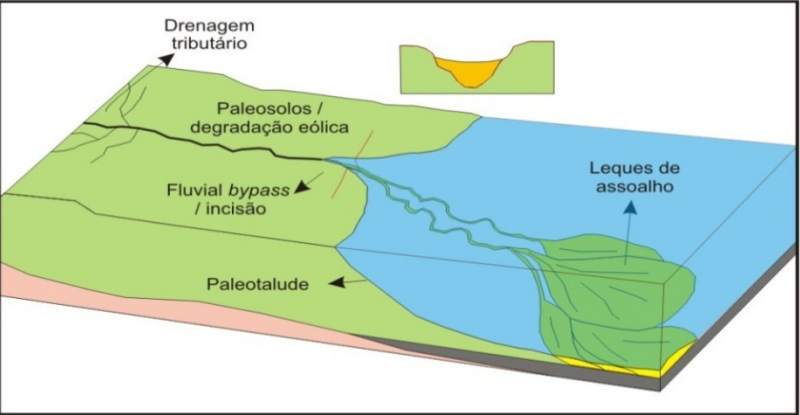
Migração de hidrocarbonetos: Essencialmente lateral, através de estratos permeáveis e discordâncias. Em menor medida pode ocorrer migração vertical ao longo de falhas que afetam as sequências rifte e pós-rifte.

Trapas: Estratigráficas.

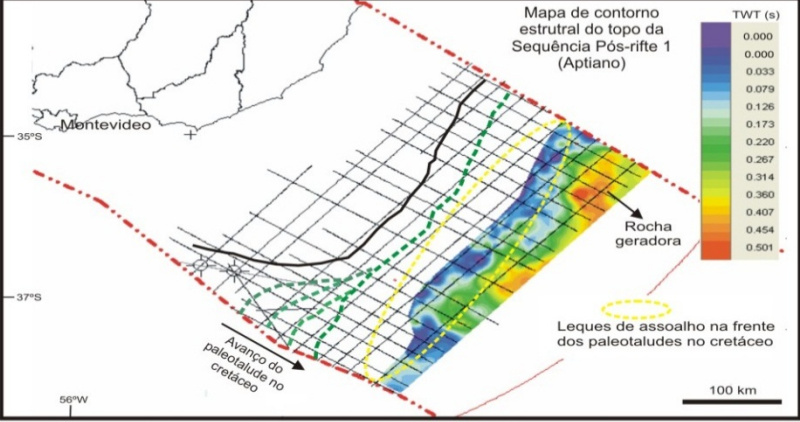
CARTA DE EVENTOS

Paleozoico			Mesozoico			Cenozoico		Tempo	Sist. Petrolífero
Devoniano	Carbonífero	Permiano	Triássico	Jurássico	Cretáceo	Paleógeno	Neógeno		
									Rocha Geradora
									Rocha Reservatório
									Rocha Selante
									Soterramento
									Trampa
									Migração
									Preservação
									Momento Crítico

MODELO GEOLÓGICO



MAPA DE OCORRÊNCIA



SEÇÃO SÍSMICA REPRESENTATIVA

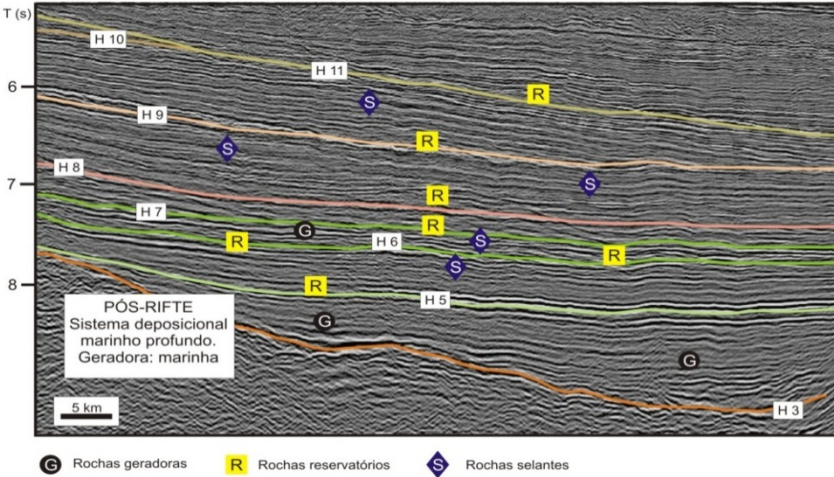


Figura 89: Síntese das características do sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cretácea (?), na margem continental uruguaia.

Geração de hidrocarbonetos: Segundo o modelo desenvolvido neste trabalho, as potenciais rochas geradoras da sequência pós-rifte 1 atingem a janela do óleo no Paleoceno, nos setores meridional e setentrional da margem uruguaia, e no Eoceno, no setor central. O máximo de geração do óleo e as janelas do gás húmido e condensado e do gás seco são atingidos no Eoceno, Eoceno/Oligoceno e Mioceno, respectivamente, nos setores meridional e setentrional. No entanto, no setor central o máximo de geração do óleo é atingido no Mioceno, estando atualmente na janela do gás húmido e condensado.

Para as potenciais rochas geradoras da sequência pós-rifte 3, condições de maturidade são atingidas em todos os setores no Eoceno. O máximo de geração do óleo ocorre mais cedo no setor meridional (Eoceno) que no setor setentrional (Oligoceno/Mioceno). A janela do gás húmido e condensado é atingida no Oligoceno no setor meridional, e no Mioceno no setor setentrional, sendo atingida a janela do gás seco só na área mais distal do setor setentrional da margem uruguaia. No setor central da margem uruguaia, condições de maturidade são atingidas no Eoceno, estando no Presente no máximo de geração de óleo.

Este sistema petrolífero tem ocorrência provada em diversas bacias sedimentares da margem atlântica, sendo sua presença na margem uruguaia provável em função do modelo geológico. Além disso, as rochas geradoras apresentam muito boa qualidade nas bacias onde estão reconhecidas. Mais uma vantagem importante é que as potenciais rochas geradoras e reservatórios estão muito próximas umas das outras, facilitando o abastecimento. Uma desvantagem é a profundidade em que se encontram os *plays* (> 2000 m de lâmina de água e > 3000 m de sedimentos na Bacia de Pelotas).

7.6 Sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cenozoica (?)

Uma síntese das características deste sistema petrolífero é apresentada na Figura 90.

Rochas geradoras: Além das rochas geradoras do sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cretácea, nos setores mais distais das bacias da margem continental uruguaia rochas cenozoicas podem apresentar algum potencial gerador,

particularmente, os folhelhos marinhos da Formação Gaviotín (identificados no poço do mesmo nome). Esses folhelhos apresentam valores de COT de 1,9% no poço Gaviotín (Chevron, 1976)

Rochas reservatórios: Leques de assoalho, cunhas de nível baixo, depósitos deltaicos e plataformais, e depósitos de escorregamentos da fase pós-rifte cenozoica.

Rochas selantes: Folhelhos marinhos de extensão regional da fase pós-rifte.

Migração de hidrocarbonetos: Essencialmente lateral, através de estratos permeáveis e discordâncias. Em menor medida, pode ocorrer migração vertical ao longo de falhas que afetam as sequências rifte e pós-rifte. Na Bacia de Pelotas pode ocorrer migração na área de amalgamação de discordâncias no paleo-talude.

Trapas: Estratigráficas.

