

GEOMETRIA DOS CORPOS CARBONÁTICOS DO RESERVATÓRIO MACAÉ (METADE SUPERIOR), CAMPO DE PAMPO

GEOMETRY OF MACAÉ RESERVOIR CARBONATE BODIES (UPPER HALF) - PAMPO FIELD

Cleyton Schuch Baumgarten⁽¹⁾ e Maximiano da Silva Scuta⁽²⁾

RESUMO — O Campo de Pampo ocupa o primeiro lugar na Bacia de Campos, em volume de óleo *in situ*, até a cota batimétrica dos 200 m. Até esse limite e considerando reservatórios individualmente, os volumes de óleo *in place* e recuperável do Macaé de Pampo aparecem na segunda e terceira posições, respectivamente. Dos 30 poços perfurados na área de ocorrência de óleo, no Macaé (11 km²), 26 concentram-se na parte central do campo, em cerca de 3 km², em malha de 400 m. Essa densidade de poços, relativamente elevada, proporciona razoável precisão no dimensionamento dos corpos carbonáticos. Para delimitar esses corpos, a correlação entre perfis de raios gama e de densidade encerra um índice de acerto superior a 80%. Definiram-se quatro tipos de fácies-perfis, que se comportam como fácies-reservatório, constituídas, principalmente, por: FP-1 — calcarenitos oolíticos, com $K \geq 250$ mD; FP-2 — calcarenitos oncolíticos, com $20 \leq K < 250$ mD; FP-3 — calcarenitos microoncolíticos e peloidais e calcirruditos oncolíticos, com $K < 20$ mD; e FP-4 — calcissiltitos, com $K < 2$ mD. O termo fácies-perfil, como se está empregando, foge ao caráter puramente petrográfico, não só por imprecisão da própria correlação rocha/perfis, como, principalmente, por englobar o conceito de capacidade de fluxo. Assim, um corpo ou parte de um corpo de calcarenito oolítico e de calcarenito oncolítico, a depender do grau de cimentação, é classificado, respectivamente, como FP-2 ou FP-3 e como FP-3. As barras de calcarenito oolítico têm espessura máxima de 17,5 m e área entre 0,03 e 6,5 km².

ABSTRACT — The Pampo ranks first among Campos Basin fields in terms of O. I. P. at water depths of 200 m maximum. When considering only the Macaé accumulations within this field up to the same water depth, it ranks second in O. I. P. and third in recoverable oil. Of the 30 wells which have been drilled in the 11 km² oil-bearing area, 26 are concentrated around a 400 x 400 m square grid in the 3 km² central part of the field. This relatively high well density affords reasonably accurate definitions of carbonate body dimensions. The gamma ray and bulk density crossplots used in delimiting these bodies attained an accuracy rate of over 80%. Four types of eletrofacies, which behave as reservoir-facies, have been defined and are composed mainly of: FP-1 (eletrofacies 1) — oolitic calcarenites, where $K \geq 250$ mD; FP-2 — oncolitic calcarenites, where $20 \leq K < 250$ mD; FP-3 — microoncolitic and peloidal calcarenites and oncolitic calcirrudites, where $K < 20$ mD; and FP-4 — calcissiltites, where $K < 2$ mD. As used here, the term eletrofacies loses its purely petrographic character, not only because of the imprecision of the rock: well log correlation itself but also, and mainly, due to reliance on the concept of flow capacity. Thus, a body or part of a body of oolitic or oncolitic calcarenite can be classified as FP-2 or FP-3 and as FP-3, respectively, depending on cementation intensity. The maximum thickness for oolitic calcarenite bars is 17.5 m while area ranges from 0.03 to 6.5 km².

(Originais recebidos em 23.11.88.)

1 — INTRODUÇÃO

No momento, ultrapassa-se mais uma etapa no sentido de aperfeiçoar o conhecimento do reservatório Macaé no Campo de Pampo, Bacia de Campos (fig. 1). No 2º Seminário de Geologia de Desenvolvimento e Reservatório (2º GDR), tratou-se da correção das porosidades, trabalho também publicado no Boletim de Geociências da PETROBRÁS (BAUMGARTEN & SCUTA, 1988).

O reservatório Macaé ocupa a parte superior dos depósitos de plataforma rasa da Formação Macaé (Albo-Cenomano), informalmente designados "Macaé Inferior" ou "Água Rasa". É capeado por calcilutitos, e estes por margas, informalmente conhecidos como "Macaé Superior" ou "Bota" (fig. 2).

