

MODELO DEPOSICIONAL DOS RESERVATÓRIOS TURBIDÍDICOS OLIGOCÊNICOS/EOMIOCÊNICOS DO CAMPO DE ALBACORA, BACIA DE CAMPOS, BRASIL

DEPOSITIONAL MODEL OF OLIGOCENE/EOMIOCENE TURBIDITE RESERVOIRS IN THE ALBACORA OIL FIELD, CAMPOS BASIN, BRAZIL

Carlos Emanuel de Souza Cruz⁽¹⁾, Sílvia Lulz Sobral Barrocas⁽²⁾ e Ciro Jorge Appi⁽³⁾

RESUMO — O Campo de Albacora, na Bacia de Campos, tem uma espessa coluna de óleo em turbiditos do Cretáceo Superior, Eoceno, Oligoceno e Mioceno. Os reservatórios oligocênico/eomiocênico apresentam as maiores espessuras e excelentes características de permoporosidade. As fácies arenito maciço e arenito com Sequência de Bouma foram consideradas as fácies turbidíticas principais; as fácies folhelho laminado, conglomerado residual, diamictito e lamito deformado foram grupadas como fácies acessórias; e, finalmente, sob a denominação de fácies associadas, ficaram as fácies margá bioturbada e contourito. As fácies turbidíticas, que formam os corpos reservatórios mais importantes, são observadas em dois sistemas distintos, quais sejam, os lobos não canalizados, formados em épocas de nível de mar descendente, e os lobos com canais superimpostos, construídos em épocas de nível de mar ascendente ou de menor suprimento sedimentar. Os não canalizados — os mais externos do sistema — constituem as primeiras e mais volumosas corridas turbidíticas e são compostos por espessos e bem distribuídos corpos de arenitos maciços. Os lobos com canais superimpostos, por sua vez, representam a retrogradação do sistema em direção ao talude. As fácies predominantes são os arenitos com Sequência de Bouma, que apresentam freqüente interdigitação de finos e são cobertos por folhelhos laminados. Nesses depósitos, os lobos e canais estão intimamente associados, lateral e verticalmente. Os conglomerados residuais associados aos diamictitos e lamitos deformados constituem os depósitos de talude formados em nível de mar baixo. Os turbiditos do Campo de Albacora sofreram influência significativa não só da variação do nível do mar como também da tectônica salífera, visto que o êxodo do sal em subsuperfície propiciou um incremento na subsidência, formando calhas receptivas.

(Originais recebidos em 24-IV-87.)

1 — INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo caracterizar as fácies sedimentares e o modelo deposicional dos turbiditos oligocênico/eomiocênico do Campo de Albacora. A partir da análise detalhada das fácies sedimentares testemunhadas e da correlação de perfis elétricos, foram compostas associações faciológicas com significado genético e geométrico.

O Campo de Albacora situa-se na parte nordeste da Bacia de Campos, a cerca de 110 km do Cabo de São Tomé, em lâmina d'água que varia de 250 até mais de 1 000 metros (fig. 1). Seus horizontes produtores são arenitos turbidíticos cretácicos pertencentes à Formação Macaé Superior e arenitos turbidíticos terciários eocênico, oligocênico e miocênico, pertencentes à Formação

Campos, Membro Carapebus (fig. 2). Os reservatórios oligocênico/eomiocênico merecem atenção especial por apresentarem distribuições amplas, espessuras e permoporosidades elevadas.

A deposição desses turbiditos está geneticamente relacionada aos rebaixamentos do nível do mar, propostos por VAIL *et alii* (1977), que ocorreram desde o Oligoceno Superior até o Mioceno Inferior, entre as zonas biocronoestratigráficas N-520 e N-550 (SHIMABUKURO, 1986) (fig. 3). A tectônica salífera contribuiu também para o estabelecimento do grande volume de sedimento na área.

Os depósitos sedimentares oligocênico/eomiocênico encontrados no Campo de Albacora ajustam-se perfeitamente ao modelo proposto por MUTTI (1985),

- 1 - Setor de Geologia de Exploração, Divisão de Geologia e Engenharia de Reservatório, Centro de Pesquisas.
- 2 - Grupo Especial do Projeto Antártica, Departamento de Exploração.
- 3 - Setor de Geologia, Divisão de Exploração, Centro de Pesquisas.

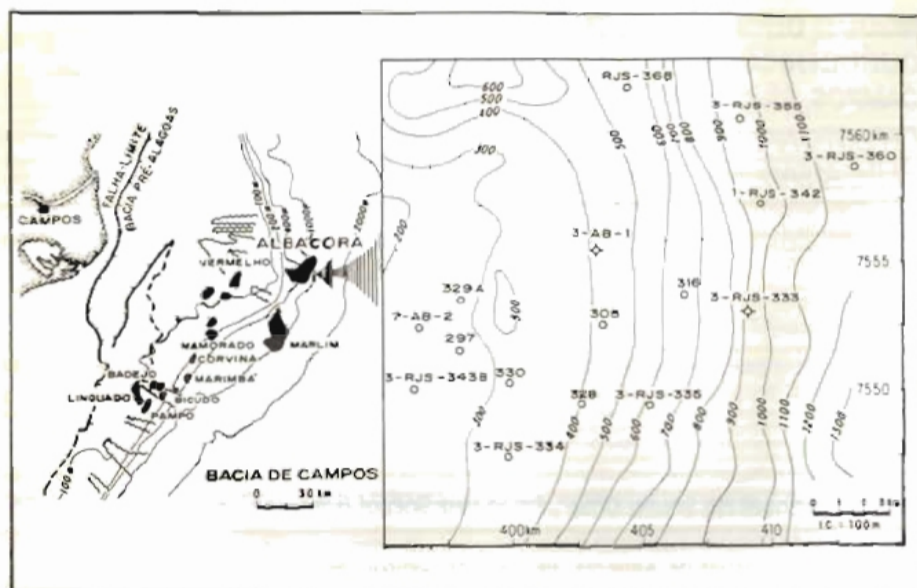


Fig. 1 - Localização e batimetria do Campo de Albacora.



