

CONTROLE DEPOSICIONAL NA DIAGÊNESE DOS ARENITOS CARUAÇU, BACIA DO RECÔNCAVO

DEPOSITIONAL CONTROL ON CARUAÇU SANDSTONES DIAGENESIS, RECÔNCAVO BASIN

Antonio J. C. Magalhães¹, José M. Caixeta¹ e Newton S. Gomes²

RESUMO - Na Bacia do Recôncavo, está localizada a maior reserva de gás não-associado em bacias sedimentares terrestres brasileiras, em sua maioria acumulada nos reservatórios arenosos eocretácicos pertencentes ao Membro Caruaçu da Formação Maracangalha. Testemunhos cortados neste intervalo estratigráfico possibilitaram caracterizar 12 litofácies, que foram agrupadas em três seqüências de fácies e interpretadas como representantes de depósitos turbidíticos de complexo de canais e diques marginais. Tais depósitos foram formados por processos de ressedimentação que incorporaram argila aos sedimentos. Esta argilosidade, por sua vez, controlou a evolução diagenética dos arenitos, sendo que nos argilosos observa-se cloritização generalizada da matriz e dos intraclastos argilosos; nos arenitos limpos, a diagênese seguiu curso mais longo devido às melhores condições iniciais de permoporosidade. A fase de geração de porosidade secundária foi fundamental na melhoria da qualidade deste último como rocha-reservatório.

(Originais recebidos em 12.12.94).

ABSTRACT - The Recôncavo Basin contains the largest onshore reserve of nonassociated gas in Brazil in sedimentary basins. The reservoirs are mainly constituted by sandstones (Caruaçu Member) of the Lower Cretaceous Maracangalha Formation. Drill core obtained from this stratigraphic interval were grouped into 12 lithofacies within three facies sequences and were interpreted as complex channels of turbidite deposits and marginal dikes. The deposits were formed by ressedimentation processes that incorporated clay into the sediments. The clay content controlled the diagenetic of the sandstone. The main diagenetic event of muddy-sandstones is a general chloritization of the matrix and of the mud clasts. Within the clay-free sandstones the diagenesis followed a longer diagenetic evolution due its better initial porosity and permeability conditions. Also, the generation of secondary porosity was crucial to improve the quality of the sandstones as a reservoir rock.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

1 - INTRODUÇÃO

A Bacia do Recôncavo localiza-se na Região Nordeste do Brasil (fig. 1) e possui a maior reserva de gás não-associado entre as bacias terrestres do País. Os principais reservatórios são constituídos pelos arenitos eocretácicos das Camadas Caruaçu, Formação Maracangalha (fig. 2), depositados em complexos turbidíticos de canais e diques marginais. A qualificação

destas rochas como reservatórios de hidrocarbonetos depende de suas características texturais e diagenéticas. Os melhores reservatórios são os arenitos menos argilosos e cimentados, correspondentes aos depósitos canalizados. Os arenitos depositados nos diques marginais mostram-se mais argilosos e cimentados, com baixo potencial para reservatório. Ilustra-se, aqui, como os processos sedimentares responsáveis pela deposição dos arenitos controlaram a evolução diagenética dos mesmos.

1 - E&P-BA/GEXP/GELAB - Avenida Antonio Carlos Magalhães, 1113, Pituba, 41856-900, Salvador, BA, Brasil.

2 - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Campus Universitário, Morro do Cruzeiro, 35400-000, Ouro Preto, MG, Brasil.

2 - FÁCIES SEDIMENTARES

A partir da descrição de testemunhos, foram caracterizadas 12 fácies principais, a saber:

2.1 - Conglomerados Polimíticos

São compostos por grânulos e matações arredondados de migmatitos e gnaisses, quartzito, sílex, metassedimentos, oncolito e, subordinadamente, intraclastos tabulares de folhelho, arenito e siltito estratificados, imersos em matriz arenosa de fina a média, bem cimentada.

2.2 - Conglomerados Intraformacionais

São compostos por intraclastos irregulares de folhelhos, siltitos e arenitos (às vezes estratificados ou laminados), normalmente deformados ou contorcidos, e por pequenas quantidades de extraclastos da fácies anteriormente descrita, com matriz areno-argilosa.

2.3 - Arenitos Granulosos

Esta fácies é representada por arenitos de grosseiros a granulosos, que no geral têm aspecto maciço, e localmente apresentam estratificação plano-paralela ou cruzada tabular e acanalada e estruturas de escape de fluidos.

2.4 - Arenitos Ricos em Intraclastos Argilosos

Este tipo engloba os arenitos com intraclastos argilosos centimétricos, orientados segundo uma estratificação incipiente, associados a enriquecimento de argila na matriz, de tal forma que esta se torna tanto mais argilosa quanto maior o teor em intraclastos.

2.5 - Arenitos com Estratificação Plano-paralela

Inclui arenitos finos, localmente médios, não argilosos, que apresentam estratificação plano-paralela evidenciada pela presença de intraclastos milimétricos de folhelho e/ou siltito, fragmentos de material carbonoso (carvão) e hidrocarbonetos.

2.6 - Arenitos Maciços ou Fluidizados

Esta fácies é caracterizada por arenitos de muito finos a finos, localmente médios, de aspecto maciço, com grânulos e/ou intraclastos lamelares milimétricos de folhelho