Dois são os objetivos atuais: a) individualização das fácies deposicionais-

1 - DEPEX/DIRSUL/SEDESU
2 - DEPEX/DIGEO/SETRAP
Av. República do Chile, 65,
CEP 20132, Rio de Janeiro,
RJ, Brasil.

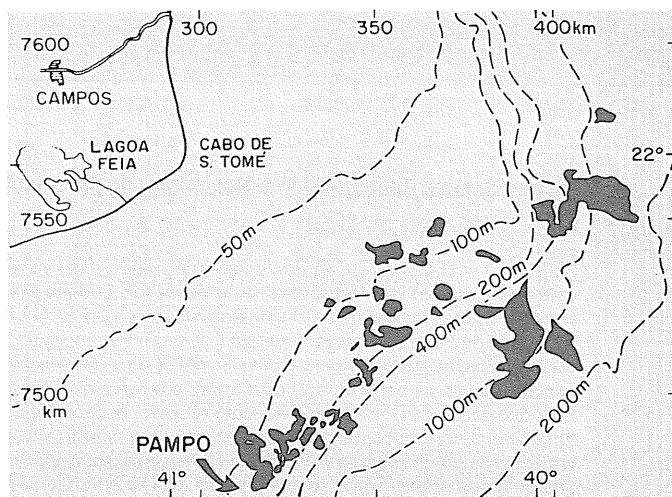


Fig. 1 - Mapa de localização.
Fig. 1 - Map showing field location.

diagenéticas em perfis; e b) a partir daí, definição das dimensões e forma dos corpos carbonáticos, sobretudo de calcarenitos oolíticos, que são as rochas de melhor qualidade. Quanto ao segundo objetivo, o estudo se restringe, nesta primeira fase, aos intervalos estratigráficos A e B (fig. 2), cuja correlação é muito boa, em geral. A passagem do intervalo C para o B coincide com uma importante mudança nas condições tectono-sedimentares, mencionada no trabalho antes citado. A partir daí, teve início a formação do proeminente arqueamento do campo (fig. 3), propiciando profunda variação de fácies de calcarenitos e calcirruditos para calcilutitos, que acrescenta o caráter estratigráfico ao traqueamento. Essa variação faciológica é responsável por cerca de 65% do fechamento oeste, 40% do sudoeste e 35% do sudeste (fechamento total: 210 m).

Os resultados desse trabalho são fundamentais à meta maior, que é a da simulação geológica do reservatório.

Até a cota batimétrica dos 200 m, Pampo possui o maior volume de óleo *in place* da Bacia de Campos, com $254,600 \times 10^6 \text{ m}^3$. Dentre os reservatórios e admitindo-se esse limite, o Macaé de Pampo ocupa a segunda e terceira posições, respectivamente em volumes de óleo *in situ* ($179,195 \times 10^6 \text{ m}^3$) e recu-

perável ($26,178 \times 10^6 \text{ m}^3$; FR = 16,8%). O reservatório Macaé foi atravessado por 30 poços, dos quais 25 são produtores de óleo e dois são injetores de gás. Em junho de 1988, a produção média diária, no Macaé, foi de $7\,196 \text{ m}^3$ de óleo de 20 °API; ao final do mês, a produção acumulada era de $14,346 \times 10^6 \text{ m}^3$.

2 - CORRELAÇÃO FÁCIES X PERFIS

O reservatório em estudo foi mais bem testemunhado em três poços: 3-PM-2, 7-PM-5 e 3-PM-12 (fig. 3). Para caracterizar as fácies, em perfis, empregou-se apenas o 7-PM-5, que, além do perfeito ajuste de profundidades, é o único com boa amostragem nas duas partes em que o reservatório foi dividido para fins dessa correlação.

No 3-PM-2, a testemunhagem começou na base do intervalo A (fig. 2), e a recuperação em geral é baixa, tornando impraticável a correlação de profundidades. Quanto ao 3-PM-12, a testemunhagem cobriu cerca de 50% da parte superior do reservatório; desta coluna, metade é composta por calcissiltitos, e o restante, por calcarenitos e calcirruditos muito cimentados, em que 72% têm $K < 2 \text{ mD}$. A falta de contraste faciológico impede a utilização deste poço na correlação rocha x perfis. Os poços 3-PM-2 e 3-PM-12 deram suporte para alguns ajustes de caráter qualitativo.