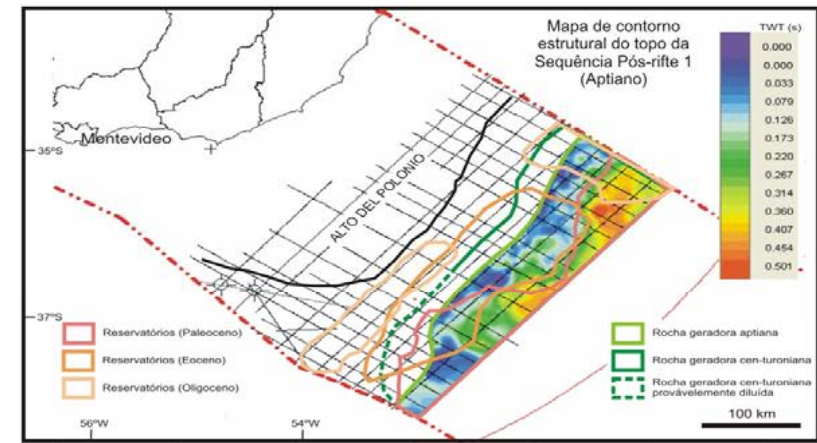
Geração de hidrocarbonetos: A mesma descrita para o sistema petrolífero da fase pós-rifte cretácea.

Este sistema petrolífero apresenta diversidade de potenciais rochas reservatórios (Paleoceno, Eoceno Médio, Oligoceno, Mioceno). Contudo, pode apresentar dificuldades de abastecimento, devido à escassez de falhas para conectar as rochas geradoras às rochas reservatórios, e devido ao preenchimento essencialmente de folhelhos na Bacia de Pelotas.

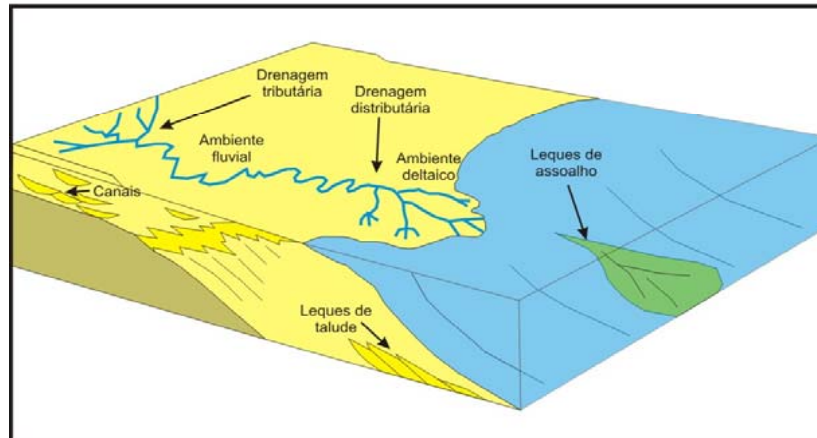
CARTA DE EVENTOS

Paleozoico			Mesozoico			Cenozoico		Tempo	Sist. Petrolífero
Devoniano	Carbonífero	Permiano	Triássico	Jurássico	Cretáceo	Paleógeno	Neógeno		
									Rocha Geradora
									Rocha Reservatório
									Rocha Selante
									Soterramento
									Trampa
									Migração
									Preservação
									Momento Crítico

MAPA DE OCORRÊNCIA



MODELO GEOLÓGICO



SEÇÃO SÍSMICA REPRESENTATIVA

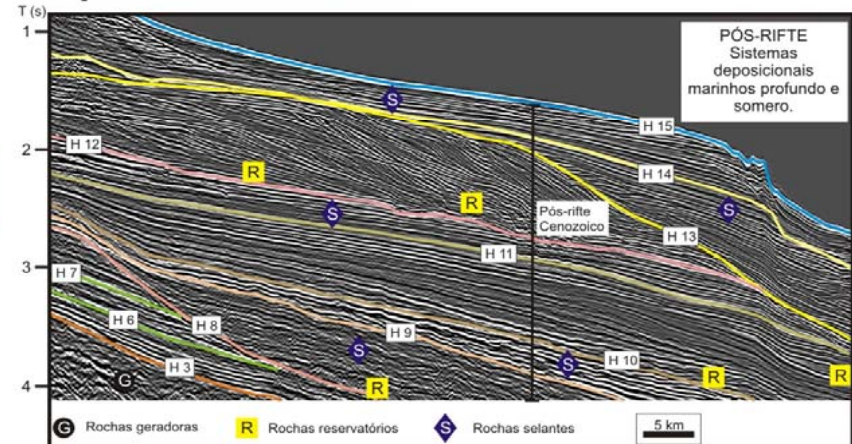


Figura 90: Síntese das características do sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cenozoica (?), na margem continental uruguaia.

7.7 Sistema petrolífero não convencional associado a Hidratos de Gás (?)

Uma síntese das características deste sistema petrolífero é apresentada na Figura 91.

Rochas geradoras: Atividade biogênica marinha rasa de idade Mioceno Superior ao presente e/ou folhelhos marinhos do Cretáceo (Aptiano ou Cenomaniano/Turoniano).

Rochas reservatórios: Poros dos folhelhos, intragranular e intergranular (hidratos de gás).

Rochas selantes: Não há, mas no caso de gás de origem termogênico, a camada de hidratos de gás pode servir de selo, alojando gás livre abaixo do BSR, ou que pode se misturar com os hidratos.

Migração de hidrocarbonetos: Para o gás de provável origem biogênica a migração ocorre por remobilização devido a mudanças no campo de condições físico-químicas, que controlam o desenvolvimento e a estabilidade dos hidratos de gás. Para o gás de provável origem termogênica, a migração poderia ter ocorrido por falhas reativadas do pós-rifte, observadas nas seções sísmicas como chaminés de gás.

Trapas: Dependentes de condições físico-químicas que controlam o desenvolvimento e a estabilidade dos hidratos de gás.

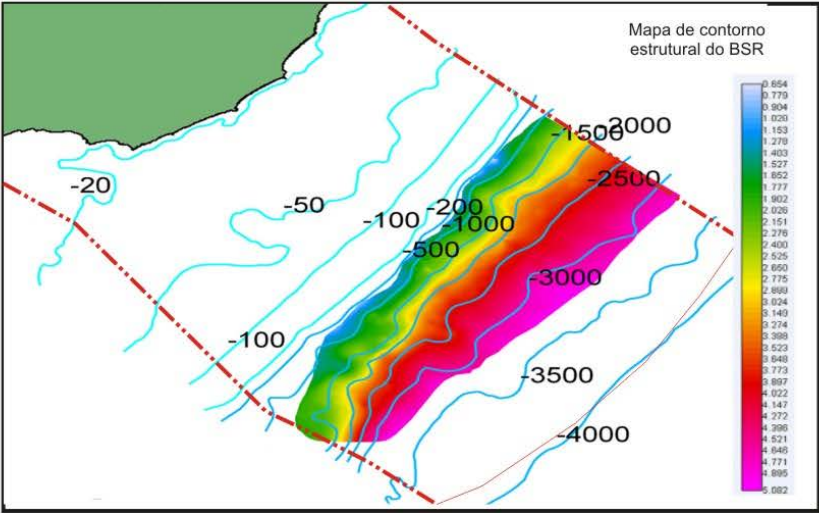
Geração de hidrocarbonetos: De origem biogênica ou termogênica. No caso de provável origem termogênica, segundo a modelagem aqui desenvolvida, todas as rochas geradoras da fase pós-rifte estão atualmente nas janelas de gás, com exceção das pertencentes à sequência pós-rifte 3, no setor central da margem uruguaia.

