



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Faculdade de Geologia

Cláudia Maria de Siqueira Penna Quintaes

**Aplicação da estratigrafia química e da estratigrafia de seqüências na seção
albiana da porção sul da Bacia de Santos**

Rio de Janeiro

2006

Cláudia Maria de Siqueira Penna Quintaes

Aplicação da estratigrafia química e da estratigrafia de seqüências na seção albiana 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: Profº. Dr. René Rodrigues

Rio de Janeiro

2006

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

Q7 Quintaes, Claudia Maria de Siqueira Penna.
 Aplicação da estratigrafia de seqüências na seção
 albiana da porção sul da Bacia de Santos.- 2006.
 182 f. : il. color.

 Orientador : René Rodrigues.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado
 do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia.

 1. Geologia estratigráfica – Cretáceo - Teses. 2.
 Santos, Bacia de (SP) - Teses. 2. Estratigrafia de
 sequências - Teses. I. Rodrigues, René. II. Universidade
 do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. III.
 Título.

CDU 551.763.13

Cláudia Maria de Siqueira Penna Quintaes

Aplicação da estratigrafia química e da estratigrafia de seqüências na seção albiana 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.

Aprovada em 14 de março de 2006.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. René Rodrigues (Orientador)
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof. Dr. Egberto Pereira
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof. Dr. José Antônio Cupertino
Faculdade de Geologia da UERJ

Rio de Janeiro

2006

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus filhos e àquele que de uma forma ou de outra, sempre está comigo. Ao meu amigo e orientador que sempre me reservou palavras de estímulo, muito necessárias em trabalhos de pesquisa, além de boas discussões geológicas.

A todos os geólogos que por entenderem, como poucos toda a relatividade e complexidade do tempo da natureza, de alguma maneira, se aproximam pouco mais do eterno...

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial a PETROBRAS, empresa onde construí uma parceria de muitos anos e sem a qual este trabalho não seria possível.

Aos colegas do Laboratório de Rocha do CENPES, a saber: Rozendo, Fabio, Geraldo Magela e Flávio pela ajuda e apoio com as amostras.

Aos colegas do Laboratório de Geoquímica do CENPES, em especial aos técnicos Maurieli e Jussara pela ajuda no tratamento das amostras e análise dos dados de isótopos.

Aos Geólogos Edson Milani e Luis Carlos Veiga, colegas que viabilizaram as análises de elementos, minha eterna gratidão.

Ao meu chefe e amigo, Edmundo Marques, meus sinceros agradecimentos pelo apoio logístico e estímulo recebido.

Ao colega, Geofísico Carlos Varela, meus mais sinceros agradecimentos pela orientação no tratamento do dado sísmico.

Ao meu chefe superior, Mário Carminatti, a minha gratidão pela liberação dos dados e pela minha liberação para a execução deste trabalho.

Aos professores da UERJ, pela agradável convivência acadêmica e pelos conhecimentos recebidos.

Aos meus colegas de pós-graduação, pelos bons momentos e pelo partilhar de objetivos.

Um especial agradecimento ao Nelson, do laboratório de rocha da UERJ, pela presteza na condução das análises das amostras.

Enfim, minha sincera gratidão a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o meu progresso profissional.

