ERCILIO GONZAGA GAMA JUNIOR

DEDALUS - Acervo - IGC
30900004988

SISTEMAS DEPOSICIONAIS E MODELO DE SEDIMENTAÇÃO DAS FORMAÇÕES CAMPOS E EMBORÊ, BACIA DE CAMPOS, RIO DE JANEIRO, BRASIL

VOLUME I

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T280
U.S.P.

Tese de Doutoramento apresentada ao Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Orientador: Dr. Kenitiro Suguio

SÃO PAULO

JUNHO DE 1977

À
Therezinha,
Renan e
Ricardo

ÍNDICE

VOLUME I

CAPÍTULO I 1

INTRODUÇÃO 1

1 - GENERALIDADES 1

2 - ÁREA DE ESTUDO 2

3 - AGRADECIMENTOS 3

4 - ESTUDOS PRÉVIOS 4

5 - OBJETIVOS 6

CAPÍTULO II 8

ASSENTAMENTOS GEOLÓGICOS GERAIS 8

1 - ORIGEM E EVOLUÇÃO DA BACIA DE CAMPOS 8

2 - ARCABOUÇO TECTÔNICO 12

3 - ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO 13

CAPÍTULO III 17

METODOLOGIA 17

1 - O CONCEITO DE SISTEMA DEPOSICIONAL 17

2 - DADOS GEOLÓGICOS 19

2.1. Os poços petrolíferos 20

2.2. Seções sísmicas 20

3 - SISTEMÁTICA DE INTERPRETAÇÃO 21

CAPÍTULO IV 24

ESTRATIGRAFIA 24

1 - LITOFÁCIES 24

1.1. Litofácies Ubatuba 25

1.2. Litofácies Carapebus 26

1.3. Litofácies Muritiba 26

1.4. Litofácies Siri 27

1.5. Litofácies Guriri 28

1.6. Litofácies Emborê 29

1.7. Litofácies São Tomé 31

1.8. Litofácies Grussaí 31

2 - UNIDADES SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICAS 32

2.1. Unidade sísmico-estratigráfica Alfa 33

2.2. Unidade sísmico-estratigráfica Beta 34

2.3. Unidade sísmico-estratigráfica Gama 35

2.4. Unidade sísmico-estratigráfica Ômega 37

CAPÍTULO V 39

SISTEMAS DEPOSICIONAIS 39

1 - SÍNTESE INTRODUTÓRIA 39

2 - SISTEMA DELTAICO EMBORÊ 41

2.1. Fácies principais 42

2.1.1. Fácies do arcabouço deltáico 43

2.1.1.1. Barras de distributários 43

2.1.1.2. Cordões litorâneos 44

2.1.2. Fácies deltaicas complementares 45

2.2. Ciclos deltaicos Emborê 46

2.3. Classificação genética do Sistema Deltaico Emborê 47
3 - SISTEMA LEQUE DELTAICO GURIRI 50
3.1. Fácies principais 52
3.2. Correlação entre os sistemas parálicos 53
4 - SISTEMA PLATAFORMA CARBONÁTICA SIRI 54
4.1. Fase eocênica 56
4.2. Fase oligocênica 57
5 - SISTEMA TALUDE CONTINENTAL CAMPOS 58
5.1. Fácies principais 60
5.1.1. Hemipelagitos Ubatuba 62
5.1.2. Cone submarino Carapebus 62
5.1.3. Leques submarinos Muritiba 64
5.1.4. Borda continental Grussaí 65

CAPÍTULO VI 67
MODELO DE SEDIMENTAÇÃO 67
1 - MODELO DE SEDIMENTAÇÃO BÁSICO 67
2 - DESENVOLVIMENTO DA MARGEM CONTINENTAL CAMPISTA 68
2.1. Fase de bacia faminta 69
2.2. Fase transicional 70
2.3. Fase progradacional 71
2.4. Fase agradacional 73
3 - FATORES DE CONTROLE DA SEDIMENTAÇÃO 74
4 - COMPARAÇÃO COM MODELOS CLÁSSICOS 77
4.1. Modelos holocênicos 78
4.1.1. Leste do Brasil 78

4.1.2. Mar das Antilhas 80

4.1.3. Outros modelos modernos 81

4.2. Modelos antigos 81

4.2.1. Formação Piaçabuçu 82

4.2.2. Pensilvaniano superior do Texas 83

4.2.3. Montanhas Cantábricas da Espanha 83

CAPÍTULO VII 85

POTENCIALIDADE PETROLÍFERA 85

1 - PARÂMETROS BÁSICOS DE AVALIAÇÃO 85

2 - ANÁLISE DA BACIA DE CAMPOS 86

2.1. Rochas-reservatório 86

2.2. Rochas capeadoras 87

2.3. Rochas geradoras 87

2.4. Relações entre rochas geradoras e reservatórios 89

2.5. Trapas 90

2.6. Relações temporais entre as trapas e a migração do petróleo 90

3 - DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS FAVORÁVEIS 91

BIBLIOGRAFIA 93

VOLUME II

FIGURA 1 - MAPA DE SITUAÇÃO DA BACIA DE CAMPOS

FIGURA 2 - ESTRATIGRAFIA DA BACIA DE CAMPOS

FIGURA 3 - CORRELAÇÃO ENTRE A ESTRATIGRAFIA FORMAL E UNIDADES PARAESTRATIGRÁFICAS

FIGURA 4 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO RJS-5

FIGURA 5 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO RJS-2

FIGURA 6 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO RJS-4A

FIGURA 7 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO RJS-1

FIGURA 8 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO RJS-3

FIGURA 9 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO RJS-8

FIGURA 10 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO RJS-6

FIGURA 11 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO 2-CST-1-RJ

FIGURA 12 - PERFIL COMPOSTO DO POÇO RJS-7

FIGURA 13 - CARTA COMPARATIVA ENTRE AS UNIDADES PARAESTRATIGRÁFICAS E SISTEMAS DEPOSICIONAIS

FIGURA 14 - MODELO DE SEDIMENTAÇÃO DA BACIA DE CAMPOS

ANEXO 1 - SEÇÃO SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA A-A'

ANEXO 2 - SEÇÃO SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA C-C'

ANEXO 3 - SEÇÃO SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA G-G'

ANEXO 4 - SEÇÃO SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA H-H'

ANEXO 5 - SEÇÃO SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA B-B'

ANEXO 6 - SEÇÃO SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA F-F'

ANEXO 7 - SEÇÃO SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA D-D'

ANEXO 8 - SEÇÃO SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA E-E'

ANEXO 9 - MAPA ESTRUTURAL DA DISCORDÂNCIA PRÉ-CAMPOS

ANEXO 10 - MAPA DE ISÓPACAS DA UNIDADE SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA ALFA

ANEXO 11 - MAPA DE ISÓPACAS DA UNIDADE SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA BETA

ANEXO 12 - MAPA DE ISÓPACAS DA UNIDADE SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA GAMA

ANEXO 13 - MAPA DE ISÓPACAS DA UNIDADE SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICA ÔMEGA

ANEXO 14 - MAPA DE CONTORNOS ESTRUTURAIS DA SUPERFÍCIE DEPOSICIONAL PRÉ-CAMPOS

ANEXO 15 - MAPA DE POTENCIALIDADE PETROLÍFERA

RESUMO

O objetivo principal da presente tese é a definição dos sistemas deposicionais das Formações Campos e Emborê e o reconhecimento do modelo de sedimentação envolvido. Esta seqüência sedimentar foi depositada a partir do Cretáceo Superior, após a individualização da Bacia de Campos na recem formada margem continental brasileira.

Com base em dados de poços de petróleo e de levantamentos sísmicos de reflexão realizados pela PETROBRÁS, foram reconhecidos quatro sistemas deposicionais: Sistema Deltaico Emborê, Sistema Leque Deltaico Guriri, Sistema Plataforma Carbonática Siri e Sistema Talude Continental - Campos.

O Sistema Deltaico Emborê é o gerador dos sedimentos da unidade estratigráfica homônima. Constituída por duas principais fácies, cordões litorâneos e barras de distributários, esta unidade genética domina a sedimentação parélica na bacia a partir do Oligoceno. Evidências geológicas dentro e fora da Bacia de Campos apontam o Rio Paraíba como alimentador deste paleo delta que, geneticamente, é classificado como destrutivo dominado por ondas.

O Sistema Leque Deltaico Guriri é representado essencialmente pela fácies distal e corresponde parcialmente, ao Membro Guriri da Formação Campos. Durante o período de seu maior desenvolvimento, que se estende do Eoceno ao Oligoceno, este sistema foi alimentado por uma drenagem implantada paralelamente a atual costa do Rio de Janeiro, ao longo do "rift" da Guanabara.

Ambos os sistemas parálicos acima citados progradaram, em vários ciclos sedimentares, sobre uma plataforma continental dominada por sedimentação carbonática. Estes sedimentos representam o Sistema Plataforma Carbonática Siri que é constituido por dois depósitos; o primeiro, de idade eocênica, é parcialmente contemporâneo ao Leque Deltaico Guriri; o segundo, mais desenvolvido, tem sua maior extensão durante o Oligoceno, decrescendo concomitantemente com a progradação do Sistema Deltaico Emborê.

Finalmente, o Sistema Talude Continental Campos representa a sedimentação de águas profundas. Desenvolvido desde o Cretáceo Superior até o Plioceno, este sistema teve sua sedimentação inteiramente condicionada pela morfologia da margem continental fluminense. Quatro fases evolutivas são reconhecidas, com específicas associações de fácies sedimentares. Estas incluem depósitos de hemipelagitos, cone submarino, leques submarinos de origem turbidítica e borda continental.

As relações estratigráficas e as principais características desses sistemas deposicionais são mostrados em oito seções sísmico-estratigráficas, interpretadas a partir da correlação com os perfis geofísicos dos poços profundos. Estas seções estenderam o controle estratigráfico por toda a bacia, permitindo o mapeamento, em sub-superfície dos principais sistemas deposicionais. A partir do arranjo tridimensional destes e da analogia com exemplos modernos e antigos obteve-se o modelo de sedimentação.

A metodologia aqui empregada revelou uma excelente resolução em problemas de análise de bacias sedimentares submersas e, particularmente, na delimitação de áreas favoráveis à ocorrência de acumulações de petróleo.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os objetivos deste trabalho, a caracterização geográfica da área de pesquisa, bem como uma apreciação resumida dos estudos prévios sobre a geologia da Bacia de Campos.

1 - GENERALIDADES

Desde a década passada, a sedimentação das margens continentais tem ocupado um lugar de destaque entre as preocupações de especialistas. Inúmeras pesquisas sobre a margem continental (incluindo aqui suas províncias fisiográficas: plataforma continental, talude continental e planície costeira) têm sido realizadas e esforços, tanto financeiros quanto humanos, vem sendo aplicados com o objetivo de determinar sua origem e desenvolvimento, e definir sua potencialidade econômica. A plataforma continental, afinal de contas, constitui cerca de um oitavo da superfície do globo terrestre e as crescentes necessidades humanas, em termos de recursos minerais e energéticos, justificam plenamente esse interesse científico.

Entretanto, a grande maioria das pesquisas realizadas e, conseqüentemente, os novos conceitos adquiridos, principalmente sobre a sedimentação nas margens continentais estão relacionados ao hemisfério norte, particularmente os Estados Unidos e Europa. No Brasil, apenas recentemente esses problemas mereceram a atenção dos geólogos e pesquisadores.

Com o início dos trabalhos de exploração de petróleo na plataforma continental brasileira, um grande número de dados geológicos foi obtido pela PETROBRÁS, a partir de levan-

tamentos geofísicos e perfurações profundas. Essas pesquisas, aliadas às realizadas pelo projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira) em convênio entre a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), Petróleo Brasileiro S/A, através do CENPES (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Miguez de Mello) e o Lamont-Doherty Geological Observatory(L#DGO) da Universidade da Columbia, N.Y., vem gradativamente, formando um acervo de dados e conhecimentos geológicos que têm permitido a compreensão do quadro genético-evolutivo da margem continental brasileira. Neste contexto situam-se, ainda, as pesquisas executadas pelo Woods Hole Oceanographic Institution of Massachussets, EUA e das universidades brasileiras.

A presente tese, cujas origens remontam à participação do autor, desde 1969, na exploração de petróleo nas bacias submersas brasileiras, representa uma tentativa de, à luz dos novos conceitos sobre a sedimentação de margens continentais, oferecer adequados subsídios para a compreensão de gênese, evolução e desenvolvimento sedimentar da plataforma continental brasileira, particularmente a do litoral fluminense.

2 - ÁREA DE ESTUDO

A área objeto do presente estudo, a Bacia de Campos, situa-se no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro, aproximadamente entre as cidades de Vitória (ES) e Cabo Frio(RJ) (fig. 1). Incluindo sua extensão sobre a plataforma continental, a Bacia de Campos acha-se compreendida entre os paralelos de 21° 00' S e 23° 00' S e os meridianos 40° 00' W e 42° 00' W. A área sedimentar em estudo engloba uma superfície de 20.000quilômetros quadrados, sendo limitada ao norte pelo "Arco de Vitória", que a separa da Bacia do Espírito Santo; ao sul, pelo "Arco de Cabo Frio", limite norte da Bacia de Santos; a oeste, por um sistema de falhas SW-NE, que

põe os sedimentos em contato com o embasamento cristalino; e a leste, estende-se oceano adentro, através do moderno talude continental; considera-se, em termos operacionais, a isóbata de menos 200 metros como seu limite.

Na parte emersa da bacia delineia-se um pequeno sistema deltaico, de idade holocênica, cujos sedimentos juntamente com a Formação Barreiras recobrem as rochas terciárias e mesozóicas da bacia. Estas têm sua ocorrência limitada em subsuperfície.

3 - AGRADECIMENTOS

O autor deseja deixar, aqui consignados, os seus mais sinceros agradecimentos as seguintes entidades e pessoas:

Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRÁS - pela permissão da utilização de dados geológicos e geofísicos.

Professor Doutor Kenitiro Suguio pela inestimável orientação na elaboração desta tese.

Professor Doutor Paulo M. B. Landim, Vice-Diretor do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" pelas valiosas sugestões e informações.

Professor Doutor Sergio Estanislau do Amaral do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo pela leitura e revisão do texto.

Senhor Leopoldo Calligaris Neto pela primorosa confecção das ilustrações.

Senhorita Margarida de Paula Caraça e Senhora Maria Célia Zadra Schmidt pelo cuidadoso trabalho de datilografia.

Por último, mas nem por isto menos, a sua esposa, Therezinha, não só pela efetiva colaboração durante a elaboração desta, como também, pela confiança demonstrada e constante estímulo.

4 - ESTUDOS PRÉVIOS

As primeiras notícias sobre os sedimentos da Bacia de Campos foram dadas por Hartt (1870), Willians (1921) e Oliveira (1924). O primeiro a estudá-la com mais detalhe foi Lamego (1937, 1940 e 1944) que mapeou e descreveu as restingas e outras feições costeiras do litoral fluminense. Lamego estudou ainda, pormenorizadamente, o delta do Rio Paraíba, procurando definir sua origem e evolução.

As atividades exploratórias da PETROBRÁS na bacia tiveram início com um levantamento sísmico preliminar (Moulton, 1958), sendo em seguida perfurado um poço, o 2-CST-1-RJ (Cabo São Tomé). Este poço constatou, pela primeira vez, a existência na bacia, de sedimentos mais velhos que a Formação Barreiras. Após perfurar 1100 metros de arenitos grosseiros e conglomeráticos, de idade terciária, o poço atingiu rochas basálticas com idade absoluta de 121 $\pm$ 6 milhões de anos. Estas separam os sedimentos, que lhe são sobrepostos, do embasamento cristalino Pré-Cambriano. Um reconhecimento gravimétrico realizado logo a seguir (Fachetti, 1960) definiu a inviabilidade da pesquisa de petróleo em terra firme, em razão da pequena espessura de sedimentos constatada.

Novas pesquisas na bacia somente ocorreram a partir de 1968, quando do início da exploração de petróleo na plataforma continental. A interpretação do perfil sísmico, levantado pelo navio "North Seal" (Bisol, 1968) e os trabalhos de Asmus (1969) e Silva (1970) delinearam o arcabouço geológico da área submersa. Segundo esses autores, a sedimentação na Bacia de Campos iniciou-se com a tafrogenia mesozóica que acompanhou a separação dos continentes sul-americano e africano.

Redefinida a potencialidade petrolífera da bacia, novos levantamentos sísmicos, agora de semi-detalhe, foram efetuados na área marítima (Saito e Campos, 1972) e, a partir de 1972, vários poços foram perfurados sobre a plataforma con

tinental fluminense. Destes, provieram as primeiras informações estratigráficas da área submersa campista.

Noguti e Santos (1972) e Quadros e Gomide (1972), estudando os foraminíferos e nanofósseis, respectivamente, desta e de outras bacias marginais, estabeleceram um zoneamento bioestratigráfico para a seção néo-cretácica-terciária da margem continental brasileira.

Schaller (1973) elaborou a coluna estratigráfica de Campos, dividindo o pacote sedimentar (estimado em 6.000 a 8.000 metros) em quatro unidades litoestratigráficas: Formação Lagoa Feia, basal, constituída de clásticos grosseiros e evaporitos de idade Alagoas e, possivelmente Jequiá, equivalente provavelmente ao Aptiano (Viana et all, 1971); Formação Macaé, que engloba os sedimentos carbonáticos de idade albiana; Formação Campos, de idade neo-cretácica-terciária, constituída de clásticos e carbonatos; e finalmente, a Formação Emborê, representada por clásticos grosseiros de idade predominantemente miocênica.

Neste ínterim, diversas contribuições, igualmente relevantes para a compreensão da Bacia de Campos, provieram de vários trabalhos regionais, realizados por diversas instituições científicas na margem continental brasileira. Assim é que, Barreto e Milliman (1969) apresentaram um reconhecimento fisiográfico geral desta área submersa brasileira. Realizado em convênio com o Woods Hole Oceanographic Institution, este trabalho definiu a extensão da Bacia de Campos.

Asmus e Porto (1972), estudando a margem continental brasileira do ponto de vista da tectônica de placas, reconheceram na evolução das bacias marginais da região leste, os estádios de tafrogeossinclíneo, miogeossinclíneo e miogeoclíneo, caracterizados por feições morfológicas e seqüências estratigráficas peculiares.

Abordando a mesma questão, mas do ponto de vista paleogeográfico, Sampaio e Nortfleet (1973) reconheceram qua-

tro fases evolutivas das bacias da margem leste brasileira: continental, evaporítica, marinha rasa e marinha profunda, correlacionando-se as duas primeiras com os estádios de tafrogeossinclíneo e miogeossinclíneo de Asmus e Porto (op. cit.), respectivamente, e as duas últimas com o estádio de miogeoclíneo.

O projeto REMAC elaborou, em 1973, detalhados mapas batimétricos, que permitiram uma melhor definição das feições fisiográficas de Campos. Relacionado, ainda, com este projeto, Francisconi e Kowsmann (1976), baseados em levantamentos sísmicos do Lamont-Doherty Geological Observatory, realizaram um mapeamento estrutural da margem continental sul-brasileira, identificando os principais padrões estruturais de caráter regional que afetam a Bacia de Campos.

5 - OBJETIVOS

O objetivo primordial da presente pesquisa é a definição dos sistemas deposicionais das Formações Campos e Emborê e o reconhecimento, por comparação com a sedimentação recente, do modelo deposicional desta seqüência. Estas unidades litoestratigráficas foram depositadas durante o estádio marinho franco de Sampaio e Nortfleet (op. cit.).

Como objetivo paralelo, pretende esta tese desenvolver uma metodologia específica para a análise de bacias submersas, onde a inacessibilidade de amostras e exposições impede a utilização das clássicas técnicas sedimentológicas.

Iniciado quando da participação do autor nas pesquisas de petróleo na Bacia Campos, este trabalho tinha o objetivo original de definir sua potencialidade petrolífera e reconhecer seus possíveis prospectos (1). Em deixando a PETRO-

---

(1) Projeto de pesquisa de petróleo caracterizado pela análise, em termos geológicos e econômicos, dos parâmetros que justificam a perfuração de um poço pioneiro.

BRÁS, as considerações petrolíferas serão aqui abordadas sucintamente e com o objetivo único de demonstrar a adequação da metodologia acima referida.

CAPÍTULO II

ASSENTAMENTOS GEOLÓGICOS GERAIS

Este capítulo é dedicado à apresentação do arcabouço geológico da Bacia de Campos. Sua origem e evolução são discutidas à luz dos novos conceitos sobre tectônica de placas e segundo os diversos pesquisadores que estudaram a margem continental brasileira. Opiniões de vários autores sobre a evolução estrutural e sedimentar da bacia são confrontadas.

1 - ORIGEM E EVOLUÇÃO DA BACIA DE CAMPOS

A Bacia de Campos é uma das componentes de um sistema de bacias sedimentares das margens continentais do Brasil e da África Ocidental. Estas bacias guardam entre si uma série de semelhanças e pontos comuns, relacionados a sua gênese e ao seu desenvolvimento, unificado no início, e paralelo após o fendilhamento formador do Oceano Atlântico Sul. A Bacia de Campos, pela sua localização previlegiada em relação ao Escudo Brasileiro e ao conjeturado continente de Gondwana, destaca-se como um elemento importante na análise do desenvolvimento das bacias costeiras e da evolução do Atlântico Sul.

Nesta análise, as estruturas preexistentes do embasamento cristalino constituem o principal fator. Encontram-se bem refletidas nas principais lineações estruturais das bacias cretácicas, e também na atual linha de costa, cujos contornos são por ela indiretamente determinados (Lamego, 1944, 1955; Beurlen, 1962; Castro Botelho, 1966; Maack, 1966; Ribeiro Dantas, 1966 e Almeida, 1967). No embasamento cristalino da parte leste do escudo brasileiro, podem ser reconhecidas, em linhas gerais, três regiões definidas por diferentes elementos estruturais (Ebert, 1969).

a) região meridional, de Santa Catarina ao Rio de Janeiro, com elementos estruturais orientados para nordeste-sudoeste;

b) região oriental, do sul de Minas Gerais ao norte da Bahia, com elementos estruturais orientados norte-sul;

c) região nordeste, da foz do Rio São Francisco ao norte do escudo brasileiro, com elementos estruturais orientados este-oeste e nordeste-sudoeste.

Considerando que a fenda inicial formadora do Atlântico Sul desenvolveu-se segundo uma direção essencialmente norte-sul, Asmus (1969) postula que as lineações estruturais do escudo, com essas direções, atuaram como verdadeiras linhas de fraqueza e que ao longo delas tenham se dado a ruptura durante a reativação wealdeniana. Por outro lado, as regiões cujas direções estruturais são perpendiculares à direção dominante da fenda, ou seja, perpendiculares à atual linha de costa, teriam oferecido resistência mecânica transitória à propagação da geoclase que, desse modo, teria seu crescimento marcado por uma certa periodicidade.

A zona de resistência que mais interessa nesta tese acha-se situada no encontro das regiões estruturais oriental e meridional, entre as cidades do Rio de Janeiro e Vitória. As estruturas pré-cambrianas de direção nordeste-sudoeste, que formam o arqueamento Paraíbides, ligam-se no Espírito Santo a outra cadeia de montanhas do Précambriano Superior, o Araxaídes (Ebert, 1969); a partir dali, em parte, dirigem-se para o oceano, onde constituem o Arco de Vitória, que delimita a Bacia de Campos ao norte.