Este sistema petrolífero apresenta grandes volumes de gás e profundidade rasa de prospecto. Tomasini *et al.* (2011) calcularam o valor P50 do GOES em 293 TCF para os hidratos de gás da margem uruguaia. Contudo, vale a pena ressaltar que trata-se de um recurso para o qual os métodos e tecnologias de produção ainda estão em desenvolvimento.

CARTA DE EVENTOS

Paleozoico			Mesozoico			Cenozoico		Tempo	Sist. Petrolífero
Devoniano	Carbonífero	Permiano	Triássico	Jurássico	Cretáceo	Paleógeno	Neógeno		
									Rocha Geradora
									Rocha Reservatório
									Rocha Selante
									Soterramento
									Trampa
									Migração
									Preservação
									Momento Crítico

MAPA DE OCORRÊNCIA



SEÇÕES SÍSMICAS REPRESENTATIVAS

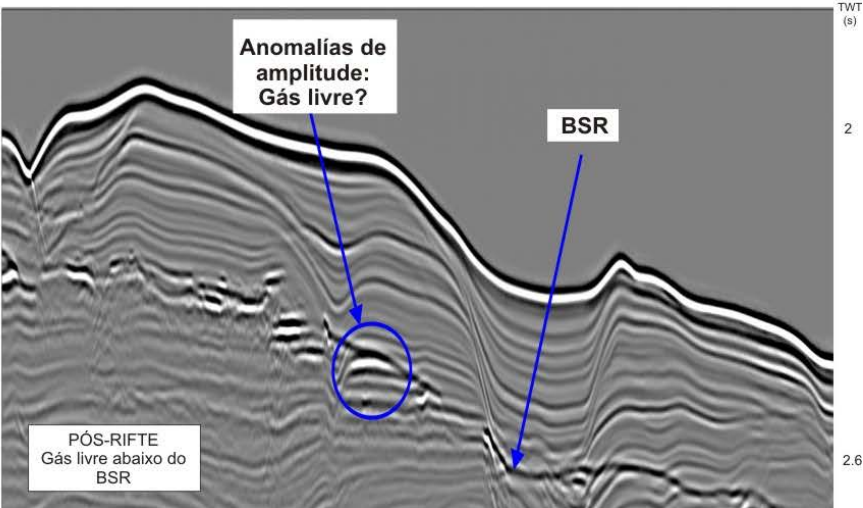
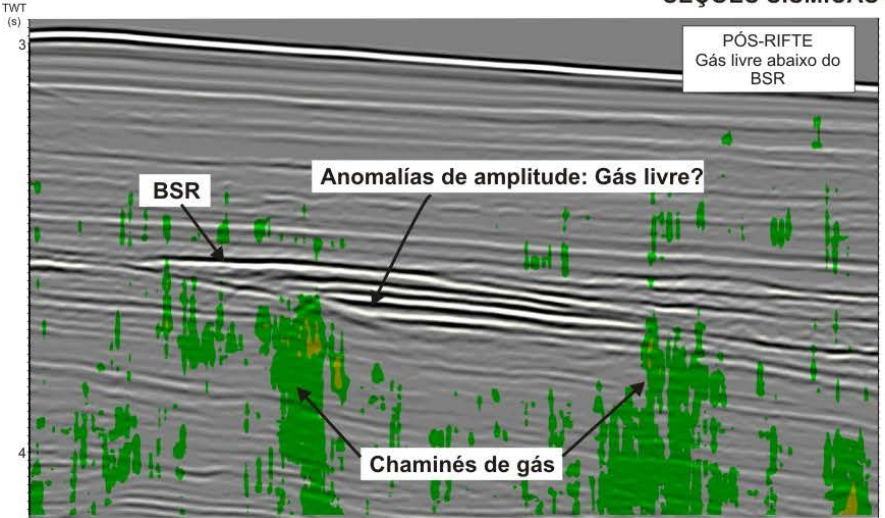


Figura 91: Síntese das características do sistema petrolífero não convencional associado a hidratos de gás (?), na margem continental uruguaia. Mapa de ocorrência e seções sísmicas retiradas de Tomasini *et al.* 2011.

8. CONCLUSÕES

A margem continental do Uruguai, originada pelos mecanismos de distensão litosférica que conduziram à ruptura do paleocontinente Gondwana e à formação do Oceano Atlântico Sul durante o Mesozoico, constitui um exemplo de margem passiva de tipo vulcânico, sendo caracterizada pela presença de cunhas de *Seaward Dipping Reflectors* e um corpo de alta densidade na base da crosta.

A margem continental do Uruguai apresenta progressiva diminuição da espessura da crosta continental para nordeste, acompanhando o *strike* da margem, com valores que variam de 32 km, no limite com a margem argentina, até 25 km, no limite com a margem brasileira. Na mesma direção, apresenta maior proximidade com a linha de costa na passagem de crosta continental–crosta oceânica.

O adelgaçamento da crosta continental é abrupto na área da Bacia de Pelotas (setores central e setentrional da margem uruguaia), onde a descontinuidade de Mohorovicic apresenta inflexão brusca, coincidente com a quebra da plataforma e uma maior anomalia gravimétrica; na área da Bacia de Punta del Este (setor meridional da margem uruguaia) esse adelgaçamento é mais gradual.

O estilo estrutural da margem continental do Uruguai foi marcado por falhas normais, atuantes sobre um arcabouço estrutural preexistente, que controlaram o desenvolvimento dos riftes. Essas falhas mostram orientação perpendicular à linha da costa (NW-SE), no estágio inicial da abertura (Jurássico-Cretáceo Inferior), e orientação principalmente paralela à costa (NE-SW), no estágio posterior da abertura atlântica (Cretáceo Inferior).

As bacias da margem continental do Uruguai compartilham os clássicos estágios tectono-sedimentares evolutivos das demais bacias marginais atlânticas, incluindo as fases pré-rifte (Paleozoico), rifte (Jurássico-Cretáceo Inferior), transição (Barremiano-Aptiano) e pós-rifte (Aptiano-Presente), as quais agrupam catorze sequências deposicionais.

A fase pré-rifte corresponde aos depósitos paleozoicos do Gondwana ocidental, preservados como relictos após o levantamento e erosão generalizada provocados pela orogênese tardi-herciniana.

A fase rifte (Jurássico-Cretáceo Inferior), na Bacia de Punta del Este, é caracterizada por falhas normais, sintéticas e antitéticas, de orientação geral NW-SE nos setores proximais e E-W / NE-SW nos setores distais, que determinam o desenvolvimento de altos internos, grábens e meio-grábens de importantes dimensões. Na Bacia de Pelotas, a fase rifte está representada por meio-grábens de pequenas dimensões, controlados por falhas antitéticas de orientação NE-SW, ocorrendo lateralmente isolados ou por vezes conectados, e por espessas cunhas de SDR.

A fase de transição é identificada unicamente na Bacia de Punta del Este, correspondendo à fase inicial da subsidência termal da bacia.

