



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE GEOLOGIA

Vinicius Canellas Storino

**Análise Sismoestratigráfica dos Carbonatos Terciários
da Porção Sul da Bacia de Santos**

Rio de Janeiro
2007



Vinicius Canellas Storino

**Análise Sismoestratigráfica dos Carbonatos Terciários
da Porção Sul da Bacia de Santos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Carlos Della Fávera

Co-Orientação: Hannfried Schaller

Rio de Janeiro
2007

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CTC/C

S884 Storino, Vinicius Canellas.
Análise sismoestratigráfica dos carbonatos terciários da porção sul da Bacia de Santos / Vinicius Canellas Storino. – 2007.
79 f.

Orientador: Jorge Carlos Della Fávera.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia.
Bibliografia: p. 73-79

1. Geologia estratigráfica – Santos, Bacia de (SP) - Teses. 2. Carbonatos – Teses. I. Della Fávera, Jorge Carlos. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. III. Título.

CDU 551.782.1

Vinicius Canellas Storino

**Análise Sismoestratigráfica dos Carbonatos Terciários
da Porção Sul da Bacia de Santos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovado em: 29 de março de 2007

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jorge Carlos Della Fávera (Orientador)
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof. Dr. Sergio Bergamaschi
Faculdade de Geologia da UERJ

Dr. Sérgio Goulart Oreiro
Petrobras

Rio de Janeiro
2007

AGRADECIMENTOS

A UERJ pela oportunidade deste aprendizado, apoio técnico e laboratorial.

Ao amigo professor Dr. Jorge Carlos Della Fávera por orientar este trabalho e pela paciência com que esperou a sua finalização.

Aos professores e funcionários do curso de pós-graduação da UERJ. Em especial, ao amigo e professor Marco André Malmam Medeiros, pela disponibilidade que sempre teve em discutir a metodologia da Estratigrafia de Seqüências.

Ao professor Antonio Thomaz Filho também por sua disponibilidade e clareza nas diversas discussões que tivemos.

Aos colegas de turma pelo clima cordial e descontraído que fizeram com que surgissem grandes debates e importantes colaborações.

A REPSOL YPF pela oportunidade de realizar o presente estudo e, principalmente, aos amigos do setor de E&P pelo apoio técnico prestado.

A Andréa pelo amor, companheirismo e paciência durante toda esta caminhada, meu sentimento é de um todo, meio gratidão pelo carinho e incentivo recebido e, meio desculpas pelos momentos de ausência e angústia. A você, o meu mais especial agradecimento.

Aos meus pais pelo papel que desempenharam ao longo da minha formação, com amizade, amor, carinho e sempre com otimismo.

RESUMO

Com base na aplicação dos pressupostos da estratigrafia de seqüências, facilitado pela excelente qualidade dos dados sísmicos, foi realizado um estudo sistemático para entender como se processou o desenvolvimento da sedimentação siliciclástica/carbonática da porção sul da Bacia de Santos, durante o Mioceno. O banco de dados constituiu-se de uma malha sísmica multicanal, perfazendo aproximadamente 500 km de amostragem linear e dados de três poços. As técnicas de análise estratigráfica aplicadas foram: sismoestratigrafia e análise dos perfis de raio gama e sônico. O pacote carbonático Miocênico foi subdividido em cinco seqüências deposicionais. A partir daí estabeleceu-se um modelo de evolução paleoambiental e de correlação com os principais eventos globais de variação relativa do nível do mar. Os resultados indicaram que a sedimentação teve como fatores controladores e moduladores a glacio-eustasia associada às principais mudanças paleoclimáticas que ocorreram durante o Mioceno, assim como a halocinese, que teve forte influência no controle da paleobatimetria. Os dados globais indicaram para o Eomioceno condições climáticas mais amenas e para o Meso e Neomioceno, uma tendência geral de resfriamento. Diretamente relacionados a estas mudanças, predomina para o Eomioceno o caráter transgressivo dos sistemas deposicionais e para o Meso e Neomioceno, o regressivo. Esta tendência transgressiva, iniciada no Oligoceno, ocasionou o afastamento gradual das fontes de sedimentos siliciclásticos da área de estudo, permitindo condições propícias ao estabelecimento de uma sedimentação mista. No início do Mioceno, a deposição carbonática encontrava-se restrita às áreas proximais, desenvolvendo-se durante os tratos transgressivos. Nas fases finais do evento transgressivo, o nível de mar alto estabilizado/início de descida da curva eustática foram os principais momentos do desenvolvimento da sedimentação carbonática, tendo início a ampliação da sua área de ocorrência.