RESUMO

QUINTAES, Claudia Maria de Siqueira Penna. *Aplicação da estratigrafia de seqüências na seção albiana da porção sul da Bacia de Santos*. 2006, 182 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Este estudo visa à obtenção de um maior detalhamento da seção carbonática do Albiano Inferior / Médio da Bacia de Santos, suportado na Estratigrafia Química e nos princípios da Estratigrafia de Seqüências. Esta seção carbonática, por ter sido depositada em condições ambientais muito estressantes (altas salinidades), possui um conteúdo fossilífero bastante restrito, que tem limitado seu refinamento cronoestratigráfico com o uso apenas da bioestratigrafia. Visando obter esse detalhamento e, também, um maior entendimento da história deposicional dessa seção, ferramentas convencionais (perfis de poços, dados litológicos e bioestratigráficos tanto de amostras de calha como de testemunhos e dados sísmicos) e não convencionais (construção da curva de isótopos de carbono e oxigênio; teores de elementos maiores, menores e traços; carbono orgânico total; enxofre e análise de ciclos sedimentares) usadas na indústria do petróleo, foram integradas no presente trabalho. Para a avaliação da metodologia proposta, uma área, com 16.000 Km², no sul da bacia foi selecionada, onde a seção equivalente ao Meso Eoalbiano (cerca de 7 milhões de anos) encontra-se bem desenvolvida. Somente o Andar Albiano engloba cerca de 12 milhões de anos (ICS, 2006) e sua seção sedimentar chega a atingir quase 1500 metros de espessura, sendo que aproximadamente 90% desta pertence ao Albiano Inferior / Médio e permanece indivisa pela bioestratigrafia. Por outro lado, o Neo Albiano (cerca de 5 milhões de anos) e o Cenomaniano (cerca de 6 milhões de anos) possuem isópacas bem mais modestas na área de estudo. O primeiro está representado por uma seção condensada de águas mais profundas, resultante da grande transgressão marinha que afogou completamente a plataforma carbonática ao final do Meso Albiano. Já a seção cenomaniana é composta por sedimentos pelíticos remanescentes à discordância do Turoniano. Na parte sul da Bacia de Santos, a seção turoniana é bem marcada pela presença de um folhelho radioativo, correspondente ao evento anóxico global, responsável pela maior parte do volume de petróleo já descoberto no mundo. Para o presente trabalho, foram selecionados 12 poços, que melhor representam o intervalo cronoestratigráfico estudado, além de seções sísmicas passando por eles. O uso da Estratigrafia Química foi concentrado em 2 poços, denominados aqui de X e Y, que apresentam a seção do Albiano Inferior / Médio mais completa da área, chegando a atingir a seção evaporítica aptiana mais profunda. Neles amostras para análise química foram coletadas a partir das amostras de calha existentes e de testemunhos. Através da integração dos resultados das análises químicas com os perfis dos poços e com os conceitos fundamentais da Estratigrafia de Seqüências, obteve-se uma subdivisão da seção albocenomaniana em 6 seqüências deposicionais. Estas seqüências, por envolverem um intervalo de tempo suficientemente grande, podem ser classificadas como de 3ª ordem, desde que apresentem uma boa correspondência no dado sísmico existente. A correlação com dados sísmicos, via sismogramas sintéticos, mostrou que as superfícies-chaves (limites de seqüência) identificadas nos poços X e Y têm uma boa representatividade sísmica, o que permitiu o rastreamento destes eventos para os demais poços selecionados e confirmou a classificação proposta. Os dados obtidos das análises de elementos químicos, feitas somente nas

amostras do poço X, além de corroborarem as interpretações feitas, foram particularmente importantes para uma melhor caracterização paleoambiental de cada seqüência identificada. Isso mostra que o método proposto é particularmente indicado em áreas onde uma avaliação adequada do risco exploratório requer um maior detalhamento das condições vigentes durante a deposição de uma determinada seção sedimentar. Os resultados extremamente positivos vêm resgatar, também, as vantagens do uso de amostras de calha, disponíveis em todos os poços de petróleo, e que possibilitam, quando devidamente trabalhadas, a geração de uma quantidade muito grande de informações analíticas que poderão nortear pesquisas exploratórias a custos muito baixos.

Palavras-chave: Estratigrafia. Geoquímica. Bacia de Santos.