Dentre as curvas disponíveis, de raios

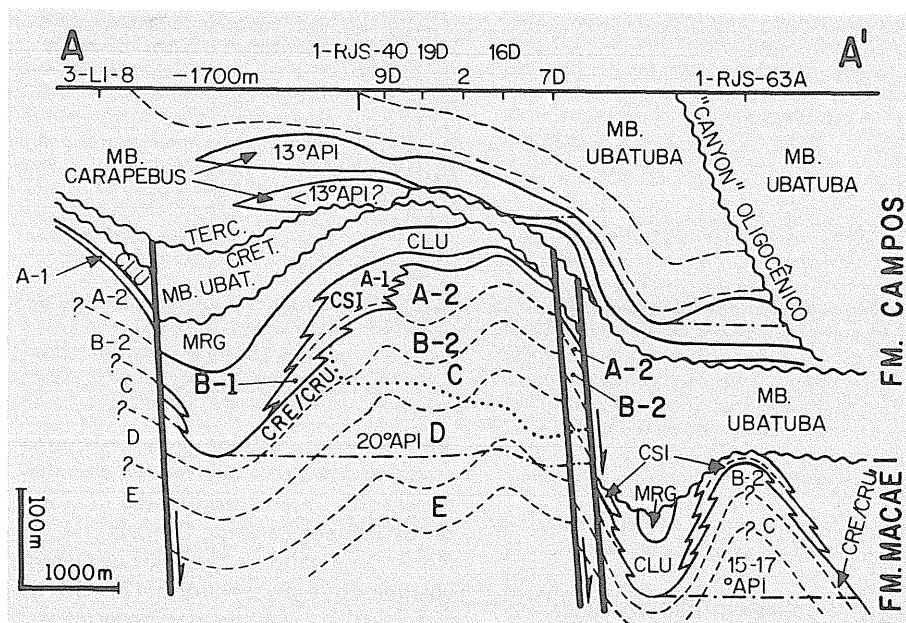


Fig. 2 - Seção geológica A-A'; localização e símbolos na figura 3.
Fig. 2 - Geological section A-A'; localization and key shown in figure 3.

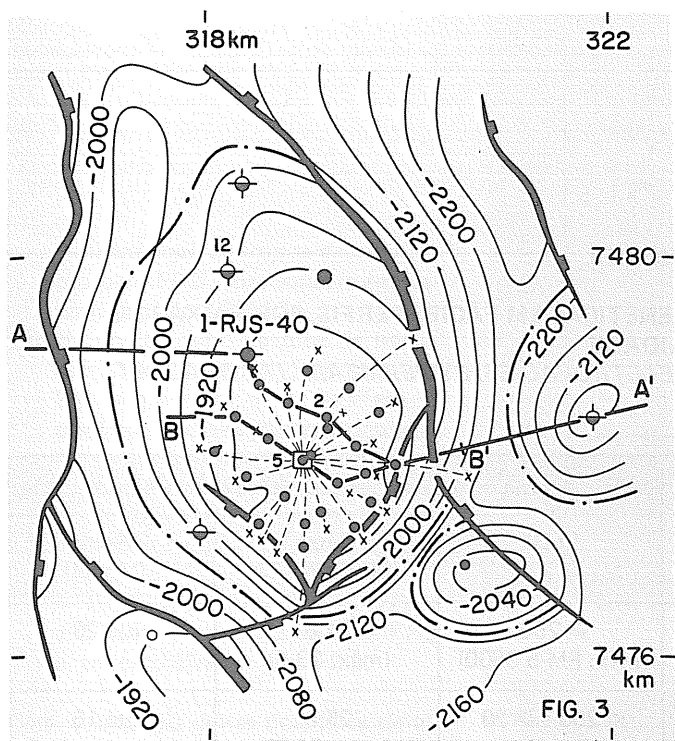


Fig. 3 - Topo do reservatório Macaé; I. C. = 40 m. Símbolos: - - - - níveis de correlação; - · - · - contato óleo/água; · · · · · topo da zona de transição; MRG = margas; CLU = calcilutitos; CSI = calcissiltitos; CRE/CRU = calcarenitos/calcirruditos; ——— seções; ● poço produtor de óleo no Macaé; ◆ produtor de óleo abandonado por logística; ⊕ produtor não-comercial de óleo; ○ produtor de óleo na Formação Lagoa Feia.