Palavras-chave: Sismoestratigrafia; Estratigrafia de seqüências; Carbonatos; Evolução paleoambiental; Bacia de Santos; Mioceno

ABSTRACT

Based on the sequence stratigraphy and on the excellent quality of the seismic data, a systematic study was used to better understand the development of the siliciclastic / carbonatic sedimentation of the southern portion of Santos Basin, occurred during Miocene. The database includes a multichannel seismic data, with approximately 500 km of linear data, and 3 wells. The applied seismic techniques used, both seismic stratigraphy and well log analysis (gamma ray and sonic). The Miocene interval was subdivided into 5 depositional sequences, and a paleoenvironmental evolutionary model was established together with a correlation of global sea level variation. The results showed that the sedimentation was controlled by the glacio-eustasy associated with the main changes of the paleoclimate occurred in Miocene, as well as with the influence of the halokinesis. The global data indicated that in Early Miocene the climatic conditions start to cool, and then the Middle Miocene and Late Miocene too. With a direct relationship with these changes, the transgressive characteristic of the depositional systems predominated in Early Miocene and regressive in Middle Miocene and Early Miocene. This transgressive tendency that started at Oligocene changed the source of siliciclastic sediments outside of the studied area, allowing good conditions for the mixed sedimentation to establish. In the beginning of Miocene the carbonatic sedimentation was restricted to the proximal areas, during the development of the transgressive tracts. At the end of the transgressive events, the maximum maximum flood was responsible for the main development of the carbonatic sedimentation, beginning the enlargement of the area.

Keywords: Sismoestratigraphy; Sequence Estratigraphy; Carbonate; Paleoenvironment evolution; Santos Basin; Miocene

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 - Mapa de localização da área de estudo, mostrando as linhas sísmicas utilizadas.</i>	3
<i>Figura 2.2 – Perfis geofísicos de raios gama e sônico dos poços.</i>	4
<i>Figura 3.1 - Figura de localização da bacia de Santos (mapa batimétrico, Mohriak, 2004). Observe-se ao sul da bacia de Santos a área de estudo.</i>	9
<i>Figura 3.2 - Seção geológica regional. Soares (2005).</i>	11
<i>Figura 3.3 - Carta estratigráfica da bacia de Santos</i>	13
<i>Figura 3.4 - Seção mostrando as construções recifais e o efeito pull-up dos refletores abaixo.</i>	15
<i>Figura 4.1 – Seção esquemática de uma seqüência deposicional siliciclástica identificando os padrões estratais e discontinuidades que são</i>	18
<i>Figura 4.2 – Discordância do tipo 1.</i>	19
<i>Figura 4.3 – Discordância do tipo 2.</i>	19
<i>Figura 4.4 – Modelo Depositional para a estratigrafia de seqüências carbonáticas. O padrão de estratos é controlado pela taxa de variação do nível do mar. Tratos de sistemas são formados durante intervalos de tempo específicos da curva eustática. Variações eustáticas e subsidência tectônica são responsáveis pela geração do espaço para acomodação dos sedimentos.</i>	23
<i>Figura 4.5 – Depósitos do Trato de Sistemas de Mar Alto inicial (catch up) e tardio (Keep up), o primeiro exhibe padrão deposicional agradacional/progradacional sigmoidal e o último, padrão montiforme e progradacional oblíquo.</i>	25
<i>Figura 4.6 – Subambientes e distribuição de fácies em rampas (homoclinais). MSL é a média do nível do mar; FWB é a base das ondas normais; SWB: base das ondas de tempestade; PC: pinoclina. Estas superfícies são interpretadas a partir das estruturas e fácies sedimentares. FÁCIES: Rampa Interna: (A) de planície de maré e sabka, com presença de algas estromatolíticas e evaporitos. (B) mudstone, wackstone e packstone bioturbados e laminados de ambiente lagunar. (C) grainstone e packstone com estratificação cruzada em shoals e ambientes costeiros. Rampa Mediana: (D) Tempestitos com sedimentos grosseiros e estruturas tipo hummocky. Rampa Externa: (E) Tempestitos de granulação fina intercalado a calcários laminados ou bioturbados. (F) mudstone e calcários laminados ligeiramente ondulados. Todos os limites são gradacionais.</i>	27
<i>Figura 4.7 – Distribuição de fácies nos tratos de sistemas em rampa (homoclinal). Notar que os grainstones de mar baixo jazem sobre os mudstones de rampa externa, depositados no trato de mar alto subjacente. Depósitos de trato transgressivo são retrogradantes. Constituem-se de camadas tabulares e barras de grainstone de alta energia ou de packstone de rampa de baixa energia. A ocorrência de bioconstruções pode se dar por sutil quebra de talude ou por halocinese/tectonismo.</i>	28
<i>Figura 4.8 – Perfis esquemáticos exibindo o resultado bem distinto, verificado em plataformas com borda e com rampa carbonática. Na primeira, uma queda relativa do nível do mar expõe toda a plataforma, restringindo a produtividade a uma estreita faixa junto ao talude. Ao contrário, uma queda relativa do nível do mar de mesma magnitude ainda encontraria, nas rampas, uma boa área de produção e exportação de grãos carbonáticos.</i>	28
<i>Figura 4.9 – Diagrama em bloco de uma plataforma carbonática e suas feições orgânicas características.</i>	30
<i>Figura 4.10 – MAR ALTO – Sistemas hidrológicos atuantes em diferentes morfologias carbonáticas. As Rampas são, provavelmente, menos influenciadas por circulação de água marinha nos poros, que os outros tipos de plataforma. Como as rampas são associadas a massas continentais, sofrem preferencialmente a ação dos agentes meteóricos. MAR BAIXO - observar a distribuição da lente meteórica nas diferentes plataformas e o desenvolvimento de circulação “bouyant”, responsável pela mistura das águas. Os diferentes padrões de circulação, gerados em função da morfologia e variação do nível</i>	