A fase pós-rifte é caracterizada por uma cunha sedimentar que se espessa na direção do mar, sendo o resultado da interação entre o aporte sedimentar, a taxa de subsidência e as variações do nível do mar. Nessa fase ocorreu migração de depocentros nas bacias da margem continental do Uruguai, na direção nordeste, no início do Paleógeno. O depocentro do Cretáceo localiza-se na Bacia de Punta del Este; o depocentro do Cenozoico localiza-se na Bacia de Pelotas, onde os depósitos do Paleógeno apresentam a maior espessura no setor central da margem uruguaia e os depósitos do Neógeno no setor setentrional.

O intervalo pós-rifte cretáceo apresenta características regressivas, com o desenvolvimento de cunhas progradacionais na Bacia de Punta del Este, em resposta ao alto aporte sedimentar, e características agradacionais-retrogradacionais na Bacia de Pelotas, em resposta ao insuficiente aporte sedimentar. O reconhecimento das características diferentes dos sistemas deposicionais nas bacias é importante na análise dos elementos dos potenciais sistemas petrolíferos da margem uruguaia, tanto no que se refere às rochas geradoras, quanto aos reservatórios e ao tempo de migração.

O intervalo pós-rifte cenozoico apresenta características gerais transgressivas, com migração da linha da costa na direção do continente, embora várias das sequências deposicionais que o compõem apresentem características regressivas. Na Bacia de Pelotas é notável a espessura da sedimentação miocênica, caracterizada por intensa progradação, sendo o alto aporte sedimentar associado à fase Quechua da orogênese andina.

A fase pós-rifte das bacias da margem continental do Uruguai apresenta escassa atividade tectônica, o que determina que as potenciais trapas de hidrocarbonetos sejam estratigráficas.

As bacias da margem continental do Uruguai apresentam potencial para acumulações de hidrocarbonetos, já que sua evolução tectono-sedimentar meso-cenozoica teria propiciado o desenvolvimento dos elementos e processos geológicos essenciais à conformação de sistemas petrolíferos.

Cinco sistemas petrolíferos especulativos foram definidos para a margem continental uruguaia, baseados nas fases de evolução das bacias Punta del Este e Pelotas, e no estabelecimento de analogias com as bacias marginais atlânticas produtoras de hidrocarbonetos: a) sistema petrolífero marinho da fase pré-rifte (?), b) sistema petrolífero lacustre da fase rifte (?), c) sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cretácea, d) sistema petrolífero marinho da fase pós-rifte cenozoica, e e) sistema petrolífero não convencional associado a Hidratos de Gás.

As potenciais rochas geradoras, de um modo geral, teriam atingido condições de maturação mais tardiamente nos setores central e setentrional que no setor meridional da margem uruguaia.

REFERÊNCIAS

- Adekola, S.A., Akinlua, A. & Mangelsdorf, K. Organic geochemical evaluation of Cretaceous shale samples from the Orange Basin, South Africa. **Applied Geochemistry**. v27, p.1633-1642. 2012.
- Almeida, F.F.M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. **Boletim** 241, p. 1-36. 1967.
- Alves, E.C. 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. 1981. Série REMAC 9, p. 187- 269.
- Alves, E.C. **Estrutura rasa do talude e sopé da Margem Continental do Rio Grande do Sul e Uruguai**. Porto Alegre. 74p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1977.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Bio combustíveis). **Poço 2-ANP-1RJS tem volume recuperável de 4.5 bi de barris**. 2010. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=23952&m=franco&t1=&t2=franco&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1316528081688>>. Acesso em: set 2011.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Bio combustíveis). **Brasil round 10: Sergipe-Alagoas basin**. 2009. Disponível em: <http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/seminarios/STA_2_Bacia_de_Sergipe_Alagoas_ingles.pdf>. Acesso em: set. 2011.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Bio combustíveis). **Brasil round 4: Pelotas basin**. 2002. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round4/round4/workshop/restrito/ingles/Pelotas_ing.pdf>. Acesso em: set 2011.
- Araújo, C.C., Yamamoto, J. K. e Rostirolla, S. P. Distribuição espacial e caracterização geológica dos arenitos asfálticos da borda leste da Bacia do Paraná no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**. v34(2), p87-20. 2004
- Asmus, H.E. & Baisch, P.R. Geological evolution of Brazilian continental margin. **Episodes**, Nottingham. v.4, p.3-9. 1983.
- Beglinger, S.E., Douts, H. & Cloetingh, S. Relating Petroleum System and play development to basin evolution: West African South Atlantic basins. **Marine and Petroleum Geologist**. 2012a. n30, 1-25.
- Beglinger, S.E., Corver, M.P., Doust, H., Cloetingh, S. & Kennedy Thurmond, A. Relating Petroleum System and play development to basin evolution: an application to the conjugate margin Gabon Coastal and Alamada-Camamu basins. **American Association of Petroleum Geologists**. Bulletin. 96, p. 953-982. 2012b.
- Beglinger, S.E., Doust, H. & Cloetingh, S. Relating Petroleum System and play development to basin evolution: Brazilian South Atlantic Margin. **Petroleum Geoscience**. 18, p. 315-336. 2013.

Blaich, O., Faleide, J.I., Tsikalas, F., Franke, D. & León, E. Crustal-escale architecture and segmentation of the Argentine margin and its conjugate off South Atlantic. **Geophysical Journal International**. 178, p. 85-105. 2009.

Bueno, G.V. Diacronismo de eventos no rifte Sul-Atlântico. **Boletín de Geociencias de Petrobras**. 12(2), p. 203-229. 2004.

Bueno, G.V.; Zacharias, A.A.; Orebro, S.G.; Supertino, J.A.; Falkenheim, F.U.H. & Martins-Neto, A.M. Bacia de Pelotas. **Boletim de Geociências da Petrobras**. v15(2), p 551-559. 2007.

Bray, R., Lawrence, S. & Roger, S. Source rock, maturity data indicate potential off Namibian. **Oil and Gas Journal**. v96, no. 32, p. 84-89. 1998.

Cainelli, C & Mohriak, W.U. Some remarks on the evolution of sedimentar basins along the Eastern Brazilian continental margin. **Episodes Journal of International Geoscience**. v 22, p. 206-216. 1999.

Campos L., Milani E., Toledo M., Queiroz R., Catto A., Selke S. **Barra Bonita: a primeira acumulação comercial de hidrocarboneto da Bacia do Paraná (Barra Bonita: The first commercial hidrocarbon accumulation of Paraná Basin). Brazilian Petroleum Institute - IBP**. In: Presentantion paper in Rio & Gas Conference. Rio de Janeiro, Brazil. 1998.

Catuneanu, O. **Principles of Sequence Stratigraphy**. Amsterdam. Elsevier Science Ltd., 2006. 375p.

Cesero, P.D. & Ponte, F.C. Análise Comparativa da Paleogeologia dos litorais atlânticos brasileiro e africano. **Boletim Geociências da Petrobrás**. v.11, n.1/2, p. 1-18. 1997.

Chang, H.K., Assine, M.L., Corrêa, F.S., Tinen, J.S., Vidal, A.C. & Koike, L. Sistemas petrolíferos e modelos de acumulacao de hidrocarbonetos na Bacia de Santos. **Revista Brasileira de Geociências**. 38 (2-Suplemento), p. 29-45. 2008.

Chang, H.K.; Kowsmann, R.O.; Ferreira Figueiredo, A.M. & Bender, A.A. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift system: an overview. **Tectonophysics**. v.213, p. 97-138. 1992.