Os alinhamentos estruturais Araxaídes-Paraíbides e sua extensão marinha, o Arco de Vitória, correspondem exatamente ao Arco da Cuanza da África Ocidental. Deste modo, a Bacia de Campos e sua correlata africana, Bacia de Cuanza, encontram-se ambas ao sul desse arqueamento. Como conseqüência, apresentam uma evolução geológica paralela, e fenômenos

comuns, dentre os quais, os derrames basálticos do Neocomiano (Asmus, 1969).

Segundo Beurlen (1962), esse arqueamento teria oferecido uma barreira aos derrames basálticos mais conspícuos do vulcanismo resultante da reativação tectônica do Eo-Cretáceo. Os derrames ocorridos em Cuanza, simultaneamente com a deposição da Formação Cuvo (Brognon e Verrier, 1966), devem estar associados, segundo Asmus (1969), aos derrames assinalados no poço 2-CST-1-RJ. As ilhas vulcânicas de Martin Vaz e Trindade, entre outras elevações menores, alinham-se segundo o referido arqueamento, definindo uma cadeia de montanhas vulcânicas que Almeida (1961, 1965) postula como uma zona de falhamento transcorrente de expansão do assoalho oceânico. Da mesma maneira, Rezende (in press) associa o Arco de Cabo Frio, que limita a Bacia de Campos ao sul, à outra zona de falhamento transcorrente designada por Rio de Janeiro.

Deste modo, a individualização da Bacia de Campos estaria assim relacionada com a subsidência diferencial do segmento da margem continental brasileira, situado entre as referidas Zonas de Transcorrências. Essa subsidência, segundo Francheteau e Le Pichon (1972), seria controlada pelo contraste térmico de cada lado da zona deslocada e diretamente proporcional à distância da dorsal correspondente.

No subseqüente desenvolvimento da margem continental leste-brasileira, Asmus e Porto (1972) reconhecem tres estádios evolutivos, designados segundo terminologia de Dewey e Bird (1970) para classificação de bacias sedimentares:

1º) Estádio de tafrogeossinclíneo - Desenvolvido na fase inicial de formação do Atlântico Sul, quando falhamentos normais produzem grabens sintectonicamente preenchidos por clásticos não marinhos. A idade wealdeaniana para a tafrogenia de maior extensão e intensidade varia entre 120 a 130 milhões de anos. (Amaral et al, 1966). A lava basáltica detectada pelo poço 1-CST-RJ, datado pelo método potássio/argônio revelou uma idade de 121 $\pm$ 6 m.a. A sedimentação desta fase é me

lhor desenvolvida na Bacia do Recôncavo, onde sua origem deltaica-lacustrina acha-se bem definida (Gama Jr., 1970; Gama Jr. e Fonseca, 1971). Na Bacia de Campos, esta fase é representada pelos sedimentos da parte basal da Formação Lagoa Feia.

2º) Estádio de Miogeossinclíneo - Iniciado no Aptiano, com a primeira incursão marinha no embrionário Oceano Atlântico Sul, que se estendia como um longo e estreito golfo por toda a costa oriental brasileira e ocidental africana, até às bacias de Sergipe-Alagoas e Gabão, respectivamente. As condições restritivas prevalecentes no início da transgressão marinha concorreram para a deposição dos evaporitos da parte superior da Formação Lagoa Feia.

3º) Estádio de Miogeoclíneo - Desfeitas estas condições restritivas no Albiano, a Bacia de Campos passou a ser dominada por um ambiente marinho raso,que propiciou a deposição dos carbonatos da Formação Macaé. Com a reativação dos processos de crescimento do assoalho oceânico, numa segunda fase de abertura, o Atlântico adquiriu suas atuais características oceânicas. Segundo Le Pichon e Hayes (in Asmus e Porto, 1972) essa reativação ocorreu no Cretáceo Superior (80 m.a.) e correspondeu a uma mudança do polo de rotação para as placas sul-americana e africana, de sua posição original, 35° N - 21° W, para uma posição mais ao norte 58° N - 37° W. Como conseqüência, um generalizado basculamento para leste, causado por reativações das falhas preexistentes afeta a área campista definindo o arcabouço estrutural da bacia, (Ponte e Asmus, 1975). No continente, este tectonismo estende-se até o Neógeno, criando ou reativando antigas falhas e formando a Serra do Mar e o Graben do Paraíba (Almeida, 1973). A sedimentação na Bacia de Campos passa a ser dominada por um ambiente marinho franco, responsável pelos sedimentos das Formações Campos e Emboré, tema da presente tese.

2 - ARCABOUÇO TECTÔNICO

A configuração estrutural da Bacia de Campos é típica das bacias cretácica-terciárias da margem continental brasileira; falhamentos normais, desenvolvidos segundo linhas de fragilidade de rochas pré-cambrianas, com as falhas dispostas escalonadamente; "horsts" a "grabens" alternam-se pela superposição de falhas secundárias de diferentes idades.

A direção predominante das estruturas, N 40-50° E, definida preliminarmente no trabalho sísmico de Moulton (1958) e gravimétrico de Fachetti (1960), é essencialmente a mesma apresentada nas rochas gnáissicas do embasamento (Lamego, 1955) e nas intrusivas ígneas do Eo-Cretáceo (Damasceno, 1966).

Os Altos estruturais mais acentuados são os que limitam a bacia ao norte e ao sul, respectivamente, Arco de Vitória e Arco de Cabo Frio. O termo arco aplicado a essas estruturas é, segundo Ferradaes e Souza (1972) e Baccoccoli e Saito (1973), inadequado em razão delas representarem blocos de falhas orientados normalmente à costa. Estas estruturas apresentam expressão topográfica na plataforma continental, situando-se em profundidades menores que 1.000 metros (Bisol, 1968).

Entre os assim chamados Arcos de Vitória e Cabo Frio, desenvolvem-se os elementos estruturais básicos da bacia, definidos por lineamentos sempre orientados da direção NE-SW (Anexo 9). Ocupando a borda ocidental e estendendo-se pela planície campista, destaca-se uma superfície relativamente plana e inclinada para o mar, designada por "plataforma do Paraíba". Esta é relativamente rasa, com profundidades médias entre 1 000 e 1.500 metros, sendo limitada a leste pela falha de São Tomé.

Os Altos Internos constituem outra feição estrutural destacada, embora de menores proporções que as anteriores. Aparentemente é um "horst" alongado, com cerca de 70 quilôme-

tros de extensão. Configura-se através de dois sistemas de falhas normais, com rejeitos que só excepcionalmente atingem valores superiores a 200 metros. O sistema do lado ocidental dos Altos Internos, reúne as únicas falhas de alguma expressão na bacia que apresentam suas capas voltadas em direção ao continente.

Ocupando sua parte central, entre a Plataforma do Paraíba e os Altos Internos, delineia-se o Baixo de São Tomé. Este se apresenta como um "graben" assimétrico e alongado na direção NE-SW. Bastante largo a nordeste, o Baixo de São Tomé se estreita na direção oposta, acunhando-se a sudoeste do Cabo de São Tomé.

Finalmente, na extremidade leste, desenvolve-se um conjunto de falhas normais alinhadas paralelamente à moderna borda continental. Designada por "Charneira de Campos", esta feição estrutural é constituída por falhas normais inclinadas em direção ao oceano e com rejeitos nunca inferiores a 500 metros. Afetadas por sucessivas reativações, estas falhas estendem-se desde o embasamento até os estratos mais jovens. Representam ainda, o principal fator do posicionamento do moderno talude continental.

3 - ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO

Embora a ocorrência de sedimentos na Bacia de Campos seja conhecida desde o século passado (Hartt, 1870), somente com o início da exploração de petróleo foram feitos os primeiros trabalhos sistemáticos visando o reconhecimento da coluna estratigráfica da região. As dificuldades relacionadas, neste mister, prendem-se principalmente à natureza submersa da bacia e, conseqüentemente, à inexistência de exposições de seus sedimentos.

A estratigrafia da Bacia de Campos foi elaborada por Schaller (1972, 1973) a partir de dados dos poços perfurados pela PETROBRÁS na área costeira fluminense e na adjacente

plataforma continental.

A coluna sedimentar de Campos, ainda hoje, não é inteiramente conhecida; a partir de dados geofísicos infere-se uma espessura máxima da ordem de 6.000 a 8.000 metros em suas partes mais profundas. Desse total são conhecidos apenas os 3.500 metros mais superiores, divididos em quatro unidades estratigráficas fundamentais (fig. 2).

A Formação Lagoa Feia engloba os sedimentos mais antigos conhecidos na bacia, sendo constituída por evaporitos e clásticos não marinhos. Seu contato basal, e conseqüentemente sua espessura máxima, é desconhecida, uma vez que não foi ainda completamente atravessada pelos poços já perfurados; estima-se uma espessura da ordem de 2.000 metros no Baixo de São Tomé. A parte conhecida da unidade, pouco superior a 700 metros, constitui-se de três intervalos: o superior , formado por intercalações de folhelho cinza médio, calciluti to, siltito argiloso e esparsos leitos de arenito, intercalados com delgadas camadas de anidrita; o médio, formado por sais solúveis, principalmente halita, com intercalações ocasionais de anidrita, carbonatos e folhelhos; e finalmente, o intervalo inferior constituído de arenito conglomerático com matriz argilosa vermelha e erráticas lentes argilosas vermelhas.

A seção-tipo da formação encontra-se no intervalo - 3.100-3.757 metros do poço RJS-3, onde seu contato superior é concordante com os sedimentos da Formação Macaé, que se lhe sobrepõe. Correlaciona-se com o Membro Itaúnas da Formação Mariricu, na Bacia do Espírito Santo e com a Formação São Vicente da Bacia de Santos. Baseado na ocorrência do palinomorfo Exesipollenites tumulus BAIME, do Cretáceo Inferior, a unidade foi datada como de idade Alagoas (Viana, et all., 1971), existindo a possibilidade de ocorrência de sedimentos de idade Jequiá na sua parte basal. Este intervalo de tempo corresponde à deposição da Formação Caiuá no norte da Bacia do Paraná, cujas características sedimentares sugerem um cli

ma árido, perfeitamente compatível com a deposição de evaporitos nas referidas bacias marginais (Soares e Landim,1976).

Sobrepondo-se à Formação Lagoa Feia assentam-se concordantemente os sedimentos neríticos da Formação Macaé, com uma espessura máxima estimada em cerca de 1.000 metros. A unidade é constituída principalmente por carbonatos com intercalações de folhelho cinza-acastanhado a médio , muito carbonático e de arenitos finos, cinza-esbranquiçados. Os carbonatos são representados por alternância de calcarenitos, calcirruditos bioclásticos e calcilutitos creme claros a esbranquiçados. Localmente os carbonatos mostram-se dolomitizados, passando então a cores um pouco mais escuras.

A seção-tipo da Formação Macaé encontra-se no poço RJS-5B, onde o contato com os sedimentos da Formação Campos, que lhe é sobreposta, é definido como discordante. A Formação Macaé, de idade albo-cenomaniana, correlaciona-se com a Formação Barra Nova da Bacia do Espírito Santo. Com a Bacia de Santos, a unidade parece não ter correspondente litoestratigráfico, correlacionando-se em tempo com a Formação Florianópolis (Ojeda e De Cesero, 1974).

A Formação Campos engloba sedimentos depositados,comprovadamente, desde o Cretáceo Superior ao Oligoceno, havendo possibilidade que sua idade seja estendida até o Plioceno. Caracterizada por acentuadas variações faciológicas, esta unidade é dividida em quatro membros, designados da base para o topo por Carapebus, Ubatuba, Guriri e Siri. A espessura máxima da unidade é da ordem de 2.500 metros, na parte ocidental da bacia, decrescendo rapidamente na direção do continente, em razão da gradação lateral com a Formação Emborê.

O Membro Carapebus é constituído por arenito grosseiro, por vezes conglomerático, cinza claro, em parte feldspático, intercalado com folhelho siltoso, cinza escuro, ocasionalmente esverdeado, piritoso e carbonoso. O Membro Ubatuba é, caracteristicamente, constituído por folhelhos silto-

sos cinza escuros a acastanhados, ricos em matéria orgânica e muito carbonáticos passando, por vezes, gradativamente a margas. Ocorrem, freqüentemente intercalações de arenito fino e grosseiro, mal selecionado, cinzento, localmente cimentado por dolomita, com alguns leitos de folhelho cinza e avermelhado, siltoso, micáceo e horizontes de calcário bioclástico. O Membro Siri é um banco de carbonatos algáceos de água rasa que define o topo desta formação.

A seção-tipo da Formação Campos é composta pelas seções estratigráficas atravessadas pelos poços RJS-1 e RJS-5. No primeiro, que define sua parte superior, o contato com os sedimentos da Formação Emborê, que lhe é sobreposta, é concordante. A Formação Campos correlaciona-se com a Formação Urucutuca da Bacia do Espírito Santo e com a Formação Guarujá da Bacia de Santos.

Encimando a seqüência estratigráfica da Bacia de Campos, a Formação Emborê constitui-se principalmente de arenitos e carbonatos impuros. Os arenitos são mal selecionados, em parte conglomeráticos e fossilíferos. Os carbonatos são representados por coquinas arenosas e calcarenitos de cores que variam de cinza-médio a creme, com matriz de areia quartzosa, fina a grosseira. Os bioclastos mais abundantes são de moluscos, macroforaminíferos, algas vermelhas e equinóides. Ocorrem ainda intercalações de argila siltosa, orgânica e piritosa de cores cinza e vermelha.

A seção-tipo desta unidade é definida pelo intervalo do fundo do mar a 1 450 metros do poço RJS-3. Sua idade se estende do Oligoceno Superior ao Plioceno, correlacionando-se com as Formações Santos e Rio Doce das bacias vizinhas de Santos e Espírito Santo, respectivamente.

A Formação Emborê apresenta ainda, uma seqüência de clásticos continentais vermelhos, designados informalmente por Schaller (op. cit.) como fácies São Tomé. Sua presença foi registrada tão somente no poço 2-CST-1-RJ.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

Em análise de bacias e na reconstrução dos ambientes antigos de sedimentação, vários métodos têm sido propostos e utilizados por inúmeros estudiosos. A escolha de um destes métodos depende, entre outros fatores, da natureza e do grau de resolução dos dados disponíveis. Na Bacia de Campos, particularidades específicas das informações geológicas, por sua vez relacionadas com a natureza dos dados geológicos, condicionaram a escolha de conceito de sistema deposicional como o método mais adequado para a análise de seus sedimentos.

Este capítulo é dedicado à apresentação do referido conceito como método de análise de bacias sedimentares, à descrição dos dados geológicos disponíveis e às técnicas especiais envolvidas nos tratamentos destes para a interpretação dos sistemas deposicionais.

1 - O CONCEITO DE SISTEMA DEPOSICIONAL

O conceito de sistema deposicional, no sentido paleofisiográfico ou paleogeomorfológico, é relativamente novo na literatura geológica. Foi introduzido, por Fischer e McGowen, em 1967, na análise dos sedimentos do Grupo Wilcox da Bacia Costeira do Golfo, E.U.A. A grande aceitação das conclusões deste trabalho propiciou o desenvolvimento do conceito através da elaboração de uma sistemática própria aplicável na interpretação de sedimentos de qualquer complexo fisiográfico. Caracterizava-se, assim, um método de análise de bacias sedimentares para o qual concorreram as contribuições de inúmeros pesquisadores do "Bureau of Economic Geology" e

da "University of Texas at Austin", destacando-se, além dos já referidos, os geólogos L. F. Brown Jr. e A. J. Scott.

No Brasil, a alta resolução revelada pelo método, mesmo em bacias com pequena disponibilidade de informações geológicas, despertou o interesse de geólogos de petróleo envolvidos no estudo dos sedimentos recém descobertos das bacias marginais brasileiras. Sua primeira aplicação deu-se na análise dos sedimentos da Bacia de Sergipe-Alagoas (Fischer, Gama Jr. e Ojeda, 1973).

Os estudos dos modernos complexos deposicionais, realizados desde a década passada, permitiram que fosse feita uma perfeita caracterização dos sedimentos de cada específico ambiente de deposição. Entretanto, o grande subsídio trazido por estes estudos foi para uma melhor compreensão da distribuição e modo de imbricação dos sedimentos de cada ambiente através do tempo geológico, ou seja, da distribuição e interrelacionamento, em contexto tridimensional, das fácies componentes de um complexo deposicional.

A partir deste conhecimento, Fischer e colaboradores (1969) delinearam os arranjos tridimensionais de fácies dos modernos e bem conhecidos complexos deposicionais, definindo suas típicas seqüências faciológicas laterais e verticais e elaborando seus possíveis modelos de sedimentação. A esses arranjos tridimensionais de fácies equivalentes a modernos complexos deposicionais chamaram de "sistema deposicional".

Assim sendo, o termo sistema deposicional aplica-se a uma unidade tridimensional constituída por uma específica associação de litofácies e definida, geneticamente, pela distribuição e interrelacionamento destas litofácies. Corresponde no registro geológico, a antigos complexos fisiográficos ou geomorfológicos que modernamente, representam os sítios de sedimentação por excelência.

A aplicação deste conceito implica, necessariamente, na utilização de uma sistemática própria, caracterizando-se,

portanto, como um método de análise de bacias sedimentares. A ênfase principal é colocada sobre a rocha em si, independentemente de correlações temporais ou persistência de unidades estratigráficas formais. Composição litológica e fossilífera, geometria e intercalações das fácies componentes e estruturas sedimentares são os critérios e linhas de evidência utilizados, de uma maneira integrada na interpretação dos sistemas deposicionais. Linhas de tempo, exceto aquelas representativas de discordâncias regionais ou grandes quebras sedimentares, e limites estratigráficos são relegados a planos secundários ou ignorados. Enfatiza-se, portanto, a estratigrafia de fácies sobre a estratigrafia de unidades operacionais de mapeamento.

Nesta estratigrafia genética, sistema deposicional é a unidade fundamental, sendo reconhecido por critérios específicos e designado por um termo descritivo p. ex., Sistema Deltaico Cisco (Galloway & Brown, 1972); Sistema Plataforma Carbonática Mosqueiro (Fisher, Gama Jr. e Ojeda, 1973). Componentes de um sistema deposicional são referidos simplesmente como fácies, de frente deltaica, prodelta e fácies de borda continental.

Basicamente, a aplicação deste conceito envolve o reconhecimento de unidades genéticas, naturais e de grande escala, comparáveis aos modernos complexos deposicionais, prontamente reconhecidos pelas suas características fisiográficas.

2 - DADOS GEOLÓGICOS

A Bacia de Campos é uma bacia sedimentar submersa na plataforma continental fluminense. Sua extensão em terra firme é representada por sedimentos holocênicos do delta do Rio Paraíba. Deste modo, não há afloramento da seqüência em estudo e, conseqüentemente, o acesso direto do geólogo às rochas. Os dados existentes são provenientes de poços petrolí-

feros e de levantamentos geofísicos; são, portanto, de natureza indireta, carecendo de um adequado tratamento antes de sua utilização como informação geológica.

2.1. - Os poços petrolíferos

Dos nove poços petrolíferos utilizados nesta tese, oito localizam-se na plataforma continental; o último, situa-se na extremidade do Cabo São Tomé, no litoral fluminense (fig. 1). Os poços 2-CST-1-RJ, RJS-2, RJS-3, RJS-5, RJS-7 e RJS-8 atravessaram toda a seqüência sedimentar em estudo, enquanto que os poços RJS-1 e RJS-4 foram interrompidos a poucos metros de sua base; apenas o RJS-6 perfurou tão somente 1 486 metros, perfazendo, no conjunto dos nove poços, uma espessura total superior a 28.000 metros destes sedimentos.

Os poços foram perfurados pelo sistema rotativo, com broca convencional tricônica, não tendo sido obtido nenhum testemunho. As amostras, exclusivamente de calha, foram descritas no laboratório da RPBA pelos geólogos Ernani Lopes Filho, Hanfried Schaller, Pedro De Cesero e pelo autor desta. Em todos os poços obteve-se o perfil elétrico-indução, nas escalas 1:200 e 1:1.000, com curvas de potencial espontâneo, condutividade e resistividade. O perfil de raios gama só não foi corrido nos poços 2-CST-1RJ e RJS-1.

Para o presente estudo, os dados geológicos dos poços petrolíferos são apresentados em forma de colunas sedimentares, reconstituídas a partir da interpretação litológica dos perfis geofísicos e descrições das amostras de calha.

2.2. - Seções sísmicas

Nos últimos anos, a análise estratigráfica a partir de dados fornecidos por seções sísmicas de reflexão estão se tornando cada vez mais comuns. Tal recurso é, particularmente, importante em bacias com pequeno controle de subsuperfície ou com sedimentos não aflorantes.

Para a presente análise, foram utilizadas 20 seções sísmicas de reflexão, numa extensão total de 944 quilômetros; destas, 12 são apresentadas em anexo. As linhas sísmicas foramorientadas em duas direções ortogonais entre si, sendo quinze na direção N 45 W e cinco na direção N 45 E.

O levantamento sismográfico foi executado por duas equipes sísmicas da PETROBRÁS, ES-28 e ES-34, em 1969 e 1971, respectivamente. A ES-28 empregou como fonte de energia o sistema "acquapulse", com freqüência de 40 impulsos por quilômetro, à pressão de 2 000 libras por polegada quadrada. O registro foi feito com um sismógrafo Tedcor DFR-300, utilizando um dispositivo sismográfico de 2 300 metros de extensão e cobertura de 1 200%. A ES-34 utilizou o sistema "air-gun" com a freqüência de 40 impulsos por quilômetro, a pressão de 2 000 libras por polegada quadrada. Captou-se a energia em um dispositivo sismográfico semi-flutuante com cobertura variável entre 1 200 e 4 800%. Empregou-se o instrumento de registro digital com ganho binário automático DFS-III, da Texas Instruments.

Para a apresentação nesta tese, as seções sísmicas foram reduzidas, após interpretação, à 38% da escala original.

3 - SISTEMÁTICA DE INTERPRETAÇÃO

O passo inicial envolveu o reconhecimento das litofácies da seqüência em estudo, através da análise das colunas sedimentares dos poços petrolíferos da bacia. A definição destas litofácies foi feita indiferentemente à divisão estratigráfica formal e considerando, tão apenas, a similaridade de atributos litológicos com significado genético. Cada uma das litofácies ficou perfeitamente caracterizada nos perfis geofísicos, pelo padrão de curvas de resistividade e potencial espontâneo ou raios gama.

Seguiu-se uma criteriosa correlação entre os perfis geofísicos e as seções sísmicas disponíveis, o que permitiu o estabelecimento de parâmetros sísmicos de identificação das referidas litofácies. Os perfis geofísicos são apresentados em escala de profundidade, normalmente 1:1 000; as seções sísmicas são, sem exceção, apresentadas em escala de tempo. Como a velocidade de propagação das ondas sísmicas é variável com a profundidade, para a referida correlação houve necessidade da migração dos perfis geofísicos para a escala de tempo, segundo análises de velocidade (VELANS) realizadas em pontos, previamente escolhidos, nas seções sísmicas. Esta migração foi obtida em computador, segundo programa específico da PETROBRÁS.

Através da correlação dos perfis geofísicos e seções sísmicas identificaram-se as unidades sísmico-estratigráficas. Estas, caracterizadas por padrões de refletores, mostraram-se equivalentes às litofácies ou grupo de litofácies, anteriormente definidas. Tal equivalência permitiu estender o controle estratigráfico por toda a bacia, através da confecção de seções sísmico-estratigráficas.