ABSTRACT

The main goal of this work is to detail the lower / middle Albian carbonatic section of Santos Basin based on the principles of Chemostratigraphy and Sequence Stratigraphy. Because this section was deposited under intense stress conditions (high salinity), its fossil content is very poor. It has limited the chronostratigraphic subdivision based only on biostratigraphic data. In order to get this detailing and also a better understanding of the depositional history of this section, conventional (well log data, lithological and biostratigraphic data from drill cuttings, cores and cuttings and seismic data) and non conventional (carbon and oxygen isotopes curves; total organic carbon; sulfur; major, minor and trace elements determinations and analysis of sedimentary cycles) data used in the petroleum industry were integrated in the current study. An area with 16.000 km², where the equivalent section of Lower / Middle Albian (about 7 million years) is well developed, located in the southern part of Santos Basin, was selected to evaluate the proposed methodology. The Albian Andar itself extends to approximately 12 million years (ICS, 2006) and its sedimentary section reaches almost 1500 meters of thickness, of which ninety percent belong to the lower / middle Albian section that remains without a proper biostratigraphic subdivision. On the other hand, the Upper Albian (about 5 million years) and the Cenomanian (about 6 million years) are represented by very thin equivalent sections in the study area. The first one is represented by a condensed section, typically deposited in deep waters, resulting from a marine transgression that completely drawn the carbonatic platform during the end of the Middle Albian. Fine grained siliciclastics sediments remaining from the well known Turonian unconformity characterize the Cenomanian section. In the southern part of Santos Basin, the Turonian section is represented by a radioactive shale related to the well known and world wide anoxic event, which is the source rock for most of the petroleum already found in the world. For this work, well log, core and drill cuttings data from 12 wells, where the studied chronostratigraphic interval is better represented, were selected, as well as seismic data connecting these wells. The chemostratigraphic studies were concentrated in 2 wells, named well X and Y, which sampled the most complete lower / middle Albian section in the study area, including the top of the deeper Aptian evaporitic section. Samples for chemical analysis were collected from drill cuttings and cores in both wells. As a result of the present work, a subdivision of the Albian Cenomanian section into 6 depositional sequences was obtained through the integration of chemical analysis data with well log data, based on the basic concepts of sequence stratigraphy. As these sequences represent a geological time relatively long, they can be classified as third order's sequences, since they have correspondence on seismic data. Correlation of the identified sequence boundaries in the wells X and Y, via synthetic seismograms, showed that these boundaries have a good seismic representation, which allowed the picking of these events towards the others selected wells and confirmed the proposal classification. The additional data obtained by the chemical elements analysis, besides to corroborate previous interpretation, were particularly important for the paleo environmental characterization of the identified sequences. This shows that the proposed method is particularly appropriated for areas where the exploratory risk

assessment requires a better understanding of the environmental conditions present during the deposition of a given sedimentary section. The encouraging results obtained by this work also point to the strong potential of drill cuttings samples, which are always available in all wells drilled by the oil industry and which can bring a great amount of analytical information to the exploration process at low additional cost.

Keywords: Stratigraphy. Geochemistry. Santos Basin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo. _____ pág. 4.
- Figura 2.** Seção de estudo no poço X. _____ pág. 5.
- Figura 3.** Seção de estudo do Albiano Inferior/Médio do poço X. _____ pág. 8.
- Figura 4.** Seção de estudo do Albocenomaniano do poço X. _____ pág. 9.
- Figura 5.** Evolução das bacias sedimentares brasileiras segundo a Tectônica de Placas, WEC Brasil, 1985. _____ pág. 11.
- Figura 6.** Mapa batimétrico da Bacia de Santos mostrando suas principais feições limítrofes. _____ pág. 13.
- Figura 7.** Mapa Geológico do SE do Brasil e SW da África antes da abertura do Atlântico Sul (modificado de De Wit et al., 1988 apud Meisling et al., 2001). _____ pág. 14.
- Figura 8.** Carta Estratigráfica da Bacia de Santos, com as principais fases tectônicas, os reservatórios principais (R) e as principais rochas geradoras(S). _____ pág. 15.
- Figura 9.** Mapa de anomalia gravimétrica crustal Bouguer derivada de satélite do SE do Brasil. (Karner, 2000). _____ pág. 17.
- Figura 10.** Mapa de anomalia gravimétrica crustal Bouguer (filtrado) mostrando as maiores zonas de fratura e suas terminações aproximadas para oeste. Intervalo de contorno de 5 mgal (Karner, 2000). _____ pág. 18.
- Figura 11.** Mapa de anomalia gravimétrica residual nas áreas de Santos e Campos, cedido pelo Observatório Geológico Lamont- Doherty.(Meisling et al., 2001). _____ pág. 19.
- Figura 12.** Seção sísmica SW-NE cortando o Platô de S. Paulo, em águas ultraprofundas da Bacia de Santos. Abaixo, perfil de anomalia gravimétrica Bouguer. Segundo Gomes et al, 2002. _____ pág. 20.
- Figura 13.** Reconstrução da margem continental brasileira logo após o break up (final do Aptiano).(Gamboa et al, 2001). _____ pág. 21.
- Figura 14.** Mapa do Atlântico Sul e continentes adjacentes mostrando anomalias gravimétricas marinhas medidas por satélite (Sandwell and Smith, 1995 apud Meisling et al, 2001). _____ pág. 22.