Fig. 2 - Coluna estratigráfica da Bacia de Campos. SECAMP/SEBIPE (modificada de BELTRAMI *et alii*, 1982).

em que as fases de formação das seqüências deposicionais turbidíticas são associadas às variações relativas do nível do mar.

2 - DESCRIÇÃO DAS FÁCIES SEDIMENTARES

Os principais aspectos considerados para a caracterização faciológica dos sedimentos foram a litologia, a variação textural e as estruturas sedimentares. A organização das fácies em grupos obedece a critérios genéticos.

2.1 - Fácies Turbidíticas Principais

- *Fácies arenito maciço* (fig. 4, fo-

to D) - Arenito subarcósico, maciço - mas que pode apresentar aleitamento gradacional normal - de médio a fino ou também grosseiro, com clastos de folhelho, de marga e calcilutito dispersos ou concentrados em níveis, de friável a semicoeso, com raros nódulos de cimento calcífero. Constituem corpos espessos quando amalgamados e formam os principais reservatórios. Os processos envolvidos para formação dessa fácies são os fluxos de grãos e correntes de turbidez altamente concentradas, os quais perdem rapidamente a competência em regime de fluxo superior.

- *Fácies arenito com Seqüência de*

Bouma (fig. 4, foto C; fig. 5, fotos A e B e fig. 6, foto B) - Arenito subarcósico, com Seqüência de Bouma completa ou incompleta. Essas seqüências, que são quase sempre centimétricas, podem, entretanto, alcançar espessuras significativas. Por outro lado, como se trata de uma seqüência, é natural que haja uma gama de texturas, que pode variar, da base ao topo, de areia grossa até silte e argila. Os arenitos são semifriáveis e podem conter fragmentos de folhelho dispersos. A alta concentração de minerais micáceos e de argila em direção ao topo das seqüências produz elevada anisotropia vertical. Essa fácies é o produto sedimentar da desaceleração normal de correntes de turbidez clássicas.

2.2 - Fácies Acessórias

- *Fácies folhelho laminado* (fig. 4, foto B) - Folhelho de coloração de cinza escuro a preto, micromicáceo, pouco calcífero, piritoso, com bioturbação rara e localizada. Esses depósitos foram formados pela agredação vertical de argilas e siltes associados às correntes de turbidez.

- *Fácies conglomerado residual* (fig. 5, foto D) - Conglomerado desorganizado ou com organização incipiente, constituído por fragmentos, seixos e blocos, de arenito, calcarenito, calcilutito, marga, folhelho, fragmentos de moluscos e algas vermelhas; matriz arenosa; cimentado por calcita e por vezes semifriáveis. Quando não cimentados, formam bons reservatórios. Representam os depósitos residuais sobre o assoalho das feições erosivas e canalizadas, formadas por fluxo de grãos.

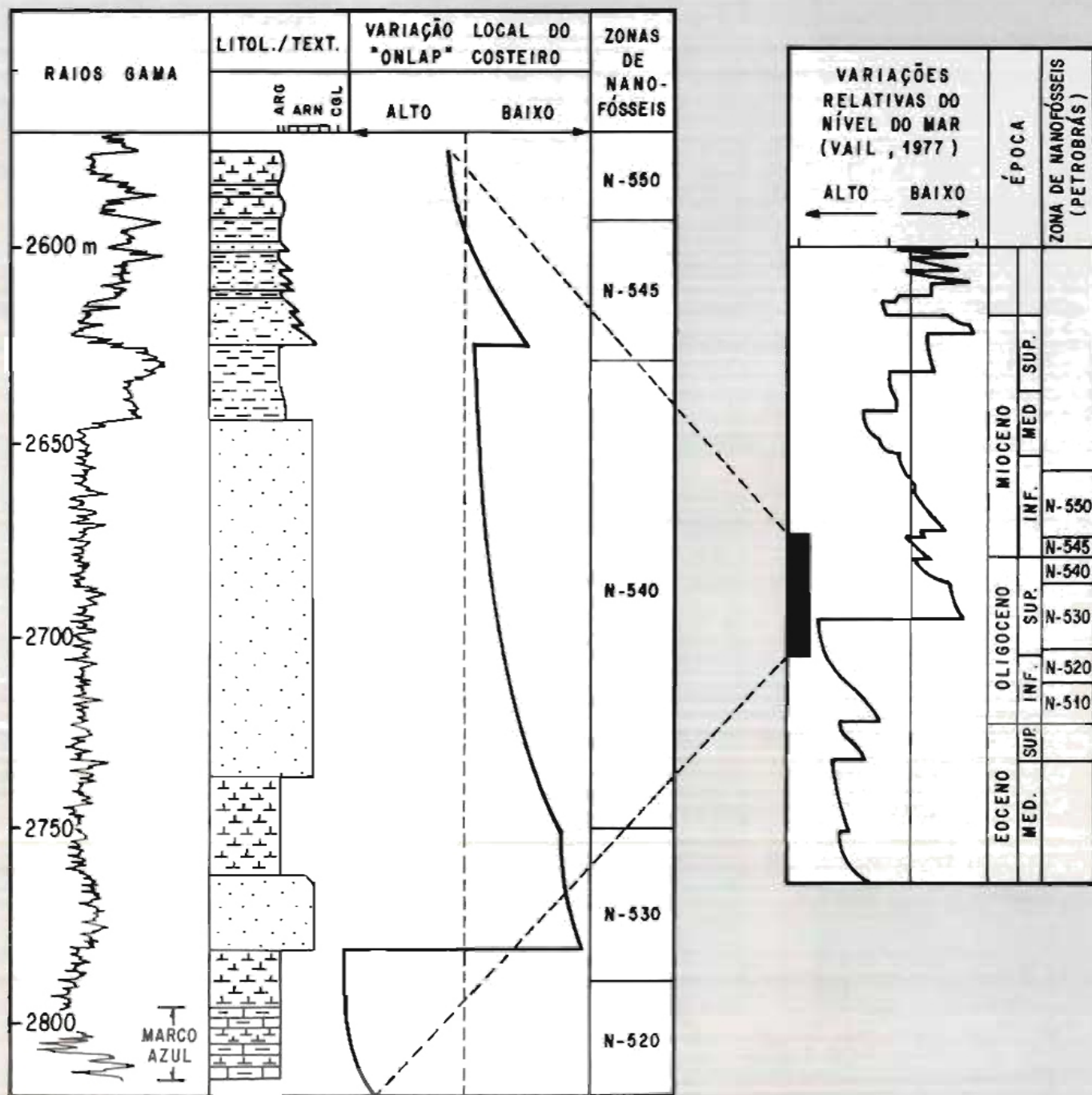
- *Fácies diamictito* (fig. 5, foto C) - Diamictito constituído de fragmentos de folhelho, marga, calcilutito e grãos de quartzo e feldspato, boiando em matriz lamosa bastante calcífera. Esses depósitos foram formados por fluxo de detritos (*debris flow*) no talude.