O passo seguinte consistiu na confecção de mapas de isópacas de cada uma das unidades sísmico-estratigráficas. Para tanto, houve a necessidade da conversão dos tempos de reflexão em profundidade, de pontos das seções sísmicas dotados de "velans". Para cada ponto foram calculadas as profundidades dos refletores limites de cada unidade sísmico-estratigráfica e, a partir destas, suas respectivas espessuras. Estes cálculos foram feitos manualmente.

Finalmente, foram interpretados os sistemas deposicionais considerando as seguintes linhas de evidência: distribuição, geometria, composição litofaciológica, relações estratigráficas e características estruturais internas das unidades sísmico-estratigráficas e petrologia, conteúdo fossilífero, relações faciológicas verticais e características texturais das litofácies. O modelo de sedimentação foi obti-

do pelo arranjo tridimensional dos sistemas deposicionais, com base na analogia com exemplos modernos e antigos.

CAPÍTULO IV

ESTRATIGRAFIA

Este capítulo é dedicado à definição e caracterização das litofácies e unidades sísmico-estratigráficas da seqüência em estudo, ou seja, das Formações Campos e Emborê. São elaboradas seções sísmico-estratigráficas a partir da interpretação estratigráfica de seções sísmicas e confeccionados mapas de isópacas das unidades sísmico-estratigráficas.

1 - LITOFÁCIES

Na seqüência sedimentar em questão foram identificadas oito litofácies designadas informalmente com termos geográficos da região. Quando equivalentes, mesmo parcialmente, utilizou-se os termos estratigráficos formais, evitando-se, assim, uma desnecessária sinonímia. Desde total, cinco litofácies referem-se a sedimentos da Formação Campos: litofácies Ubatuba, Carapebus, Muritiba, Siri e Guriri; duas outras a sedimentos da Formação Emborê: litofácies Emborê e São Tomé; finalmente, litofácies Grussaí, referente a sedimentos não formalmente incluídos em nenhuma das duas formações citadas (fig. 3).

A caracterização destas litofácies foi feita através da análise das colunas sedimentares atravessadas pelos nove poços perfurados pela PETROBRÁS na bacia. Estas foram reconstituídas pela interpretação dos perfis geofísicos obtidos nos referidos poços (raios gama, potencial espontâneo e resistividade) sob controle de amostras de calha, descritas por diversos geólogos do SERSTRA-RPBA-PETROBRÁS.

1.1. - Litofácies Ubatuba

A litofácies Ubatuba é caracterizada por um espesso pacote de folhelhos; estes se apresentam em várias cores, predominando tonalidades entre cinza-escuro e castanho; são siltosos, piritosos, micromicáceos, carbonáticos e, localmente, muito ricos em matéria orgânica finamente disseminada. Subordinadamente ocorrem erráticas intercalações de arenito fino a médio, carbonático, argiloso e calcário micrítico, castanho, muito argiloso, gradando, por vezes, a margas argilosas. A presença destas eventuais intercalações não afeta o carater essencialmente pelítico desta unidade, característica esta, que lhe é diagnóstica.

O conteúdo paleontológico da litofácies Ubatuba é representado por foraminíferos e nanofósseis. De acordo com Noguti & Santos (1972) e Quadros & Gomide (1972), a unidade abrange sedimentos marinhos, cuja idade se estende desde o Cretáceo Superior ao Oligoceno. Os foraminíferos mais freqüentes são: Hedbergella delrioensis CARSEY, Globotruncana arca CUSHMAN. Entre os nanofósseis, Lithastrinus grilli STRANDER e Arklangelskiella cymbiformis são os mais abundantes.

A litofácies Ubatuba é a unidade basal desta seqüência, assentando-se discordantemente sobre os sedimentos da Formação Macaé, de idade albo-cenomaniana (Schaller, 1973). Sotopõem-se à litofácies Muritiba, com a qual grada vertical e lateralmente, e interdigita-se com a litofácies Carapebus. Corresponde parcialmente ao Membro Ubatuba da Formação Campos.

Fazendo exceção nas seguintes perfurações: RJS-6 (Rio de Janeiro Submarino nº 6), pouco profundo, 2-CST-1-RJ (Cabo São Tomé Estratigráfico nº 1) e RJS-3 (Rio de Janeiro Submarino nº 3), esta unidade ocorre em todos os demais poços da bacia. Sua maior espessura, 1 640 metros, foi detectada no RJS-5 (fig. 4) mas a seqüência sedimentar, que lhe é mais ca

racterística, encontra-se no poço RJS-2 (fig. 5).

1.2. - Litofácies Carapebus

Corresponde integralmente ao Membro Carapebus da Formação Campos de Schaller (op. cit.). É caracterizada por arenitos finos a médios, por vezes grosseiros ou conglomeráticos, em cores cinza claro e esverdeado, eventualmente acastanhado; são micáceos, piritosos, carbonáticos, feldspáticos , mal selecionados e imaturos textural e mineralogicamente. Apresentam-se em camadas métricas freqüentemente intercaladas com folhelhos, macroscopicamente idênticos aos da litofácies Ubatuba.

Os arenitos desta unidade são estéreis paleontológicamente; o conteúdo faunístico, representado por foraminíferos e nanofósseis marinhos, restringem-se às intercalações de folhelho e refere-se às mesmas espécies relatadas anteriormente.

A litofácies Carapebus representa uma intercalação arenosa, espessa e persistente, dentro dos folhelhos da litofácies Ubatuba; seus contatos, tanto superior quanto inferior, são concordantes e gradacionais. No poço RJS-2 (Rio de Janeiro Submarino nº 2), (fig. 5), esta unidade assenta-se direta e discordantemente sobre os sedimentos da Formação Macaé.

A seqüência mais característica desta unidade encontra-se no poço RJS-2 (fig. 5),onde se apresenta com uma espessura de 225 metros; excepcionalmente atinge espessura maiores, como no RJS-4A (fig. 6), onde, após penetrar 478 metros nestes sedimentos, o poço foi interrompido sem atingir sua base. Além desses, a presença da litofácies Carapebus é registrada nos poços RJS-1, RJS-5B e RJS-8.

1.3. - Litofácies Muritiba

A litofácies Muritiba é caracterizada por folhelhos

e arenitos em sucessivas e alternadas intercalações. Os folhelhos, muito semelhantes aos da litofácies Ubatuba, são siltosos, carbonáticos, micromicáceos, piritosos e carbonosos; a principal diferença reside nas cores, onde se observa maior abundância de tonalidades mais claras e a maior freqüência do castanho. Os arenitos, igualmente semelhantes aqueles da litofácies Carapebus, são argilosos, finos a médios, mal selecionados e imaturos; distinguem-se dos citados pela ausência de camadas de granulação grosseira ou conglomerática. Ocorrem ainda, subordinadamente, ocasionais intercalações de calcilutito castanho, argiloso.

Paleontologicamente, a litofácies Muritiba é uma das mais fossilíferas. Além dos já citados para a litofácies Ubatuba, incluem-se entre as espécies mais freqüentes os foraminíferos Globorotalia quetra BOLLI e Orbulinoides beckmani SAITO e o nanofóssil Chiasmolithus grandis BRAMLETTE & RIEDEL.

A litofácies Muritiba assenta-se, de modo concordante e gradacional, sobre a litofácies Ubatuba ou, menos comumente, sobre a litofácies Carapebus, como acontece no poço RJS-1 (fig. 7). No poço RJS-3 (fig. 8), excepcionalmente, o contato inferior é discordante com os sedimentos da Formação Macaé, em razão do não desenvolvimento das duas litofácies. O contato superior é sempre concordante com a litofácies Siri.

A seqüência sedimentar mais característica desta litofácies encontra-se no já citado RJS-1 (fig. 7), onde sua maior espessura é também registrada, 830 metros. Além dos poços citados, esta unidade ocorre, ainda, no RJS-4A e RJS-8.

1.4. - Litofácies Siri

A presente litofácies, por vezes subdividida em duas unidades bem definidas, é constituída, característicamente, por carbonátos ; em ordem de abundância, estes se apresentam como biomicritos, biomicruditos e dolobiomicritos. São

de cores cinza e creme, eventualmente cinza esverdeado, pouco consolidados e arenosos; os bioclastos são, predominantemente, de algas vermelhas, macroforaminíferos e briozoários, aparecendo, subordinadamente, bioclastos de gastrópodos e equinóides. Embora haja predominância de matriz micrítica, é muito comum a ocorrência de cimento carbonático sob a forma de calcita espática recristalizada. A dolomitização, quando presente, se faz, preferencialmente, ao longo de camadas de biomicrito.

Paleontologicamente, esta unidade é a mais rica em fósseis da seqüência em estudo. Além dos fragmentos de algas vermelhas, briozoários, gastrópodes e equinóides, ainda não estudados, a litofácies Siri é muito rica em foraminíferos e nanofósseis. Os foraminíferos mais freqüentes são Globigerina ampliapertura BOLLI, Orbulinóides beckmani SAITO e Globorotalia quetra BOLLI; entre os nanofósseis destacam-se o Discoaster barbadiensis TANSIN HOK e o Chiasmolithus grandis BRAMLETTE & RIDDEL.

A litofácies Siri apresenta-se, comumente, subdividida em dois pacotes distintos, separados pela litofácies Guriri (fig. 3). O pacote superior, que se identifica com o Membro Siri da Formação Campos de Schaller (op. cit.), é mais desenvolvido e persistente, ocorrendo em todos os poços da bacia, exceto o 2-CST-1-RJ, no continente e RJS-6. O Siri inferior foi identificado, tão somente, nos poços RJS-1, RJS-4A e RJS-8. As relações faciológicas com a litofácies Guriri, Muritiba e Emborê, respectivamente, intercalada, sotoposta e sobreposta, são sempre concordantes e gradacionais.

A seqüência sedimentar típica da litofácies Siri encontra-se no poço RJS-4A (fig. 6), onde o pacote superior se apresenta com 240 metros, e, o inferior com 110 metros de espessura.

1.5. - Litofácies Guriri

A litofácies Guriri é constituída, caracteristicamente, por arenitos. Estes são de granulação média a grosseira e freqüentemente conglomeráticos; são mal selecionados, apresentando-se em cores claras, amareladas ou avermelhadas; os grãos, arredondados a sub-arredondados, encontram-se disseminados em matriz siltosa-argilosa, fracamente cimentada por material carbonático, localmente dolomítico. Mineralogicamente, são constituídos de quartzo hialino e/ou creme amarelado e feldspatos potássicos. A abundância destes últimos justifica, por vezes, a designação de arenitos arcosianos. Subordinadamente, ocorrem intercalações de folhelho vermelho e argilito cinza escuro ou castanho, siltosos, carbonáticos e micáceos; calcários bioclásticos, semelhantes aos descritos para a litofácies Siri, fazem-se presentes em delgadas e persistentes intercalações; finalmente, a composição litológica desta unidade é completada com delgadas e eventuais intercalações de anidrita branca.

Os arenitos desta litofácies são paleontologicamente estéreis. A microfauna presente restringe-se às intercalações carbonáticas que não difere, senão em abundância, à descrita na litofácies Siri.

A litofácies Guriri corresponde integralmente ao Membro Guriri da Formação Campos de Schaller (op. cit.). Sua ocorrência foi constatada nos poços RJS-1, RJS-3, RJS-4A e RJS-8 interposta nas duas unidades da litofácies Siri. Neste último poço, (fig. 9), encontra-se a seqüência mais característica e melhor desenvolvida desta unidade, onde sua espessura atinge 780 metros.

1.6. - Litofácies Emborê

Constituída, caracteristicamente, por clásticos grosseiros, que se apresentam sob a forma de areias inconsolidadas e arenitos. As areias são quartzosas, de granulação média a grosseira, eventualmente fina; os grãos são arredondados a bem arredondados e disseminados, provavelmente, em uma

incipiente matriz argilosa, não preservada pela amostragem. Os arenitos, de ocorrência secundária, são esbranquiçados e/ou cinza claros, finos a médios e quartzosos; os grãos, disseminados em matriz argilosa, são fracamente cimentados por material carbonático; a seleção é regular e boa.

Embora caracterizada pelos tipos litológicos acima descritos, esta unidade apresenta, ainda, erráticas intercalações de argilitos, calcarenitos, calcirruditos e dolomitos. Os argilitos se apresentam em camadas métricas, chegando atingir, eventualmente, algumas dezenas de metros; a cor predominante é o cinza escuro, variando desde o cinza claro até o preto; são carbonosos, siltosos ou mesmo arenosos, piritosos e fossilíferos. Os calcarenitos e calcirruditos são formados,predominantemente, de bioclastos de algas, foraminíferos, gastrópodes e equinóides, disseminados em matriz micrítica e cimentadas por calcita espática. Há predominância de calcita espática sobre calcita micrítica; na terminologia de Folk (1968) corresponderiam a bioesparito e bioesparrudito. Os dolomitos, menos abundantes, são muito ricos em bioclastos, principalmente de algas vermelhas; classificam-se, mais especificamente, como dolobiosparito, já que sua origem secundária acha-se bem caracterizada.

Os arenitos Emborê, embora não muito fossilíferos, apresentam uma diversificada fauna, constituída, principalmente, de foraminíferos, nanofósseis e moluscos. De acordo com Noguti e Santos (op. cit.) e Quadros e Gomide (op. cit.), os referidos microfósseis indicam idades que se estendem desde o Oligoceno até o Plioceno. Os foraminíferos mais freqüentes são: Praerbulina glomerosa SLOW, Globorotalia kugleri BOLLI e Globorotalia maveri; entre os nanofósseis destacam-se as espécies Sphenolithus heteromorphys DEFLANDRE e Sphenolithus ciperoensis BRAMLETTE e WILCOXON. Os moluscos são representados por fragmentos de conchas não diagnosticadas.

A litofácies Emborê corresponde integralmente à Formação Emborê de Schaller (op. cit.); assenta-se concordante-

mente sobre o pacote superior da litofácies Siri, gradando lateralmente para a litofácies São Tomé, em direção ao continente e litofácies Grussaí, ao longo da moderna borda continental. Sua ocorrência é registrada em todos os poços do mar, com espessuras variáveis entre 592 e 1 651 metros, detectadas nos poços RJS-7 e RJS-1, respectivamente. Neste último poço (fig. 7) encontra-se a seqüência sedimentar mais característica desta litofácies. O poço RJS-6 (fig. 10) perfurou exclusivamente esses sedimentos.

1.7. - Litofácies São Tomé

Esta litofácies só foi reconhecida no poço 2-CST-1-RJ (fig. 11), no litoral fluminense, onde apresentou uma espessura de 1 100 metros. É constituída caracteristicamente por areias e cascalhos mal consolidados; a composição granulométrica varia desde areia fina até cascalho, embora predominem as frações grosseiras e muito grosseiras; a seleção é má e os grãos acham-se disseminados em uma matriz argilosa vermelha. Esporadicamente, acham-se presentes algumas intercalações de argila vermelha, siltosa, mole. Trata-se de uma unidade aparentemente afossilífera.

No poço acima referido, a litofácies São Tomé assenta-se discordantemente sobre rochas basálticas, com idade absoluta de 121 $\pm$ 6 m.a.; entretanto, correlações entre poços sugerem que estes sedimentos podem igualmente assentar-se sobre a litofácies Siri, em direção ao mar, ou mesmo, sobre rochas do embasamento cristalino, em direção ao continente. Lateralmente, grada para os sedimentos da litofácies Emborê.

1.8. - Litofácies Grussaí

A exemplo da unidade precedente, a litofácies Grussaí só foi detectada em um único poço, o RJS-7 (fig. 12) onde apresentou uma espessura de 800 metros. É constituída es-

sencialmente por calcilutitos cinza claro a esverdeado, muito mole. A quantidade de calcita micrítica e argila é bastante variável, permitindo a ocorrência de todos os tipos petrográficos entre argilito carbonático e micrito. Sua baixa consistência é outra característica diagnóstica desta litofácies. Eventualmente, suas amostras não são recuperadas, em razão da dissolução na lama de perfuração.

Seu conteúdo faunístico, predominantemente de foraminíferos, é de origem marinha e de idade pliocênica. A litofácies Grussaí, de ocorrência limitada à borda continental moderna, grada lateralmente, em direção à plataforma continental, para a litofácies Emborê.

2 - UNIDADES SÍSMICO-ESTRATIGRÁFICAS

A identificação das unidades sísmico-estratigráficas foi feita através da correlação entre seções sísmicas e perfis geofísicos, migrados em tempo, segundo técnica exposta no capítulo III. Embora não seja possível obter-se uma interpretação litológica a partir dos registros sísmicos, certos caracteres, ligados às condições deposicionais, podem ser reconhecidos. Nesse particular é importante distinguirem-se os aspectos associados às litofácies daqueles estruturais. Desde que tenha sido feita essa distinção, o aspecto sísmico de maior importância para a análise estratigráfica consiste no reconhecimento da atitude dos refletores. Essa distinção pode ser prontamente estabelecida, na maioria dos casos, entre as unidades depositadas em superfícies de diferentes gradientes. Nas bacias costeiras brasileiras, onde a transição da plataforma para o talude continental é comum (Fisher et all, 1 974), a atitude deposicional, tal como refletida nas seções sísmicas, é muito importante. O emprego desta técnica permite não só a delimitação das unidades sísmico-estratigráficas, como também o reconhecimento de certas características genéticas das unidades em questão.

Na seqüência sedimentar das Formações Campos e Emborê foram identificadas quatro unidades sísmico-estratigráficas, designadas informalmente por letras do alfabeto grego. A correspondência entre essas unidades e as litofácies anteriormente definidas é apresentada na figura 3. A litofácies Siri, embora perfeitamente discernível nas seções sísmicas, não constitui uma unidade sísmico-estratigráfica, em razão de sua pequena espessura.

2.1. - Unidade sísmico-estratigráfica Alfa

A unidade sísmico-estratigráfica Alfa inclui as litofácies Emborê e São Tomé. Na parte continental da bacia e proximidades predominam os clásticos da litofácies São Tomé e nas partes marinhas, da litofácies Emborê. As duas fácies interdigitam-se lateralmente. As reflexões desta unidade se mostram essencialmente horizontais, persistentes e bem definidas. As descontinuidades e deformações observáveis referem-se, na grande maioria dos casos, a falhamentos, onde são comuns fenômenos de difração sísmicas, que mascaram, parcialmente, as verdadeiras reflexões (Anexo 2).

Encimado na seqüência analizada, a unidade Alfa aflora, eventualmente, no fundo oceânico, em forma de sedimentos reliquiares. Assenta-se concordantemente sobre a unidade Beta, através da litofácies Siri, e grada lateralmente para as unidades Gama e Ômega. Este contato gradacional é identificado pela mudança de inclinação dos refletores (Anexo 1).

A unidade sísmico-estratigráfica Alfa apresenta extensa distribuição em toda a bacia; ausenta-se, tão somente, além da borda continental. Sua possança máxima encontra-se na parte central da bacia, a aproximadamente 30 quilômetros a leste do Cabo São Tomé; nesta área, atinge espessuras superiores a 1 800 metros. A partir deste depocentro, a unidade adelgaça-se em todas as direções, definindo um corpo em forma de leque aberto para leste e perfeitamente centrado pelo

Cabo São Tomé (Anexo 10). Na parte continental, no único ponto de controle, o poço 2-CST-1-RJ, a unidade apresenta uma espessura da 1 650 metros. Entretanto, o mapa de isópacas evidencia uma tendência de acunhamento a partir desse ponto, acompanhando o comportamento estrutural da superfície deposicional desta seqüência.

Um fato interessante a salientar é a concordância entre a geometria desta unidade e a configuração da plataforma continental na área. A borda continental alinha-se paralelamente às isópacas, evidenciando o preponderante papel desempenhado por esta sedimentação na origem da atual fisiografia.

2.2. - Unidade sísmico-estratigráfica Beta

A unidade sísmico-estratigráfica Beta corresponde à litofácies Guriri. Caracteriza-se por reflexões horizontais, fracas e persistentes, distinguindo-se da unidade Alfa e Gama, sobre e sotopostas, respectivamente, pela ocorrência em seus limites de reflexões de maior amplitude e consistência (Anexo 7). Correlações com os perfis geofísicos demonstram que estes últimos refletores pertencem a litofácies Siri, subdividida em dois pacotes carbonáticos, acima e abaixo da litofácies Guriri.

A melhor definição dos refletores da litofácies Siri é conseqüência do contraste de propriedades elásticas existentes na interface arenito-calcário. O calcário, por ser uma rocha mais compacta, transmite as ondas elásticas com maior velocidade que os arenitos; como essa propriedade afeta, diretamente, o coeficiente de reflexão da superfície que os separa, a quantidade de energia refletida nos contatos Siri-Guriri é, relativamente elevada, produzindo reflexões de excelente qualidade. Em conseqüência, o reconhecimento da unidade Beta, interposta nesses refletores, é imediato.

As relações estratigráficas da unidade Beta com as demais unidades da seqüência em estudo são, sem exceção, con

cordantes. Na plataforma do Paraíba, onde a unidade Alfa encontra-se ausente, a unidade Beta assenta-se discordantemente sobre rochas mais antigas da Formação Macaé (Anexo 6). No Baixo de São Tomé, seus contatos inferior e superior com as unidades Alfa e Gama, respectivamente, fazem-se de maneira normal, através da litofácies Siri. Para leste, sobre os Altos Internos, a unidade Beta grada lateralmente para a unidade sísmico-estratigráfica Alfa (Anexo 2).

A unidade sísmico-estratigráfica Beta tem seu maior desenvolvimento no Baixo de São Tomé, onde se alinha segundo um eixo de direção nordeste-sudoeste (Anexo 11). Seu depocentro situa-se a aproximadamente 50 quilômetros a leste da costa fluminense, a meio caminho entre a foz do Rio Paraíba e o Cabo São Tomé; sua espessura máxima é pouco superior a 1 000 metros. Sobre os Altos Internos, seu desenvolvimento é menos proeminente acunhando-se, rapidamente, para leste. Encontra-se ausente ao norte da plataforma do Paraíba.

Para nordeste, ao longo do referido eixo de máxima espessura, a unidade adelgaça-se até atingir o valor zero, próximo a seção sísmico-estratigráfica B-B' (Anexo 5), onde é substituída por um canhão de aproximadamente quatro quilômetros de largura aparente. Este canhão encontra-se preenchido por sedimentos da unidade sísmico-estratigráfica Alfa.

2.3. - Unidade sísmico-estratigráfica Gama

A unidade sísmico-estratigráfica Gama inclui as litofácies Ubatuba, Carapebus e Muritiba. Caracteriza-se por um padrão de refletores descontínuos, irregulares, e como exemplificado pela seção sísmico-estratigráfica G-G' (Anexo 3), fortemente influenciados por deformações estruturais. A leste dos Altos Internos, esta unidade se apresenta nas seções sísmico-estratigráficas orientadas na direção NW-SE, com refletores caracteristicamente inclinados e um padrão progradacional bem definido; a seção sísmico-estratigráfica E-E' (Anexo 8) ilustra esta assertiva.