Chevron Oil Uruguay. **Biostratigraphy of the Lobo and Gaviotín Wells – Offshore Uruguay**. Resumo. 1p. Reporte interno. 1976.

COALEP. **Presentación de la República Oriental del Uruguay a la Comisión de Límites de la Plataforma Continental acorde a lo establecido en el Artículo 76, parágrafo 8 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar**. Resumen ejecutivo, 12p. 2009. Disponível em: <http://www.un.org/Depts/los/clcs_new/submissions_files/ury09/ury_resumen.pdf>. Acesso em: oct. 2010.

Cobbold, P.R., Rosello, E.A., Roprech, P., Arriagada, C., Gómez, L.A., Cláudio, L., Distribution, timing, and causes of Andean deformation across South America. In: Ries, A.C., Butler, R.W.H., Graham, R.H. (Eds.), **Deformation of the Continental Crust: The Legacy of Mike Coward**. Geological Society of London, Special Publications. 2007. v272, p. 321-343.

Cole, G. A., Requejo, A. G., Ormerod, D., Yu, Z. e Clifford, A. Petroleum geochemical assessment of the lower congo basin. In: Mello, M. R. & Katz, B. J. (eds) **Petroleum Systems of South Atlantic Margins**. AAPG, Memoir, 73, 325–339. 2000.

Contreras, J., Züklke, R. Bowman, S & Bechstädt, T. Seismic stratigraphy and subsidence analysis of the southern Brazilian margin (Campos, Santos and Pelotas basins). **Marine and Petroleum Geology**. 27, p. 1952-1980. 2010.

Corrêa, I.C.; Ayup-Zouain, R.N.; Weschenfelder, J. & Tomazelli, L.J. Áreas Fontes dos Minerais Pesados e sua Distribuição sobre a Plataforma Continental Sul-brasileira, Uruguaia e Norte-argentina. **Revista Pesquisas em Geociências**, v35 (1), p. 137-150. 2008.

Corrêa, F. S. **Evolução halocinética da porção centro-norte da Bacia de Santos: das heranças da fase rifte a exploração de hidrocarbonetos**. Rio Claro, 210p. (Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) Instituto de Geociências. Universidade Estadual Paulista – Rio Claro. 2009.

Coward, M.P., Purdy, E.G. Ries, A.C. & Smith, D.G. The distribution of the petroleum reserves in basins of the South Atlantic margin. In: Cameron, M.R., Bate, R.H. & Clure, V.S. (eds) **The oil and gas habitats of the South Atlantic**. Geological Society, London, Special Publications. 1999. 153, p. 101-131.

Cupertino, J.A. **Curso de Interpretação Exploratória- Bacias Brasileiras: Bacia de Pelotas**. E&P-EXP/GPE/SSE. Universidade da Petrobras. 2006.

da Camara Rosa, M.L. **Análise gravimétrica e magnetométrica da região sul da Província Costeira do Rio Grande de Sul, setor sudoeste da Bacia de Pelotas**. Porto Alegre. 152p. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande del Sul, Porto Alegre. 2009.

Daners, G. and Guerstein G.R. Dinoflagelados del Maastrichtienese-Paleogeno en la Formación Gaviotín, cuenca Punta del Este. In: G. Veroslavsky, M. Ubilla and S. Martínez (eds.), **Cuencas sedimentarias de Uruguay; Geología, Paleontología y Recursos Naturales, Cenozoico**, Edición: División Relaciones y Actividades Culturales de Facultad de Ciencias, Montevideo. 2004. p. 37-62.

Daners, G.; de Santa Ana, H. & Veroslavsky, G. **Paleozoico Superior en la plataforma continental uruguaya: evidencias geológicas y palinológicas**. In: XII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología. 2003. Buenos Aires, Argentina. Resúmenes. p. 31.

Davison, I. Tectonics and hydrocarbon distribution along the Brazilian South Atlantic margin. In: Cameron, M.R., Bate, R.H. & Clure, V.S. (eds) **The oil and gas habitats of the South Atlantic**. Geological Society, London, Special Publications. 2009. 153, p. 133-151.

Davison, I. Hydrocarbon Potential of Offshore Argentina and Uruguay: S. Scotian Fold and Thrust belt, the South Atlantic Margin and the Internal Rifts. In: **South Atlantic Petroleum Systems**. p. 4-6. 2007.

de Santa Ana, H. & Tomasini, J. **Integración de datos sobre Hidratos de Gas em el Offshore del Uruguay**. In: VI Congreso Uruguayo de Geología. 12-14 de mayo. Lavalleja, Uruguay. CD-ROM. 2010.

de Santa Ana, H., Conti, B. & Soto, Matias. **Analogía entre cuencas productivas y no productivas: sistemas petroleros de las cuencas de Orange y Punta del Este**. In: VI Congreso Uruguayo de Geología. 12-14 de mayo. Lavalleja, Uruguay. CD-ROM. 2010.

de Santa Ana, H., Veroslavsky, G., Morales, E. Potencial exploratorio del offshore de Uruguay. **Revista de la Industria Petrolera**, Cuarta Época. 12, p. 48-59. 2009.

de Santa Ana H., Ucha N. & Veroslavsky G. **Geología y potencial hidrocarburífero de las cuencas offshore de Uruguay**. In: V Seminario Internacional: Exploración y Producción de Petróleo y Gas. Lima, Noviembre 2005. CD-ROM. 2005.

de Santa Ana, H., Ucha, N., Gutiérrez, L. & Veroslavsky, G. Hidratos de gas: estimación de su potencial en la plataforma continental de Uruguay a partir de información sísmica de reflexión. **Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología**. 11, p. 46-52. 2004.

Dias, J.L.; Sad, A.R.; Fontana, R.L. & Feijó, F.J. Bacia de Pelotas. Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. 8(1), p. 235-245. 1994.

Douts, H. The exploration play: What do we mean by it?. **AAPG Bulletin**. 94 N° 11, p. 1657-1672. 2010.

Douts, H. & Sumner, H.S. Petroleum system in rift basins – a collective approach in Southeast Asian basins. **Petroleum Geoscience**. 13, p. 127-144. 2007.

Eldholm, O., Gladchenko, T.P., Skogseid, J., Planke, S. Atlantic volcanic margins: a comparative study. Pp. 411-428 in Nøttvedt, A., Larsen, B. T., Olaussen, S., Tørudbakken, B., Skogseid, J., Gabrielsen, R.H., Brekke, H., Ø. Birkeland (eds.), **Dynamics of the Norwegian Margin**. Geological Society of London, Special Publications 167. 2000.

Ewing, M.; Ludwig, W. & Ewing, J. Geophysical investigations in the submerged Argentine coastal plain. **Bulletin of the Geological Society of America**. 74, p. 275-292. 1963.

Férau, G.; Bertrand, H.; Martinez, M.; Ures, C.; Schipilov, A. & Bossi, J. **⁴⁰Ar/³⁹Ar age and geochemistry of the southern extension of Paraná traps in Uruguay**. In: II Simposio Sudamericano de Geología Isotópica, Córdoba, Actas. pp. 57-59. 1999.