- *Fácies lamito arenoso deformado* - Lamito calcífero, micáceo, bioturbado, com estruturas de escorregamento (*slump*). A formação desta fácies envolve sedimentos previamente depositados e remobilizados ainda no estado plástico a semiplástico.

2.3 - Fácies Associadas

- *Fácies de marga bioturbada* (fig. 4, foto A) - Marga cinza clara, apresentando textura síltica decorrente de grande

POÇO 1-RJS-342








-  Arenito
-  Folhelho
-  Calcilutito
-  Siltito
-  Marga

Fig. 3 - Curva de variação local do onlap costeiro, associada às zonas de nanofósseis (N-520 a N-550), comparada com a curva de variação global do nível do mar (VAIL et alii, 1977). Dados bioestratigráficos segundo SHIMABUKURO, 1986.

concentração de foraminíferos planctônicos (globigerinídeos). Ao longo dos intervalos de margas é nítida a variação do conteúdo argiloso que pode ser detectado pela observação dos perfis elétricos e devem significar maior ou menor contribuição sedimentar terrígena associada às atividades turbidíticas. Essa fácies constitui a deposição normal nesses sítios de água profunda e denota ausência ou insignificância de atividades turbidíticas num intervalo de tempo. São

os melhores marcos para correlação estratigráfica.

– *Fácies contourito* (fig. 6, foto A)
 – Fácies caracterizada por leitos centimétricos de arenito muito fino, micáceo, bem selecionado, com laminações cruzadas ascendentes (*ripple drifts*) com forte componente trativo, rico em foraminíferos planctônicos, intercalados em contato abrupto com lâminas argilosas hemipelágicas, dando uma geometria

ondulada ao conjunto, onde podem ser observadas freqüentes bioturbações. Os depósitos observados com essas características, que podem atingir espessuras da ordem de dezenas de metros (fig. 6), foram aqui interpretados como depósitos formados por correntes de contorno. Morfológicamente podem constituir cordões alongados e isolados, compostos de pilhas espessas de sedimentos, reconhecíveis em sísmica de reflexão (STOW & LOVELL, 1979).