- Figura 15.** *Linha sísmica transversal e seção geológica equivalente interpretada na porção central da bacia até o Platô de São Paulo. Modica et al.(2004).*_____ **pág. 24.**
- Figura 16.** *Seções sísmicas transversais regionais nas porções norte e central da bacia mostrando a Falha de Cabo Frio.*_____ **pág. 25.**
- Figura 17.** *Mapa topográfico digital da parte continental SE do Brasil e as principais entradas de sedimentos na Bacia de Santos. Os dados topográficos são da U.S. Geological Survey. Cobbold et al (2001).*_____ **pág. 26.**
- Figura 18.** *Modelos de sedimentação em rampa carbonática, com base na estratigrafia de seqüências (Emery e Myers, 1996).*_____ **pág. 29.**
- Figura 19.** *Seção de estudo do poço X, com as principais formações.*_____ **pág. 30.**
- Figura 20.** *Gráfico da relação entre os valores medidos de $\delta^{18}O$ do carbonato e a temperatura oceânica, calculada pela equação de Craig (1965) a partir dos valores estimados de $\delta^{18}O$ da água do mar primitiva (Dickson, 1990).*_____ **pág. 35.**
- Figura 21.** *Respostas características dos valores de $\delta^{13}C$ e de $\delta^{18}O$ frente a um intervalo de sedimentação carbonática que sofreu exposição subaérea.*_____ **pág. 42.**
- Figura 22.** *Fluxograma dos procedimentos laboratoriais.*_____ **pág. 49.**
- Figura 23.** *Classificação das seqüências proposta por Vail (1991) (Retirada de SEPM #40).*_____ **pág. 54.**
- Figura 24.** *Expressão sísmica de uma plataforma carbonática afogada, com a formação de uma superfície discordante devido ao afogamento (**drowning unconformity**), coberta por sedimentos em **downlap**.*_____ **pág. 63.**
- Figura 25.** *Corte transversal a uma plataforma carbonática (seção **dip**). Handford e Loucks (1993).*_____ **pág. 66.**
- Figura 26.** *Modelo de trato de mar baixo com exposição total da plataaforma, parada na sedimentação carbonática e erosão subaérea (Adaptado de Doyle et al., 1998; fonte internet: www.sc.edu).*_____ **pág. 70.**
- Figura 27.** *Modelo de trato de mar baixo com queda pouco acentuada do nível relativo do mar, com a sedimentação carbonática limitada a borda da plataforma (Adaptado de Doyle et al., 1998; fonte internet: www.sc.edu).*_____ **pág. 71.**

Figura 28. Padrões de estaqueamento dos vários ambientes de trato de mar baixo, que são bem registrados pelo perfil de raios-gama (Kendall, 2004; fonte internet: www.sc.edu)._____pág. 79.

Figura 29. Evolução de uma plataforma carbonática ou de banco carbonático (shoals) a partir de feição positiva no substrato (Emery e Meyers, 1996)._____pág. 84.

Figura 30. Modelo de trato transgressivo com a formação de seção condensada, bacia adentro, e a junção da superfície transgressiva com a superfície de inundação máxima (Doyle et al., 1998, fonte internet: www.sc.edu)._____pág. 85.

Figura 31. Padrões de estaqueamento dos vários ambientes de trato transgressivo, que são bem registrados no perfil de raios-gama (Kendall, 2004; fonte internet: www.sc.edu)._____pág. 86.

Figura 32. Modelo de trato de mar alto, período de maiores taxas de produção de sedimentos em uma plataforma carbonática (**Keep-up**) (Doyle et al., 1998; fonte internet: www.sc.edu)._____pág. 89.

Figura 33. Padrões de estaqueamento de ciclos carbonáticos de alta frequência, nas várias porções de uma plataforma carbonática. Esses padrões são bem registrados no perfil de raios-gama (Kendall, 2004, fonte internet: www.sc.edu)._____pág. 90.