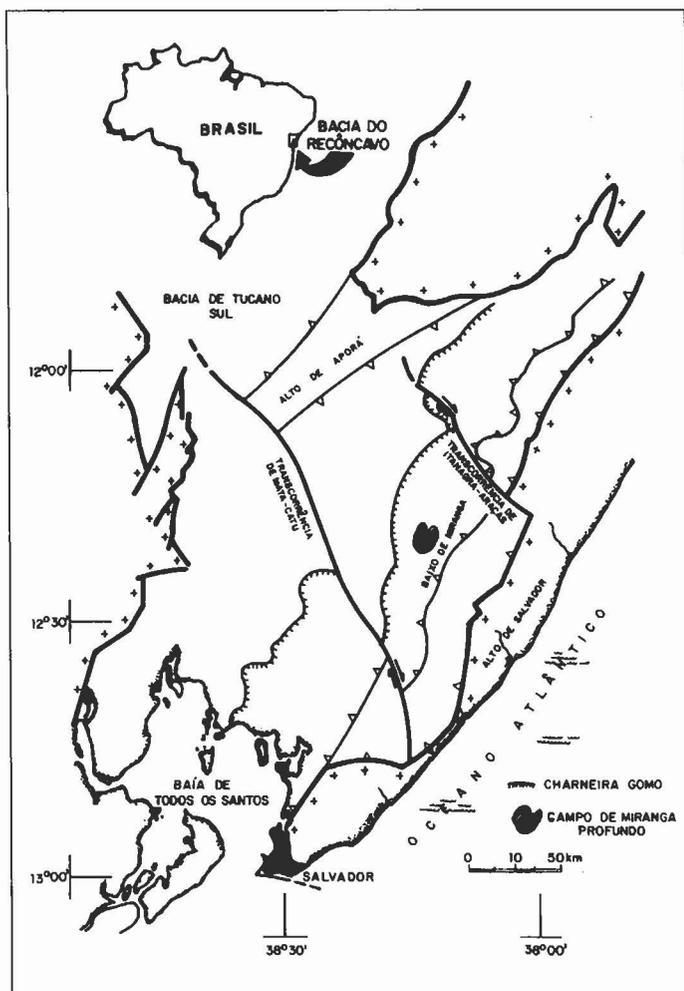


Fig. 1 - Mapa de localização da Bacia do Recôncavo.
Fig. 1 - Location map of Recôncavo Basin.

e/ou siltito, e também por estruturas de escape de fluidos do tipo prato ou pilares.

2.7 - Arenitos com Ondulações Cavalgantes

São arenitos muito finos e finos, apresentando ondulações cavalgantes (*climbing ripples*) bem formadas e evidenciadas pela presença de material siltico, compondo camadas com espessura entre 10cm e 20cm, normalmente no topo de pacotes arenosos maciços ou fluidizados da fácies anterior.

2.8 - Arenitos e Siltitos com Marcas de Carga

Esta fácies é constituída pela associação de arenitos de muito finos a finos e siltitos, apresentando estratificação plano-paralela e *climbing ripples* menos freqüentes, com dimensões inferiores a 1cm, alternados com níveis argilosos

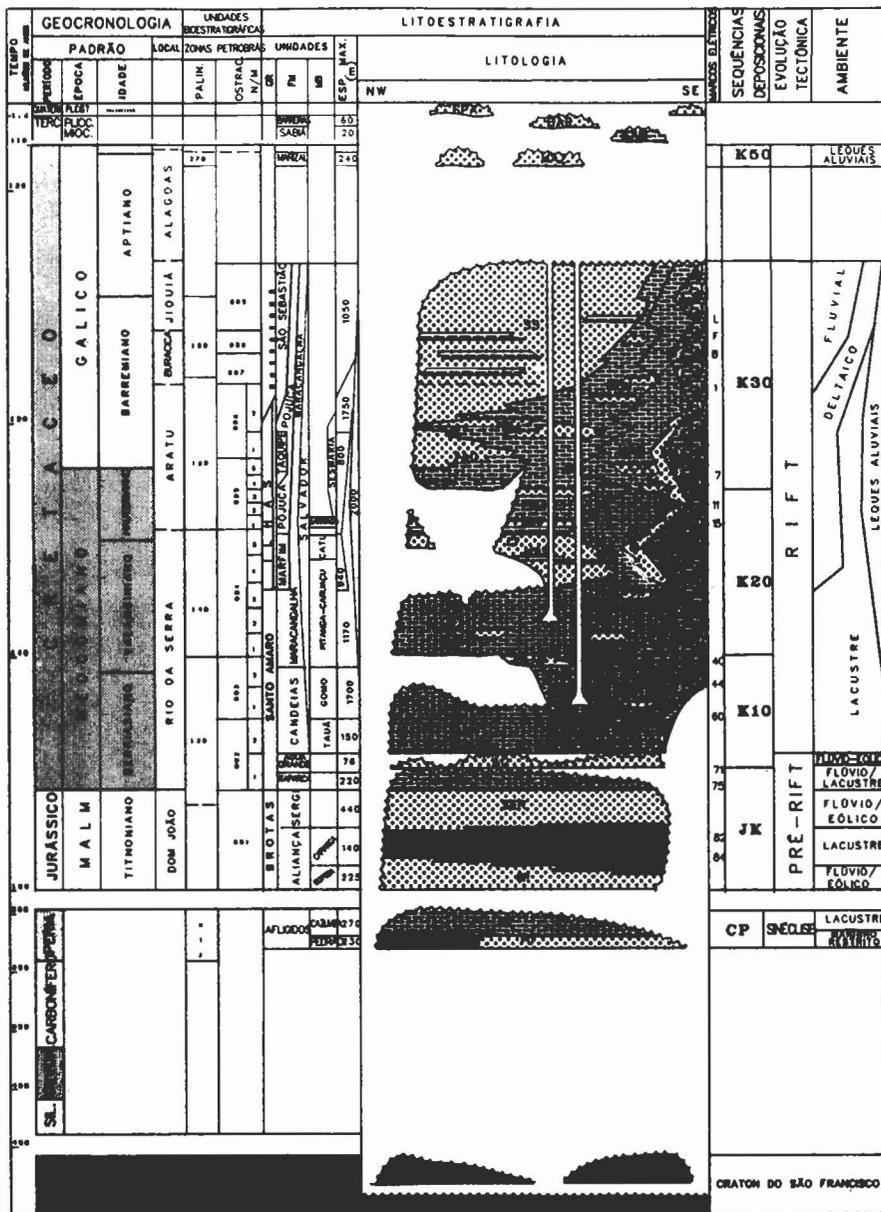


Fig. 2 - Coluna estratigráfica da Bacia do Recôncavo (Caixeta, 1993).
 Fig. 2 - Stratigraphic column, Recôncavo Basin, (Caixeta, 1993).

sobre os quais desenvolvem-se marcas de carga de dimensões de milimétricas a centimétricas que às vezes se desconectam da camada arenosa formando pseudonódulos.