POÇO: 3 - RJS - 316

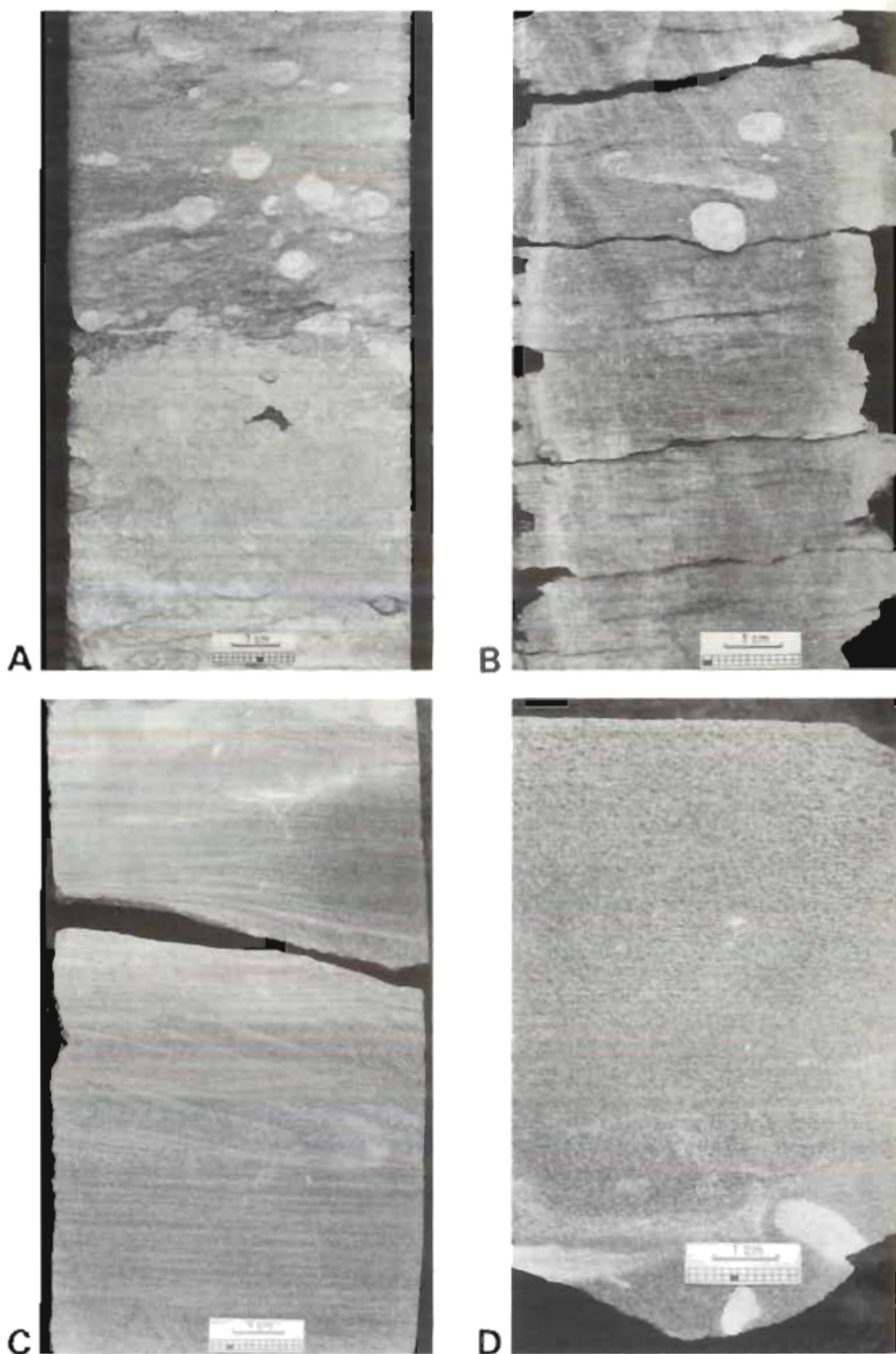
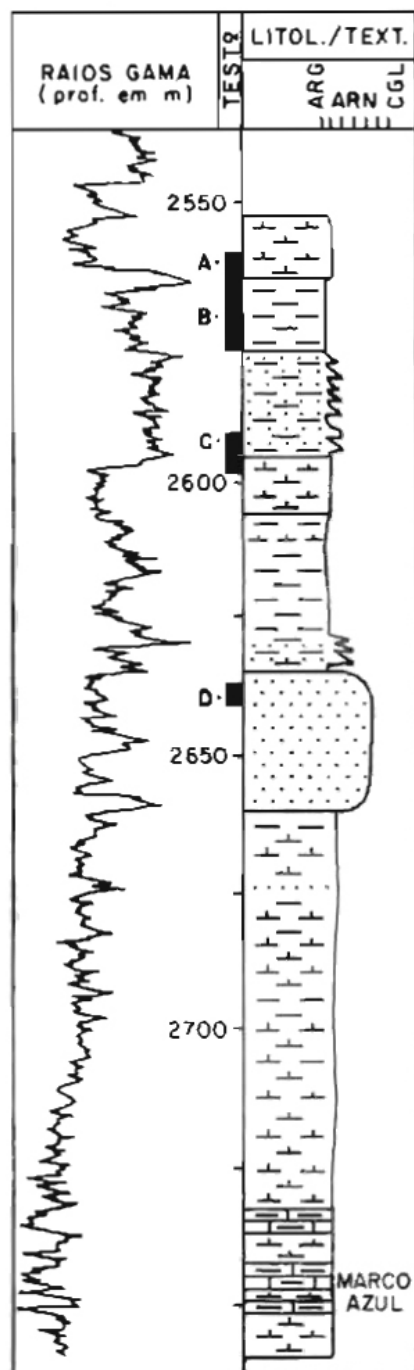


Fig. 4 - Exemplos das fácies e suas localizações dentro da seqüência vertical. A - margas bioturbada rica em foraminíferos planctônicos; B - folhelho cinza escuro laminado, micomacéico; C - arenito muito fino, micáceo; ciclos Tb, c; D - arenito médio, maciço, com clastos de folhelho.