Fig. 3 - Top of Macaé reservoir; C. I. = 40 m. Key: - - - correlation levels; - · - · - oil/water contact; · · · · · top of transition zone; MRG = marls; CLU = calcilutites; CSI = calcissiltites; CRE/CRU = calcarenites/calcirrudites; ——— sections; ● Macaé oil-producing well; ◆ oil-producing well abandoned for logistic reasons; ⊕ non-commercial oil-producing well; ○ Lagoa Feia Formation oil-producing well.

gama, densidade, neutrão e resistividade, utilizaram-se as duas primeiras. Inicialmente, procedeu-se a uma análise destas duas curvas sob o aspecto de normalização.

No caso da curva de raios gama, adotou-se como referência o intervalo 5 do PM-5 (fig. 6), composto por calcarenito oolítico, razoavelmente uniforme. Eliminando-se os pontos anômalos, o valor mínimo da curva de raios gama, neste intervalo, a ser usado como padrão, é de 11,5 UAPI. O critério para a normalização se resume em: a) identificar, em cada poço, o valor mínimo da curva de raios gama no intervalo 5; e b) deslocar a curva como um todo até que este valor mínimo coincida com o de 11,5 UAPI. Nos poucos exemplos em que o intervalo 5 não ocorre com o mesmo caráter, usou-se uma camada de calcarenito oolítico de outro intervalo (facilmente reconhecível pelo baixo va-

lor de radioatividade).

Não se conseguiu uma camada que possibilitasse normalizar, satisfatoriamente, a curva do perfil de densidade. A ausência de tal camada decorre, com elevada probabilidade, das bruscas oscilações entre as percentagens das micro- e macroporosidades. No entanto, a análise da tendência de variação da porosidade média, em mapas, à luz do modelo deposicional (SPADINI & PAUMER, 1983), suporta a confiança no uso da curva de densidade não-normalizada.

Agruparam-se as fácies sedimentares, definidas por estes dois autores e ratificadas por FARIA *et alii* (1986) e SPADINI & PRAÇA (1987), em quatro grupos, designados fácies-perfis FP-1, FP-2, FP-3 e FP-4 (tabela I). O critério dessa classificação é, fundamentalmente, a capacidade de fluxo, envolvendo os conceitos de fácies deposicional e diagené-

tica.

Para definir as fácies-perfis, o reservatório foi dividido em duas partes, em razão da significativa diferença no comportamento das porosidades (BAUMGARTEN & SCUTA, 1988), com reflexos na curva de densidade, conseqüentemente (figs. 4 e 5 e tabela II).

Para separar FP-1 nos intervalos de 1 a 5 (fig. 6), incluídos na parte superior, tornou-se necessário acrescentar um segundo comando ($RG < 30$ e $\rho_b < 2,183$, fig. 4 e tabela II), em função do aumento da radioatividade no sentido do topo do reservatório. Por ausência de FP-3 na parte superior do PM-5, o limite FP-2/FP-3 foi obtido a partir dos intervalos de 6 a 8 no 3-PM-2. A ocorrência de camadas com $K < 20$ mD, neste pacote, permite associá-las aos picos de maior densidade e definir o valor de 2,31 como razoavelmente seguro para o referido limite.

A comparação do resultado da correlação rocha x perfis da parte inferior do reservatório com as fácies dos poços testemunhados proporciona dois ajustes de caráter mais qualitativo, que melhoram o grau de acerto:

1º) A classe de pontos com $\rho_b \leq 2,185$ e valores de raios gama relativamente baixos a elevados (fig. 5) pertence ao intervalo 13 (sotoposto a um corpo de calcarenitos oolíticos = FP-1), onde predominam calcarenitos peloidais com permeabilidades inferiores a 20 mD. Por outro lado, em outros poços, são freqüentes os corpos de calcarenitos oolíticos também com baixos valores de $\rho_b (\leq 2,185)$. Optou-se, então, por não se empregar o limite de $\rho_b = 2,185$ (parte inferior), definindo-se FP-1 com os comandos $RG < 20,3$ e $\rho_b < 2,315$ e FP-3 com o comando $\rho_b > 2,345$; onde o contexto mostrou respostas equivalentes às do intervalo 13, no PM-5, mudou-se a classificação de FP-1 e/ou FP-2 para FP-3.