Figura 34.(A) Linha sísmica hipotética transversal a uma plataforma carbonática.(B) Desenho esquemático, onde as reflexões sísmicas foram traçadas e suavizadas para mostrar a geometria inferida.(C) Visão aumentada de B. (Adaptado de Handford e Loucks, 1993)._____pág. 91.

Figura 35. Perfil composto do intervalo pesquisado no poço X, convertido para tempo, juntamente com o sismograma sintético do intervalo em tempo correspondente.____pág. 98.

Figura 36. Perfil composto de parte do intervalo pesquisado no poço Y (que possui perfis), convertido para tempo, juntamente com o sismograma sintético do intervalo correspondente em tempo. _____pág. 99.

Figura 37. Representação diferenciada do poço X, com os perfis de raios-gama e sônico, além das curvas de variação isotópica de carbono e oxigênio. Este tipo de representação especular (curvas rebatidas) é útil na análise dos ciclos sedimentares._____pág. 102.

Figura 38. Seção do Albiano Inferior/Médio do poço X, dividida em 4 seqüências deposicionais e suas principais superfícies-chaves (LS's ou limites de seqüência e SIM's ou superfícies de inundação máxima), de acordo com as quebras nas curvas de isótopos (principalmente do oxigênio)._____pág. 103.

- Figura 39.** *Seção do Albiano Superior/Cenomaniano do poço X, dividida em 2 seqüências deposicionais e suas principais superfícies-chaves (limites de seqüência e superfícies de inundação máxima), de acordo com as quebras nas curvas de variação isotópica.*_____ **pág. 104.**
- Figura 40.** *Seção estratigráfica entre os poços X e Y, para correlação. As quebras identificadas no poço X, através das curvas de variação isotópica de C e O, correspondentes aos limites das seqüências, puderam ser identificadas no poço Y.* **pág. 107.**
- Figura 41.** *Seção do Albiano Inferior/Médio entre os poços X e Y, com os perfis convencionais GR (raios-gama) e Sônico e as curvas de variação isotópica de carbono e oxigênio, além das curvas de COT (carbono orgânico total), S (enxofre) e R.I. (resíduo insolúvel).*_____ **pág. 108.**
- Figura 42.** *Seção do Albiano Superior/Cenomaniano entre os poços X e Y, com os perfis convencionais GR (raios-gama) e Sônico, além das curvas de isótopos de carbono e oxigênio, carbono orgânico (COT), enxofre(S) e resíduo insolúvel (R.I.).*_____ **pág. 109.**
- Figura 43.** *Gráficos de $\delta^{13}C$ x $\delta^{18}O$ dos poços X e Y.*_____ **pág. 110.**
- Figura 44.** *Gráficos de $\delta^{13}C$ x COT (carbono orgânico) dos poços X e Y.*_____ **pág. 111.**
- Figura 45.** *Gráficos de $\delta^{13}C$ x S (enxofre) dos poços X e Y.*_____ **pág. 112.**
- Figura 46.** *Gráficos de $\delta^{13}C$ x R.I.(resíduo insolúvel) dos poços X e Y.*_____ **pág. 113.**
- Figura 47.** *Gráficos de $\delta^{18}O$ x COT (carbono orgânico) dos poços X e Y.*_____ **pág. 114.**
- Figura 48.** *Gráficos de $\delta^{18}O$ x S (enxofre) dos poços X e Y.*_____ **pág. 115.**
- Figura 49.** *Gráficos de $\delta^{18}O$ x R.I.(resíduo insolúvel) dos poços X e Y.*_____ **pág. 116.**
- Figura 50.** *Curvas dos teores de alguns dos principais óxidos do poço X.*_____ **pág. 118.**
- Figura 51.** *Curvas dos teores dos demais óxidos do poço X.*_____ **pág. 119.**
- Figura 52.** *Gráfico das variações das concentrações de elementos menores (Ti) e alguns dos elementos traços, pela profundidade do poço X.*_____ **pág. 120.**
- Figura 53.** *Gráfico de outros elementos traços analisados do poço X.*_____ **pág. 121.**
- Figura 54.** *Gráfico dos demais elementos traços analisados do poço X.*_____ **pág. 122.**
- Figura 55.** *Gráfico de Al(óxido) x Ca(óxido) e Al(óxido) x Fe(óxido).*_____ **pág. 123.**