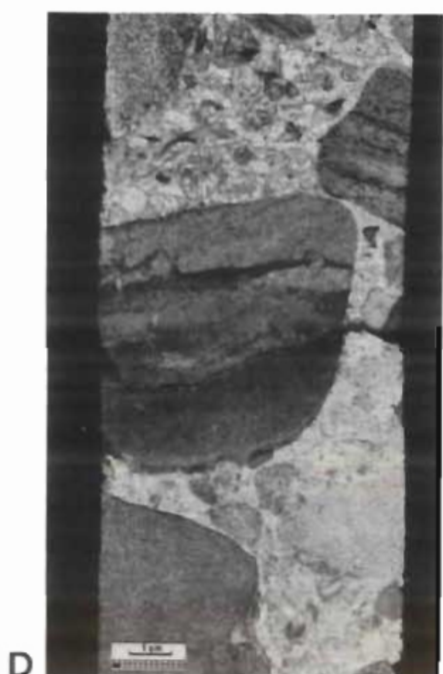
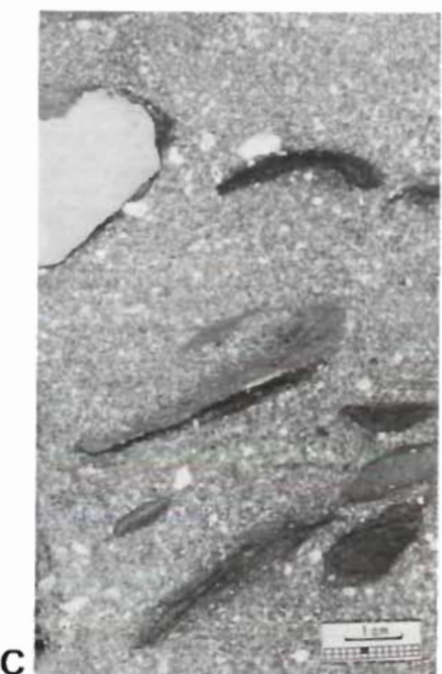
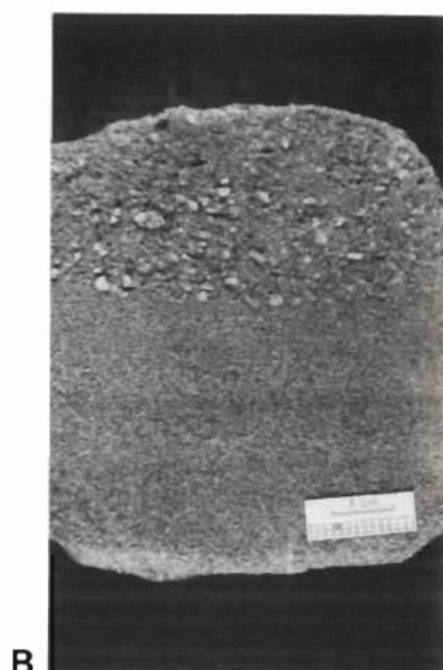
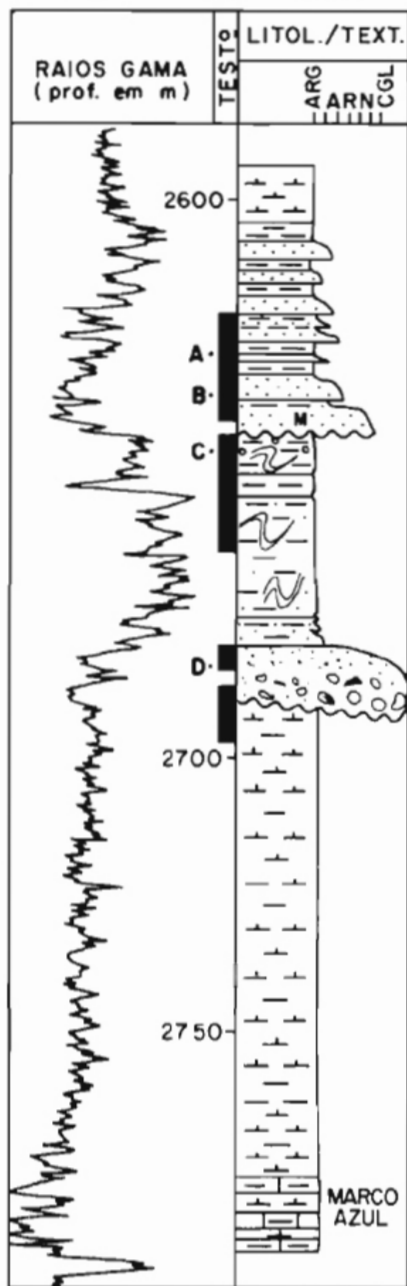


Fig. 5 - Exemplos das fácies e suas localizações dentro da seqüência vertical. A - arenito médio a fino; ciclo Tc, d; truncado no topo; B - arenito médio com laminação plano-paralela, truncado por arenito grosso; C - diamictito; D - conglomerado residual.

3 - SISTEMAS DE DEPOSIÇÃO

A partir da caracterização faciológica dos testemunhos, torna-se possível não só observar as tendências a associações representativas de variações ou interações de processos em sistemas deposicionais de talude e bacia, como também localizar, a seguir, no complexo turbidítico, os sistemas deposicionais encontrados, dando destaque à distribuição espacial dos principais reservatórios oligocênicos/eomiocênicos no Campo de Alba-

cora.

3.1 - Sistema de Talude

Esse sistema é caracterizado pela presença das fácies conglomerado residual, diamictito e lamito deformado (fig. 5, fotos C e D). Acessoriamente aparecem margas que, por vezes, são englobadas na formação das fácies anteriores.

Feições erosionais de grandes dimensões são desenvolvidas no talude durante os

maiores rebaixamentos eustáticos do nível do mar, soergimento tectônico, glaciações ou em decorrência da combinação desses fatores. Nessa fase de atividade erosional da plataforma continental e talude, os *canyons* funcionam como vias de passagem obrigatória do grande volume sedimentar formador dos depósitos turbidíticos. Os únicos depósitos nesses sítios - que são registros de épocas de atividades turbidíticas plenas - são os conglomerados residuais que preenchem canais menores dentro