2.9 - Arenitos e Siltitos Deformados

Composta por arenitos de muito finos a finos, argilosos e siltitos. Esta fácies tem como característica principal a presença de laminações convolutas ou estruturas de escorregamentos (*slumps*). É interessante

notar o interrelacionamento desta fácies com a anterior, no qual camadas deformadas podem ocorrer tanto acima quanto abaixo de outra não deformada, sugerindo um processo muito localizado dentro do ambiente deposicional.

2.10 - Folhelhos e Siltitos com Diques de Arenito

São folhelhos e siltitos cinza-claros ou esverdeados/acastanhados, calcíferos, que apresentam diques de

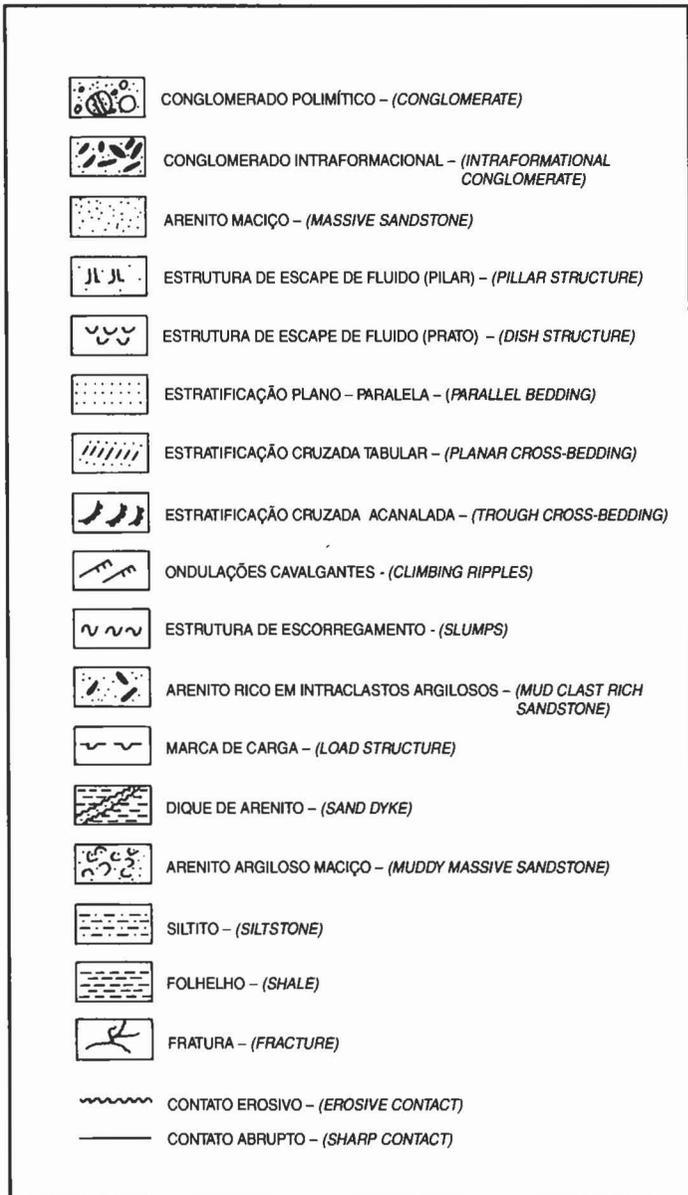


Fig. 3 - Legenda para as figuras 4, 5, e 6.
 Fig. 3 - Caption for figures 4, 5 and 6.

arenito de muito fino a fino em seu interior, formando estruturas enterolíticas.

2.11 - Arenitos Argilosos Maciços

São caracterizados por arenitos muito finos e finos, argilosos, contendo intraclastos de folhelho e/ou siltito, com aspecto maciço ou mosqueado e, localmente, com estruturas de escape de fluido e escorregamento. Os intraclastos têm formato irregular, podendo atingir dimensões centimétricas, sugerindo ter sido englobados pela massa sedimentar areno-argilosa.

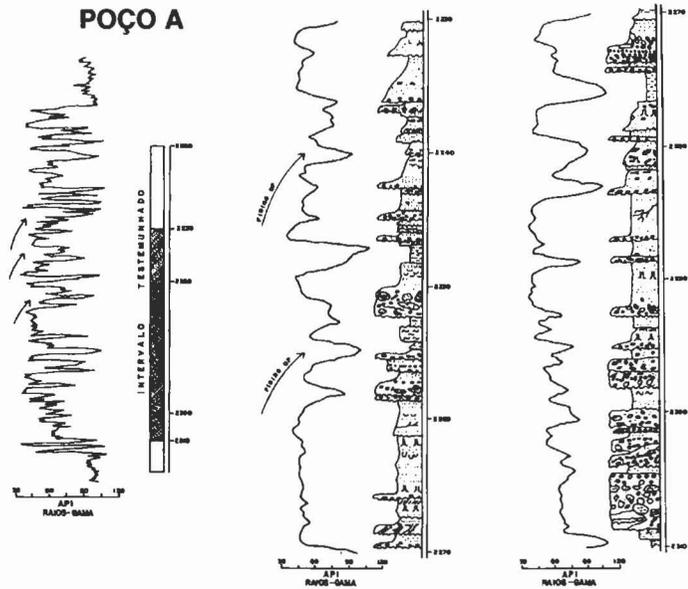


Fig. 4 - Seqüência de Fácies C (legenda na fig. 3).
 Fig. 4 - Facies C sequence (caption below fig. 3).

2.12 - Folhelhos Laminados

São folhelhos de cinza-escuros a pretos, bem laminados, calcíferos e com feições de *slickensides*.