No sentido das bordas do campo, o intervalo 13 sofre aumento de densidade e; às vezes, a correlação rocha x perfis o identifica como FP-2;

TABELA I/TABLE I

AGRUPAMENTO DAS FÁCIES DEPOSICIONAIS-DIAGENÉTICAS EM FÁCIES-PERFIS, POR FAIXAS DE PERMEABILIDADE
 DEPOSITIONAL-DIAGENETIC FACIES GROUPED IN ELETROFACIES, BY PERMEABILITY BRACKET

Fácies-Perfil	Fácies	K (mD)	ϕ (Test.) – %	
			Total (Média PM-5)	Macro (Visual)
FP-1	Domínio dos calcarenitos oolíticos; secundariamente, calcarenitos oncolíticos	≥ 250 (máx. PM-5 3800)	24,8 (máx. 33,6)	até 20
FP-2	Domínio dos calcarenitos oncolíticos; secundariamente, calcarenitos oolíticos pouco cimentados	< 250 e ≥ 20	25,6 (máx. 34,3)	até 15
FP-3	Calcarenitos microoncolíticos e peloidais e calcirruditos oncolíticos com fração microoncolítica e peloidal, bem como calcarenitos oolíticos muito cimentados e calcarenitos oncolíticos cimentados	< 20	20,7 (máx. 32,6)	até 10
FP-4	Calcissiltitos	< 2	26,7 (máx. 33,0)	0

TABELA II/TABLE II

CARACTERIZAÇÃO DAS FÁCIES-PERFIS EM PERFIS DE RAIOS GAMA (RG) E DENSIDADE (ρ_b)
 (A PARTIR DAS FIGURAS 4 E 5)
 CHARACTERIZATION OF ELETROFACIES ACCORDING TO GAMMA RAY (RG) AND BULK DENSITY (ρ_b)
 CROSSPLOTS (BASED ON FIGURES 4 & 5)

Fácies-Perfil	PM-5/Parte Sup. (1 921,8-1 979,4 m)	% Acerto	PM-5/Parte Inf. (1 979,6-2 055,4 m)	% Acerto
FP-1	1º) RG $< 21,2$ e $\rho_b < 2,275$ 2º) RG < 30 e $\rho_b < 2,183$	88	RG $< 20,3$ e $2,315 > \rho_b > 2,185$	87
FP-3	$\rho_b > 2,310$?	$\rho_b > 2,345$ ou $\rho_b \leq 2,185$	74
FP-2	restante	99	restante	69
Acerto médio		97	–	74

também aqui, alterou-se a classificação para FP-3, com suporte em testemunhos do 3-PM-12.

- 2º) Na porção basal da zona de transição (resistividades inferiores a 2/3 ohm.m²/m) e no aquífero, a diagênese torna-se muito pronunciada, prejudicando a correlação RG x ρ_b . De observações dos testemunhos, constata-se ausência de FP-1 e domínio quase total de FP-3 neste intervalo. Assim, quando $\rho_b > 2,345$ (fig. 5) e $\phi E > 21/22\%$, alterou-se a classificação para FP-2 e, em caso diverso, para FP-3.

Com o emprego destes dois tipos de alteração, o grau de acerto, no PM-5, alcança 89% para FP-1, 72% para FP-2 e 85% para FP-3, ou seja, 80% no total. No aquífero, no PM-2, o acerto de FP-3 é superior a 95%.

Os calcissiltitos (fácies-perfil FP-4) estão presentes apenas no topo do reservatório. O contato calcissiltitos/calcarenitos é muito bem definido na curva de resistividade, quando acima da zona de transição: ao passar para os calcarenitos, este parâmetro exibe grande crescimento a partir de 25/35 ohm.m²/m; o contraste de densidade, quando existe, é sutil, e o de radioatividade é praticamente ausente. Em três poços, o referido contato se situa na transição: no PM-12, testemunhado, a porosidade cresce significativamente nos calcarenitos; os outros dois poços são semelhantes ao PM-12.

No cômputo geral, a percentagem de acerto para a fácies-perfil FP-4 é de 100%, praticamente, e para as demais, superior a 80%.

Além disso, os resultados de testes subsidiaram e deram maior confiança à correlação.

Por suas características petrofísicas, inclusive de pressão capilar, as fácies-perfis FP-1, FP-2, FP-3 e FP-4 equivalem ao que LANGTON & CHIN (1968) definiram como fácies-reservatório.