	<i>do mar, irão ditar o grau de cimentação precoce e dolomitização, geralmente mais intensas em plataformas com borda.</i>	31
Figura 4.11	<i>– Diagrama triangular mostrando a relação de textura sedimentar (tamanho do grão) com o ângulo de fricção interna em sedimentos secos. Esta relação explica os ângulos mais íngremes verificados em taludes sustentados por sedimentos grosseiros isentos de lamas.</i>	32
Figura 4.12	<i>– Diagrama esquemático dos diferentes tipos de perfis deposicionais carbonáticos e seus respectivos padrões de geometrias estratais. Rampas apresentam inclinações <5°. Plataformas com borda ou bancos progradantes (rimmed shelves) com ângulos entre 5° e 35° (quando a borda é formada por recifes, os ângulos são subverticais). Plataformas isoladas geralmente exibem bordas íngremes.</i>	37
Figura 4.13	<i>– Modelo de seqüências deposicional de rampa carbonática, mostrando tratos de sistemas, fácies e padrões estratais (Handford & Loucks, 1993).</i>	38
Figura 4.14	<i>– Modelo de seqüências deposicional de plataformas carbonáticas isoladas, mostrando tratos de sistemas, fácies e padrões estratais (Handford & Loucks, 1993).</i>	40
Figura 4.15	<i>– Modelo de seqüências deposicional de plataformas carbonáticas com borda, mostrando tratos de sistemas, fácies e padrões estratais (Handford & Loucks, 1993).</i>	41
Figura 4.16	<i>– Seção sísmica da porção noroeste do Atol Horseshoe, na bacia de Midland, mostrando o padrão retrogradacional das seqüências e o baixo ângulo apresentado pelo talude,</i>	43
Figura 4.17	<i>– Parâmetros diretos de identificação dos “buildups” de carbonatos. Observa-se que os refletores apresentam alta amplitude, bem como as terminações onlap sobre os refletores referentes aos carbonatos e o efeitos pull up devido à variação de velocidade entre os carbonatos e os sedimentos clásticos.</i>	45
Figura 5.1	<i>– Seção sísmica mostrando o padrão sísmico das plataformas isoladas e a formação de grandes depressões preenchidas por sedimentos siliciclásticos. Abaixo se observa a interpretação da geometria dos depósitos carbonáticos das plataformas isoladas.</i>	48
Figura 5.2	<i>– Seção sísmica mostrando o padrão sísmico das plataformas isoladas e observa-se os taludes íngremes na borda da plataforma externa.</i>	49
Figura 5.3	<i>– Integração dos dados de poço com o perfil sísmico. O pico radioativo da seqüência vermelha coincide com o refletor de alta amplitude. A figura A mostra um seção sísmica interpretada, enquanto a figura B mostra uma seção não interpretada.</i>	51
Figura 5.4	<i>– Linha sísmica mostrando o padrão agradacional da seqüência amarela, com ocorrência de downlaps sobre a mesma.</i>	53
Figura 5.5	<i>– Linha sísmica mostrando o padrão agradacional da seqüência azul e a formação dos taludes íngremes.</i>	54
Figura 5.6	<i>– Linha sísmica mostrando o padrão agradacional da seqüência verde.</i>	55
Figura 5.7	<i>– Linha sísmica mostrando o padrão agradacional dos refletores com estruturas internas paralelas e com geometria externa tipo mound.</i>	57
Figura 5.8	<i>– configuração final das plataformas isoladas.</i>	61
Figura 5.9	<i>– Desenho esquemático mostrando a evolução do processo de sedimentação das plataformas isoladas, inseridas dentro de uma tendência geral de subida relativa do nível do mar. As cores utilizadas remetem às cores das seqüências reconhecidas.</i>	62
Figura 5.10	<i>– A figura mostra o padrão de sismofácies (agradacional-progradacional) das plataformas isoladas. Em detalhe observa-se que o sentido predominante das progradações é de SE para NW.</i>	63
Figura 5.11	<i>– Correlação dos principais eventos reconhecidos na área de estudo com as seqüências deposicionais de Haq (Adaptado de Haq et al. 1988).</i>	65
Figura 5.12	<i>– A) Distribuição dos recifes de corais recentes. B) Distribuição global dos corais do neomioceno C) Distribuição global dos recifes de corais Eo-mioceno e Meso-mioceno. (Modificado de Franseen et al., 1996 in Severino, 2000).</i>	67