3 - SEQÜÊNCIA DE FÁCIES

As seqüências de fácies compreendem um conjunto de fácies que se relacionam espacialmente dentro de uma porção do ambiente deposicional (Walker, 1984). Três seqüências foram caracterizadas neste estudo:

- **Seqüência de Fácies C** - composta pela associação da fácies conglomerados polimíticos, conglomerados intraformacionais, arenitos granulosos, arenitos ricos em intraclastos argilosos, arenitos maciços ou fluidizados e arenitos com ondulações cavalgantes. É facilmente reconhecida devido ao seu caráter essencialmente arenoso ou conglomerático, compreendendo uma intercalação de arenitos e conglomerados compondo ciclos de seqüências *fining upward* (figs. 3 e 4).
- **Seqüência de Fácies L** - compreende fácies arenitos e siltitos com marcas de carga, arenitos e siltitos deformados e folhelhos e siltitos com diques de arenitos. Seu padrão típico de ocorrência consiste na intercalação de delgadas camadas arenosas com pacotes silito-argilosos, que em perfis resulta num aspecto serrilhado (fig. 5).
- **Seqüência de Fácies I** - é composta pela fácies arenitos argilosos maciços e folhelhos laminados. Os pacotes

POÇO B

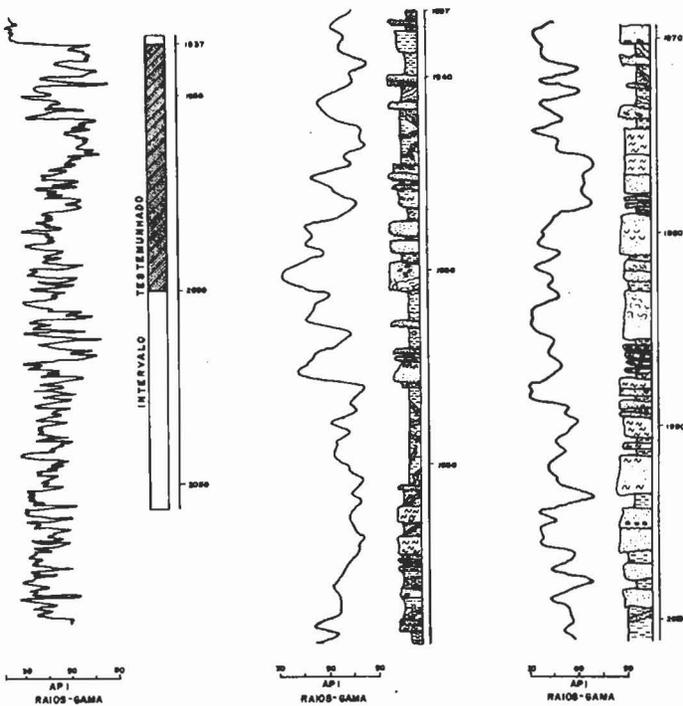


Fig. 5 - Seqüência de Fácies L (legenda na fig. 3).
Fig. 5 - Facies L sequence (caption below fig. 3).

arenosos apresentam padrão blocoso em contato abrupto com folhelhos (fig. 6).

4 - PROCESSOS DEPOSICIONAIS E AS SEQÜÊNCIAS DE FÁCIES

As fácies descritas nos intervalos deste estudo permitem identificar processos deposicionais afins, relacionados a fluxos gravitacionais subaquosos do tipo correntes de turbidez de baixa e alta densidades e, mais localizadamente, de fluxo de detritos (Magalhães, 1990).

Slides e *slumps* envolvem o colapso da massa sedimentar, seguindo do seu deslocamento (*slide*) e remodelamento por deformações internas e movimentos rotacionais (*slumps*). A fácies arenitos e siltitos deformados é um exemplo típico de depósito formado por estes processos.

- **Fluxo de detritos** são aqueles nos quais os clastos, de tamanhos variáveis entre areia e matacão, são suportados por sua própria flutuabilidade (*buoyancy*) devido ao empuxo da matriz (*matrix strength*) normalmente argilosa. Muitos fluxos podem ter detritos de granulação fina, sem clastos grosseiros. Nestes casos, pequenas concentrações de argila (pouca porcentagem em peso) são suficientes para que o empuxo da matriz sustente os grãos de areia, gerando

fluxo de detritos arenosos. Por outro lado, a baixa concentração de argila favorece a aceleração do fluxo, gerando correntes turbulentas que se transformam em correntes de turbidez (Walker, cit. verbal, *apud* Caixeta, 1988). A fácies arenitos argilosos maciços é uma representante destes depósitos, nos quais a fração grosseira é constituída de intraclastos de folhelhos e/ou siltito.

- **Fluxo de sedimentos liquefeitos ou fluidizados** são processos relacionados, nos quais os grãos se decantam rapidamente na medida em que o fluido intersticial se movimentava para cima. A deposição direta a partir de um fluxo liquefeito produz um depósito suportado por grãos (areia fina a silte grosso) que pode ser maciço ou mostrar estruturas de escape de fluido. Estes tipos de fluxos raramente ocorrem como processos isolados, sendo normalmente associados aos estágios finais de deposição de correntes de turbidez de alta densidade (Stow, 1985). A fácies arenitos maciços ou fluidizados exemplifica a atuação destes processos no ambiente deposicional de área estudada.

As **correntes de turbidez** podem ser de baixa ou de alta densidade em função da granulometria transportada (Lowe, 1982). As correntes de baixa

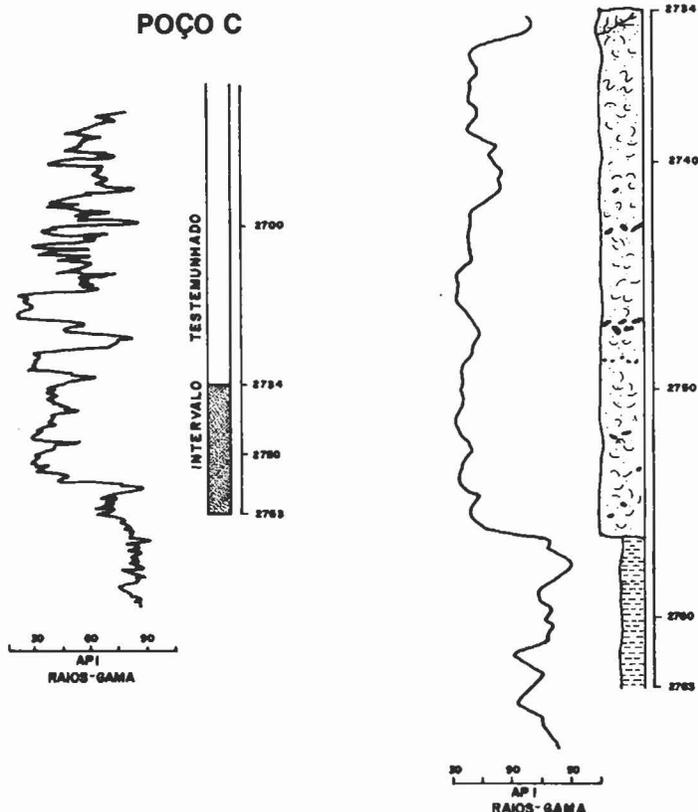
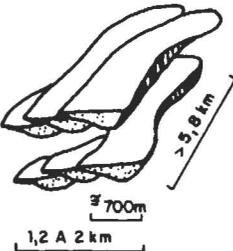
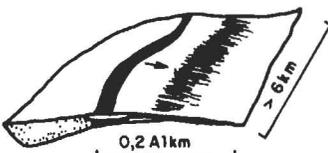
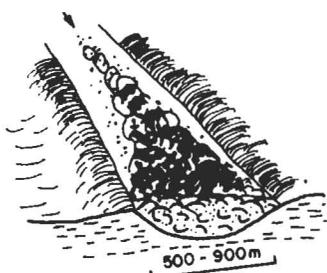