3 - GEOMETRIA DOS CORPOS

A seqüência carbonática do reservatório

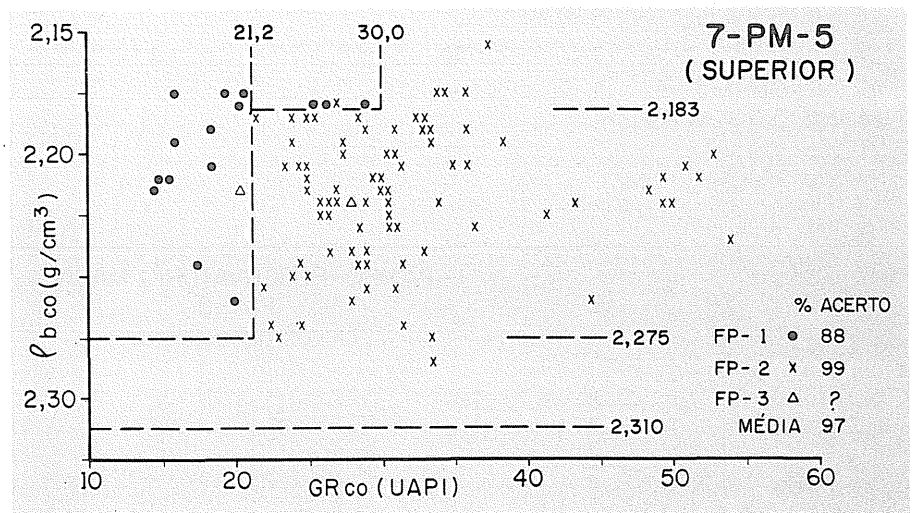


Fig. 4 - Correlação fácies x perfis (raios gama e densidade).
Fig. 4 - Facies x well log correlations (gamma ray and bulk density).

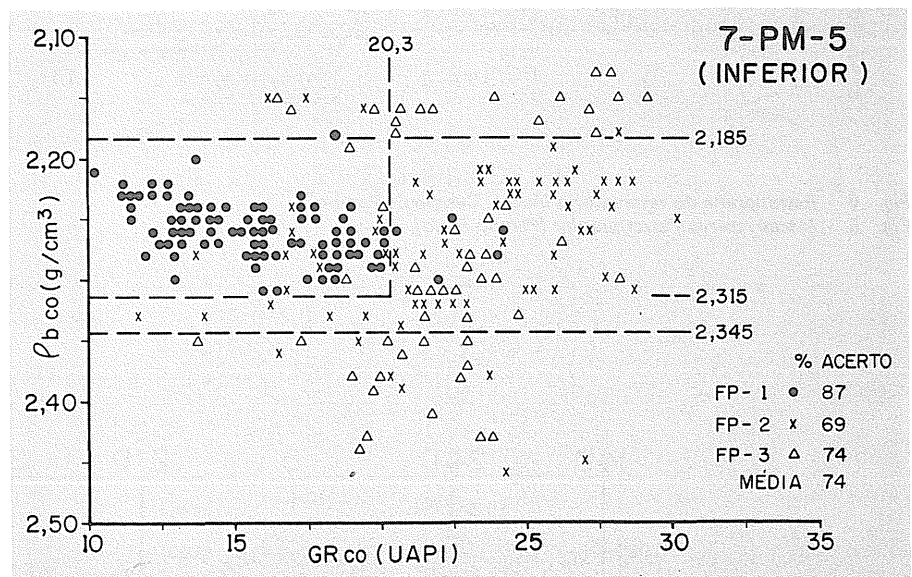


Fig. 5 - Correlação fácies x perfis (raios gama e densidade).
Fig. 5 - Facies x well log correlations (gamma ray and bulk density).

Macaé é composta por superposição de ciclos de *shoaling upward*, culminando com depósitos de calcarenitos oolíticos, que são as rochas de mais alta energia do sistema (SPADINI & PAUMER, 1983). Conjuntos de pequenos ciclos, formando ciclos maiores, têm caráter marcante e podem ser rastreados ao longo do campo. Este critério proporcionou a subdivisão dos intervalos A e B (fig. 2) em 13 intervalos, cujos limites correspondem a delimitações de ciclos deposicionais (fig. 6).

O intervalo ou ciclo número 13, composto, predominantemente, por calcarenitos peloidais, resultou de um importante episódio de afogamento geral da área,

marcando o final de uma fase tectono-sedimentar. Até então, o crescimento das barras de calcarenitos oolíticos constituía uma resposta a esforços de ascensão pouco expressivos, relacionados ao que FIGUEIREDO *et alii* (1983) chamaram de almofadas de sal. As barras desenvolvidas nesta fase têm distribuição aleatória.