Figueroa, D., Marshall, P., Prayitno, W. Cuencas atlánticas de aguas profundas: principales plays. In Chebli, G., Cortiñas, J., Spalletti, L., Legarreta, L., Vallejo, E. (eds.). **Frontera Exploratoria de la Argentina**. In: VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata, Argentina. 2005. p. 325-335

Fisher, W.L. & McGowen, J.H. Depositional system in Wilcox Group (Eocene) of Texas and their relation to occurrence of oil and gas. **AAPG**. 53(1), p. 30-54. 1967.

Fontana, R.; Cainelli, C. & Esteves, C. **Offshore Uruguay: Punta del Este and Pelotas Basins, regional geological mapping**. Informe Interno BRASPETRO/GEMP, 22 pp. 1999.

Fontana, R.L. **Geotectônica e sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis**. Porto Alegre. 145p. (Tese de Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1996.

Fontana, R.L. **Desenvolvimento termomecânico da Bacia de Pelotas e parte sul da Plataforma de Florianópolis**. Outo Preto. 112p. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Geologia. Universidade Federal de Outo Preto. Mina Gerais. 1987.

- Foresman, J. 1978. **Organic Geochemistry DSDP LEG 40, Continental Rise of Southwest Africa**. Disponível em: <<http://www.deepseadrilling.org/40>>. Acesso em nov. 2011.
- Franke, D.; Neben, S.; Ladage, S.; Schreckenberger, B. & Hinz, K. Margin segmentation and volcano-tectonic architecture along the volcanic margin off Argentina/Uruguay, South Atlantic. **Marine Geology**. 244(1-4), p. 46-67. 2007.
- Franke, D.; Neben, S., Schreckenberger, B., Schulz, A., Stiller, M., & Krawczyk, C. **Crustal structure across the Colorado Basin, offshore Argentina**. Federal Institute of Geosciences & Natural Reserch (BGR). Hannover. Germany. 2006.
- Galloway, W.E., Genetic stratigraphic sequences in basin analysis; I, Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units: **AAPG Bulletin**. v73/2, p. 125-142. 1989.
- Gamboa, A.L.A.P & Rabinowitz, P.D. The Rio Grande Fracture Zone in the western South Atlantic and its tectonic implicatios. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam. 52, p. 410-418. 1981.
- Garcia, A.J.V. 1991. Evolucao sedimentary da sequência pré-rifte nas bacias costeiras e interiores do NE do Brasil. **Pesquisas**, Instituto de Geociências, UFRGS. 18, p. 3-12.
- Geoffrey, L. Volcanic passive margins. C. R. **Geoscience**. 337, p.1395-1408. 2005.
- Gladczenko, T.P. , Hinz, K., Eldholm, O., Meyer, H., Neben, S., Skogseid, J. South Atlantic volcanic margins. **Journal of the Geological Society**. 154, 465-470. 1997.
- Goncalves, F.T.T., Bedregal, R.P., Coutinho, L.F.C. & Mello, M.R. Petroleum system of the Camamu-Almada basin: a quantitative modeling approach. In: Mello, M.R. & Katz, B. J. (eds) **Petroleum System of South Atlantic Margins**. American Association of Petroleum Geologists Memoir. 73, p. 257-271. 2000.
- Guardado, L.R., Spadini, A.R., Brandao, J.S. L. & Mello, M.R. Petroleum system of the Campos basin, Brazil. In: Mello, M.R. & Katz, B. J. (eds) **Petroleum System of South Atlantic Margins**. American Association of Petroleum Geologists Memoir. 73, p. 317-324. 2000.
- Grassmann, S.; Franke, D.; Neben, S.; Schnabel, M.; Damm, V. Maturity modelling of the deepwater continental margin, offshore Argentina. Z. dt. **Ges. Geowiss**. 162/1, p. 79-89. 2011.
- Hartwing, A., di Primio, R., Anka, Z. & Horsfield, B. Source rock characteristics and compositional kinetic models of Cretaceous organic rich black shales offshore southwestern Africa. **Organic Geochemistry**. 51, p. 17-34. 2012.
- Herbin, JP; Masure, Edwige; Roucaché, J. Cretaceous formations from the lower continental rise off Cape Hatteras: Organic geochemistry, dinoflagellate cysts, and the Cenomanian/Turonian boundary event at Sites 603 (Leg 93) and 105 (Leg 11). In: van Hinte, JE; Wise, SW Jr; et al. (eds.), **Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Washington (U.S. Govt. Printing Office)**, v93, p. 1139-1162. doi:10.2973/dsdp.proc.93.147.1987
- Hernández-Molina, F.J.; Paterlini, M.; Somoza, L.; Violante, R.; Arecco, M.A.; de Isasi, M.; Rebesco, M.; Uenzelmann-Neben, G.; Neben, S. y Marshall, P. Giant mounded drifts in the Argentine Continental Margin: Origins, and global implications

for the history of the thermohaline circulation. **Marine and Petroleum Geology**. 27, p.1508-1530. 2010.

Hinz, K.; Neben, S.; Schreckenberger, B.; Roeser, H.A.; Block, M.; Goncalvez de Souza, K. & Meyer, H. The Argentine continental Margin north of 48°S: Sedimentary successions, volcanic activity during breakup. **Marine and Petroleum Geology**. 16, p. 1-25. 1999.

Hunt, D. & Tucker, M.E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall. **Sedimentary Geology**. 81, p. 1-9. 1992.

Introcaso & Ramos. **La cuenca del Salado: un modelo de evolución aulacogénica**. In: IX Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Buenos Aires. Argentina. 1984.

Jackson, M.P.A., Cramez, C., Fonck, J.M., Role of subaerial volcanic rocks and mantle plumes in creation of South Atlantic margins : implications for salt tectonics and source rocks. **Marine and Petroleum Geology**. 17, p. 477-498. 2000.

Jungslager, E.H.A. Petroleum habitats of the South Atlantic margin. Pp. 153-168 in Cameron, N. R.; Bate, R. H. & Clure, V. S. (eds), **The Oil and Gas Habitats of the South Atlantic**. Geological Society of London, Special Publications 153. 1999.

Karner, G.D. & Driscoll, N.W. Tectonic and stratigraphic development of the West African and eastern Brazilian margins; insights from quantitative basin modelling. **Geological Society Special Publication**. v.153, p. 11-40. 1999.

Kowsmann, R.O.; Leyden, R.; Francisconi, O. Marine Seismic investigation Southern Brazil Margin. **AAPG Bulletin**. 61,p. 546-557. 1977.

Krastel, S.; Wefer, G.; Hanebuth, T.J.J.; Antobreh, A.A.; Freudenthal, T.; Preu, B.; Schwenk, T.; Strasser, M.; Violante, R.; Winkelmann, D. and M78/3 shipboard scientific party. Sediment dynamics and geohazards off Uruguay and the de la Plata River region (northern-Argentina, Uruguay). **Geo-Marine Letters**. 31, p.271-283. 2011.

Lentini, M., Fraser, S., Sumner, H. & Davies, R. Geodynamics of the central South Atlantic conjugate margins: implications for hydrocarbon potential. **Petroleum Geoscience**. 16, p. 217-229. 2010.

Leyden, R.; Ludwig, W.J. & Ewing, M. Structure of the continental margin of Punta del Este, Uruguay and Rio de Janeiro, Brazil. **Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists**. 55, p. 2161-2173. 1971.

Light M.P.R., Maslanyi M.P., Greenwood R.J. & Banks N.L. Seismic sequence stratigraphy and tectonics offshore Namibia. In: Williams G.D. & Dobb A. (eds.), Tectonics and Seismic Sequence Stratigraphy. **Geological Society, London, Special Publications**. 71, p. 163-191. 1993.