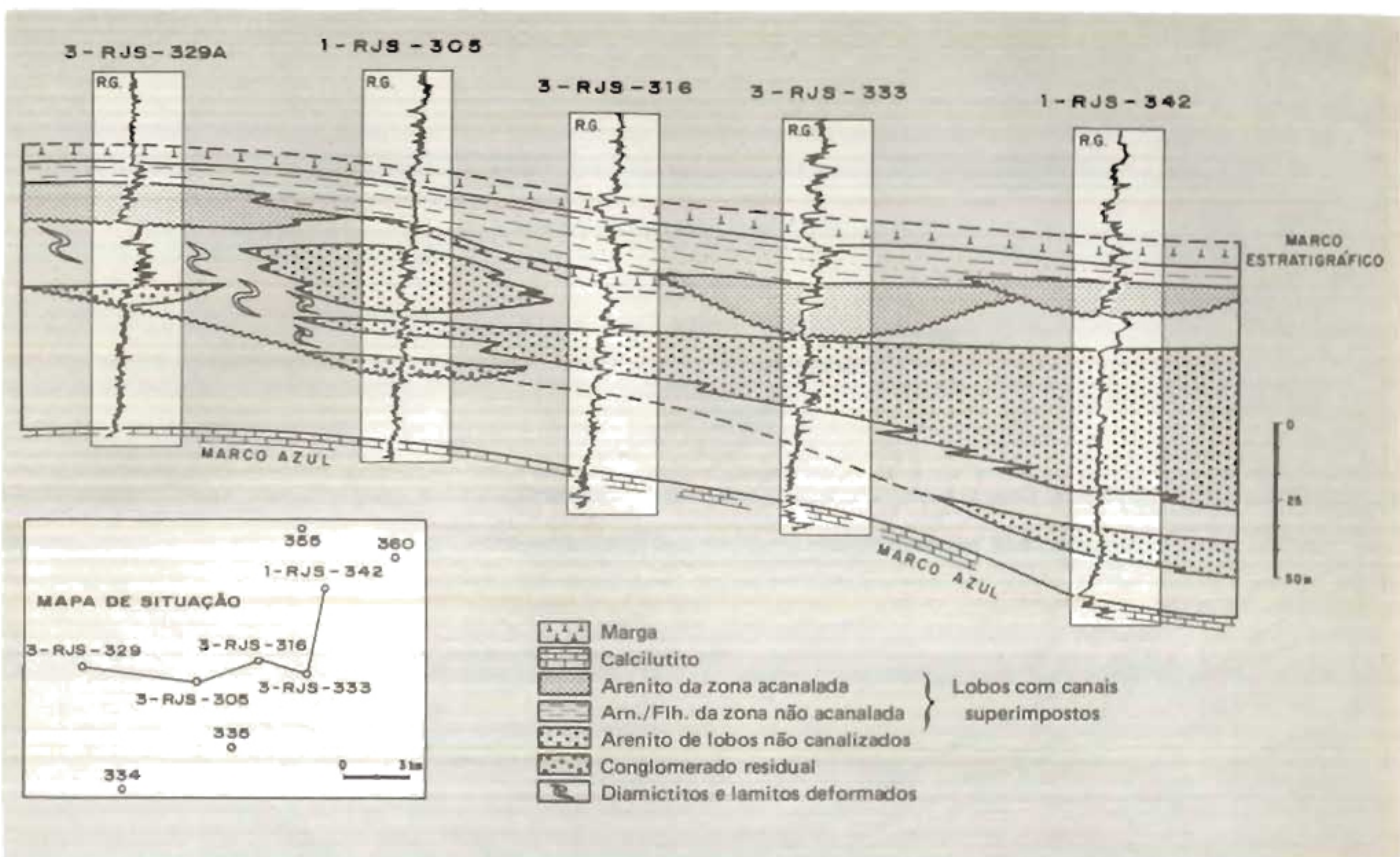


Fig. 7 - Distribuição esquemática dos reservatórios oligocênicos/eomiocênicos do Campo de Albacora.

Sobre esse sistema é comum o aparecimento de marga bioturbada, que constitui um excelente marco estratigráfico (fig. 7).

Esses depósitos — cujos lobos e canais estão intimamente associados lateral e verticalmente — fazem parte de um sistema em que o volume de sedimento e as correntes de turbidez envolvidas não foram tão expressivos quanto os da fase anterior e formaram-se durante a retrogradação do sistema associada à ascensão do nível do mar (fig. 3) e ao menor suprimento sedimentar.

Pela sua própria natureza, os lobos com canais superimpostos mostram-se pouco contínuos lateralmente.

4 — MODELO DEPOSICIONAL

A deposição dos turbiditos oligocênicos está geneticamente associada às variações relativas do nível do mar propostas por VAIL *et alii* (1977) e à tectônica salífera, as quais provocaram a quebra do equilíbrio entre a sedimentação da plataforma e da bacia, produzindo grande influxo de sedimento para a formação dos leques submarinos (GUARDA-DO *et alii*, 1986).

A tectônica salífera, acelerada pela sobrecarga sedimentar dos depósitos turbidíticos, torna alguns sítios de deposição cada vez mais receptivos ao acúmulo sedimentar. Essa singular tectônica seria responsável pelo excepcional acúmulo sedimentar durante toda a deposição dos turbiditos no Campo de Albacora.

A história deposicional dos turbiditos oligocênicos inicia-se com a deposição dos calcilutitos do Marco Azul (Oligoceno Inferior/Superior) (GAMBOA *et alii*, 1986). Nessa época, com nível de mar elevado, expressivos depósitos terrígenos estavam sendo armazenados na plataforma. O grande rebaixamento eustático do nível do mar no Oligoceno Superior provocou o desequilíbrio no comportamento cenário de deposição. O talude — que havia recebido uma espessa cunha sedimentar transgressiva, com depósitos de calcilutitos, margas e folhelhos (fig. 8) — começava a ser erodido por fortíssimos fluxos turbidíticos que transferiam para as porções baciais os consideráveis estoques sedimentares da plataforma.