Fig. 6 - Seqüência de Fácies I (legenda na fig. 3).
Fig. 6 - Facies I sequence (caption below fig. 3).

TABELA I / TABLE I

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS SEQÜÊNCIAS DE FÁCIES DOS ARENITOS CARUAÇU NO CAMPO DE MIRANGA PROFUNDO

MAIN FEATURES OF THE FACIES SEQUENCES OF THE CARUAÇU SANDSTONES IN THE MIRANGA PROFUNDO FIELD

SEQÜÊNCIA DE FÁCIES	FÁCIES PRESENTES	INTERPRETAÇÃO	GEOMETRIA E DIMENSÃO APROXIMADA DOS CORPOS	POTENCIAL RESERVATÓRIO
C	<p>CONGLOMERADOS POLIMÍ- TICOS E INTRAFORMACIO- NAIS</p> <p>ARENITOS MACIÇOS OU FLUI- DIZADOS, OU COM ESTRATI- FICAÇÃO E <i>RIPPLES</i></p>	<p>TURBIDITOS DE ALTA DENSIDADE (CANAL)</p>	 <p>ÁREA SUPERIOR a 6km²</p>	<p>★</p> <p>EFETIVO</p>
L	<p>ARENITOS E SILTITOS COM ESTRATIFICAÇÃO, <i>RIPPLES</i>, MARCAS DE CARGA, LAMI- NAÇÕES CONVOLUTAS</p> <p>FOLHELHOS E SILTITOS C/ DIQUE DE ARENITO</p>	<p>TURBIDITOS DE BAIXA DENSIDADE</p> <p>TURBIDITOS DE BAIXA DENSIDADE + SEDIMENTAÇÃO PELÁGICA (<i>LEVEE</i>)</p>	 <p>CONTINUIDADE LATERAL DE CA- MADAS TABULARES SUPERIOR A 600m</p>	<p>★</p> <p>BAIXO</p>
I	<p>ARENITOS ARGILOSOS MA- CIÇOS</p> <p>(FOLHELHOS LAMINADOS)</p>	<p>DEPÓSITO DE FLU- XO DE DETRITOS</p> <p>SEDIMENTAÇÃO PELÁGICA (INTERCANAL)</p>		<p>★★</p> <p>POBRE OU NULO</p>

★ BASEADO EM BRUHN E MORAES, 1989.

★★ BASEADO EM CAIXETA, 1988.

densidade carregam sedimentos cuja granulometria varia de argila a areia grossa. É o caso dos turbiditos clássicos como descritos por Bouma (1962). As camadas delgadas depositadas por correntes de turbidez de baixa densidade (*thin-bedded turbidites*) foram classificadas por Walker (1985) em dois tipos:

a) *thin-bedded turbidites* ou turbiditos clássicos – mostram as seqüências de Bouma (1962) e relacionam-se à deposição de sedimentos em áreas de mais baixa energia que ocorrem nas porções distais dos sistemas turbidíticos como as planícies abissais;

b) *ccc turbidites* – caracterizam-se pela presença de intraclastos argilosos, ondulações cavalgantes e

laminações convolutas. Os intraclastos resultam da erosão do substrato pela corrente; a laminação convoluta está associada a sedimentos depositados com altas taxas de deposição e baixa coesão; as ondulações cavalgantes exigem, para a sua formação, altas taxas de deposição a partir da carga suspensa. Estas fácies são mais prováveis de ocorrer nas margens dos canais do que em ambientes de baixa energia. Assim, os *ccc turbidites* são representantes de depósitos de diques marginais ou *levee deposits*.

As correntes de turbidez de alta densidade são aquelas nas quais a carga sedimentar é composta por grãos maiores que areia média até matacão. Lowe (1982) subdividiu estas correntes em dois tipos: os fluxos arenosos

TABELA II/TABLE II

TEORES DE ARGILOSIDADE, CIMENTO E POROSIDADE TOTAL PARA OS ARENITOS CARUAÇU
(DADOS DE LÂMINAS DELGADAS)
CLAY CONTENT, CEMENT AND POROSITY VALUES OF THE CARUAÇU SANDSTONES
(DATA FROM THIN SECTIONS)

SEQÜÊNCIA DE FÁCIES	INTERPRETAÇÃO	ARGILOSIDADE (%)*	CIMENTO TOTAL (%)*	POROSIDADE DE* LÂMINA (%)	NÚMERO DE AMOSTRAS
C	DEPÓSITOS DE PREENCHIMENTO DE CANAIS	MT = 5,9 AGOT = 7,9	3,9	9,8	37
L	DEPÓSITOS DE DIQUES MARGINAIS (LEVEE)	MT = 7,2 AGOT = 10,0	9,6	3,0	36
I	DEPÓSITO DE FLUXOS DE DETRITOS (INTERCANAIS)	MT = 18,2 AGOT = 20,0	3,6	1,6	5

* TEORES MÉDIOS

MT = MATRIZ

AGOT = ARGILOSIDADE TOTAL (MATRIZ + INTRACLASTOS ARGILOSOS)

(*sandy flow*), nos quais a população de grãos em transporte varia de areia grossa a pequenos seixos; e fluxos de cascalhos (*gravelly flow*), cuja população de grãos varia de seixo a calhau em percentagens superiores a 10% ou 15%. As fácies representantes destes processos na área estudada são os conglomerados polimíticos, arenitos granulosos e arenitos ricos em intraclastos argilosos.