Na delimitação dessa unidade, nas diversas seções sísmicas, um ponto que mereceu especial atenção diz respeito à orientação da seção, relativamente ao mergulho verdadeiro dos refletores. Sendo este variável em intensidade e azimute as inclinações registradas nas seções são aparentes, tornando-se necessário o manuseio simultâneo de duas seções ortogonais para correto mapeamento. Este caso é exemplificado pelas seções sísmico-estratigráficas H-H' (Anexo 4) e E e E' (Anexo 8). Estas seções se interceptam próximo ao poço RJS-5 (fig. 4), que fornece o adequado controle estratigráfico. Na primeira seção, a unidade sísmico-estratigráfica Gama se apresenta com refletores contínuos e horizontais, pouco característicos desta unidade. Entretanto, esses mesmos refletores mostram-se, na segunda seção, com o típico padrão progradacional desta unidade, em razão da previlegiada orientação desta linha relativamente ao verdadeiro mergulho desses refletores.

A unidade sísmico-estratigráfica Gama é a unidade basal da seqüência estudada. Assenta-se discordantemente sobre os sedimentos albo-cenomanianos da Formação Macaé ou rochas mais velhas. Na metade ocidental da bacia, próximo ao litoral, essa discordância é de natureza erosiva, fato este evidenciado pela interrupção, junto ao contato, dos refletores sotopostos (Anexo 1). Embora não definidas nestas seções sísmicas, supõem-se que esta discordância torne-se gradativamente não deposicional em direção à leste; exceção é feita, localmente, para altos residuais na superfície deposicional.

Com as demais unidades sísmico-estratigráficas, as relações de contato são sempre concordantes e gradacionais , como ilustrada pela seção sísmico-estratigráfica E-E' (Anexo 8). A unidade Gama situa-se, sempre a leste e/ou sob as unidades Beta e Alfa. Nas proximidades da borda continental atual, essa unidade grada verticalmente para a unidade Ômega.

A unidade sísmico-estratigráfica Gama apresenta extensa distribuição em toda a bacia, com exceção da plataforma-

ma do Paraíba próximo ao litoral (Anexo 12), onde sua presença não foi constatada. Sua espessura varia de zero até mais de 2 000 metros, próximo à atual borda continental; embora não existam dados além deste ponto, as seções sísmicas orientadas NW-SE evidenciam uma tendência de acunhamento para leste. No Baixo São Tomé, sua espessura atinge 1 200 metros.

A atual densidade de informações geológicas não permite uma satisfatória diferenciação das litofácies componentes desta unidade. Entretanto, algumas evidências puderam ser detectadas neste sentido. Assim é que, a litofácies Ubatuba associa-se com o padrão progradacional típico desta unidade, enquanto que a litofácies Muritiba parece estar mais relacionada com refletores descontínuos e irregulares, que ocorrem a leste dos Altos Internos. A litofácies Carapebus evidencia uma possível identificação com fortes refletores descontínuos e eventualmente inclinados, muito comuns no Baixo de São Tomé.

2.4. - Unidade sísmico-estratigráfica Ômega

A unidade sísmico-estratigráfica Ômega corresponde a litofácies Grussaí. Apresenta um caráter bem típico nos registros sísmicos, mostrando refletores distintamente inclinados e um padrão progradacional bem definido (Anexo 6). Este, ao contrário daquele da unidade Alfa, é constituido por refletores contínuos e persistentes.

A presença desta unidade foi constatada nas extremidades leste de todas as seções sísmicas orientadas NW-SE, onde seus refletores apresentam uma inclinação bastante pronunciada. Na seção sísmico-estratigráfica H-H' (Anexo 4), entretanto, em razão de sua pouco favorável orientação, a inclinação de seus refletores não é tão conspícua, dificultando sua distinção da unidade Alfa, que lhe é sotoposta. Na referida seção, seu mapeamento só foi possível graças às correlações realizadas com as demais seções sísmico-estratigráficas.

A unidade Ômega ocorre exclusivamente ao longo do atual talude continental, estendendo-se parcialmente ao longo da borda continental (Anexo 13). Apresenta-se sob a forma de cunha, com lado mais espesso voltado para o oceano profundo onde, acredita-se, sua espessura volte a declinar. Em direção ao continente, a unidade Ômega grada abruptamente para a unidade Gama, que predomina sobre a plataforma continental.

O padrão progradacional exibido por esta unidade coincide com a direção de espessamento, sendo nitidamente paralelo à própria superfície do talude continental atual (Anexo 5). Tal conformidade evidencia que as linhas progradacionais mostradas nas seções sísmicas representam a topografia deposicional original e correspondem, aproximadamente, às linhas de tempo.

CAPÍTULO V

SISTEMAS DEPOSICIONAIS

Este capítulo é dedicado à interpretação genética das litofácies e unidades sísmico-estratigráficas descritas no capítulo anterior. Para tanto é aplicado o conceito de sistema deposicional no sentido paleofisiográfico como definido por Fisher e McGowen (1 967). A interpretação é obtida mediante a integração de dados e evidências geológicas de diferentes origens, dando-se maior ênfase aos seguintes pontos: distribuição, geometria, composição faciológica, relações estratigráficas e características estruturais internas das unidades sísmico-estratigráficas e petrologia, conteúdo fossilífero, relações e características texturais das litofácies.

1 - SÍNTESE INTRODUTÓRIA

Os aspectos mais notáveis da seqüência em estudo indicam quatro principais sistemas deposicionais atuantes de modo integrado, e que desde o Cretáceo ao Plioceno assumiram importâncias variáveis durante a evolução da Bacia de Campos.

Os sedimentos da unidade sísmico-estratigráfica Alfa são análogos aos sedimentos de modernos deltas destrutivos, particularmente daqueles ao longo da costa brasileira (Baccoli, 1 971; Bandeira Jr., Petri e Suguio, 1 975). Neste tipo de delta, o principal depósito é constituído por uma série de cordões litorâneos que, no conjunto, dominam volumetricamente todo o sistema deltaico. A forma cúspide ou arqueada, típica deste tipo de delta, é conseqüência da distribuição dos cordões litorâneos nos flancos das desembocaduras dos rios. Os deltas Emborê, que constituem o Sistema Deltai-

co Emborê, progradaram sobre uma plataforma continental, relativamente extensa, em vários ciclos sedimentares a partir do Oligoceno.

Os clásticos terrígenos da unidade sísmico-estratigráfica Beta constituem o Sistema Leque Deltaico Guriri. Este representa um leque aluvial de grandes proporções, progradante mar a fora através de uma jovem e estreita plataforma continental. O período de seu maior desenvolvimento estende-se do Eoceno ao Oligoceno.

A plataforma continental sobre a qual progradaram os deltas Emborê e o Leque Deltaico Guriri foi também sítio de intensa sedimentação. Seus depósitos, materializados pelos carbonatos da litofácies Siri, constituem o Sistema Plataforma Carbonática Siri. Ativa sedimentação ocorreu em dois períodos de menor afluxo de clásticos à plataforma, resultando dois depósitos de idade eocênica e oligocênica. Estes, são parcialmente contemporâneos, respectivamente, ao desenvolvimento do Leque Deltaico Guriri e Deltaico Emborê.

Os sedimentos das unidades sísmico-estratigráficas Gama e Ômega constituem o Sistema Talude Continental Campos. Neste sistema são identificadas as fácies de hemipelagitos, cone submarino, leques submarinos de possível origem turbidítica e fácies de borda continental que corroboram esta interpretação.

O arranjo e a distribuição desses sistemas deposicionais, bem como de suas fácies componentes, evidenciam através das seções sísmicas, uma contínua progradação oceano adentro, com a linha de costa, plataforma e talude continental ocupando sucessivas posições em vários ciclos sedimentares.

A nomenclatura dos sistemas deposicionais e de suas fácies componentes, aqui informalmente empregada, difere fundamentalmente da nomenclatura estratigráfica, em razão de sua natureza genética; não significa, entretanto, nenhuma mo

dificação na terminologia formal. A figura 13 correlaciona as unidades litoestratigráficas estudadas com os sistemas depocionais e fácies sedimentares interpretados.

Em termos deposicionais, o conjunto representado por esses sedimentos é, em muitos aspectos, comparável a Formação Piaçabuçu da Bacia Sergipe-Alagoas (Fisher et all,1 973), aos carbonatos Amapá, clásticos Marajó e folhelhos relacionados do Terciário da Foz do Amazonas (Brown Jr. et all,1 974) e aos sedimentos das Formações Rio Doce, Caravelas e Urucutuca das bacias do Espírito Santo, Mucuri, Cumuruxatiba e Jequitinhonha (Gama Jr. et all., 1 973; Fisher et all.,1 974).

2 - SISTEMA DELTAICO EMBORÊ

O Sistema Deltaico Emborê é o sistema deposicional - dominante da Bacia de Campos. Sua ocorrência é registrada em toda a extensão da plataforma continental fluminense, estendendo-se igualmente pela parte continental da bacia (Anexo 10). Com uma espessura máxima da ordem de 1 800 metros, este sistema compreende, volumetricamente, cerca de 50% dos sedimentos da seqüência em estudo. A atual configuração da plataforma continental ao largo do litoral fluminense, que se apresenta em forma lobada, é resultante do seu desenvolvimento a partir do Oligoceno.

As principais características da unidade sísmico-estratigráfica Alfa e das litofácies Emborê e São Tomé, que indicam a origem deltaica incluem:

a) Geometria - O mapa de isópacas da unidade sísmico-estratigráfica Alfa, agora interpretada como um sistema deltaico, define uma geometria em forma de leque análoga à encontrada em inúmeros deltas modernos. A concentração das curvas em direção ao atual Cabo São Tomé, evidencia a posição do distributário alimentador do delta.

b) Relações Estratigráficas - Como evidenciando pelas seções sísmicas e correlações entre as litofácies, este sistema situa-se mergulho acima ou sobrepõem-se a sedimentos com abundante fauna marinha de águas rasas. Tais relações apontam a zona costeira como o sítio de deposição dos clásticos deste sistema.

c) Composição Faciológica - A associação de barras de canal distributário, de ambiente continental, e cordões litorâneos, de ambiente marinho, é específica de sedimentação deltaica, principalmente dos deltas desenvolvidos modernamente no litoral leste brasileiro. Estas fácies são interpretadas a partir das características texturais dos sedimentos das litofácies São Tomé e Emborê, respectivamente.

d) Orientação do Eixo de Máxima Espessura - A unidade sísmico-estratigráfica Alfa apresenta seu eixo de máxima espessura aproximadamente paralelo ao mergulho deposicional; este, orientado de oeste para leste. Tal disposição distingue os sistemas deltaicos dos demais sistemas parálicos, de orientação perpendicular ao mergulho deposicional e comumente designados por "strike sytems" (Scott, in Fisher et all, 1 973).

2.1. - Fácies principais

As fácies sedimentares de um complexo deltaico são comumente classificadas segundo suas províncias fisiográficas em: planície deltaica, frente deltaica e prodelta. Entretanto, este esquema classificatório, fortemente incluenciado pelo delta do Rio Mississipi, não encontra satisfatória aplicação na grande maioria dos modernos deltas de outras partes do mundo, inclusive no Brasil, em razão da grande diversidade genética deste sistema deposicional.

Em assim sendo, as principais fácies do Sistema Deltaico Emborê foram classificadas seguindo proposição de Fis-

her at all., (1 969). Constituem dois grupos: o primeiro é representado pelas fácies arenosas, que no conjunto definem o arcabouço deltaico. O segundo grupo reúne as fácies que , não pertencendo à estrutura básica do delta, complementam o conjunto homogeneamente;são fácies normalmente constituídas de argilitos, folhelhos, siltitos, evaporitos e matéria orgânica.

2.1.1. - Fácies do arcabouço deltaico

Incluem neste grupo as já citadas barras de distributário e cordões litorâneos. Outras fácies de arcabouço deltaico, volumetricamente menos importantes, só poderiam ser identificadas mediante a obtenção de testemunhos, atualmente inexistentes.

2.1.1.1. - Barras de distributários

As intercalações arenosas da litofácies São Tomé apresentam um conjunto de características que indicam sua deposição em ambiente continental. Estas incluem evidências texturais, tais como, composição granulométrica bastante grosseira com significativa fração conglomerática, má seleção e abundante matriz argilosa de cor vermelha; a ausência de fósseis marinhos é também relevante, em razão de sua abundância nas demais fácies, principalmente naquelas contemporâneas e igualmente arenosas.

A concentração das curvas do mapa de isópacas da unidade sísmico-estratigráfica Alfa, na área de ocorrência desta fácies, revela que sua deposição se deu, preferencialmente, segundo um eixo orientado na direção oeste-leste, ou seja, paralelamente ao mergulho deposicional. Esta inferência, aliada às citadas características petrológicas, permite a identificação da natureza fluvial desta fácies, ou mais especificamente, sua origem como barras de canal distributário.A referida configuração do mapa de isópacas sugere, ainda, que

este distributário seria único e localizado próximo ao atual Rio Paraíba.

A relativa escassez de fácies argilosas de uma postulada planície deltaica, onde as fácies de canal apresentam granulometria bastante grosseira, deve ser atribuido à natureza da drenagem alimentadora do delta. Esta deveria ser constituída por um rio anastomosado ou meandrante psamítico (Gama Jr., 1 975) onde correntes de alta competência transportam abundante carga de fundo, relativamente à carga suspensa (Allen, 1 965).

Faciologicamente, as barras de distributário situam-se mergulho acima dos cordões litorâneos, inferindo-se este contato como concordante e gradacional.

2.1.1.2. - Cordões litorâneos

Os arenitos da litofácies Emborê apresentam uma diagnóstica composição petrográfica, clásticos grosseiros de origem terrígena associados a bioclastos e intraclastos marinhos. Esta composição mista revela, como sítio de deposição desses sedimentos, um ambiente parálico, onde a diversidade de processos sedimentares permite o aporte de fragmentos detríticos de diferentes origens.

A partir desta inferência, a interpretação desses arenitos como cordões litorâneos é alcançada ao considerar-se que os mesmos são responsáveis pela definitiva geometria em forma de leque do sistema, uma vez que representam, volumetricamente, cerca de 75% de seus sedimentos.

Os cordões litorâneos, em deltas, resultam do retrabalhamento e redistribuição de sedimentos dispostos por ação de ondas e correntes litorâneas, que produzem depósitos dispostos nos flancos da desembocadura dos distributários. Este retrabalhamento pode ser contemporâneo ao afluxo fluvial em lobos deltaicos ativos ou temporalmente distinto em lobos deltaicos abandonados. A fonte é, portanto, predominantemente ter

rígena, sendo incorporados fragmentos autóctones em função do nível energético do ambiente. Nos deltas Emborê, a contribuição marinha foi substancial, permitindo inferir a existência de uma plataforma continental bastante rasa, dominada por ondas e correntes litorâneas de alta energia.

O desenvolvimento dos cordões litorâneos por acréscimo lateral é o principal fator responsável pela progradação deste tipo de delta sobre a plataforma. A repetição deste processo em vários ciclos sedimentares, como ocorreu no Sistema Emborê, apresenta como principal resultado, a predominância desta fácies na estrutura básica deltaica.

2.1.2. - Fácies deltaicas complementares

As fácies complementares de um sistema deltaico incluem, além do prodelta, essencialmente marinho, um conjunto de fácies formadas em ambientes sub-aquosos da planície deltaica, tais como, lagos, lagunas, baías interdistributárias, canais abandonados e várzeas. O sistema deltaico Emborê é pobre nestas fácies; embora a atual disponibilidade de dados e a natureza deles seja insuficiente e inadequada para uma perfeita identificação, várias inferências podem ser feitas.

O fato mais notável dos deltas Emborê é a quase completa ausência de prodelta. Algumas intercalações de argilito da litofácies Emborê, como as que se apresentam nos intervalos 1 060-1 115 e 1 150-1 170 metros do poço RJS-5 apresentam algumas características compatíveis com este ambiente deposicional; são argilas escuras, carbonosas, muito fossilíferas e dispostas entre os postulados cordões litorâneos; esses elementos tanto permitem a interpretação da referida fácies em vários ciclos deltaicos, como inferir outros ambientes neríticos, como por exemplo, baías interdistributárias ou mesmo lagunas. Em qualquer hipótese, o pouco desenvolvimento de prodelta ou mesmo, sua ausência em alguns ciclos sedimentares, é conseqüência da natureza específica deste tipo de delta e se-

rá novamente abordado por ocasião de sua classificação genética.

No poço 2-CST-1-RJ registram-se inúmeras ocorrências de argila orgânica, cinza escura a preta, muito carbonosa, intercaladas entre os arenitos aqui interpretados como barras de distributário. Schaller (1 973) postula sua origem como depósitos de lagoas ou lagunas; a interpretação como lagoas é perfeitamente compatível com o presente modelo deltaico, sendo aqui admitida com reservas em razão da impossibilidade de realização de estudos petrológicos.

2.2. - Ciclos deltaicos Emborê

Um conceito básico na compreensão da sedimentação deltaica marinha é o ciclo deltaico, baseado no qual, um delta pode ser tratado em termos de fases construtivas e destrutivas. O conceito foi introduzido por Scruton (1 960) e desenvolvido por Coleman e Gagliano (1 964).

A fase construtiva de formação de um delta caracteriza um período de ativa sedimentação; os processos sedimentares dominantes são: progradação do prodelta e frente deltaica, desenvolvimento do distributário e gradação da planície deltaica. Quando um distributário torna-se muito extenso, seu canal original é desprezado em favor de outro de maior declive; um lobo deltaico é então abandonado, dando início a fase destrutiva da sedimentação deltaica. Esta fase é caracterizada pelo retrabalhamento dos sedimentos por processos sedimentares atuantes dentro da bacia, produzindo fácies tipicamente marinhas.

Deste modo, cada ciclo deltaico inicia-se com o aparecimento de um novo distributário, encerrando-se com seu abandono. É constituído por uma específica distribuição de fácies sedimentares desenvolvidas durante a fase construtiva e delimitado por unidades destrutivas, temporalmente distintas e compostas por material argiloso, carbonático ou orgânico. Com a

utilização deste conceito, Frazier (1 967) mapeou cinco complexos e dezesseis lobos deltaicos distintos na seqüência pré-moderna do delta do Rio Mississipi. Fisher e McGowen (1 967) reconheceram e mapearam dezesseis principais deltas dentro do Sistema Deltaico Rockdale do Grupo Wilcox da Bacia da Costa do Golfo.

No Sistema Deltaico Emborê, várias unidades destrutivas foram reconhecidas através das seções sísmicas. Estas são caracterizadas por fortes refletores dentro da unidade sísmico-estratigráfica Alfa (Anexo 6, 7 e 8). Tal característica é conseqüência da natureza carbonática desses refletores; durante as fases destrutivas do sistema Emborê, o abandono de lobos deltaicos ensejou, localmente condições favoráveis à sedimentação carbonática, em razão do menor aporte de clásticos terrígenos.

Embora diversas fases destrutivas tenham sido reconhecidas, a baixa densidade de poços e seções sísmicas não permitiram o mapeamento de cada ciclo deltaico. Destarte, o mapa de isópacas do Sistema Emborê (Anexo 10) é, na realidade, um complexo de diversos deltas individuais, desenvolvidos em vários ciclos deltaicos. A persistência geométrica do conjunto é atribuída à proximidade do embasamento cristalino que inibiu divagações muito pronunciadas do distributário alimentador. Estas condições persistem, ainda, na própria sedimentação atual do Rio Paraíba, que tendo abandonado seu curso original em direção ao Cabo São Tomé (Lamego, 1955), desagua atualmente, a aproximadamente 40 quilômetros ao norte, onde se encontra iniciando um novo ciclo deltaico (fig. 1).

2.3. - Classificação genética do Sistema Deltaico Emborê

Delta pode simplesmente ser definido como um sistema deposicional costeiro, alimentado por um rio, cujo desenvolvimento resulta numa irregular progradação da linha de praia. A diversidade de complexos deposicionais modernos que se coadunam com esta definição, torna sua classificação um impe

rativo. Inúmeras classificações têm sido propostas baseadas na geomorfologia ou processos deposicionais básicos; cita-se, entre outros, as de Gulliver (1 899), Bates (1 953), Samojlov (1 956), Bernard (1 965) e Volker (1 966).

No presente estudo é adotada a classificação devida a Fisher et all., (1 969), que se baseia fundamentalmente na composição faciológica do sistema, especialmente na abundância relativa e seqüência de fácies.

A razão entre o nível de energia marinho relativamente ao volume de afluxo de clásticos é, entre as diversas variáveis envolvidas na formação de deltas, a que melhor se expressa em termos de composição de fácies de um sistema deltaico e, conseqüentemente, de particular valor na caracterização dos diversos tipos de deltas. Se o volume de aporte de sedimentos for elevado, relativamente ao nível de energia marinho, o delta será constituído, predominantemente, por fácies de influência fluvial. Estas podem ser consideradas como geradas durante a fase construtiva, isto é, são o produto da progradação da frente deltaica e agradação de sua planície. Se por outro lado, o volume de afluxo de sedimentos for baixo, relativamente ao nível de energia marinho, o delta será constituído, predominantemente, por fácies marinhas ou destrutivas. Estas podem ser contemporâneas ou temporalmente distintas às fácies construtivas e resultam do retrabalhamento destes sedimentos por ondas, correntes ou marés.

Sistemas deltaicos compostos predominantemente por fácies de influência fluvial são designados como <u>sistemas deltaicos</u> construtivos, sendo o moderno Mississipi, o exemplo clássico. Sistemas compostos, predominantemente, por fácies marinhas são designados como <u>sistemas deltaicos destrutivos</u>. Acrescenta-se que, como a progradação da linha de praia é um requisito básico na definição de um delta, fácies construtivas são sempre preservadas, independentemente de abundância das fácies destrutivas marinhas.

No Sistema Deltaico Emborê, barras de distributário representam a fácies de influência fluvial, sendo considerada como formada durante as fases construtivas. Os cordões litorâneos, como produto do retrabalhamento marinho contemporâneo, são considerados como fácies destrutivas. A predominância destas nos deltas Emborê revela o alto nível de energia marinho, reinante durante o desenvolvimento desta sedimentação. Esta conclusão é corroborada, ainda,pela sua própria composição litológica, onde a abundância de bioclastos e intraclastos demonstra a eficácia dos processos sedimentares marinhos, conseqüência direta do nível de energia reinante. Assim sendo, os deltas Emborê são aqui interpretados como deltas destrutivos.

A forma de energia marinha envolvida determina os principais sub-tipos de deltas destrutivos. Em deltas destrutivos dominados por ondas, o principal depósito é uma série de cordões litorâneos desenvolvidos nos flancos dos distributários, que conferem a sua estrutura básica, a forma cúspide ou arqueada; exemplos modernos incluem os deltas dos rios Paraíba, São Francisco e Doce (Bandeira Jr., Petri e Suguio, 1 975) na costa brasileira e dos rios Ródano, Nilo, Danúbio e Pó entre os mais amplamente estudados. Em deltas destrutivos dominados por maré, os sedimentos são retrabalhados por correntes de maré, que produzem uma série de unidades arenosas, distribuídas radialmente a partir de desembocadura dos distributários; sedimentos silto-argilosos são abundantes e depositam-se em mangues e planícies de maré, sobrepondo-se às barras arenosas por progradação. Entre os deltas modernos que se incluem neste tipo, citam-se os dos rios Mekong,Irrawaddy e do Golfo de Papua (Fisher, et all., 1 969).

O próprio caráter arenoso grosseiro dos deltas destrutivos Emborê, a presença da fácies de cordões litorâneos, geneticamente associada a ondas e a geometria em forma de leque do sistema revelam o profundo envolvimento das ondas e correntes litorâneas no desenvolvimento deste sistema.

Em conclusão, o sistema Deltaico Emborê deve ser entendido como um complexo deltaico, constituído por uma série de deltas destrutivos dominados por ondas, e desenvolvidos em vários ciclos deltaicos, a partir do Oligoceno.