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
2 - ÁREA DE ESTUDO, DADOS UTILIZADOS E METODOLOGIA.	3
2.1 - Dados Sísmicos	5
2.2 - Dados de Poços	6
2.2.1 - Perfis de Raios Gama e Sônico	7
3 - GEOLOGIA REGIONAL	9
3.1 - Evolução Tectono-sedimentar	10
4 – CONCEITUAÇÃO TEÓRICA	17
4.1 - Estratigrafia de seqüências, suas aplicabilidades e críticas ao modelo.	17
4.2 - Estratigrafia de seqüências em sistemas carbonáticos, suas aplicabilidades e críticas ao modelo.	22
4.3 – Processos Sedimentares de Sistemas Carbonáticos	33
4.3.1 - Principais controles na deposição carbonática	34
4.4 - As Plataformas Carbonáticas e as Variações Relativas do Nível do Mar	36
4.4.1 - Rampas carbonáticas	36
4.4.2 - Plataformas carbonáticas isoladas	39
4.4.3 - Plataformas carbonáticas com borda	40
4.5 – Principais feições sísmicas dos carbonatos	43
5 – RESULTADOS OBTIDOS	46
5.1 – Considerações iniciais e caracterização regional da área de estudo	46
5.2 – Análise das seqüências deposicionais identificadas e considerações sobre seus tratos de sistemas deposicionais	49
5.2.1 - Seqüência vermelha	49
5.2.2 – Seqüência amarela	52
5.2.3 – Seqüência azul	53
5.2.4 – Seqüência verde	55
5.2.5 – Seqüência Laranja	56
5.2.6 – Trato de Sistemas de Mar Baixo	58
5.2.7 – Trato de Sistemas Transgressivo e de Mar Alto	59
5.3 – Análise das plataformas isoladas	60
5.4 – Correlação global das plataformas isoladas	64
6 – CONCLUSÕES	69
7 - BIBLIOGRAFIA	73