A ocorrência conjunta de conglomerados, arenitos

maciços ou fluidizados e arenitos com estratificação plano-paralela permite interpretar a Seqüência de Fácies C como depósitos canalizados, resultantes de correntes de turbidez de alta densidade. Os arenitos com ondulações cavalgantes que normalmente ocorrem no topo de cada ciclo devem refletir um estágio no qual a corrente teve menor densidade, por já ter depositado a carga mais grosseira das outras fácies.

A presença de convoluções e a maior percentagem de matriz argilosa permitem interpretar a Seqüência de Fácies L como representante de depósitos de correntes de turbidez de baixa densidade. E, como apresentam as características do *ccc turbidites*, foram interpretados como depósitos de diques marginais.

Os arenitos argilosos maciços da Seqüência de Fácies I foram interpretados como o registro de fluxos de detritos arenosos que podem ter sido originados a partir de *slides* ou *slumps* em depósitos pertencentes a outras seqüências de fácies do ambiente deposicional. Tais depósitos mostram, algumas vezes, íntima associação com algumas camadas turbidíticas intercaladas, enfatizando a idéia do contínuo de processos deposicionais (Stow, 1985). Os folhelhos laminados representam a sedimentação pelágica/hemipelágica da bacia. Na tabela I, estão resumidas as informações pertinentes a cada uma destas seqüências.

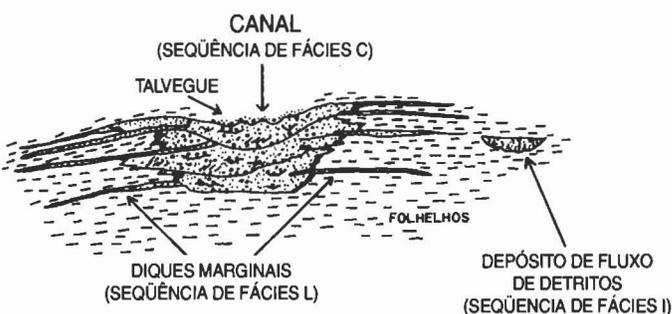
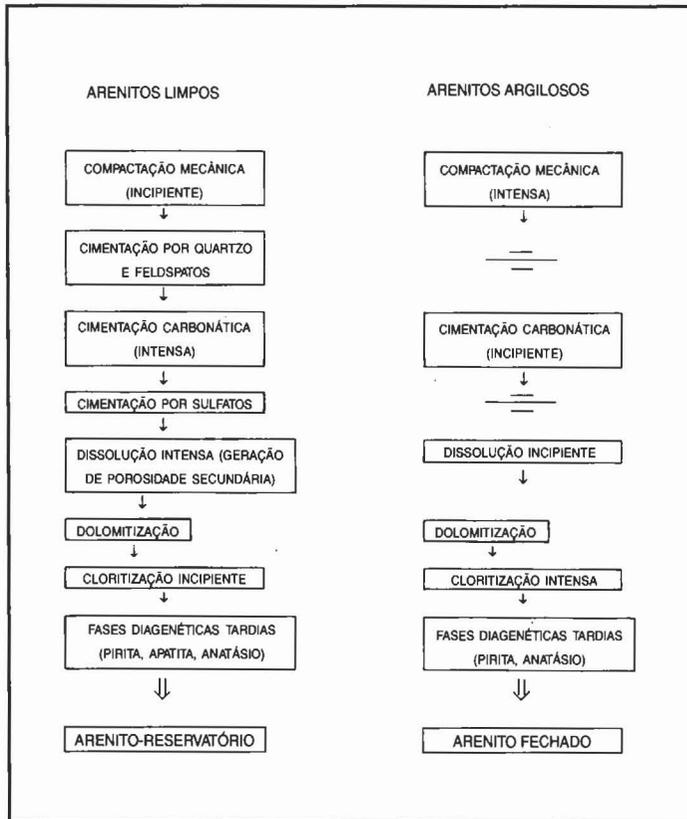


Fig. 7 - Modelo de sedimentação para as seqüências de fácies C, L e I dos arenitos Caruaçu (baseado em Pickering, 1985).

Fig. 7 - Sedimentation model of the Facies C, L and I sequences of the Caruaçu sandstones (after Pickering, 1985).

QUADRO I/CHART I

SEQÜÊNCIAS DIAGENÉTICAS DOS ARENITOS CARUAÇU DIAGENETIC SEQUENCES OF THE CARUAÇU SANDSTONES



5 - MODELO DEPOSICIONAL

Damuth *et al.* (1983a, b) definiram complexos turbidíticos de canais e diques marginais ao estudarem o cone do Rio Amazonas. Os complexos de canais e diques marginais antigos descritos na literatura são mais ricos em areia e de menores dimensões que o do cone do Amazonas (Mutti, 1985; Walker, 1985).

Bons exemplos de complexos de canais e diques marginais foram identificados em leques submarinos modernos (Graham e Bachman, 1983; Bachman e Graham, 1985) e em sedimentos antigos (Walker, 1985; Pickering, 1985; Bruhn e Moraes, 1989) Neste modelo, correntes de turbidez de alta densidade deslocam-se por um talude com gradiente superior a 1° ou 1,5°, adquirem poder erosivo e escavam o substrato lamoso nas partes proximais do sistema gerando, assim, o espaço a ser posteriormente preenchido pelas fácies de canal. Os complexos de canais representam feições erosivas em escala menor do que a

dos *canyons* submarinos ou sublacustrinos, podendo abrigar em sua zona de talvegue inúmeros canais ativos. Na zona de talvegue dos canais depositam-se os sedimentos mais grossos sem intercalações de sedimentos finos. No sentido do topo ou das porções laterais, os depósitos apresentam granulometria mais fina e estratificação. O preenchimento dos canais se dá por agredação vertical, sendo a maior parte dos sedimentos depositados diretamente a partir da carga suspensa de correntes de turbidez de alta densidade. Lateralmente, aos depósitos de canais ocorrem turbiditos delgados tipo *ccc*, depósitos de *slumps*, diamictitos e folhelhos.