3 - SISTEMA LEQUE DELTAICO GURIRI

A unidade sísmico-estratigráfica Beta, constituída pela litofácies Guriri, é aqui interpretada como sistema de leque deltaico. Representa, juntamente com o sistema deltaico Emborê, a sedimentação nerítica da seqüência em estudo. Seu maior desenvolvimento tem lugar no Baixo de São Tomé, onde são registradas espessuras superiores a 1 000 metros (Anexo 11). Nesta área sua idade se estende do Eoceno ao Oligoceno, sendo possível, entretanto, que sedimentos mais antigos deste sistema sejam encontrados nas partes mais profundas da bacia. Volumetricamente, corresponde a aproximadamente 15% dos sedimentos estudados.

As principais características da unidade sísmico-estratigráfica Beta e da litofácies Guriri que indicam a origem postulada incluem:

a) Geometria - O mapa de isópacas da unidade sísmico-estratigráfica Beta define uma geometria em forma de leque alongado, análoga à encontrada em inúmeros exemplos modernos e antigos de leques deltaicos (McGowen, 1 970).

b) Orientação do eixo de máxima espessura - Embora não perpendicular à atual linha da costa, a unidade sísmico-estratigráfica Beta apresenta seu eixo de máxima espessura orientado pelo Baixo de São Tomé, cuja superfície deposicional mergulha para nordeste. Este paralelismo identifica os sistemas deltaicos entre os demais sistemas deposicionais parálicos.

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T280
U. S. P.

c) Relações estratigráficas - As seções sísmicas evidenciam que este sistema interpõe-se concordantemente com sedimentação marinhos de águas rasas. Estas relações distinguem os leques deltaicos dos leques aluviais que, apresentando as mesmas características texturais e morfológicas, diferenciam-se por serem depositados inteiramente em ambiente continental.

d) Composição litológica - A presença de abundantes clásticos grosseiros, com quantidades substanciais de conglomerados, revela a presença de correntes de alta competência na alimentação deste sistema. Correntes desse tipo e leques deltaicos são geralmente associados em razão das características de relevo, próximo à costa. Ambos pressupõem a existência de uma drenagem com elevado gradiente, em contraste com o sítio deposicional, relativamente plano.

e) Textura - Os sedimentos da litofácies Guriri, apresentando grande quantidade de argila intersticial e seleção pobre, revelam-se texturalmente imaturos; mineralogicamente, esses sedimentos são também imaturos em razão da presença de significativa quantidade de feldspatos detríticos . Estas características petrológicas evidenciam uma deposição e soterramento relativamente rápidos, típicos de leques terrígenos (McGowen, 1 970).

f) Correlação regional - Este sistema apresenta um comportamento estratigráfico análogo a unidades correlacionáveis das bacias de Espírito Santo (Gama Jr., et all.,1 973), Cumuruxatiba, Mucuri e Jequitinhonha (Fisher et all.,1 974) e Foz do Amazonas (Brown Jr. et all., 1 974), interpretados como leques deltaicos. Essas correlações são bastante significativas, principalmente com a Bacia de Sergipe e Alagoas , onde a grande quantidade de informações permitiu um adequado detalhamento e resultados conclusivos (Fisher et all.,1 973; Gama Jr., 1 976).

A estas considerações adicionam-se os aspectos básicos do modelo invocado, ou seja, uma área fonte de relevo relativamente acidentado e uma sedimentação rápida e progradacional através de uma estreita plataforma continental. Esses aspectos fisiográficos são característicos de uma jovem margem continental como a da costa brasileira, durante o fim do Cretáceo e início do Terciário.

O principal requisito para a formação de leques é um contraste no relevo local. Na terminologia de Fisher et all (1 973) leques formados ao longo da costa são chamados leques deltaicos ou leques costeiros; leques construídos inteiramente sob condições continentais são chamados simplesmente de leques aluviais. Em ambos os casos, os principais processos sedimentares são os mesmos, diferenciando-se entre si,pelas relações estratigráficas com os sistemas deposicionais associados. Leques aluviais associam-se normalmente, com sistemas fluviais enquanto que leques deltaicos associam-se com sistemas deposicionais marinhos.

O leque deltaico Guriri, a julgar pelo padrão evidenciado no mapa de isópacas, foi alimentado por uma drenagem principal, orientada do sudeste para nordeste, passando próximo ao atual Cabo São Tomé. Esse rio deveria drenar uma área montanhosa, situada não muito distante da costa sul do Rio de Janeiro, que conferia ao seu leito um gradiente relativamente alto e, consequentemente, alta competência as suas correntes. Tais características de fluxo são encontradas em rios anastomosados, com fortes descargas descontínuas e muito ricos em carga de fundo. As características texturais dos sedimentos Guriri são compatíveis com o transporte por correntes deste modelo fluvial.

3.1. - Fácies principais

Leques deltaicos são, normalmente, constituídos por três principais fácies: fácies proximal, representado por sedimentos conglomeráticos, depositados próximo à desembocadu-

ra do rio alimentador; fácies distal,representada predominantemente por arenitos e que constitui volumetricamente, a maior parte do sistema e; fácies proleque que inclui, principalmente, siltes e argilas, trazidos como carga suspensa e depositados já em ambiente marinho. No leque deltaico Guriri, a fácies distal foi a única reconhecida; suas características correspondem àquelas descritas para a litofácies de mesmo nome; sísmica e eletricamente, a unidade é bastante homogênea e somente uma detalhada correlação entre um maior número de poços permitiria a distinção de outras fácies. Entretanto,algumas inferências podem ser feitas; considerando a geometria do sistema, a fácies proximal, se preservada, o foi tão somente a sudoeste da área controlada por poços ou linhas sísmicas; implica isto em dizer que, caso esta fácies não tenha sido erodida imediamente após sua deposição (fato mais provável, tendo em vista a pequena subsidência da área referida) a mesma se encontra, atualmente, preservada sob a planície - costeira fluminense.

Com relação à fácies proleque, certas intercalações argilosas dentro da litofácies Guriri apresentam características que poderiam ser atribuidas a esta fácies; entretanto, o autor declina de uma definição, em razão da insuficiência de dados que impede uma interpretação conclusiva.

3.2. - Correlação entre os sistemas parálicos

Um aspecto interessante a salientar refere-se à orientação dos eixos de espessura máxima do leque deltaico Guriri e do sistema deltaico Emborê. Enquanto este último é definitivamente perpendicular à atual linha de costa, o leque deltaico Guriri alinha-se na direção nordeste, sugerindo diferentes drenagens alimentadoras para cada um dos sistemas . Esta interpretação é suportada pela proximidade do embasamento cristalino, onde divagações fluviais são bastante restritas. Em assim sendo, a diferença do sistema deposicional gerado na zona costeira (leque deltaico durante o Eo-Terciário

e delta destrutivo durante o Neo-Terciário) deve ser debitado a alterações na drenagem da área fonte, durante o fim do Oligoceno, alterações estas provavelmente produzidas por fenômenos tectônicos. A distinção entre leques deltaicos e deltas destrutivos é apenas espectral e parcialmente uma questão de definição (Fisher et all., 1 973). Em leques deltaicos, os depósitos de canal de rios anastomosados são dominantes. Os deltas destrutivos, por serem alimentados por correntes de menor gradiente e menor competência estão mais sujeitos a modificações marinhas, resultando uma maior abundância relativa de fácies destrutivas.

4 - SISTEMA PLATAFORMA CARBONÁTICA SIRI

O termo plataforma tem três principais usos na literatura geológica: estrutural, quando designa um elemento estável em bacias cratônicas, p. ex. plataforma do Paraíba; fisiográfico, quando identifica uma superfície submersa, caracterizada por um gradiente e profundidade específicos; e ambiental, quando se refere a processos sedimentares e depósitos formados em equilíbrio com o ambiente em questão (Curray, 1 965; Emery, 1 968 e Uchupi, 1 968). O termo plataforma, como aqui usado, denota um ambiente deposicional, onde fácies sedimentares específicas são originadas por processos sedimentares tipicamente marinhos de águas rasas.

O sistema de plataforma carbonática Siri foi interpretado a partir da litofácies de mesmo nome e da análise estratigráfica das seções sísmicas disponíveis. Nestas, apesar de excelente definição de seus refletores, não foi possível seu mapeamento em razão de sua delgada espessura, relativamente à capacidade de resolução sísmica. As principais observações que suportam a interpretação postulada incluem:

a) Padrão de refletores - Nas seções sísmico-estratigráficas, a litofácies Siri apresenta-se com refletores essencialmente horizontais, indicando deposição em uma superfí

cie relativamente plana,à semelhança daquela da plataforma continental. Este critério é de especial valor na distinção destes sedimentos daqueles do talude, cujos refletores mostram-se característicamente inclinados.

b) Relações estratigráficas - Os sedimentos Siri apresentam relações de contato concordante com os sedimentos dos sistemas parálicos Emborê e Guriri, situados mergulho acima, e com os sedimentos das litofácies Ubatuba e Muritiba, a seguir interpretados como de talude.

c) Composição litológica - Composto predominantemente por carbonatos detríticos, constituídos por intraclastos e bioclastos grosseiros, esta litofácies reflete um alto nível de energia no sítio deposicional, característica esta compatível com o ambiente marinho de águas rasas, reinante nas plataformas continentais.

d) Conteudo faunistico - A abundante e diversificada fauna contida no litofácies Siri, representada por fragmentos de briozoários, algas vermelhas, equinóides, entre outros, suporta a interpretação preconizada. Mais especificamente, os foraminíferos presentes pertencem, segundo Nogutti e Santos (1 972), a um ambiente nerítico de águas rasas.

e) Correlação regional - A litofácies Siri apresenta um comportamento estratigráfico análogo a unidades correlácionáveis de outras bacias marginais brasileiras que, melhor estudadas em razão da maior riqueza de dados, têm sido interpretadas de modo semelhante (Fisher et all., 1 973; Gama Jr et all., 1 973; Fisher et all., 1 974; Brown Jr. et all. , 1 974).

Condições de sedimentação carbonática, intimamente associada a sedimentos parálicos, têm como principal causa as oscilações do nível do mar. Estas oscilações produzem alternância de sedimentos costeiros, de origem terrígena, e sedi-

mentos francamente marinhos. Nesse caso incluem-se as unidades destrutivas do Sistema Deltaico Emborê. Entretanto, a excelente continuidade lateral dos depósitos carbonáticos do presente sistema sugere a ocorrência de condições favoráveis à sedimentação carbonática em âmbito regional e com significativa persistência temporal. Estas condições, provavelmente associadas a fenômenos tectônicos da área fonte, propiciaram transgressões marinhas em escala regional, que estacando a drenagem costeira, suprimiram o aporte de clásticos e enseja ram condições de sedimentação carbonática na plataforma submersa.

Na sedimentação da seqüência estudada da Bacia de Campos, estas condições ocorreram em duas épocas distintas, Eoceno e Oligoceno, resultando dois depósitos diferentes, anteriores e parcialmente contemporâneos aos Sistemas Leque Deltaico Guriri e Deltaico Emborê, respectivamente.

4.1. - Fase eocênica

Esta fase representa a primeira plataforma continental desenvolvida por sedimentação na Bacia de Campos. Até então, a margem continental fluminense era dominada por uma topografia acidentada, onde pontilhava o Baixo de São Tomé como uma expressiva calha submersa, aproximadamente paralela à costa. Com o preenchimento desta calha com sedimentos do Talude Campos, delineou-se, fisiograficamente, a plataforma continental responsável pelos depósitos carbonáticos desta fase.

O Sistema Siri nesta fase, tem seu principal desenvolvimento na área do Baixo de São Tomé, estendendo-se desde a plataforma do Paraíba até os Altos Internos (Anexo 4). Para sudoeste, sua área de ocorrência ultrapassa os limites da área controlada sismicamente, não devendo entretanto, estender-se muito além em razão da proximidade do principal eixo do afluxo de clásticos Guriri. Sua espessura máxima foi atingida no poço RJS-4A, com 110 metros.

Condições de sedimentação carbonática nesta área persistiram até que a drenagem costeira, ajustando-se às novas condições marinhas, desse início à sedimentação do Leque Costeiro Guriri que, propagando-se sobre a referida plataforma, interrompeu a sedimentação carbonática. Sua variação de espessura é, assim, controlada pelo Leque Deltaico Guriri. Durante períodos de maior aporte de clásticos e acentuada progradação do leque deltaico, a extensão da plataforma ficou limitada, ocorrendo o inverso em períodos de menor aporte. Embora o padrão de dolomitização no Sistema Siri não tenha sido estudado, é possível que esteja relacionado com as flutuações na progradação do referido leque deltaico.

4.2. Fase oligocênica

Da mesma maneira que a anterior, a plataforma carbonática da fase oligocênica identifica-se claramente nas seções sísmicas sem apresentar, entretanto, condições de mapeamento.

Esta fase do Sistema Siri apresenta uma área de ocorrência bem mais extensa, desenvolvendo-se desde a plataforma do Paraíba até os limites atuais da borda continental na área campista. Sua espessura máxima de 240 metros, ocorre no poço RJS-4A.

O Sistema Siri, nesta fase, desenvolveu-se a partir de uma transgressão marinha durante o Oligoceno, que inundou a planície costeira formada pela sedimentação Guriri. A linha de costa, que se encontrava então próxima aos Altos Internos migrou continente a dentro, situando-se nas proximidades da Plataforma do Paraíba (Anexo 14). Esta transgressão permitiu que a sedimentação carbonática desta fase, sobrepondo-se aos terrígenos Guriri, se estendesse por toda a bacia de Campos.

O Sistema Siri desenvolveu-se, a partir de então, contemporaneamente com a nova sedimentação parálica (deltaico

Emborê), que lhe sobrepõe por contínua progradação da costa. Como a borda continental também é progradante às custas da sedimentação sobre o talude, os carbonatos da fase oligocênica do Sistema Siri se sobrepõem aos folhelhos e outros clásticos do Sistema Talude Continental Campos.

5 - SISTEMA TALUDE CONTINENTAL CAMPOS

A unidade sísmico-estratigráfica Gama, constituída pelas litofácies Ubatuba, Carapebus e Muritiba e a unidade sísmico-estratigráfica Ômega, representada pela litofácies Grussaí, são aqui interpretadas como um sistema deposicional de talude continental. Esta interpretação é suportada pelas seguintes linhas de evidências:

a)Atitude inclinada dos refletores - Os horizontes - refletores das seções sísmicas orientadas na direção noroeste-sudeste mostram as camadas sedimentares inclinadas oceano a dentro. A inclinação média dessas camadas, quando não afetadas por fenômenos estruturais, é da ordem de três graus.Tal atitude é consistente com o gradiente da superfície deposicional deste sítio fisiográfico, como mostrado por quase todas as seções sísmicas publicadas sobre modernos depósitos - de talude continental. Inclinações inferiores, como as observadas na Calha de São Tomé e nos Altos Internos (Anexos 2 e 3), são igualmente encontradas em taludes modernos de relevo irregular e de origem estrutural.

b)Conteúdo fossilífero - Embora os sedimentos desta unidade sejam ricos em fósseis de água rasa, eles apresentam, igualmente, abundante fauna plantônica (Beurlen, 1 972) e certos elementos faunísticos previamente interpretados como de águas profundas (Troelsen e Regali, 1969). Esta mistura de fósseis favorece a interpretação de águas profundas,já que fósseis de águas rasas podem, obviamente, ser transporta

dos através da plataforma juntamente com os sedimentos clásticos.

c) Composição litológica - As litofácies Ubatuba e Muritiba, constituintes da unidade sísmico-estratigráfica Gama, são representadas predominantemente por folhelhos; a litofácies Grussaí da unidade sísmico-estratigráfica Ômega é composta essencialmente por calcilutitos. O talude continental, em razão do baixo nível de energia reinante, representa um ambiente de sedimentação pelítica por excelência (Stanley, 1 969). Alguns autores referem-se, por esta razão, à borda continental como linha de lama ("mud line").

d) Distribuição e Geometria - As unidades sísmico-estratigráficas Gama e Ômega evidenciam um gradativo espessamento em direção ao oceano (Anexos 5 a 8). Este comportamento é típico da sedimentação de talude, onde o controle principal é fornecido pela profundidade da lâmina de água.

e) Relações estratigráficas - Como evidenciado pelas diversas seções sísmicas, a unidade sísmico-estratigráfica Gama apresenta um contato concordante e mergulho abaixo dos carbonatos de plataforma do Sistema Siri.

f) Correlação regional - Os sedimentos em questão apresentam um comportamento estratigráfico análogo a unidades correlacionáveis de outras bacias marginais brasileiras, anteriormente interpretados como de talude continental com base em maior número de dados. Embora ainda não comprovado por mapeamentos específicos, alguns autores preconizam a continuidade física dos sedimentos de talude das diversas bacias marginais brasileiras em toda a extensão da margem continental leste brasileira (Bacoccoli, 1 974).

g) Presença de canhões submarinos - Na seção sísmica 28-RL-277 (Anexo 5) identifica-se um canhão submarino de di-

mensões consistentes com os modernos canhões submarinos existente ao longo da plataforma continental brasileira. Estas feições são características da parte superior de taludes continentais.

Taludes continentais constituem um dos ambientes deposicionais de mais intensa sedimentação (Potter e Pettijohn, 1 963). Define-se como uma superfície submersa, inclinada oceano a dentro com um gradiente da ordem de três a seis graus, em média. Pode ser visualizada como uma íngreme escarpa na zona de transição entre as bacias oceânicas e os continentes.

Os taludes continentais possuem diversas origens(Dietz, 1 952; Emery, 1 970). Os autores concordam que,na grande maioria dos casos, os taludes são gerados por diastrofismo e posteriormente modificados por processos erosivos e sedimentares. Em áreas de pequeno ou nenhum aporte de sedimentos predominam os processos erosivos, com a dissecação da plataforma continental através da formação de canhões e vales submarinos. Em áreas próximas às desembocaduras de grandes rios , predominam os processos sedimentares, resultanto uma ativa progradação do talude e desenvolvimento do sopé continental.

No caso da margem continental brasileira, particularmente a do litoral fluminense, a origem estrutural do talude continental acha-se bem estabelecida. Relaciona-se com a reativação neo-cretácica, por sua vez, relacionada com o desenvolvimento do Atlântico Sul (Ponte e Asmus, 1 975). Desde então, erosão e sedimentação têm se alternado na área campista, produzindo um complexo de fácies sedimentares, cuja espessura atinge, nas partes mais profundas da bacia, a mais de 3 000 metros.

5.1. - Fácies principais

Recentes estudos morfológicos de modernos taludes continentais, invariavelmente mostram que esta província fisio-

gráfica submarina engloba diversos ambientes deposicionais, onde diferentes fácies sedimentares são formadas. A complexidade e diversidade dessas sub-províncias propiciam a ocorrência de inúmeros e poucos conhecidos processos sedimentares, cuja interação produz complexas fácies sedimentares. Dietz e Holden (1 966), Stanley (1 969), entre outros, citam a deposição por decantação (pelagitos e hemipelagitos), as correntes de turbidez, os movimentos gravitacionais de sedimentos, as "nepheloid currents" e a bioturbação, como os mais importantes processos sedimentares das regiões abissais e batiais. Os fatores geológicos que influenciam esses processos sedimentares e, conseqüentemente, as fácies sedimentares resultantes incluem: atividade tectônica, oscilação eustática do nível do mar, declive do talude, razão e quantidade de aporte de sedimentos.

Acrescenta-se ainda, que a elevada posição atual do nível do mar dificulta o entendimento dos mais proeminentes processos sedimentares, obliterando suas reais importâncias como formadores de sedimentos. Depreende-se da leitura da literatura especializada, que há uma controvérsia muito grande sobre quais os processos modernos que realmente foram expressivos no passado geológico. Alguns autores postulam que a atual configuração das margens continentais e, em conseqüência, os processos sedimentares, são exceções no registro geológico, não servindo como modelo para a análise de sedimentos antigos.

Diante dessa diversidade de opiniões, o autor, na presente análise faciológica, procurou limitar suas interpretações seguindo os critérios preconizados por Stanley(1 969), baseados na estreita relação entre a topografia da superfície deposicional e a geometria e composição litológica das fácies de talude. Assim sendo, foram identificadas no Sistema Talude Continental Campos as seguintes fácies: Hemipelagitos Ubatuba, Cone Submarino Carapebus, Leques Submarinos Muritiba e Borda Continental Grussaí.

5.1.1. - Hemipelagitos Ubatuba

Os sedimentos pelíticos das litofácies Ubatuba e Muritiba são aqui interpretados como resultantes de deposição por decantação de material suspenso na lâmina de água. Resultam, segundo interpretação clássica, da dispersão nas regiões abissais de material pelágico, enriquecido pelas mais finas frações terrígenas, provenientes da costa. Entretanto, Stanley (op. cit.) afirma que este processo, por si só, não é suficiente para explicar a abundância desses sedimentos sobre o talude; este autor postula que as correntes nefelóidicas, recentemente descobertas e estudadas por Ewing e Thorndike (1 965), fornece o adequado mecanismo de transporte e deposição dos pelagitos e hemipelagitos. Trata-se de " camadas " ou horizontes, ricos em material suspenso, estratificados nas águas oceânicas acima do talude e sopé continental . Essas "camadas", com espessura entre 200 e 950 metros, possuem concentrações de matéria orgânica e inorgânica da ordem de 0,25 g/l. Com o fluxo para as partes mais profundas do oceano, as correntes nefelóidicas tendem a seguir a topografia submarina, sendo igualmente afetadas por outras correntes profundas, como sugerido por Heezen (1 968).

Independente de seu processo de origem, os hemipelagitos Ubatuba distribuem-se amplamente pela Bacia de Campos, respondendo por mais de 60% dos sedimentos do Sistema Talude Campos (Anexo 12). Nas seções sísmicas caracteriza-se por um padrão inclinado, resultante da natureza progradacional de sua deposição. Embora os processos sedimentares, responsáveis por sua gênese, estivessem ativos desde o Cretáceo Superior até o Mioceno, é a partir do Paleoceno que sua sedimentação se torna mais intensa, principalmente a leste dos Altos Internos, onde sua possança atinge valores superiores a 2 000 metros.

5.1.2. - Cone submarino Carapebus

A litofácies Carapebus apresenta um conjunto de características que permitem sua interpretação como um fluxoturbidito. Este termo foi introduzido por Kuenen (1 958) para designar certos depósitos dos Alpes Europeus que são "caracterizados por granulação grosseira, acamamento espesso e incipiente desenvolvimento de estratificação gradacional e marcas de sola". Kuenen reconheceu que sedimentos com estas características não teriam sido formados por correntes de turbidez, mas sim, por movimentos de massa, deslizamentos e outros processos tracionais, ativos em vales e canhões submarinos. O termo fluxoturbidito é, deste modo, o equivalente fóssil dos modernos depósitos designados informalmente por cones submarinos.

Dentre as evidências genéticas da litofácies Carapebus, que permitiram sua interpretação como um cone submarino, destacam-se:

a) Associação com hemipelagitos - Os arenitos da litofácies Carapebus interdigitam-se com os sedimentos pelíticos de talude continental, em íntimas relações de contato; tais relações implicam necessariamente na presença de um ambiente sobre o talude continental.

b) Área de ocorrência - Embora seu reconhecimento não tenha sido possível nas seções sísmicas e, conseqüentemente não tenha sido possível o seu mapeamento, o controle fornecido pelos poços permite inferir que sua área de ocorrência se restringue à Calha de São Tomé, cuja expressão topográfica na época, identifica-se como um extenso vale submarino (Anexo 14).

c) Petrologia - Os arenitos Carapebus apresentam uma textura bem mais grosseira que os demais sedimentos de talude associados. Embora essa característica possa ser igualmente atribuída a turbiditos, esses apresentam, em adição, uma

conspícua estratificação gradacional, ausente nestes sedimentos.