MacDonald, D., Gomez Perez, I., Franzese, J., Spalletti, L., Lawver, L., Gahagan, L., Dalziel, I., Thomas, C., Trewin, N., Hole, M. & Paton, D.. Mesozoic break-up of SW Gondwana: implications for regional hydrocarbon potential of the southern South Atlantic. **Marine Petroleum Geol.** 20, p. 287-308. 2003

Magoon, L. & Dow, W. The Petroleum System. Chapter 1, p 3-24. In Magoon, L. & Dow, W. (eds.), **The petroleum system – from source to trap**. AAPG Memoir 60. 1994.

Martins-Neto, M.A. & Catuneanu, O. Rift sequence stratigraphy. **Marine and Petroleum Geology** 27. 2009. p. 247–253.

Martins, L.R.; Urien, C.M. & Butler, L.W. **Províncias fisiográficas e sedimentos da Margem Continental Atlântica, América do Sul**. 1971. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26. Belém. Anais. Belém, SBG, p. 105-114.

Menzies, M.A., Klemperer, S.L., Ebinger, C.J., Baker, J. Characteristics of volcanic rifted margins. In Menzies, M. A., Klemperer, S. L., Ebinger, C. J., Baker, J. (eds.), **Volcanic rifted margins**. Geological Society of America, Boulder. Special Paper 362. p. 1-14. 2002.

Mello, M.R., Azambuja, N.C., Bender, A.A., Barbanti, S.M., Mohriak, W., Schmitt, P. & Jesus, C.L. **The Namibian and Brazilian Southern South Atlantic petroleum systems: are they comparable analogues?** Geological Society, London, special published online. Doi: 10.1144/SP369.18. 2012.

Mello, M.R., Azambuja, N.C., Mohriak, W., Catto, A.J. & Francolin, J.B. Promising giant new hydrocarbon frontier: the Namibian continental margin. **GeoExpro**. 8, p 64-69. 2011.

Mello, M.R., Mohriak, W., Koutsoukos, E.A.M. & Bacoccoli, G. Selected petroleum system in Brazil. In: Magoon, L. B. & Dow, W. G. (eds) **The Petroleum System – from Source to Trap**. American Association of Petroleum Geologists Memoirs. 60, 499-512. 1994.

Mello, M.R., Telnaes, N. & Maxwell, J.R. The hydrocarbon source potential in the Brazilian marginal basins: a geochemical and paleoenvironmental assessment. In: Huc, A. Y. (ed) **Paleogeography, Paleoclimate and Source Rocks**. AAPG, Studies in Geology. 40, p233-272. 1995.

Milani E.J., Thomaz Filho A. Sedimentary Basins of South America. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. **Tectonic Evolution of South America**, Edição Especial do 31st International Geological Congress, p. 389-449. 2000.

Milani E.J, Brandão J.A., Zalán P.V. e Gamboa L.A. Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas. **Brazilian Journal of Geophysics**. v. 18(3), p. 351-396. 2000.

Miranda, L.O.S. **Geologia das bacias na Plataforma Sul Brasileira**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília, Anais. v 24, p 129-140. 1970.

Mitchum R.M. Jr., P.R. Vail and S. Thompson III. Seismic stratigraphy and Global changes of sea level, part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. Seismic Stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. **American Association Petroleum Geologist** Eds. by Charles E. Payton. Memoir. 26, p. 53-97. 1977.

Mohriak, W.U., Rosendahl, B.R., Turner, J.P., Valente, S.C., Crustal architecture of South Atlantic volcanic margins. In: Menzies, M.A., Klemperer, S.L., Ebinger, C.J., Baker, J. (Eds.), **Volcanic rifted margins**. Geological Society of America, p. 159-202. Special Paper 362. 2002.

Moreira, J.L.P., Madeira, C.V., Gil, J.A. & Machado, M.A.P. Bacia de Santos. **Boletim de Geociências da Petrobras**. 15, p531-549. 2007.

Moulin, M., Aslanian, D. & Olivet, J. L. Geological constraints on the evolution of the Angolan margin based on reflection and refraction seismic data (ZaiAngo Project). **Geophysical Journal International**. 162, 793-810. 2005.

Ojeda, H.A.O. Structural framework, stratigraphy and evolution of Brazilian marginal basins. **AAPG Bulletin**. 66, p. 732-749. 1982.

Pángaro, F. & Ramos, V. Paleozoic crustal blocks of onshore and offshore central Argentina: New pieces of the southwestern Gondwana collage and their role in the accretion of Patagonia and the evolution of Mesozoic south Atlantic sedimentary basins. **Marine and Petroleum Geology**. p. 162-183. 2012.

Paton, D., di Primio, R., Kuhlmann, G., van der Spuy, D. & Horsfield, B. Insights into the Petroleum system Evolution of the southern Orange Basin, South Africa. **South African Journal of Geology**. 110, p. 261-274. 2007.

Pereira, M.J. & Feijó, F.J. Bacia de Santos. Estratigrafia das bacias sedimentares do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**. 8, p. 219-234. 1994.

Porto, R & Asmus, H.E. The Brazilian marginal basins – current state of knowledge. **Academia Brasileira de Ciências**. Anais. v48, p. 215-240. 1976.

Posamentier, H.W. & Allen, G. P. Siliciclastic Sequence Stratigraphy – Concepts and Applications. **SEPM Special Publication**, 7, Tulsa, OK, EUA, 210p. 1999.

Posamentier, H.W., and D.P. James, An overview of sequence-stratigraphic concepts: uses and abuses, in H.W. Posamentier, C.P. Summerhayes, B.U. Haq and G.P. Allen, eds., **Sequence stratigraphy and facies associations**. Oxford, Blackwell, p. 3-181993.

Posamentier, H.W., Vail, P.R. Eustatic controls on clastic deposition. II. Sequence and systems tract models. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.St.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (Eds.), **Sea Level Changes—An Integrated Approach**. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication.v42, p. 125– 154. 1988.

Posamentier, H.W., Jervey, M.T. and Vail, P.R. Eustatic controls on clastic deposition I- Conceptual framework. In Wilgus, C.K. Hastings, B.S., Kendall, C.G. St. C., Posamentier, H.W., Ross, C.A. and Van Wagoner, J.C. eds. **Sea level Changes – an integrated approach**. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication. v42,p. 109-124. 1988.

Potter, P.E. The Mesozoic and Cenozoic paleodrainage of South America: a natural history. **Journal of South American Earth Sciences**. 10, p. 331-344. 1997.

Prosser, S. Rift-related linked depositional system and their seismic expression. In: Williams, G.D. & Dobb, A. (Eds.) **Tectonics and Seismic Sequence Stratigraphy**. Geological Society Special Publication N71, p. 35-66. 1993.

Rabinowitz, P.D., LaBrecque, J., The Mesozoic South Atlantic Ocean and evolution of its continental margins. **Journal of Geophysical Research**. 84, p. 5973-6002. 1979.

Raggio, F. Gerster, R. & Welsink, H. **Cuencas del Salado y Punta del Este**. In: VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Simposio Cuencas Argentinas: visión actual. Mar del Plata. Argentina. CD-ROM. 2011.

Ramos, V. & Turic, M. **Geología y recursos naturales de la plataforma continental argentina**. In III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires. Argentina. 1996.