No intervalo deste estudo, a recorrência de diversos eventos turbidíticos traduz-se na amalgamação das camadas areno-conglomeráticas da Seqüência de Fácies C. A erosão no fundo dos canais e o colapso das suas paredes liberam intraclastos que são englobados pela massa arenosa, resultando na formação dos arenitos ricos em intraclastos argilosos e dos conglomerados intraformacionais. Os canais são implantados sobre o substrato argiloso ou sobre os depósitos de diques marginais. De fato, os depósitos da Seqüência de Fácies L ocorrem cortados por depósitos da Seqüência de Fácies C, mostrando uma implantação abrupta de canais sobre diques marginais pretéritos. A Seqüência de Fácies I representa os depósitos das porções intercanais ou distais dos complexos de canais e diques marginais. Os arenitos argilosos maciços são interpretados como depósitos gerados por fluxos de detritos, muito prováveis de ocorrer em complexos de canais e diques marginais em função do alto gradiente presente neste tipo de ambiente deposicional.

Na figura 7 ilustram-se, esquematicamente, a forma de ocorrência e as relações entre as fácies das Seqüências de Fácies C, L e I.

6 - PETROGRAFIA E DIAGÊNESE

Os arenitos Caruaçu têm granulometria variada (de fina a conglomerática nos depósitos de canais e de muito fina a fina nos demais), seleção ruim e empacotamento de frouxo a normal. Composicionalmente, os arenitos são subarcósios, de acordo com a classificação de Folk (1980), com composição média semelhante em todas as seqüências de fácies em torno de $Q_{86}F_{13}FR_1$. Estes arenitos apresentam elevados teores de matriz argilosa (média de 7,3%, σ de 6,4%) constituída de argilominerais à base de illita e interestratificados do tipo illita-esmectita (I/S) recristalizados para clorita ferrífera. Os conglomerados são seixosos, polimíticos, imersos numa matriz arenosa de composição semelhante à dos demais arenitos.

Os arenitos que, independentemente da fácies, apresentam teores de argilosidade total (somatório de teor de matriz e de intraclastos argilosos) superiores ou iguais a 10% são aqui classificados como arenitos argilosos.

Arenitos limpos são os que apresentam teores de argilidade total inferiores a 10%. Na tabela II mostra-se a distribuição da argilidade total, dos cimentos e da porosidade dos arenitos das seqüências de fácies aqui caracterizadas. Observa-se que os arenitos mais argilosos pertencem aos depósitos de fluxo de detritos e de diques marginais das seqüências de fácies L e I, respectivamente. Esta é uma consequência dos processos deposicionais, que incorporaram argila do meio aos sedimentos.

O estudo petrológico dos arenitos Caruaçu possibilitou estabelecer duas seqüências diagenéticas distintas (quadro I), fortemente controladas pelo modelo deposicional, que condicionam a qualidade de reservatório destas rochas. A evolução diagenética dos arenitos limpos, relacionados a depósitos de preenchimento de canais, permitiu a criação e preservação de porosidade secundária, gerando potencial reservatório efetivo. Por outro lado, a evolução diagenética dos arenitos argilosos, associados a depósitos de diques marginais ou fluxo de detritos, é abortada ainda na eodiagênese por uma compactação mecânica intensa, o que inibiu a percolação de fluidos e, conseqüentemente, os processos de cimentação e dissolução mesodiagenéticos.

Nos arenitos Caruaçu observa-se nitidamente que a intensidade da compactação mecânica foi controlada pela composição mineralógica. Enquanto os arenitos limpos exibem apenas uma incipiente compactação, nos arenitos argilosos observa-se intensa compactação mecânica associada à formação de pseudomatriz.

Nos arenitos limpos, a preservação parcial da porosidade primária permitiu a circulação de fluidos responsáveis pelos processos de precipitação e posterior dissolução de fases diagenéticas. A cimentação carbonática protegeu os grãos do arcabouço dos efeitos da compactação mecânica e química, preservando o caráter frouxo do empacotamento. Uma posterior dissolução do cimento carbonático e feldspatos, sob condições mesodiagenéticas, foi responsável pela geração de boa parte da porosidade observada nestes arenitos. Os arenitos argilosos, entretanto, sofreram num estágio precoce, ainda sob condições eodiagenéticas, intensa redução do espaço poroso devido à compactação mecânica. Este processo inibiu a percolação dos fluidos necessários à geração da porosidade secundária, imprimindo às rochas um potencial reservatório de baixo a nulo. A cloritização generalizada da matriz e dos intraclastos argilosos é o evento diagenético mais marcante destes arenitos.

A fase de geração de porosidade secundária foi decisiva na melhoria da qualidade de reservatório dos arenitos Caruaçu. Nos arenitos limpos predominam poros intergranulares, seguidos dos intragranulares, móldicos e agigantados. Raros poros de encolhimento devido à cloritização dos intraclastos argilosos também ocorrem. Nos arenitos argilosos, os raros poros são intragranulares ou móldicos, porém sem conexão efetiva.