Durante a deposição dos intervalos de 12 a 1 (fig. 6), os esforços ascensionais da tectônica salífera passaram a concentrar-se em áreas específicas, uma das quais é a do Campo de Pampo. A estrutura passou a se desenvolver expressivamente (até então, provavelmente, a evolução era incipiente), acompanhada por

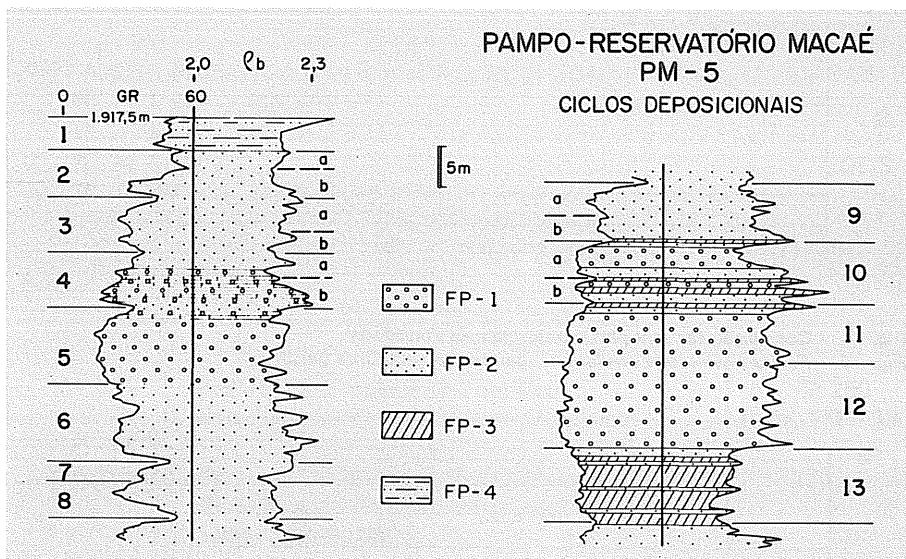


Fig. 6 - Estratigrafia do reservatório Macaé, Campo de Pampo.
Fig. 6 - Macaé reservoir stratigraphy (Pampo Field),

profunda variação de fácies, sobretudo a oeste e leste. Nesta faixa do campo, originou-se a falha que aí o delimita (fig. 3), contemporaneamente à deposição do "Macaé Superior" e da Formação Campos cretácica.

A interpretação da mudança lateral de calcissiltitos para calcilitos encontra suporte em: a) indiretamente, quando se constata que cerca de 60 m de coluna de calcarenitos no PM-24D gradam a calcissiltitos no PM-14D, em 420 m de afastamento (fig. 7); e b) diretamente, por correlação dos poços EN-6 e EN-9D do Campo de Bonito (BAUMGARTEN *et alii*, 1984; BAUMGARTEN, 1986). Não se tem certeza, contudo, se o intervalo de calcissiltitos chega a zero, como aqui interpretado.

O contato entre as partes superior e inferior, em que o reservatório foi dividido para a correlação fácies x perfis,