Nos períodos de intenso suprimento sedimentar, com nível de mar baixo, as correntes de turbidez tornavam-se, talude abaixo, extremamente densas e velo-

zes, erodindo a superfície do substrato pela passagem do turbilhão sedimentar. Essas correntes alcançavam as porções baciais em regime de fluxo superior e, por inércia, percorriam largas distâncias nesses sítios profundos, até que sua competência sofresse brusco decréscimo, e grandes volumes de sedimentos fossem depositados rapidamente nas porções mais externas do sistema, formando assim os lobos não canalizados (fig. 8).

Nessa fase, os únicos registros sedimentares de atividades turbidíticas dentro das feições erosionais do talude foram os depósitos erráticos de conglomerado residual (fig. 8). Associados a esses, ocorrem diamictito e lamito escorregado.

Com a elevação do nível do mar, ainda no Oligoceno Superior, o sistema turbidítico migrou em direção ao talude, recobrando suas porções canalizadas, numa nítida retrogradação (fig. 8). Os depósitos tornaram-se cada vez mais argilosos em direção ao topo, até o completo abandono deste sistema, retornando, então à deposição hemipelágica normal (fig. 7).

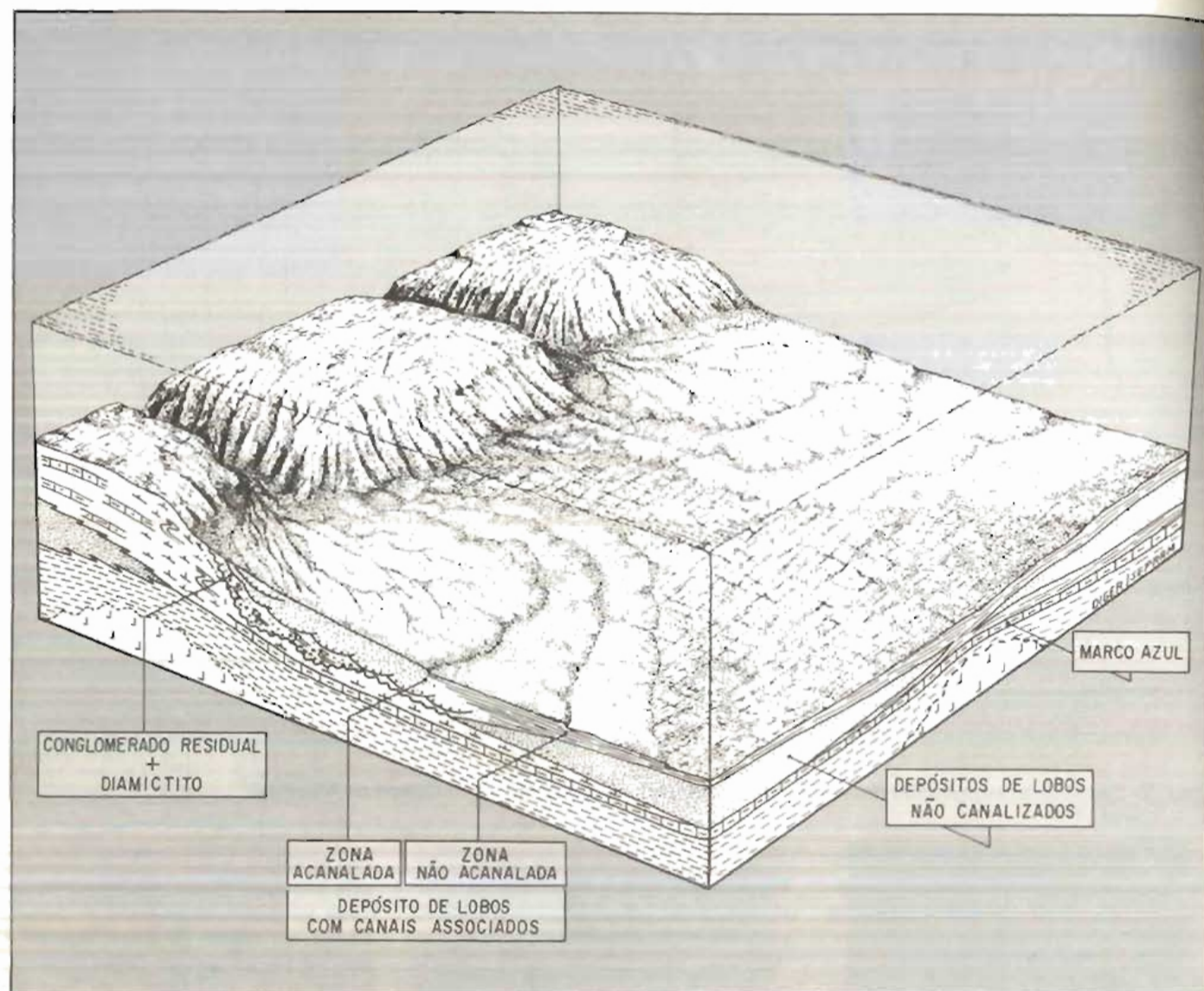


Fig. 8 - Modelo deposicional esquemático para o Campo de Albacora.

Observações feitas em leques submarinos recentes do Mississipi e Cone do Amazonas mostraram que eles se constituem de seqüências de canal e transbordamento, sem o desenvolvimento de lóbulos externos (SHANMUGAN & MOIOLA, 1982). Esse sistema canal-transbordamento, que representa a derradeira fase de desenvolvimento do leque submarino, forma-se por um levantamento do nível do mar após um episódio deposicional em nível de mar baixo, com o aparecimento de lóbulos externos (APPI *et alii*, 1987). O modelo deposicional proposto para o Campo de Albacora adequa-se muito bem a esse esquema (fig. 8).