- Figura 56.** Gráfico de Al(óxido) x K(óxido) e Al(óxido) x Mg(óxido)._____pág. 124.
- Figura 57.** Gráfico de Al(óxido) x Na(óxido) e Al(óxido) x Si(óxido)._____pág. 125.
- Figura 58.** Gráfico de Ca(óxido) x Mg(óxido) e Ca(óxido) x Sr._____pág. 126.
- Figura 59.** Gráfico de Mo x COT (carbono orgânico) e Mo x S (enxofre)._____pág. 127.
- Figura 60.** Perfil composto do poço X, em tempo, da seção de estudo, juntamente com o sismograma sintético correspondente e as principais seqüências deposicionais identificadas._____pág. 137.
- Figura 61.** Seção sísmica **strike**, em tempo, com a janela de pesquisa identificada em vermelho._____pág. 138.
- Figura 62.** Detalhe da seção sísmica **strike** com o sismograma sintético plotado na posição do poço X, para a correlação poço / sísmica (dado sintético / dado real)._____pág. 139.
- Figura 63.** Correlação poço / sísmica através do sismograma sintético com as principais superfícies identificadas (limites de seqüência)._____pág. 140.
- Figura 64.** Perfil do poço Y, em tempo, de parte da seção de estudo, juntamente com o sismograma sintético correspondente e as principais seqüências deposicionais identificadas (o restante do poço não possui perfis convencionais)._____pág. 141.
- Figura 65.** Seção sísmica **strike**, em tempo, com a janela de pesquisa identificada em vermelho._____pág. 142.
- Figura 66.** Detalhe da seção sísmica **strike** com o sismograma sintético plotado na posição do poço Y, para a correlação poço / sísmica (dado sintético / dado real)._____pág. 143.
- Figura 67.** Correlação poço / sísmica através do sismograma sintético com as principais superfícies identificadas (limites de seqüência)._____pág. 144.
- Figura 68a.** Seção sísmica (em tempo) arbitrária interpretada (com os 6 limites de seqüência) passando pelos poços A, C e Y._____pág. 146.
- Figura 68b.** Seção sísmica (em tempo) arbitrária interpretada (com os 6 limites de seqüência) e com os perfis de raios-gama, passando pelos poços A, C e Y._____pág. 147.
- Figura 68c.** Seção sísmica (em tempo) arbitrária sem interpretação, passando pelos poços A, C e Y._____pág. 148.

Figura 69a. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária (strike) interpretada (com os 6 limites de seqüência) passando pelos poços C, Y, H, D e N.*_____pág. 149.

Figura 69b. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária (strike) interpretada (com os 6 limites de seqüência) e com os perfis de raios-gama dos poços C, Y, H, D e N.*_____pág. 150.

Figura 69c. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária (strike) sem interpretação, passando pelos poços C, Y, H, D e N.*_____pág. 151.

Figura 70a. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária com interpretação (dos 6 limites de seqüência), passando pelos poços X, Y e G.*_____pág. 152.

Figura 70b. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária com interpretação (dos 6 limites de seqüência) e com os perfis de raios-gama dos poços X, Y e G.*_____pág. 153.

Figura 70c. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária sem interpretação e sem perfis, passando pelos poços X, Y e G.*_____pág. 154.

Figura 71a. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária (strike) com interpretação das 6 seqüências deposicionais, passando pelos poços J, D, H, Y, C, G e L.*_____pág. 155.

Figura 71b. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária (strike) sem a interpretação, mas com as falhas interpretadas e os perfis de raios-gama, para melhor visualização, passando pelos poços J, D, H, Y, C, G e L.*_____pág. 156.

Figura 71c. *Seção sísmica (em tempo) arbitrária (strike) sem a interpretação das 6 seqüências deposicionais e sem as falhas, passando pelos poços J, D, H, Y, C, G e L.*_____pág. 157.

Figura 72a. *Seção sísmica arbitrária (strike) em tempo passando pelos poços F, L e E. As 6 seqüências deposicionais identificadas estão representadas com suas respectivas cores.*_____pág. 158.