Reston, T. J.. The opening of the central segment of the South Atlantic: symmetry and the extensión discrepancy. **Petroleum Geoscience**. v16, p.199-206. 2010

Rossello, E. de Santa Ana, H & Veroslavsky, G. El lineamiento Santa Lucía-Aiguá-Merín (Uruguay): un corredor tectónico extensivo y transcurrente dextral precursor de la apertura Atlántica. **Revista Brasileira de Geociências**. v30, no 4, p. 749-756. 2000.

Rossello, E.A.; Veroslavsky, G.; Masquelin, H. & de Santa Ana, H. El corredor jurocretácico Santa Lucía-Aiguá-Merín (Uruguay): cinemática transcorrente dextral y controles preexistentes. **Revista de la Asociación Argentina**. 62(1), p. 92-104. 2007.

Silveira, D.P. & Machado, M.A.P. **Bacias sedimentares brasileiras: Bacia de Pelotas**. Aracaju, Fundação Paleontológica Phoenix, 2001. Série Bacias Sedimentares, ano 6, n.67. 2004.

Sloss, L.L., Krumbein, W.C., Dapples, E.C. Integrated facies analysis. In: Longwell, C. R. (ed.) **Sedimentary Facies in Geologic History**. Geological Society of America. 39, p. 91-124. 1949.

Schmidt, S. **The petroleum potential of the passive continental margin of South-Western Africa – a basin modelling study**. (MS thesis) 2004. Faculty of Georesources and Technical Materials, Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule, Aachen.

Soto, M., Morales, E., Veroslavsky, G., de Santa Ana, H., Ucha, N., Rodríguez, P. The continental margin of Uruguay: Crustal architecture and segmentation. **Marine and Petroleum Geology**. 28. P. 1676-1689. 2011.

Standlee, L.A.; Brumbaugh, W.D.; Cameron, N.R. Contolling factors in the initiation of the South Atlantic Rift System. **Elf Aquitaine Memoir**. 13, p. 141-152. 1992.

Stoakes, F.A.; Campbell, C.V.; Cass, R. & Ucha, N. Seismic stratigraphic analysis of the Punta del Este Basin, offshore Uruguay, South America. **Bulletin American Association of Petroleum Geologists**. 75(2), p. 219-240. 1991.

Tankard, A.J., Uliana, M.A., Welsink, H.J., Ramos, V.A., Turic, M., Franca, A.B., Milani, E.J., De Brito Neves, B.B., Eyles, N., Skarmeta, J., Santa Ana, H., Wiens, F., Ciribian, M., Lopez, P.O., Germs, G.J.B., De UIT, M.J., Machacha, T. & Miller, R. McG. Structural and tectonic contros of basin evolution in southwestern Gondwana during the Phenerozoic. In: Tankard, A.J., Suárez Sruco, R. & Welsink, H. J. (eds.): **Petroleum basins of South America**. American Assoc. Petroleum Geol., Bull. 62, 5-52, Tulsa (American Assoc. Petroleum Geol.). 1995.

Talwani, M. & Adreu, V. Inferences regarding initiation of oceanic crust formation from U.S. East Coast Margin and Conjugate South Atlantic Margins. Washington: **American Geophysical Union**, p.211-233. 2000.

Tavella, G.F. & Wright, C.G. Cuenca del Salado. In. **Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina**. Ramos, V.A. y Turic, M.A. (eds). Capitulo 6: p. 95-116. 1996.

Tomasini, J. de Santa Ana, H., Conti, B., Ferro, S., Gristo, P., Marmisolle, J., Morales, E. Assessment of marine gas hydrates and associated free gas distribution offshore Uruguay. **Journal of Geological Research**.

Tomasini, J.; de Santa Ana, H. & Johnson, A. **Identification of new seismic evidence regarding gas hydrate occurrence and gas migration pathways offshore of Uruguay**. In: AAPG, New Orleans. 11-14 April. 2010.

Ucha, N.; de Santa Ana, H. & Veroslavsky, G. La Cuenca Punta del Este: geología y potencial hidrocarburífero. Pp. 173-192 in Veroslavsky, G.; Ubilla, M. & Martínez, S. (eds.), **Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, Paleontología y recursos naturales – Mesozoico**. DIRAC, Montevideo. 2004.

Unternehr, P., Péron-Pinvidic, G. Manatschal, G. & Sutra, E. Hyper-extended crust in the South Atlantic: in search a model. **Petroleum Geoscience**. 16, p. 207-215. 2010.

Unternehr, P., Curie, D., Olivet, J.L., Goslin, J. & Beuzart, P., South Atlantic fits and interpolate boundaries in Africa and South America. **Tectonophysics**. 155, p. 169-179. 1988.

Urien, C. M. Present and future petroleum provinces of southern South America. Pp. 373-402 in Downey, M. W., Threet, J. C., Morgan, W. A. (eds.), **Petroleum Provinces of the Twenty-First Century**. **American Association of Petroleum Geologists**. Memoir 74. 2001.

Ussami, N.; Karner, G.D. & Bott, M.H.P. Crustal detachment during South Atlantic rifting and formation of Tucano-Gabon rift system. **Nature**. 332, p. 629-632. 1986.

Vail, P.R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1 seismic stratigraphy interpretation procedura. In: atlas of Seismic Stratigraphy, **AAPG**. Studies in Geology (1):10. Tulsa. USA. 1987.

Van der Spuy, D. Aptian source rocks in some South African Cretaceous basins. In Arthur, T. J., Macgregor, D. S., Cameron, N. R. (eds), **Petroleum Geology of Africa: new themes and developing technologies**. Geological Society of London Special Publications, 207. p. 185-202 2003.

Veroslavsky, G.; Rossello, E.A.; Muzio, R. & de Santa Ana. **Tectónica y magmatismo de la Cuenca Laguna Merin: relictos de una proto dorsal oceánica jurócretácica**. In: V Congreso Uruguayo de Geología. Montevideo. Resúmenes. CD-ROM. 2007.

Veroslavsky, G.; Daners, G. & de Santa Ana, H. Rocas sedimentarias pérmicas en la plataforma continental uruguaya: el prerift de la Cuenca Punta del Este. **Geogaceta** 34, p.203-206. 2003.

Veroslavsky, G. **Geologia da Bacia de Santa Lucía, Uruguay**. Rio Claro, 189p. (Tese de Doutoramento em Geologia Regional). Instituto de Geociências. Universidade Estadual Paulista - Rio Claro. 1999

Versfelt, J. **South Atlantic margin rift basin asymmetry and implications for pre-salt exploration**. In: International Petroleum Technology Conference-13833. 2009.

Waltham, D. Hardy, S. & Abousetta. Sediment geometries and domino faulting. In: Williams, G.D. & Dobb, A. (Eds.) **Tectonics and Seismic Sequence Stratigraphy**. Geological Society Special Publication N°71, p. 67-85. 1993.

Watts, A.B. & Fairhead, J.D. A process-oriented approach to modeling the gravity signature of continental margins. *The leading **EDGE***. 18, p. 258-263. 1999.

White, R. & McKenzie, D. Magmatism at rift zones: The generation of volcanic continental margins and flood basalts. ***Journal Geophysical Research***. 94, p. 7685-7729. 1989.

Winter, W.R., Jahnert, R.J. & Franca, A.B. Bacia de Campos. ***Boletim de Geociências da Petrobras***. 15, p. 511-529. 2007.