7 - CONCLUSÕES

As fácies aqui descritas foram agrupadas em três seqüências e interpretadas como representantes de complexos turbidíticos de canais e diques marginais. Estas rochas foram depositadas por processos de ressedimentação que se iniciam por *slides* e *slumps*, passam a fluxo de detritos e evoluem até correntes de turbidez. Tais processos incorporam argila do meio aos sedimentos, cujo teor exerce o controle primário na porosidade e, conseqüentemente, na evolução diagenética dos arenitos. Nos arenitos argilosos observa-se a cloritização generalizada da matriz e dos intraclastos; nos arenitos limpos, a diagênese seguiu curso mais longo, tendo destaque a fase de geração de porosidade secundária, que foi de crucial importância na qualificação destes arenitos como rocha-reservatório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHMAN, S. B., GRAHAM, S. A., LA JOLLA, Fan. Pacific Ocean. In: BOUMA, A. H., NORMARK, W. R., BARNES, N. E. (Ed.). *Submarine fans and related turbidite systems*. New York: Springer-Verlag, 1985. 351p. p. 63-70.
- BOUMA, A. H. *Sedimentology of some flysh deposits*. Amsterdam: Elsevier, 1962. 168 p.
- BRUHN, C. H. L., MORAES, M. A. S. Turbiditos da Formação Urucutuca na Bacia de Almada, Bahia: um laboratório de campo para estudo de reservatórios canalizados. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, v. 3, n. 3, p. 235-267, 1989.
- CAIXETA, J. M. *Estudo faciológico e características de reservatório dos arenitos produtores de gás do Campo de Jacuípe (Cretáceo Inferior), Bacia do Recôncavo, Brasil*. Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 1988. 131f. Dissertação (Mestrado).
- DAMUTH, J. E. *et al.* Distributary channel meandering and bifurcation patterns on the Amazon deep-sea fan as revealed by long-range side-scan sonar (GLORIA). *Geology*, v. 11, p. 94-98, 1983a.
- DAMUTH, J. E. *et al.* Age relationship of distributary channels on Amazon deep-sea fan: implication for fan growth pattern. *Geology*, v. 11, p. 470-473, 1983b.
- FOLK, R. L. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin. Humphill's, 1980. 183p.
- GRAHAM, S. A., BACHMAN, S. B. Structural controls of submarine-fan geometry and internal architecture: upper

La Jolla Fan Systems, Offshore Southern California. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa, v. 67, n. 1, p. 83-96, 1983.

Publishing, 1985. 408p. p. 65-93.

LOWE, D. R. Sediment gravity flows II. Depositional models with special reference to the deposits of high density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, v. 52, n. 1, p. 279-297, 1982.

PICKERING, K. T. Kongsfjord turbidite system Norway. In: BOUMA, A. H., NORMARK, W. R., BARNES, N. E. (Ed.) *Submarine fans and related turbidite systems*. New York: Springer-Verlag, 1985. 351p. p. 63-70.

MAGALHÃES, A. J. C. *Modelo deposicional e características de reservatório dos arenitos das Camadas Caruaçu (Cretáceo Inferior) no Campo de Miranga Profundo, Bacia do Recôncavo, Brasil*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 1990. 172p. Dissertação (Mestrado).

STOW, D. A. V. Deep sea clastic: where are we and where area we going? In: BRENCHLEY, P. J., WILLIAMS, B. P. J. (Ed.) *Sedimentology recent developments and applied aspects*. Oxford: Blackwell Scientific, 1985. 342p. p. 67-93, 1985.

MUTTI, E. Turbidite systems and their relation to depositional sequence. In: ZUFFA, G. G. (Ed.) *Provenance of arenites*. Dordrecht: D. Reidel

WALKER, R. G. Mudstones and thin-bedded turbidites associated with the Upper Cretaceous Wheeler Gorge Conglomerates, California: a possible channel-levee complex. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 55, n. 2, p. 279-290, 1985.

EXPANDED ABSTRACT

The Lower Cretaceous sandstones of the Caruaçu layers of the Marfim Formation, Recôncavo Basin in Brazil, contain the largest accumulation of nonassociated gas. Through the interpretation of samples from this stratigraphic interval three facies sequences were characterized and interpreted as channels of turbiditic deposits and marginal dikes, as follows:

- 1) *Facies C sequence: consists of the association of intraformational polymictic conglomerates, granular sandstones, sandstones with argillaceous intraclasts, and massive and fluidized sandstones. In profiles the association is characterized by ascending grain size reduction cycles representing channel deposits;*
- 2) *Facies L sequence: consists of sandstones with convolute and overriding ripples, and shales and siltites with dikes of sandstones, forming serrated patterns in profiles interpreted as deposits of marginal dikes. The presence of argillaceous intraclasts, convolute lamination and overriding ripples characterize the sequence as type ccc turbidites (Walker, 1985);*
- 3) *Facies I sequence: consists of massive argillaceous sandstones in steep contacts with laminated shales, with the appearance of boxes in profiles, and interpreted as deposits of detritus flow and pelagic/hemipelagic sedimentation.*

Within the interval covered by this study, the recurrence of several turbiditic events is manifested through the

amalgamation of the sandy-conglomeratic layers of the Sequence C. The erosion of the bottom of the channels and the collapse of their walls free intraclasts which are embodied by the sandy mass. The channels are developed over the sandy substratum or over the deposits of marginal dikes. Deposits of Sequence L are cut by those of Sequence C, showing the sharp development of channels over former marginal dikes.

Petrographic studies show that sandstones have variable grain sizes – from fine to conglomeratic in channel deposits, and from very fine to fine in marginal dikes – poor selection and loose packing. They are subarkose (Folk, 1980) with average composition $Q_{86}F_{13}FR_1$, with a high grade of argillaceous matrix (average of 7,3% σ 6.4%) made up of illite and interstratification of the illite-smectite type. It has been defined in this study that sandstones with total argillic grades (the sum of argillaceous intraclasts and the matrix grade) higher than or equal to 10% are classified as argillaceous. Clay-free sandstones are those that present total argillic content of less than 10%. It has been observed that clay-free sandstones belong to channel deposits and argillaceous arenites belong to deposits of detritus flow and marginal dikes. This is a consequence of the depositional processes that aggregated environmental clay to the sediments of the sand fraction.

Two distinctive diagenetic sequences are strongly controlled by the depositional model, and condition the

reservoir quality of the sandstones. The intensity of the mechanical compaction was controlled by the mineralogical composition. While the clay-free sandstones show only an incipient compaction, its diagenetic evolution allowed the formation and preservation of secondary porosity, generating a potential effective reservoir. The carbonate cementation protected the grains of the framework from the effects of mechanical and chemical compaction, preserving the loose character of the packing. The phase of generation

of secondary porosity was decisive to improve the quality of the reservoir of the clay-free sandstones through the dissolution of the carbonate cement and of the feldspar, generating greatly enlarged, inter and intragranular pores. On the other hand, the diagenetic evolution of the argillaceous sandstones was aborted still during the eodiagenesis through an intense mechanical compaction forming pseudomatrix, with the generalized chloritization of the argillaceous intraclasts and of the matrix being its most outstanding diagenetic event.