Figura 72b. *Seção sísmica arbitrária (strike) em tempo passando pelos poços F, L e E, com as 6 seqüências deposicionais identificadas e os perfis de raios-gama dos poços.*_____pág. 159.

Figura 72c. *Seção sísmica arbitrária (strike) em tempo passando pelos poços F, L e E, com os perfis de raios-gama dos poços e sem a interpretação.*_____pág. 160.

Figura 73a. *Seção sísmica arbitrária (strike) em tempo, com a interpretação das 6 seqüências deposicionais identificadas e passando pelos poços B, A e L.*_____pág. 161.

Figura 73b. *Seção sísmica arbitrária (strike) em tempo, sem interpretação e com os perfis de raios-gama, passando pelos poços B, A e L.*_____pág. 162.

Figura 74a. *Seção sísmica arbitrária em tempo, passando pelos poços F e X, com a interpretação das 6 seqüências deposicionais identificadas e das falhas.*_____pág. 163.

Figura 74b. *Seção sísmica arbitrária em tempo, passando pelos poços F e X, com a interpretação das 6 seqüências deposicionais identificadas e das falhas, além dos perfis de raios-gama dos dois poços.*_____pág. 164.

Figura 74c. *Seção sísmica arbitrária em tempo, passando pelos poços F e X, sem a interpretação mas com os perfis de raios-gama dos dois poços, para facilitar a visualização.*_____pág. 165.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xix
I. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 LOCALIZAÇÃO	3
1.3 METODOLOGIA	6
2. GEOLOGIA REGIONAL	10
2.1 EVOLUÇÃO DAS BACIAS DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA	10
2.2 BACIA DE SANTOS E O PLATÔ DE SÃO PAULO	12
2.2.1 ARCABOUÇO ESTRUTURAL E EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR	16
2.2.2 EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DOS ANDARES ALBIANO E CENOMANIANO	27
3. ESTRATIGRAFIA QUÍMICA	31
3.1 DEFINIÇÃO	31
3.2 ESTRATIGRAFIA ISOTÓPICA	31
3.2.1 COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE CARBONO E OXIGÊNIO DE CARBONATOS	31
3.3 CARBONO ORGÂNICO TOTAL, TEOR DE ENXOFRE E RESÍDUO INSOLÚVEL	43
3.4 ELEMENTOS MAIORES, MENORES E TRAÇOS	45
3.5 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS E APLICAÇÃO DOS RESULTADOS	47

4. ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS	50
4.1 BREVE HISTÓRICO DA ESTRATIGRAFIA	50
4.2 SISMOESTRATIGRAFIA X ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS	50
4.3 UMA IMPORTANTE FERRAMENTA EXPLORATÓRIA	54
4.4 ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS CARBONÁTICAS	57
5. FERRAMENTAS CONVENCIONAIS USADAS NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO	92
5.1 PERFIS DE POÇO	92
5.1.1 RAIOS GAMA - GR	92
5.1.2 SÔNICO	92
5.1.3 INDUÇÃO	93
5.1.4 DENSIDADE - RHOB	93
5.1.5 PERFIS LITOLÓGICOS E DE TESTEMUNHOS	94
5.2 SÍSMICA DE REFLEXÃO	95
5.2.1 DADO SÍSMICO	95
5.2.2 SISMOGRAMA SINTÉTICO	96
6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS	100
6.1 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS SEQÜÊNCIAS DEPOSICIONAIS	100
6.2 DESCRIÇÃO DAS SEQÜÊNCIAS IDENTIFICADAS	128
6.2.1 SEQÜÊNCIA - 1	128
6.2.2 SEQÜÊNCIA - 2	130
6.2.3 SEQÜÊNCIA - 3	131
6.2.4 SEQÜÊNCIA - 4	132
6.2.5 SEQÜÊNCIA - 5	133
6.2.6 SEQÜÊNCIA - 6	134
6.3 CORRELAÇÃO SÍSMICA X POÇO	135
6.4 AMARRAÇÃO COM O DADO SÍSMICO DOS DEMAIS POÇOS	145

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	166
7.1 INTERPRETAÇÃO ESTRATIGRÁFICA E IMPLICAÇÕES EXPLORATÓRIAS	166
7.2 CONCLUSÕES FINAIS	166
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168