5 - CONCLUSÕES

A partir da caracterização das fácies

sedimentares e do modelo deposicional dos turbiditos oligocênicos/eomiocênicos do Campo de Albacora, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Nesse campo, ocorrem espessas seqüências turbidíticas, que se distribuem desde o Cretáceo Superior até o Mioceno.
- A variação eustática do nível do mar é responsável pela estocagem e transferência de sedimentos da plataforma e do talude para regiões mais profundas.
- A tectônica salífera, acelerada pela sobrecarga sedimentar dos depósitos turbidíticos, torna alguns sítios deposicionais cada vez mais receptivos ao acúmulo sedimentar.
- Os turbiditos oligocênicos/eomiocênicos do Campo de Albacora podem ser diferenciados em sistema de lóbulos

não canalizados e sistema de lóbulos com canais superimpostos.

- Os lóbulos não canalizados — os mais externos do sistema — têm sua deposição associada aos períodos de mar baixo. Suas partes medianas e proximais são formadas de espessos pacotes de arenito maciço amplamente distribuídos. Esses lóbulos constituem os melhores reservatórios de todo o sistema.
- Os lóbulos com canais superimpostos, que se desenvolveram em períodos de nível de mar ascendente ou em época de pequeno suprimento sedimentar, depositaram-se, durante uma fase de retrogradação do sistema, no sopé do talude ou dentro de feições erosivas nele esculpidas. Gradam e interdigitam-se lateral e verticalmente com as porções canalizadas. Folhelhos lami-

nados intercalam e recobrem as areias desses depósitos, formando, às vezes, pacotes bastante espessos.

- Diamictitos e lamitos deformados são a melhor expressão sedimentar dos depósitos de talude e podem estar associados aos conglomerados residuais.
- Depósitos de contouritos e margas hemipelágicas ocorrem associados aos depósitos turbidíticos. As margas hemipelágicas constituem excelentes marcos estratigráficos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPI, C. J. *et alii*. A retrograde depositional pattern of the Amazon fan. *In*: SEPM MIDYEAR MEETING, Austin,

1987. [Proceedings . . .]. No prelo.
GAMBOA, L. A. P. *et alii*. Evidências de variações de nível do mar durante o Oligoceno e suas implicações faciologicas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. *Anais* . . . Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, 1986. v. 1, p. 8-22.
GUARDADO, L. R. *et alii*. Depositional model and seismic expression of turbidites in Campos Basin, offshore Brazil. *In*: AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS ANNUAL CONVENTION, Atlanta, 1986. *Proceedings* . . . [s. n. t.].
MUTTI, E. Turbidite systems and their relations to depositional sequences. *In*: ZUFFA, G. G., ed. *Provenance of*

arenites. [Dordrecht], D. Reidel, 1985. p. 65-93.
SHANMUGAN, G. & MOIOLA, R. J. Eustatic control of turbidites and winnowed turbidites. *Geology*, 10: 231-5, 1982.
SHIMABUKURO, S. *Biocronoestratigrafia dos poços do Campo de Albacora, Bacia de Campos*; relatório interno. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES, 1986. No prelo.
STOW, D. A. V. & LOVELL, J. P. B. Contourites: their recognition in modern and ancient sediments. *Earth-Sci. Rev.*, 14: 251-91, 1979.
VAIL, P. R. *et alii*. Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 4 - Global cycles of relative changes of sea level. *AAPG Memoir*, 26: 83-97, 1977.

ABSTRACT

The Albacora Field is situated in the northeast part of the Campos Basin, Brazil. The water depth varies from 250 to over 1,000 meters. There is a thick oil column in turbidite sandstone of Late Cretaceous, Eocene, Oligocene and Miocene ages. The Oligocene/Eocene reservoirs are the thickest with excellent permeability characteristics. The objective of this paper is to present and discuss the faciological characteristics and distribution of the turbidite sandstones. Detailed core sedimentary facies analysis, electric logs correlation permitted the establishment of faciological sets with geometric and genetic response.

Three main groups of facies were defined: a) main turbidite facies, formed by massive sandstone and sandstone with Bouma Sequence, b) associated facies composed of laminated shale, lag conglomerate, diamictite and disturbed mudstone and c) associated bioturbated marl and contourite facies.

The main turbidite facies represent the

best hydrocarbon reservoirs of the area. They occur in two types of submarine fans: 1 - non-channelized lobes which were deposited during times of low sea level and 2 - lobes with superimposed channels which were built during periods of rising sea level or in times of low sediment supply.

The non-channelized lobes are the most widespread within the system, they represent the first (older) and huge turbidite flows. They are composed of thick and well distributed massive sandstone bodies that grades toward the edges and top of the lobes to fine sandstones with Bouma Sequence. They were deposited on hemipelagic sediments, resulting in abrupt contacts.

The lobes with superimposed channels (younger) represent a system retrogradation toward slope and the predominant facies are those with Bouma Sequence with pelitic sediments interfingering.

The lobes were covered by laminated shales and bioturbated marls that are excellent stratigraphic markers. The lobes and channels are closely related vertical and laterally. The volume of sediment and the turbidity currents involved were not so strong as those of the first stage (older).

The lag conglomerates, diamictites and disturbed mudstones represent slope deposits that formed mainly during low-sea level standing. The lag conglomerates were deposited within channels cut within a main Canyon formed by the time the continental shelf and slope were eroded.

Besides sea-level changes control, the turbidites deposition of the Albacora Field were strongly influenced not only by changes in sea-level stands but also by "salt tectonic". Subsurface salt migration increased subsidence rate, formed structural lows where sediments accumulation took place.