Na origem e desenvolvimento de um cone submarino , três condições tornam-se fundamentais:

1º) Talude íngreme: a fim de facilitar o desenvolvimento de vales e canhões submarinos.

2º) Presença de grandes rios na costa: como principal fornecedor de sedimentos grosseiros.

3º) Plataforma estreita: possibilitando que o avanço dos canhões submarinos estabeleça a conexão direta entre a costa e o vale submarino, onde tem lugar sua deposição.

A margem continental fluminense nos primórdios da sedimentação desta seqüência, era dominada por um relevo abrupto (Anexo 14) que propiciava as condições necessárias ao desenvolvimento deste tipo de sedimentação. Preenchido o vale submarino de São Tomé, ao término do Paleoceno, a plataforma campista tornou-se relativamente extensa, cessando, em conseqüência, o desenvolvimento desta fácies sedimentar.

5.1.3. - Leques submarinos Muritiba

A litofácies Muritiba apresenta numerosas intercalações arenosas, de espessura variável entre 5 e 40 metros. A correlação entre os perfis geofísicos dos poços petrolíferos revelam a natureza lenticular e errática dessas camadas. Esta evidência, aliada a suas características petrológicas (arenitos de granulação grosseira a média, argilosos) e suas íntimas relações estratigráficas com os Hemipelagitos Ubatuba sugerem sua deposição como leques submarinos.

Leques submarinos podem ser gerados tanto por correntes de turbidez como por processos tracionais como deslizamentos ou escorregamentos de sedimentos da plataforma para

o talude. Incluem-se ainda, sob esta designação, os depósitos formados por alimentação direta da costa, através de canhões submarinos, escavados sobre a plataforma, como o ocorrido com o Cone Submarino Carapebus. A distinção desses diferentes processos sedimentares é, normalmente, feito com base em detalhados estudos petrológicos, atendendo, particularmente, para as estruturas sedimentares.

No presente caso, o estudo petrológico é impossível em razão da não disponibilidade de amostras não fragmentadas ou testemunhos. Entretanto, algumas intercalações da litofácies Muritiba, como por exemplo a do intervalo 3 025 a 3 050 metros do poço RJS-8 (fig. 9), apresentam uma diagnóstica configuração "boca de sino" (Fisher e McGowen, 1 967) na curva de raios gama. A radioatividade natural, gradativamente maior em direção ao topo da intercalação arenosa é indicativa de estratificação gradacional, pela maior quantidade de argila, cujos minerais são mais ricos em elementos radioativos.

A presença desta estrutura sedimentar evidencia que, pelo menos em parte, os leques submarinos Muritiba são de origem turbidítica.

5.1.4. - Borda continental Grussaí

A distribuição e geometria da unidade sísmico-estratigráfica Ômega demonstra, por si só, a origem desses sedimentos como depósitos de borda continental (Anexo 13). As características petrológicas, embora não conclusivas, suportam esta interpretação, já que este ambiente é propício à sedimentação carbonática impura (calcilutitos e calcarenitos da litofácies Grussaí).

A fácies de borda continental Grussaí teve seu principal desenvolvimento a partir do Mioceno, quando a plataforma continental fluminense já se encontrava suficientemente extensa para que os clásticos terrígenos pudessem atingir, em abundância, o talude continental. A ausência de aporte de

terrígenos ensejou condições de sedimentação carbonática nas extremidades da plataforma, que se estendendo por sobre a parte superior do talude propiciou sua lenta progradação oceano a dentro. Como conseqüência desta lenta progradação, a fácies em questão é caracterizada por conspícuos refletores inclinados.

CAPÍTULO VI

MODELO DE SEDIMENTAÇÃO

A elaboração do modelo de sedimentação das Formações Campos e Emborê, da Bacia Campos, é o objetivo do presente capítulo. Este modelo é reconhecido pelo arranjo tridimensional dos sistemas deposicionais identificados no capítulo anterior e comparação com modelos recentes e antigos previamente estudados. Ênfase especial é dedicada à evolução do modelo básico, que desde o Cretáceo Superior assume configurações geomorfológicas diferentes, em função de fatores estruturais, sedimentares e por variações eustáticas do nível do mar.

1 - MODELO DE SEDIMENTAÇÃO BÁSICO

O desenvolvimento, nos últimos anos, de modelos holocênicos de sedimentação e a extensão destes, através de estudos comparativos, a seus correspondentes fósseis constitui-se no fundamento básico para a análise de bacia, principalmente quando é utilizado o conceito de sistema deposicional.

Na presente tese, a elaboração do modelo de sedimentação das Formações Campos e Emborê da Bacia de Campos fundamenta-se na comparação com outros modelos, holocênicos e antigos, previamente descritos e documentados.

Os quatro sistemas deposicionais reconhecidos na seqüência estudada definem um modelo de sedimentação, constituído de uma sedimentação parálica, uma sedimentação marinha de águas rasas e uma sedimentação marinha de águas profundas. A sedimentação parálica é representada, inicialmente, pelo Sistema Leque Deltaico Guriri e, posteriormente, pelo

Sistema Deltaico Emborê; este, classificado como destrutivo, dominado por ondas. O Sistema Plataforma Carbonática Siri, com suas duas unidades distintas, corresponde à sedimentação marinha de águas rasas. Finalmente, a sedimentação de águas profundas, contemporâneamente desenvolvida, é materializada pelo Sistema Talude Continental Campos.

O arranjo e distribuição desses sitemas, bem como de suas fácies componentes, promoveram a construção e desenvolvimento da margem continental campista, através da contínua progradação da linha de costa, plataforma e talude continental. Nesta evolução, os referidos sistemas deposicionais assumiram importâncias variáveis, a intervalos de tempo diferentes, caracterizando distintas fases evolutivas da história geológica da Bacia de Campos.

O bloco-diagrama da figura 14, construido por meio de perspectiva cavaleira com dois pontos de fuga, procura esquematizar tridimensionalmente a sedimentação na Bacia de Campos. Esta ilustração foi elaborada a partir das seções sísmico-estratigráficas H-H' (Anexo 4) e D-D' (Anexo 7), que apresentam as duas faces frontais do bloco diagrama. Estas e as demais seções sísmicas, bem como os poços petrolíferos, fornecem o adequado controle da distribuição tridimensional dos elementos fisiográficos e sedimentares interpretados. O espectador encontra-se a leste, em um ponto elevado, cujo ângulo com o vértice frontal do bloco é de 31°.

2 - DESENVOLVIMENTO DA MARGEM CONTINENTAL CAMPISTA

O desenvolvimento da margem continental campista tem início com a reativação néo-cretácica, provocada pela retomada dos processos de crescimento do assoalho oceânico, numa segunda fase abertura do Atlântico Sul. Segundo Le Pichon e Hayes (1 971), essa reativação correspondeu a uma mudança do polo de rotação para as placas sul americana e africana.

Inicia-se, em conseqüência, uma transgressão marinha de âmbito mundial que segundo Hallan (1 971, in Asmus,1 973) foi originada pelo movimento eustático do nível do mar, em razão da diminuição do volume das bacias oceânicas, imposta pelo levantamento das dorsais médio-oceânicas. Estabelece-se na área campista, como nas demais bacias marginais brasileiras, uma margem continental tipo atlântica que propiciou as condições geomorfológicas fundamentais para a sedimentação ora em estudo.

Durante a evolução da margem continental campista,os sistemas deposicionais, controlados principalmente pela tectônica, interagem-se diferentemente, permitindo o reconhecimento de quatro fases de desenvolvimento da sedimentação . Essas quatro fases representam estádios evolutivos naturais do modelo básico. Nesta evolução, a morfologia da superfície deposicional, como resultado de eventos tectônicos, exerceu uma função primordial no controle dos processos sedimentares e, conseqüentemente, no arranjo e distribuição, no tempo e no espaço, dos sistemas deposicionais e de suas fácies componentes.

2.1. - Fase de Bacia faminta

Esta fase inicial, que se estende do Cretáceo Superior ao Paleoceno, é caracterizada pelo exclusivo desenvolvimento do Talude Campos, com a deposição integral do Cone Submarino Carapebus no Baixo de São Tomé e uma incipiente sedimentação da fácies de Hemipelagitos Ubatuba, além dos Altos Internos. Não há desenvolvimento de nenhum dos sistemas parálicos ou de plataforma continental.

Durante esta fase configura-se morfologicamente uma margem continental do tipo "bordering depression" (Curray, 1 969a) da qual o platô de Pernambuco, (Kowsmann e Costa, 1 976), é um exemplo brasileiro atual. A reativação néo-cretácica produziu na área um relevo bastante acidentado com

desníveis abruptos ao longo de escarpas de falhas submersas. Muito embora reativações ou pulsações posteriores tenham introduzido modificações, o mapa de contornos estruturais da base desta seqüência (Anexo 14) reflete muito fielmente a superfície deposicional então existente.

O Baixo de São Tomé, separado do continente pela falha de mesmo nome, é a expressão topográfica dominante da área; alongado na direção nordeste, esta calha submersa apresenta um forte declive na mesma direção, configurando-se assim, como uma depressão periférica. Os Altos Internos, com significativa expressão topográfica, completam os elementos fundamentais desse tipo de margem continental.

Durante esta fase a erosão predominou sobre a sedimentação, tendo atuado no sentido de suavização do relevo, dissecando a plataforma e borda continental através da formação de canhões e vales submarinos. A sedimentação processa-se predominantemente dentro do Baixo de São Tomé, que monopoliza sob a forma de cone submarino (Carapebus) o aporte de clásticos terrígenos advindos à costa; os Altos Internos exercem uma função de barreira para os sedimentos. Estes são reconhecidos pelas relações estruturais internas de suas camadas, dos tipos "up-lap" e "on-lap" (Curray e Moore, 1 964), identificadas através das seções sísmicas. Este arranjo estrutural interno é conseqüência da acumulação de sedimentos por acréscimo vertical e retrosedimentação, próprios deste tipo de fácies sedimentar de talude (Fisher et all., 1 973).

2.2. - Fase transicional

Esta fase, que se estende do Paleoceno ao Oligoceno, é caracterizada por um arranjo de sistemas deposicionais, arranjo este, constituido pelo Leque Deltaico Guriri, pela unidade inferior da Plataforma Carbonática Siri e pelo Talude Campos, representado pela fácies de Hemipelagitos Ubatuba e pelos Leques Submarinos Muritiba.

Esta fase, designada transicional em razão do equilíbrio entre erosão e sedimentação, teve início com o preenchimento do Baixo de São Tomé. Configura-se, portanto, uma estreita plataforma continental que se estende até os Altos Internos. A superfície deposicional, em termos gerais, é bastante regular em conseqüência da erosão das feições positivas do relevo e preenchimento das depressões. Os Altos Internos, embora menos expressivos, permanecem, ainda, como uma feição positiva muito íngrime e que se estende até as regiões abissais.

A erosão atuou principalmente na parte superior do talude, suavizando os Altos Internos através da formação de inúmeros e pouco expressivos canhões submarinos, parcialmente responsáveis pela geração dos Leques Submarinos Muritiba, que juntamente com os Hemipelagitos Ubatuba representam a sedimentação de taludes desta fase. Na estreita plataforma, definitivamente formada no início do Eoceno, desenvolveu-se a sedimentação carbonática da unidade inferior do Sistema Siri; esta é limitada a leste pela borda continental, nas proximidades dos Altos Internos. No litoral, o Leque Deltaico - Guriri, inicia seu desenvolvimento, alimentado por uma drenagem principal implantada aproximadamente paralela à costa do Estado do Rio de Janeiro e desaguando a sudoeste da Bacia de Campos.

A progradação do leque deltaico sobre a plataforma Siri fez-se, preferencialmente, na direção nordeste,atraído, como observado nas seções sísmicas, pela maior subsidência verificada no Baixo de São Tomé, em conseqüência dos falhamentos orientais dos Altos Internos, desenvolvidos nesta fase (Anexo 9).

2.3. - Fase progradacional

A terceira fase de evolução da margem continental campista estende-se do Oligoceno ao Mioceno. Caracteriza-se pela interação dos sistemas deposicionais deltaico Emborê no litoral, unidade superior da Plataforma Siri e pelo Talude

Campos, agora representado, exclusivamente, pela fácies Ubatuba.

Esta fase inicia-se com uma transgressão marinha que inundou a planície costeira formada pela progradação do Leque Guriri na fase anterior. A linha de costa recuou até as proximidades da Plataforma do Paraíba, conferindo expressivas dimensões à plataforma fisiográfica, já que se estende além dos Altos Internos; estes, encontram-se soterrados ao término da fase precedente. O talude continental apresenta-se nesta fase com um declive suave, que se aproxima do perfil de equilíbrio (Dietz, 1 963). Caracteriza-se assim, uma margem continental do tipo "shelf-rise" (Curray, op. cit.) com uma extensa plataforma e um gradiente suave, desde a costa até o sopé continental.

Nesta fase, a sedimentação predomina largamente sobre a erosão, produzindo uma expressiva progradação do talude continental. Como observado nas seções sísmicas orientadas na direção NW-SE, as relações estruturais internas das camadas dos Hemipelagitos Ubatuba são do tipo "off-lap" (Curray e Moore, op. cit.), que caracteriza a deposição na parte superior e média do talude continental (Galloway e Brown Jr, 1 972). A plataforma continental é novamente dominada por uma sedimentação carbonática, que se estende amplamente por toda a Bacia de Campos, em razão de significativa progradação do talude e conseqüente extensão da superfície da plataforma.

No litoral, as condições de sedimentação mudam bruscamente. O suprimento de clásticos é agora proveniente de uma drenagem de oeste, aproximadamente superimposta ao moderno Rio Paraíba. O volume de sedimentos trazidos por este curso d'água é menor que de seu antecessor, permitindo que os processos marinhos redistribuam esses sedimentos ao longo da costa; configura-se assim, o Sistema Deltaico Emborê. As frações mais finas da carga sedimentar, sob a ação das ondas e correntes marinhas, vão alimentar a intensa progradação do

talude.

A progradação da sedimentação deltaica, por ser mais rápida que a progradação do talude, estende, por várias vezes, a planície deltaica até as proximidades da Charneira de Campos. Entretanto, em conseqüência de divagações da drenagem principal sobre esta planície, lobos deltaicos são abandonados, que, ao subsidirem, propiciam transgressões marinhas locais, responsáveis pelas unidades destrutivas carbonáticas. Estas caracterizam e separam os diversos ciclos deltaicos.

2.4. - Fase agradacional

A fase final de sedimentação da seqüência em estudo da Bacia de Campos estende-se do Mioceno ao Plioceno, sendo caracterizada pela deposição dos carbonatos detríticos da fácies de Borda Continental Grussaí do Sistema Talude Campos.

No litoral persiste a sedimentação deltaica Emborê, menos intensa que na fase anterior, em razão do menor suprimento de clásticos; este fato decorre naturalmente da maturidade fluvial da drenagem alimentadora. Em conseqüência das grandes dimensões atingidas pela plataforma continental, as frações mais finas da carga sedimentar, trazidas à costa, não mais atingem o talude, permitindo que uma sedimentação carbonática se desenvolva na borda continental.

A progradação do talude é bastante lenta, em razão da natureza carbonática de sua sedimentação, significativamente menos intensa que a detrítica. O desenvolvimento da margem continental campista, nesta fase, fez-se predominantemente por agradação da planície deltaica sobre a atual plataforma continental, em intensidade ditada pela taxa de subsidência regional.

Poder-se-ia afirmar que esta fase se prolonga até os dias atuais, com o desenvolvimento do moderno delta do Rio Paraíba e uma possível sedimentação carbonática na borda

continental. Entretanto, os sedimentos mais jovens encontrados na atual plataforma continental datam do Plioceno, ou seja, são sedimentos reliquiares, muito comuns em todas as plataformas continentais do mundo. Emery (1 968) estima que 70% da área das plataformas continentais modernas, acham-se cobertas por relíquias. Sedimentos reliquiares têm sido igualmente descritos ao longo da plataforma brasileira, mesmo em áreas de grande afluxo de terrígenos, com em frente a foz do Rio Amazonas (Milliman e Barreto, 1 975).

3 - FATORES DE CONTROLE DA SEDIMENTAÇÃO

Segundo o presente modelo, o estabelecimento da sedimentação na Bacia de Campos a partir do Cretáceo Superior e sua evolução, através de fases bem definidas de diferentes arranjos dos sistemas deposicionais, obedeceu ao controle de um conjunto de fatores extrabasinais. Incluem-se entre estes, os fatores tectônicos,geomorfológicos, sedimentares e oscilações eustáticas do nível do mar. A conjugação desses fatores fez-se de maneira tão íntima que se torna impossível separar os fenômenos geológicos ocasionados por cada um, separadamente. Em decorrência, os referidos fatores serão aqui tratados conjuntamente, evitando-se assim, distorções em suas respectivas influências.

Dentre esses fatores, a tectônica desempenhou uma função primordial, não só diretamente, no estabelecimento dos elementos estruturais básicos da bacia, como também indiretamente, na modelagem da superfície deposicional e do relevo no continente adjacente, no estabelecimento das drenagens supridoras de sedimentos e no regime de fluxo de suas correntes através do gradiente imposto.

Durante a fase inicial de bacia faminta, a sedimentação da Bacia de Campos é quase exclusivamente dominada pela tectônica. A reativação néo-cretácica, além de produzir o "Graben" de São Tomé, principal sítio deposicional da fase,

provocou no continente o levantamento da Serra do Mar (Almeida, 1 964) que, tomando o nome local de Serra dos Orgãos, representou a principal fonte de sedimentos. A paisagem local é dominada por um relevo jovem, acidentado, que deveria se estender até a plataforma do Paraíba, atualmente uma superfície plana e sub-horizontal. A drenagem, proveniente da Serra dos Orgãos, é caracterizada por inúmeros e efêmeros cursos d'água que se dirigem diretamente para a costa. Esses, em razão de seu alto gradiente, são dotados de correntes de alta competência, elevada carga de fundo e descargas descontínuas sazonais. Esses parâmetros de fluxo são compatíveis com a textura dos sedimentos do Cone Submarino Carapebus.

O principal evento geológico que marca a fase transicional desta sedimentação é a implantação de uma drenagem principal advinda do sul do Estado do Rio de Janeiro. Nesta direção, entre a Serra do Mar e o Maciço Carioca encontra-se o "Rift" da Guanabara descrito por Ruellam (1 944) e Freitas (1 951; 1 956) como uma depressao tectonica gerada por blocos de falha basculados para WNW. Almeida (1 976), baseado em imagens de satélite, correlaciona a Falha de São Tomé da Bacia de Campos como prolongamento da Falha de Rio Bonito que limita o referido "rift". Em assim sendo, o Baixo de São Tomé, salientado nesta fase pelos falhamentos orientais dos Altos Internos, corresponderia à extensão submersa do "rift " da Guanabara. Sedimentos preservados na pequena Bacia de Cabuçu, relacionado geneticamente com o referido vale estrutural, contêm restos de mamíferos datados por Couto (1 953) como da idade Paleoceno Inferior ou Cretáceo Superior, corroborando assim, por compatibilidade de idades, a acima referida hipótese.

Baseado nestas correlações é consistente entender a alimentação do Leque Deltaico Guriri pela implantação ao fim do Paleoceno de uma drenagem no "rift" da Guanabara, que, correndo paralelamente à costa, desaguava ao sul do Cabo São Tomé.

Na seqüência evolutiva desta bacia dois acontecimentos geológicos refletem-se intensamente na sedimentação da fase progradacional do modelo básico. O primeiro é a transgressão marinha que inunda a planície costeira recém formada, fazendo recuar a linha de costa para os limites próximos dos atuais. Esta transgressão oligocênica tem sido detectada nas demais bacias marginais brasileiras (Asmus, 1 972; Baccoli, 1 974) permitindo inferior seu caráter regional, provavelmente associado com oscilações eustáticas do nível do mar. A interrupção da drenagem de sudoeste é outro efeito - desta transgressão. Correndo aproximadamente paralelo à costa, este paleo rio eocênico poderia facilmente ter seu curso interrompido pela transgressão na região entre Macaé e o Cabo São Tomé. Esta hipótese explicaria a brusca interrupção - do aporte dos clásticos Guriri na Bacia de Campos.

O segundo acontecimento geológico, com profundos reflexos na sedimentação desta fase, é a instalação do "Graben" do Paraíba, além da Serra do Mar. Este evento estrutural, como também o formador do "Rift" da Guanabara são atribuidos por Almeida (op. cit.) a pulsações tectônicas neogênicas do craton brasileiro. A instalação deste "graben" coincide com o início do Sistema Deltaico Emborê, alimentado por uma drenagem proveniente do oeste.

Esta correlação sugere que o próprio Rio Paraíba, após abrir seu vale através da Serra dos Orgãos, próximo a São Fidelis, dirigiu-se diretamente para a Bacia de Campos, alimentando os deltas Emborê. Esta hipótese é corroborada não só pela co-extensão do eixo principal de clásticos Emborê com o prolongamento do atual vale deste rio, como também, pela sedimentação dentro do "Graben" do Paraíba. A bacia de Taubaté, em seu interior, apresenta em sua base uma seqüência pelítica, a Formação Tremembé, de origem lacustrina (Suguio, 1 968), cujos fósseis de mamíferos, peixes e quelônios são de idade oligocênica (Mezzalira e Couto, 1 971). Sobrepostos a estes sedimentos, por discordância, assentam-se

sedimentos fluviais, aparentemente equivalentes aos da Bacia de Rezende, também no interior deste "Graben" e separada da primeira pelo Alto de Cachoeira Paulista. A hipótese acima apresentada encontra suporte nesta discordância, como reflexo da abertura para o mar, neste interregno, do vale do Rio Paraíba, cuja erosão remontante possibilitou a extensão dessa drenagem além do Alto de Cachoeira Paulista, permitindo - assim, o escoamento do lago oligocênico.

A partir do Mioceno a Bacia de Campos passou a desfrutar de relativa estabilidade tectônica com a sedimentação processando-se em função das oscilações eustáticas do nível do mar. O fato mais relevante nesta fase é a ausência de sedimentação de plataforma, atualmente dominada por relíquias pliocênicas. Os autores, de um modo geral, atribuem esta ausência de sedimentação às grandes glaciações que atingiram a Terra durante o Pleistoceno. Estas produziram uma série de transgressões e regressões extremamente rápidas, em termos geológicos, alternando-se sedimentação e erosão sobre a superfície da plataforma (Curray, 1 969b), resultanto em conseqüência, um registro petrológico nulo.

4 - COMPARAÇÃO COM MODELOS CLÁSSICOS

Desde a publicação dos "Princípios de Geologia" de Charles Lyell, em 1 830, que os geólogos têm reconhecido o valor do estudo dos processos sedimentares, presentemente em operação na Terra, para poderem entender os fenômenos geológicos do passado. De acordo com a expressão de Lyell, "o presente é a chave do passado". Se bem que haja limitações a esse procedimento, principalmente no estudo de fenômenos geológicos muito antigos, a análise de bacia repousa fortemente nesse ponto de vista uniformitarista. O conceito de sistema deposicional, representando o equivalente fóssil de complexos fisiográficos ou geomorfológicos (Boyed e Dyer, 1 964), baseia-se fundamentalmente na analogia com os processos e fenômenos dos sistemas modernos.

Com base nesta linha de raciocínio, são apresentados a seguir uma série de exemplos modernos e antigos, bem documentados, cuja semelhança com o modelo reconstruído para a Bacia de Campos, demonstra a consistência e viabilidade geológica do mesmo.

4.1. - Modelos holocênicos

Modelos de sedimentação holocênicos, análogos ao da Formação Campos e Emborê da Bacia de Campos, ocorrem em diversas áreas do mundo. Embora a maioria dessas áreas não tenha, ainda, sido estudada em detalhe, apresentam o mesmo padrão básico de arranjo dos sistemas deposicionais.

Um útil modelo moderno, análogo à seqüência em estudo, deve, necessariamente, apresentar as seguintes características básicas:

1º) Uma plataforma continental relativamente estreita, marginando um continente de relevo acidentado e possuindo um bem definido talude continental.

2º) Um arranjo deposicional constituído por uma sedimentação carbonática de plataforma; uma sedimentação parálica alimentada por rios de alta competência e uma sedimentação predominantemente pelítica ao longo do talude continental.

Muitas áreas da Terra satisfazem à primeira característica; entretanto, o requisito adicional, especialmente no que diz respeito à sedimentação carbonática de plataforma, limita grandemente o número de possíveis exemplos análogos. Entre estes, incluem-se o leste do Brasil e o Mar das Antilhas como os mais úteis nesta comparação.

4.1.1. - Leste do Brasil

Provavelmente, o melhor exemplo moderno para a Bacia

de Campos encontra-se na própria margem continental leste brasileira. Esta área estende-se desde Pernambuco até o Rio de Janeiro, numa extensão de 1 800 quilômetros aproximadamente. Apresenta ao longo de seu litoral um relevo que pode ser considerado,no mínimo, moderado, além de vários rios de alta competência e abundante carga de fundo, tais como o São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba, que constroem deltas destrutivos, dominados por ondas na zona costeira (Bacoccoli 1 971; Bandeira Jr., Petri e Suguio, 1 975).

A plataforma continental, nesta área, é estreita, geralmente da ordem de 30 a 60 quilômetros de largura e, embora pouco estudada, fácies carbonáticas de plataforma e de borda continental têm sido descritas por diversos autores - (Barreto e Milliman, 1 969; Mabesoone, 1 964; Coutinho e Morais, 1 968). O Banco Royal Charlotte, no Sul da Bahia, é um excelente exemplo de sedimentação carbonática de borda continental; caracterizado por uma superfície bastante regular , pontificam ao longo de sua extensão, pequenas elevações topográficas, a maior parte referida como recifes. Estas formas construcionais de águas rasas, como os recifes de Araripe,Pitiassu, Itacolomi, Tauá e Patachos, distribuem-se entre Belmonte e Cumuruxatiba. O relevo exposto é, geralmente, menor que 20 metros; a declividade da plataforma é da ordem 22 minutos (Barreto e Milliman, op. cit.).

O talude continental desta região representa o sítio de mais intensa sedimentação moderna. O gradiente desta superfície e a profundidade da lâmina d'água são comparáveis - aos do Sistema Campos.

Presentemente, os depósitos clástico-terrígenos da plataforma leste brasileira, em conseqüência da última transgressão marinha, são relíquias (Emery, 1 968) e encontram-se em vias de retrabalhamento por parte dos atuais processos sedimentares marinhos; este fato é consistente com a presença de deltas destrutivos ao longo de seu litoral. Por outro lado, a presente borda continental vem sendo erodida em vários

trechos por uma série de canhões submarinos, que por seu turno, suprem de sedimentos o talude continental. A situação atual da plataforma e talude continental brasileiros assemelha-se à fase transicional de desenvolvimento da margem continental campista, enquanto que, a moderna sedimentação costeira, identifica-se com à fase progradacional.

4.1.2. - Mar das Antilhas

A margem continental das Antilhas, ao longo da costa norte do Panamá até as Honduras Britânicas, apresenta uma moderna sedimentação terrígena carbonática comparável aos sistemas deposicionais da Bacia de Campos.

A área continental é dotada de um relevo relativamente acidentado com vários pequenos rios que desenvolvem, ao longo da costa, pequenos leques deltaicos e deltas destrutivos. A plataforma, à excessão da costa de Nicarágua, é estreita, revelando-se uma moderna província carbonática por excelência. O talude continental é bem definido, mas diferentemente ao inferido Talude Campos, é comumente interrompido por ilhas vulcânicas que servem de substrato para recifes de atól, além da borda continental. Esses, juntamente com os carbonatos de plataforma de Honduras Britânica acham-se bem estudadas (Ebanks, 1 967).

Localmente, sistemas mistos terrígeno-carbonáticos - desenvolvem-se nas margens de algumas ilhas das Antilhas, como a da Jamaica, República Dominicana e Porto Rico. Estas seqüências, embora menores que a da Bacia de Campos,apresentam várias características análogas. Por exemplo, na Bacia de Yallas, ao longo de sudeste da Jamaica, Burke (1 966) descreveu um leque deltaico que prograda sobre a estreita plataforma, limitada por recifes carbonáticos; esses leques alimentam diretamente o talude continental através de canhões submarinos.

4.1.3. - Outros modelos modernos

A costa e plataforma nordeste de Queensland na Austrália são similares, em muitos aspectos, aos sistemas Siri e Emborê de Campos. A área costeira é caracterizada pelas montanhas da Cordilheira Australiana, que dão origem a uma série de pequenos rios; estes constroem no litoral inúmeros leques deltaicos e deltas em suas desembocaduras. A plataforma continental constitui um sistema carbonático de amplas dimensões, que inclui os 2 000 quilômetros de extensão da "Great Barrier Reef"(Maxwell e Swinchatt, 1 970). Este modelo difere do equivalente da Bacia de Campos, por apresentar o sistema carbonático muito mais desenvolvido e pela ausência de sedimentação de talude, substituído por um extenso platô carbonático.

Um último exemplo de sedimentação moderna comparável ao da Bacia de Campos refere-se ao Mar Vermelho e os adjacentes Golfos de Suez e Aqaba. Embora esta seqüência não se desenvolva em um oceano aberto, suas características gerais são análogas. A região costeira deste restrito mar é marcado por uma série de coalescentes leques deltaicos, desenvolvidos em frente às planícies, e recifes carbonáticos (Friedman, 1 968). Além destes, delineia-se uma estreita, porém profunda bacia, comparável a um talude continental com sedimentação predominantemente pelítica.

4.2. - Modelos antigos

Modelos antigos análogos aos sistemas deposicionais das Formações Campos e Emborê da Bacia de Campos são muito comuns em várias bacias sedimentares do mundo. Contudo, somente em alguns casos encontram-se na literatura descrições detalhadas de seus arranjos deposicionais. Por exemplo, turbiditos têm sido descritos em muitas bacias, encontrando-se bem estabelecidos os critérios de seu reconhecimento; no entanto, poucas são as análises faciológicas realizadas em

seus respectivos sistemas deposicionais de talude.

Na literatura geológica encontram-se três exemplos - que são, pelo menos parcialmente, análogos da Bacia de Campos. Estes compreendem o modelo deposicional da Formação Piaçabuçu, Terciário da Bacia de Sergipe-Alagoas, reconstruído por Fisher et all., (1 973); os sistemas deposicionais definidos por Galloway e Brown Jr. (1 972) em rochas do Pensilvaniano Superior do Centro Norte do Texas; e as seqüências - deposicionais do Carbonífero Superior das Montanhas Cantábricas do norte da Espanha, descritas por Van deer Graaf(1 971).

4.2.1. - Formação Piaçabuçu

A Formação Piaçabuçu da Bacia de Sergipe-Alagoas foi recentemente estudado por Fisher et all., (1 973). Baseado em perfis geofísicos de 138 poços petrolíferos e com o controle de 18 seções sísmicas, foram identificados três sistemas deposicionais, cuja interação é responsável pelo desenvolvimento da margem continental sergipana. Inclui uma sedimentação litorânea (Sistema de Leques Deltaicos Marituba), uma sedimentação de plataforma (Sistema Carbonático Mosqueiro) e uma sedimentação de águas profundas (Sistema Talude Continental Calumbi).

Os Leques Deltaicos Marituba foram alimentados pelos rios São Francisco, Japaratuba, Sergipe e Vasa Barris, que durante o Terciário apresentavam características hidrodinâmicas de mais alto nível energético que atualmente (Gama Jr. 1 976). Esses leques deltaicos progradaram sobre uma estreita plataforma continental, onde se originou o Sistema Carbonático Mosqueiro, constituído de duas fácies: de plataforma e de borda continental com características petrográficas e sísmicas diferentes. Esta plataforma, por sua vez, foi construída às custas da sedimentação de talude, constituída por uma espessa seqüência argilosa com erráticas intercalações arenosas, interpretadas como leques submarinos.

A principal diferença com o arranjo deposicional de Campos relaciona-se com a sedimentação parálica. Em Sergipe, os leques deltaicos foram supridos por quatro diferentes drenagens que alimentaram o sistema ininterruptamente, desde sua implantação. Em Campos, a sedimentação parálica é representada por dois sistemas deposicionais (leques deltaicos e deltas destrutivos), alimentados por dois diferentes rios, atuantes em épocas diferentes.

4.2.2. - Pensilvaniano superior do Texas

O Grupo Cisco da Bacia Midland, no Texas é constituído por três sistemas deposicionais, definidos por Galloway e Brown Jr. (1 972) com base em composição litológica, geometria e seqüência de fácies e posição relativa das paleo bordas continentais. Este estudo é documentado por mapeamento de superfície e análise de 3 500 perfis geofísicos de poços petrolíferos, em uma área de aproximadamente 1 600 quilômetros quadrados.

Os sistemas deposicionais identificados incluem: o Sistema Flúvio-Deltaico Cisco, em posição relativa idêntica aos sistemas Guriri e Emborê, mas bastante diferente em sua composição faciológica; o Sistema Sylvester, composto de bancos e recifes carbonáticos de plataforma e borda continental; e o Sistema de Talude Sweetwater, em muitos aspectos semelhantes ao Talude Campos.

A diferença fundamental entre as seqüências do Texas e de Campos é que na primeira, a deposição clástico-terrígena parálica deu-se sob a forma de deltas construtivos, em contraste com os leques deltaicos e deltas destrutivos de Campos. Esta diferença é conseqüência direta da maior extensão da plataforma Sylvester.

4.2.3. - Montanhas Cantábricas da Espanha

A seqüência deposicional descrita no Carbonífero Su-

perior do Norte da Espanha por Van Deer Graaf (1 971), baseada inteiramente em mapeamento de superfície, apresenta muitas similaridades com o modelo da Bacia de Campos.

O sistema parálico definido no Carbonífero espanhol é constituído por uma espessa seção de arenitos grosseiros , interpretados por Van Deer Graaf como depositados por três deltas destrutivos. Esses deltas progradaram sobre uma estreita plataforma continental, dominada por sedimentação carbonática em sua borda. Além desta, ocorre uma espessa fácies argilosa contendo camadas de granulação mais grosseira, interpretada como turbiditos dentro de um sistema de talude. De acordo com a reconstrução de Van Deer Graaf, o talude foi suprido por sistemas deltaicos construtivos ou de planície costeira por meio de canhões submarinos abertos através do sistema carbonático de plataforma.

CAPÍTULO VII

POTENCIALIDADE PETROLÍFERA

Com base nas conclusões da presente análise é discutida, neste capítulo, de maneira sucinta, a potencialidade petrolífera da Bacia de Campos. São definidas as áreas com melhores perspectivas geológicas e caracterizadas seus possíveis prospectos exploratórios.

1 - PARÂMETROS BÁSICOS DE AVALIAÇÃO

A incidência de acumulações de petróleo é decorrência de situações geológicas singulares, presentes em áreas restritas de certas bacias sedimentares. Tais situações envolvem sempre a presença de um pacote de rochas geradoras adequadamente relacionado, no tempo e no espaço, a um pacote de rochas-reservatório .

As acumulações de petróleo ocorrem quando numa rocha reservatório, confinada por rochas selantes, existe um obstáculo na trajetória do fluido em migração. O obstáculo, usualmente denominado trapa, propiciará a formação de uma acumulação apenas quando existir uma apropriada relação temporal entre a formação da trapa e a migração do petróleo.

Assim sendo, os seguintes parâmetros básicos devem ser considerados na avaliação petrolífera de uma bacia sedimentar:

a) presença de rochas-reservatório;

b) presença de rochas impermeáveis capeadoras dos reservatórios;

c) presença de rochas geradoras de petróleo;

d) associação adequada entre rochas geradoras e reservatório;

e) existência de uma trapa; e

f) adequada relação temporal entre a formação da trapa e a migração do petróleo.

Os três primeiros parâmetros são controlados diretamente pela estratigrafia da bacia, isto é, relacionam-se com o modelo de sedimentação através do arranjo lateral e empilhamento dos sistemas deposicionais formadores daqueles sedimentos; o parâmetro (c) depende ainda da evolução geoquímica da matéria orgânica contida nas rochas geradoras.

Os parâmetros (d) e (e) tanto podem ter controle estrutural quanto estratigráfico e, finalmente, o último é decorrência da evolução tecto-sedimentar da bacia.

2 - ANÁLISE DA BACIA DE CAMPOS

As Formações Campos e Emborê, por serem as unidades estratigráficas mais rasas, revestem-se de importância fundamental na definição da potencialidade da Bacia de Campos. A profundidade excessiva dos horizontes-objetivo constitui condição desfavorável à presença de acumulações comerciais de petróleo. Tal fato relaciona-se, principalmente, com o decréscimo da porosidade e permeabilidade das rochas-reservatório e com o alto custo operacional de explotação. Assim sendo, a potencialidade petrolífera da Bacia de Campos está condicionada às perspectivas das unidades estratigráficas aqui estudadas, acrescidas da Formação Macaé apenas como reservatório. Acumulações de petróleo só ocorrem nas áreas onde todas as condições básicas foram atendidas. Discute-se a seguir estas condições na Bacia de Campos.

2.1. Rochas-reservatório

A Bacia de Campos é rica em rochas-reservatório. Os arenitos do Sistema Deltaico Emborê, particularmente os da fácies de cordões litorâneos, e do Leque Deltaico Guriri a-

presentam excelentes características de permeabilidade e porosidade; o ambiente parálico de sua deposição, dotado de alta energia, garante a ausência de abundante matriz argilosa e boa seleção dos constituintes clásticos. Da mesma forma, o Cone Submarino Carapebus e os Leques Submarinos Muritiba são constituídos de arenitos com razoável a boa permeabilidade e porosidade.

Em razão de suas relações de contato com as formações aqui estudadas, incluem-se entre os reservatórios da Bacia de Campos as rochas carbonáticas da Formação Macaé. Estes sedimentos, de ampla extensão em toda a bacia, apresentam porosidade secundária, graças a fraturas que, próximo às zonas de grandes falhamentos, adquirem valores satisfatórios de porosidada e permeabilidade.

2.2. - Rochas capeadoras

O Sistema Talude Continental Campos é o único dotado de rochas impermeáveis com possança suficiente ao capeamento de reservatórios. Sua posição estratigráfica, sotoposto e mergulho abaixo dos sistemas parálicos Emborê e Guriri, elimina estes reservatórios da relação dos possíveis - horizontes-objetivo da Bacia de Campos.

As fácies argilosas do Sistema Deltaico Emborê e a possível proleque do Sistema Guriri, embora igualmente impermeáveis, não apresentam a persistência lateral adequada ao confinamento de reservatórios.

Em conclusão, a linha zero do mapa de isópacas do Sistema de Talude Campos representa o primeiro controle na delimitação das áreas favoráveis à ocorrência de acumulações de petróleo.

2.3. - Rochas geradoras

O potencial gerador de uma rocha depende, principalmente, da quantidade, qualidade e maturação da matéria orgâ-

nica contida na rocha.

A matéria orgânica concentra-se particularmente na fração mais fina e insolúvel da rocha, o que torna os folhelhos as rochas geradoras mais atrativas. Em geral, devem conter mais de 1% de matéria orgânica para serem bons geradores.

A qualidade da matéria orgânica que poderá dar origem aos hidrocarbonatos e demais produtos, por transformações geoquímicas, depende do tipo e conservação no momento de sua deposição. De uma maneira geral, a matéria orgânica - proveniente de tecidos lenhosos (MOVL) e de restos vegetais terrestres (MOVT), transportados de fora para dentro da bacia de sedimentação, são desfavoráveis à geração de hidrocarbonetos líquidos. Esses dois tipos produzirão, tão somente , hidrocarbonetos leves e, assim mesmo, em quantidades normalmente baixas. Os tecidos celulares de vegetais aquáticos - (MOVC) e a matéria orgânica sapropélica, subcoloidal (MOSC), proveniente de organismos planctônicos, autóctones da própria bacia de sedimentação, são os mais favoráveis à geração de hidrocarbonetos líquidos.

Satisfeitas as condições de quantidade e qualidade de matéria orgânica, o potencial gerador de uma rocha fica condicionado à maturação deste material. O fenômeno de geração de petróleo é essencialmente termoquímico. Para que se de o craqueamento da matéria orgânica e consequente desenvolvimento de hidrocarbonetos, há a necessidade de que a rocha seja submetida a um aumento de temperatura. Entretanto, deve-se salientar que o excesso de temperatura acarreta a destruição quase total dos produtos já formados. Neste contexto, as rochas geradoras podem ser classificadas em imaturas,maturas e senís.

Na Bacia de Campos os Hemipelagitos Ubatuba do Sistema de Talude Campos é a fácies que apresenta as melhores características para a geração de hidrocarbonetos. Um estudo

geoquímico realizado por Quadros e colaboradores (1 973) determinou a natureza e maturação da matéria orgânica contida em quinze amostras dos poços RJS-1, RJS-2 e RJS-3; nove destas eram provenientes da fácies de Hemipelagitos Ubatuba.

De uma maneira geral, os sedimentos desta fácies apresentam quantidade suficiente de matéria orgânica de boa qualidade, isto é, MOVL e MOSC; entretanto, em todas as análises realizadas, a matéria orgânica mostrou-se com maturidade insuficiente para a geração de hidrocarbonetos, o que significa que não foi submetida a uma temperatura adequada para seu craqueamento.

Considerando que a maturação da matéria orgânica é decorrência da temperatura e que esta é conseqüência da profundidade em que se encontra a rocha, pode-se inferir que esta fácies só poderá gerar hidrocarbonetos em profundidade maiores que 3 700 metros (profundidade máxima amostrada). O mapa de contornos estruturais da superfície deposicional pré-Campos-Emborê (Anexo 14) mostra que profundidades dessa ordem só são encontradas no Baixo de São Tomé e além da Charneira de Campos. O pouco desenvolvimento da fácies Ubatuba no Baixo de São Tomé restringe a região geradora de petróleo na Bacia de Campos à área leste da referida charneira.

2.4. Relações entre rochas geradoras e reservatórios

A ser expulso das rochas matrizes, o petróleo fica sujeito ao fluxo hidrodinâmico atuante nas rochas permeáveis que se encontram em contato com as rochas geradoras. Este fato qualifica a região dos Altos da Charneira de Campos como a mais favorável à recepção do petróleo em migração. Dos reservatórios qualificados anteriormente, apenas o Cone Submarino Carapebus não ocorre integralmente na referida faixa; sua maior possança jaz no Baixo de São Tomé. Os restantes, Leques Submarinos Muritiba e, particularmente, as rochas carbonáticas da Formação Macaé possuem bom desenvolvimento em toda extensão na Charneira de Campos.

2.5. - Trapas

Dois tipos de trapas destacam-se na Bacia de Campos, com características adequadas para o fechamento dos reservatórios qualificados.

a - Trapa estratigráfica - presente nos reservatórios Muritiba em razão do acunhamento, mergulho acima, dos leques submarinos; este fechamento é conseqüência das características genéticas desta fácies sedimentar que, --- quando não grada para o Sistema de Plataforma Siri, ou mesmo, para a fácies de Hemipelagitos Ubatuba --- tem sua permeabilidade reduzida pela maior presença de argila, na parte superior desta unidade faciológica.

b - Trapa paleogeomórfica - presente nos reservatórios Macaé. A natureza discordante do contato Macaé-Campos define uma superfície deposicional cujo modelado é resultante da Reativação Tectônica Néo-Cretácica. Este tectonismo produziu ao longo da Charneira de Campos, uma série de altos estruturais fechados propícios ao aprisionamento do petróleo (Anexo 9).

2.6. - Relações temporais entre as trapas e a migração do petróleo

Entre os mais importantes fatores favoráveis à acumulação de petróleo estão as relações temporais entre a migração do petróleo e a formação da trapa. O petróleo, ao migrar das matrizes para os reservatórios, não havendo obstáculos mergulho acima, perder-se-á em exsudações. A trapa deve pois antecipar ou formar-se concomitantemente com a migração do petróleo (Campos e Bacoccoli, 1 973).

Na trapa estratigráfica acima citada, os leques submarinos Muritiba são contemporâneos à própria sedimentação - dos Hemipelagitos Ubatuba, os geradores desta seqüência; esta contemporaneidade representa a situação ideal na associação matriz-reservatório.

A trapa paleogeomórfica, por outro lado, é anterior à própria deposição dos hemipelagitos geradores; esta relação já é suficiente para a ocorrência de acumulações de petróleo. Entretanto, tal situação é, ainda, favorecida pelas reativações tectônicas contemporâneas à sedimentação dos geradores que, ressaltando as estruturas originais, propiciaram melhores condições de confinamento.

3 - DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS FAVORÁVEIS

Integrando-se as conclusões estratigráficas, estruturais e geoquímicas da presente análise, obtém-se o mapa do Anexo 15, que define, à luz dos presentes dados geológicos, o potencial petrolífero da Bacia de Campos. São delimitadas seis áreas quanto às suas perspectivas:

Área A - área estratigraficamente desfavorável. É definida pela linha zero do Sistema de Talude Campos, que fornece o capeamento das rochas-reservatório. Estas são abundantes e representadas pelos arenitos do Sistema Deltaico Emborê e Leque Deltaico Guriri.

Área B - área geoquimicamente favorável à presença de rochas geradoras. É delimitada pela Charneira de Campos, além da qual os Hemipelagitos Ubatuba encontram-se em profundidades adequadas à maturação da sua matéria orgânica. A ocorrência de acumulações comerciais nesta área é, entretanto, prejudicada pela provável baixa porosidade dos possíveis reservatórios, em razão desta mesma profundidade.

Área C - área estruturalmente favoráveis à ocorrência de trapas paleogeomórficas nos reservatórios Macaé, mas geoquimicamente desfavorável à geração de hidrocarbonetos. A associação espacial entre os reservatórios e os geradores Ubatuba é inadequada. Os poços perfurados nas estruturas fechadas, formadas sobre os Altos Internos, resultaram estéreis.

Área D - área estratigraficamente favorável à ocorrência de trapas estratigráficas mas geoquimicamente desfavorável à geração de hidrocarbonetos. É definida pelo Baixo de São Tomé, onde o Cone Submarino Carapebus tem seu maior desenvolvimento. Entretanto, da mesma forma que no caso anterior, as relações espaciais com os geradores são inadequadas.

Área E - conjunto de áreas estruturalmente favoráveis à ocorrência de trapas paleogeomórficas adequadamente relacionadas com os hemipelagitos geradores do Sistema de Talude Campos . São definidas pelos altos estruturais da discordância pré-Campos, ao longo da Charneira de Campos, constituindo os melhores prospectos na bacia. O poço RJS-7, perfurado em uma destas áreas, embora não comercial, foi o único que se revelou portador de hidrocarbonetos na Formação Macaé.

Área F - conjunto de áreas estratigraficamente favoráveis à ocorrência de trapas estratigráficas, adequadamente relacionadas às rochas geradoras do Sistema de Talude Campos. São definidas pelos baixos estruturais da superfície de discordância pré-Campos, onde é suposto um melhor desenvolvimento dos Leques Submarinos Muritiba. Estas áreas comportam outro tipo de prospecto com excelentes perspectivas.

Em síntese, a Bacia de Campos apresenta boas perspectivas de ocorrência de jazidas de petróleo nas áreas E e F. Nas áreas E, mais rasas, a ocorrência de petróleo é condicionada primordialmente pela tectônica e secundariamente pela ocorrência da Formação Macaé com adequadas qualidades de reservatório. Nas áreas F, mais profundas e, portanto, de mais alto custo exploratório, a ocorrência de petróleo depende essencialmente da presença dos Leques Submarinos Muritiba.

Para ambos os prospectos exploratórios, a Sísmica de Reflexão em detalhe é o método geofísico mais adequado na definição das locações.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, J.R.L. - 1 965 - A review of the origin and characteristics of Recent alluvial sediments: Sedimentology, vol. 5 (special issue), pp. 91-191.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1 961 - Geologia e petrologia da ilha de Trindade: DNPM/DGM. Monografia nº XVIII. Rio de Janeiro, 197 pp.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1 964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. Inst. Geog. Geológico, Bol. nº 41, pp. 169 -263. São Paulo.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1 965 - As ilhas vulcânicas brasileiras e a hipótese sobre a origem do Atlântico: Anais Acad. Bras. Cienc. v. 37 (Supl.) pp. 141-145.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1 967 - Origem e Evolução da Plataforma Brasileira: DNPM/DGM. Bol. 241, 36 pp., Rio de Janeiro.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1 973 - Evolução tectônica da borda continental da Serra do Mar. XXVII Congr. Bras. Geol.,Soc. Bras. Geologia. Resumo das Comunicações. Bol. 2, pp.184 -185, Aracajú.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1 976 - The System of Continental Rifts bordering the Santos Basin, Brazil - in Almeida, F.F.M. (editor) - Continental Margins of Atlantic Type. Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol. 48 (Suplemento) pp. 15-26.

AMARAL, G., CORDANI, V.G., KAWASHITA, K. and REYNOLDS, J.H.- 1 966 - Potassium-Argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. Geoch. Cosmoch. Acta, v. 30, p. 2, pp. 117-142.

ASMUS, H.E. - 1 969 - Estudo preliminar da Bacia de Campos: in Toffoli, L.C. (editor): Margem Continental Brasileira DEXPRO/DIVEX, v. 1, pp. 31-40, Rio de Janeiro. Inédito.

ASMUS, H.E. - 1 972 - Espírito Santo - A pattern of the eastern Brazilian marginal basin. Paper presented of the 57 th Amer. Assoc. Petrol. Geol., Annual Meeting, Denver, U.S.A. (not. Published).

ASMUS, H.E. - 1 973 - Margem Continental Brasileira. Estado atual de conhecimento. PETROBRÁS-DIVEX. Rel. Interno. Rio de Janeiro (inédito).

ASMUS, H.E. e PORTO, R. - 1 972 - Classificação das bacias - sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. XXVI Congr. Bras. Geol., Belém, v. 2, pp. 67-90.

BACOCCOLI, G. - 1 971 - Os Deltas Marinhos Holocênicos Brasileiros: uma tentativa de classificação - Bol.Tec. PETROBRÁS, v. 14, nº 1/2, Rio de Janeiro.

BACOCCOLI, G. - 1 974 - Bacia de Campos - Geologia e Perspectivas Petrolíferas. Rel. Interno PETROBRÁS/DEXPRO. Rio de Janeiro, GB. Inédito.

BACOCCOLI, G. e SAITO, M. - 1 973 - Bacia de Campos: Geologia e perspectivas petrolíferas: in Anais do 1º CAGEP, v. 2 PETROBRÁS/Internal report. Rio de Janeiro.Inédito.

BANDEIRA, A.N., PETRI, S., SUGUIO, K. - 1 975 - Projeto Rio Doce (Relatório Final); PETROBRÁS (CENPES) - USP. Inédito.

BARRETO, H.T. e MILLIMAN, J.D. - 1 969 - Esboço fisiográfico da margem continental brasileira: in Margem Continental Brasileira, L.C. Toffolli, editor. PETROBRÁS, Internal report. V. 1, pp. 11-30.

BATES, C.C. - 1 953 - Rational theory of delta formation : Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 37, pp. 2 119--2 162.

BERNARD, H.A. - 1 965 - A resume of river delta types(abs.): Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., V. 49, pp. 334-335.

BEURLEN, G. - 1 972 - Interpretação paleogeográfica da Formação Piaçabuçu no Baixo São Francisco - Rel. Int. Petrobrás/Dexplo, Rio de Janeiro, GB, Brasil. Inédito.

BEURLEN, K. - 1 962 - O desenvolvimento paleogeográfico do Oceano Atlântico Sul - Univ. do Recife, Arquivos de Geologia, n. 2 pp. 21-36.

BISOL, D.L. - 1 968 - Relatório de Interpretação do Perfil/Sísmico do "North Seal". PETROBRÁS - Rel. Interno DIVEX nº 3033. Rio de Janeiro. Inédito.

BOYED, D.R. and DYER, B.F. - 1 964 - Frio Barrier Bar System of South Texas - Gulf Loast Assoc. Geol. Socs., 14, pp. 309-322.

BROGNON, G.P. and VERRIER, G.R. - 1 966 - Oil and Geology in Cuanza Basin of Angola: Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., vol. 50, nº 1, pp. 108-158, Tulsa, Oklahoma.

BROWN, Jr., L.F.; BAUMGARTEN, C.S.; BRAGA, J.A.E.; FISHER, W.L. - 1 974 - Depositional systems and petroleum potential, Foz do Amazonas Area. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/DIVEX. Int. Rep. (not published).

BURKE, K. - 1 966 - The Yallas Basin: A sedimentary basin southeast of Kingston, Jamaica - Marine Geology, v. 5, p. 45-60.

CAMPOS, C.W.M. e BACOCCOLI, G. - 1 973 - Os Altos síncronos e a Pesquisa do Petróleo. Soc. Bras. Geol., Anais XXVII Congr. Bras. Geologia, v. 3, pp. 373-416.

CASTRO BOTELHO, C. - 1 966 - Mapa Tectônico do Brasil (Ensaio). Inst. Bras. Geog. e Est., Cons. Nac. Geog. II, 2, Rio de Janeiro.

COLEMAN, J.M. and GAGLIANO, S.M. - 1 964 - Cyclic sedimentation in the Mississipi River deltaic plain: Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans., vol. 14, pp. 67-80.

COUTINHO, P.N. and MORAIS, J.O., - 1 968 - Sediment Distribution on Northern and Northeastern Brazil - abastrat 2.4 of the "Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions", sponsored by FAO and UNESCO, in Curaçao.

COUTO, C. de P. - 1 953 - A bacia calcária de Itaboraí e a tectônica da costa sudeste do Brasil. Div. Geol. Miner., Not. Prel. Estudos. n. 75, p. 12. Rio de Janeiro.

CURRAY, J.R. - 1 965 - Late Quaternary History, continental shelves of the United States, in the Quaternary of the United States, Princeton Univ. Press, pp. 723-735.

CURRAY, J.R. - 1 969a - Shallow struture of the continental margin, in The new concepts of continental margin sedimentation: AGI Short Course Lecture Notes. Philadelphia.

CURRAY, J.R. - 1 969b - History of continental shelves, in The New concepts of continental margim sedimentation : AGI Short Course Lecture Notes. Philadelphia.

CURRAY, J.R. e MOORE, D.G. - 1 964 - Pleistocene deltaic progradation of continental terrace, Costa de Nayarit, México, in Marine geology of the Gulf of California, ed. I.H. van Andel and G. Shor Jr. H.H.P.G. memoir n. 3,pp. 193-213.

DAMASCENO, E.C. - 1 966 - Estudo Preliminar das rochas básicas e ultrabásicas da região de Ubatuba, Estado de São Paulo, Anais da Acad. Bras. Ciências, v. 38, nº 2, pg. 293-304, Rio de Janeiro.

DEWEY, J.F. e BIRD, J.M. - 1970 - Plate tectonics anal geosinclines: Tectonophysics, v. 10, p. 625-638.

DIETZ, R.S. - 1 952 - Geomorphic evolution of continental terrace (continental shelf anal slope): Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., v. 36, pp. 1 802-1 819.

DIETZ, R.S. - 1 963 - Wave-base, marine profile of equilibrium, and wave built terraces: a critical appraisal: Geol. Soc. Am. Bull., v. 74, pp. 971-990.

DIETZ, R.S. e HOLDEN, J.C. - 1 966 - Deep sea deposits in but not on the continents: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 50, nº 2, pp. 351-362.

EBANKS, W.J., Jr. - 1 967 - Recent carbonate sedimentation and diagenesis, Ambergris Cay, British Honduras. Rice Univ., Report to American Petroleum Institute, 189 p.

EBERT, H. - 1 969 - The Structural Units of the Brazilian Pre-Cambrian Shield and its probable relations with the Guiana Shield. Verhandelingen Kon. Ned. Geol. Mynbouwk Gen. V. 27, p. 147-150.

EMERY, K.O. - 1 968 - Relict sediments on continental shelves of the World: Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., V. 52, pp. 445-464.

EMERY, K.O. - 1 970 - Continental margins of the world, in The Geology of the East Atlantic Continental Margin : Part 1, General and Economic Papers, F.M. Delany, ed., Rept. No. 70/13, Natural Environment Research Council , Institute of Geol. Sci., pp. 3-29.

EWING, M. and THORNDIKE, E.M. - 1 965 - Suspended matter in deep ocean waters: Science, vol. 147, no. 3 663, pp. 1 291-1 294.

FACHETTI, H.A. - 1 960 - Levantamento Gravimétrico da Bacia de Campos. PETROBRÁS/DIVEX, rel. nº 1220 - Rio de Janeiro. Inédito.

FERRADAES, J.O. e SOUZA, R.G. - 1 972 - Estudo integrado geológico-geofísico das bacias de Camamu e Almada - in Anais do 1º CAGEP vol. 2 PETROBRÁS internal report. Rio de Janeiro. Inédito.

FISHER, W.L., BROWN, L.F. Jr., SCOTT, A.J. and MCGOWEM, J.H. - 1 969 - Delta systems in the exploration for oil and gas - a research colloquium. Univ. Texas, Bur. Econ.Geology, Spec. Pub., 212 p.

FISHER, W.L., GAMA, Jr. E. e OLEDA y OJEDA, H.A. - 1 973 - Estratigrafia sísmica e Sistemas Deposicionais da Formação Piaçubuçu; Soc. Bras. Geol., Anais XXVII Congr.Bras. Geology, v. 3, pp. 123-134, Aracaju, SE.

FISHER, W.L. and MCGOWEN, J.H. - 1 967 - Depositional systems in the Wilcox Group of Texas and their relationship to occurrence of oil and gas: Gulf Coast Assoc. Geological Societies, Trans. v. 17, p. 105-125.

FISHER, W.L. e MORALES et all. - 1 974 - Sistemas Deposicionais das Bacias de Mucuri, Cumuruxatiba e Jequitinhonha. Soc. Bras. Geologia. Anais XXVIII Cong. Bras. Geol. v.1 Porto Alegre.

FOLK, R.L. - 1 968 - Petrology of Sedimentary Rocks. Ed. Hemphill's Austin, TX, 170 pp.

FRANCISCONI, O. e KOWSMANN, R.O. - 1 976 - Preliminary Structural Study of the South Brazilian Continental Margin - in Almeida, F.F.M. (editor). Continental Margins of Atlantic Type. Anais da Acad. Bras. de Ciências, vol. 48 (suplemento) pp. 89-99.

FRANCHETEAU, J. e LE PICHON, X. - 1 972 - Marginal fracture zones as structural framework of margins in South Atlantic Ocean - Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull. v. 56, p. 991-1 007.

FRAZIER, D.E. - 1 967 - Recent deltaic deposits of the Mississipi River; their develpment and chronology: Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans., vól. 17, pp. 287-315.

FREITAS, R.O. - 1 951 - Sobre a origem da bacia de São Paulo. Bol. Paul. Geografia, n. 20, pp. 60-64. São Paulo.

FREITAS, R.O. - 1 956 - Considerações sobre a tectônica e geologia do Vale do Paraíba. Eng. Miner. Metalurgica, v. XXIV, n. 143, pp. 276-283. Rio de Janeiro.

FRIEDMAN, G.M. - 1 968 - Geology and geochemistry of reefs, carbonate sediments, and waters, Gulf of Agaba (Elat) , Red Sea - J. Sed. Petrology, v. 38, p. 895-919.

GALLOWAY, W.E. and BROWN, L.F., Jr. - 1 972 - Depositional systems and shelf-slope relationships in Upper Pennsylvanian Rocks, North-central Texas, Univ. Texas, Bur. Econ. Geology, Rept. Int. 75, 63 pp.

GAMA, Jr. E. - 1 970 - Modelo Geológico das Bacias do Recôncavo e Tucano. Soc. Bras. Geol. Anais XXIV Congr. Bras. Geol., pp. 191-200, Brasília.

GAMA, Jr. E. - 1 975 - Transporte e deposição de sedimentos em ambientes fluviais. Sem. Pós-Graduação U.S.P. Inédito.

GAMA, Jr. E. - 1 976 - Análise de Tendência de Espessura dos Clásticos de Marituba da Formação Piaçubuçu. Bacia Sergipe-Alagoas. Anais do XXIV Congr. Bras. de Geol. - Ouro Preto (in press).

GAMA, Jr., E. e FONSECA, J.R. - 1 971 - Evolução Tecto-Sedimentar da Bacia do Recôncavo - "Projeto Modelo Sedimentar" - Petróleo Brasileiro S/A - DIREX/RPBA. (Rel. Int. RPBA/DIREX nº 1 475).

GAMA, Jr. E.; OJEDA y OJEDA, H.A. e FISHER, W.L. - 1 973 - Depositional systems of the Espírito Santo Basin. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. DEXPRO/DIVEX. Inédito.

GULLIVER, F.P. - 1 899 - Shoreline topography: Proc. Amer. Acad. Arts Sci., vol. 34, p. 151-258.

HALLAN, A. - 1 971 - Mesozoic Geology and the opening of the North Atlantic; Jour Geol., v. 79, p. 129-157.

HARTT, C.F. - 1 870 - Geologia e Geografia Física do Brasil. Editora Nacional, São Paulo.

HEEZEN, B.C. - 1 968 - The Atlantic continental margin - Univ. Missou. Rolla Jour., nº 1, pp. 5-24.

KOWSMANN, R.O. e COSTA, M.P. de A. - 1 976 - Estratigrafia Sísmica do Platô de Pernambuco, Rev. Bras. Geoc., v. 6 nº 2: pp. 95-101. São Paulo.

KUENEN, Ph. H. - 1 958 - Problems concerning source and transportation of flysch sediments - Geologie en Mynbouw, v. 20, pp. 329-339.

LAMEGO, A.R. - 1 937 - A Gipsita de Boa Vista - Div. Geol. Dept. Nac. Prod. Mineral, avulso nº 16.

LAMEGO, A.R. - 1 940 - Restingas na Costa do Brasil - Div. Geol. Dept. Nac. Prod. Mineral, Bol. nº 96, 63 p.

LAMEGO, A.R. - 1 944 - A Bacia de Campos na Geologia Litorânea do Petróleo - Div. Geol. do Dep. Nac. Prod. Mineral, Bol. nº 113. Rio de Janeiro, 60 p.

Instituto de Geociências BIBLIOTECA T280 U.S.P.

LAMEGO, A.R. - 1 955 - Geologia das Quadrículas de Campos , São Tomé, Lagoa Feia e Xexé - Div. Geol. Dept. Nac.Prod. Mineral, Bol. nº 154.

LE PICHON X. and HAYES, D.E. - 1 971 - Merginal offsets,fracture zones, and the early opening of the South Atlantic. Jour. Geophys. Res., v. 76, p. 6 238-6 293.

MAACK, R. - 1 966 - Os Problemas da Terra de Gondwana, Relacionadas ao Movimento Tangencial de Migração da Costa Terrestre. Bol. Paran. Geog., 18-20, p. 25-49, Curitiba.

MABESOONE, J.M. - 1 964 - Origin and Age of the Sandstone Reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil) - Journal of Sed. Petrol. v. 34, nº 4.

MAXWELL, W.G.H. and SWINCHATT, J.P. - 1 970 - Great Barrier Reef: regional variation in a terrigenous-carbonate province: Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 81, pp. 691-724.

MCGOWEN, J.H. - 1 970 - Gum Hollow Delta, Nueces Bay, Texas: a depositional model for fan deltas (abst.): Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans., vol. 120, p. 262.

MEZZALIRA, S. e COUTO, C. de P. - 1 971 - Nova conceituação geocronológica de Tremembé, Estado de São Paulo, Brasil. Simp. Bras. de Paleontologia, Acad. Bras. Ciênc., Anais, v. 43 (Suplemento), pp. 473-448 - Rio de Janeiro.

MILLIMAN, J.D. e BARRETO, H.T. - 1 975 - Relict magnesian calcite oolite and subsidence of the Amazon shelf: Sedimentology, vol. 22, nº 1, pp. 137-145.

MOULTON, F.R. - 1 958 - Marine Reconnaissance of the Espírito Santo and Campos Basins: PETROBRÁS/DIVEX, rel. nº 890. Rio de Janeiro.

NOGUTI, I. e SANTOS, J.F. - 1 972 - Zoneamento preliminar por foraminíferos planctônicos do Aptiano ao Mioceno na Pla

taforma Continental do Brasil - Bol. Tec. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, v. 15 nº 3, pp. 265-283.

OJEDA, H.A. e DE CESERO, P. - 1 974 - Bacias de Santos e Pelotas,geologia e perspectivas petrolíferas - PETROBRÁS, DEXPRO/DIVEX, Rel. Interno. Rio de Janeiro. Inédito.

OLIVEIRA, E.P. - 1 924 - Probabilidade de Existência de Petróleo no Brasil - Serv. Geol. Mineralógico do Brasil, v. 7, Rio de Janeiro.

PONTE, F.C. e ASMUS, H.E. - 1 975 - The brazilian marginal basins: current state of Knowledge. in Almeida, F.F.M. (editor):Continental Margins of Atlantic Type, Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol. 48, (suplemento) pp. 215-239.

POTTER, P.E. and PETTIJOHN, F.J. - 1 963 - Paleocurrents and Basins Analysis - Academic Press, Inc., Publishers, Berlim, 296 p.

QUADROS, L.P. e GOMIDE, J. - 1 972 - Nanofósseis Calcários na Plataforma Continental do Brasil - Bol. Tec. PETROBRÁS, v. 15, nº 4, pp. 339-354.

QUADROS, L.P.; RODRIGUES, R., SAUVAN, P. et PENIGUEL, G. - 1 973 - Étude Geochimique des Sondagens Plate-forme de Campos, Brésil. Note R/GEO nº 26/73 - SNPA - Centre de Recherches-Pau-France.

RIBEIRO DANTAS, M.E. - 1 966 - Geologia: Atlas do Brasil II 2 - Instituto Bras. Geog. e Est. Cons. Nac. Geog. Rio de Janeiro.

RUELLAN, F. - 1 944 - Evolução geomorfológica da baía da Guanabara e regiões vizinhas. Rev. Bras. de Geografia, Ano VI, nº 4, pp. 445-509. Rio de Janeiro.

SAITO, M. e CAMPOS, N.R. - 1 972 - Interpretação da Bacia de Campos, PETROBRÁS/DIVEX, Rel. Interno nº 1 494. Rio de Janeiro. Inédito.

SAMOJLOV, I.V. - 1 956 - Die Flussmundungen: VEB Hermann Haack Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha (translated from Russian).

SAMPAIO, A.V. e NORTHFLEET, A. - 1 973 - Estratigrafia e Correlação das Bacias Sedimentares Brasileiras. Anais XXVII Congr. Bras. de Geologia, v. 3, pp. 189-206. Aracaju, SE

SCHALLER, H. - 1 972 - Apreciação Estratigráfica Preliminar da Bacia de Campos - PETROBRÁS - Relatório Interno (DIREX/RPBA nº 1 515). Inédito.

SCHALLER, H. - 1 973 - Estratigrafia da Bacia de Campos, Soc. Bras. Geol., Anais do XXVII Congr. Bras. Geologia, v. 3, pp. 247-258. Aracajú - SE.

SCRUTON, P.C. - 1 960 - Delta building and the deltaic sequence, in Shepard, F.P., et all., eds., Recent sediments, northwest Gulf of Mexico: A.A.P.G. Memoir, pp. 82-102.

SILVA, A.B. - 1 970 - Relatório de Reconhecimento Sísmico da Plataforma Continental na Bacia de Campos, PETROBRÁS/DIVEX. Rel. Interno. Inédito.

SOARES, P.C. e LANDIM, P.M.B. - 1 976 - Comparison Between the Tectonic Evolution of the Intacratonic and Marginal Basins in South Brazil - in Almeida, F.F.M. (editor) - Continental Margins of Atlantic Type. Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol. 48 (suplemento) pp. 313-323.

STANLEY, D.J. - 1 969 - Sedimentation in slope and base of-slope environments - in The New Concepts of Continental Margin Sedimentation. AGI Short Course Lecture Notes. Philadelphia.

SUGUIO, K. - 1 968 - Contribuição à geologia da bacia de Taubaté. Fac. Filos. Cien. Letras, Univ. São Paulo. (Thesis, not published).

SUSZCZYNSKI, E.F. - 1 967 - La tectoniqueet la Geologia de la Partie Orientale du Bouclier. Bresilien. Bol. Soc. Geol. France (7) IX, p. 147-152, Paris.

TROELSEN, J.C. e REGALI, M.S.P. - 1 969 - Relatório Paleontológico do poço 1-SES-1A - Rel. Int. PETROBRÁS - DEXPRO, Rio de Janeiro, GB, Brasil.

UCHUPI, E. - 1 968 - Atlantic continental shelf and slope of the United States - Physiography - Geol. Survey Professional Paper, 529-C, 30 pp.

VAN DER GRAAFF, W.J.E. - 1 971 - Three Upper Carboniferous , limestonerich, high-destructive fan deposits, Cantabrian Mountains, Spain - Leidse Geol. Mededel., v. 46, p. 157-235.

VIANA, C.F., GAMA, Jr. E., SIMÕES, I.A., MOURA, J.A., FONSECA, J.R. - 1 971 - Revisão Estratigráfica da Bacia do Recôncavo - Tucano - Bol. Téc. PETROBRÁS, v. 14, nº 3/4, pp. 157-192. Rio de Janeiro.

VOLKER, A. - 1 966 - Surface hydrology of deltaic areas, in Scientific problems of the humid tropic zone deltas and their implications: UNESCO, Proc. Dacca Sym., pp. 143-150.

WILLIANS, H. - 1 921 - Campos, Brazil's Tampico - Brasilian Business, (Setembro, 1 921).