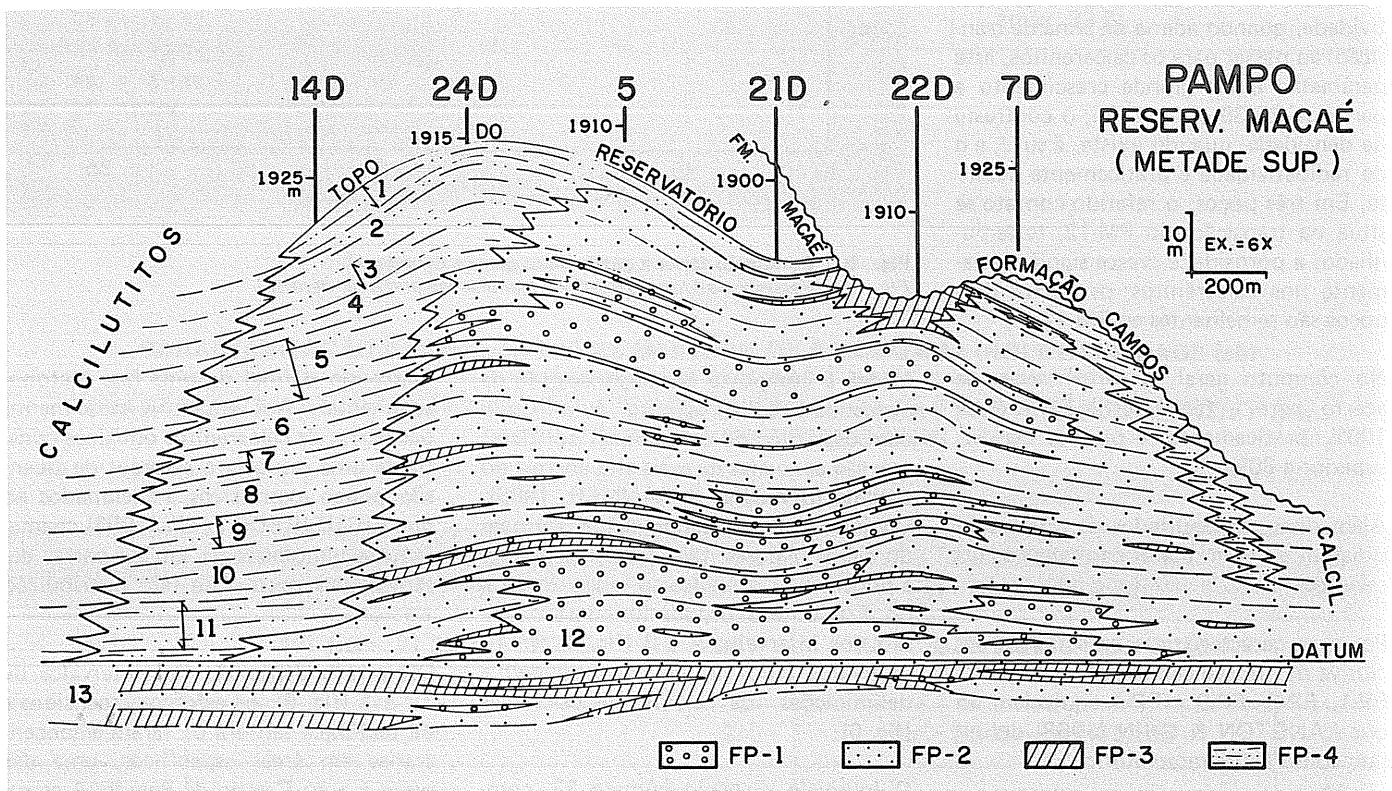


Fig. 7 - Seção estratigráfica B-B'; as menores espessuras de FP-3 estão exageradas; 1 a 13 - ciclos deposicionais; localização na figura 3.
Fig. 7 - Stratigraphic section B-B'; smallest thicknesses of FP-3 have been enlarged; 1 to 13 - depositional cycles; localization shown in figure 3.

coincide com uma camada de crosta submarina (FARIA *et alii*, 1986), ou nível equivalente, caracterizada por elevada densidade (fig. 6 – pico mais pronunciado no intervalo 10).

No decorrer da história deposicional do pacote correspondente ao reservatório Macaé, as condições propícias à formação de barras de calcarenitos oolíticos atingiram maior área quando da sedimentação do ciclo 12 (fig. 8A). Desde então, as barras começaram a sofrer um processo cíclico de afogamento cada vez mais restritivo, ocorrendo uma reversão durante o ciclo 5, onde a barra correspondente voltou a ocupar área mais ampla (figs. 8B, 9A e 9B). A partir deste momento, o processo retornou à tendência restritiva (fig. 9C), que culminou com o afogamento total da área, ao final do ciclo 2, onde as barras de calcarenito oolítico são extremamente reduzidas (fig. 7, PM-7D). Seguiu-se a deposição dos calcissiltitos e, posteriormente, dos calcilitos e margas do "Macaé Superior".

Localmente, o afogamento das barras (limite entre ciclos) não cobriu todo o campo, permitindo a amalgamação de corpos de calcarenitos oolíticos – FP-1 (figs. 6 e 7 – intervalos 11/12).

Nos ciclos 2, 3 e 9, além do 4 (fig. 9C) e do 10 (fig. 8B), foi possível o mapeamento de dois corpos de FP-1. As espessuras de FP-1, mapeadas, às vezes englobam mais de um corpo (fig. 6 – intervalo 4).

Com freqüência, as variações laterais de fácies se tornam bruscas (figs. 9A, 10 e 11). Entre os poços PM-5 e PM-26D, essa mudança se processa em decorrência tanto da sedimentação como da diagênese; as camadas de FP-3 com baixos valores de raios gama equivalem a calcarenitos oolíticos cimentados. Por outro lado, a variação de fácies entre o PM-2 e o PM-11D é predominantemente sedimentar; algumas camadas de calcarenito oolítico pouco cimentadas correspondem à FP-2.

Nos intervalos de 1 a 13, os calcarenitos oolíticos são quase totalmente engloba-

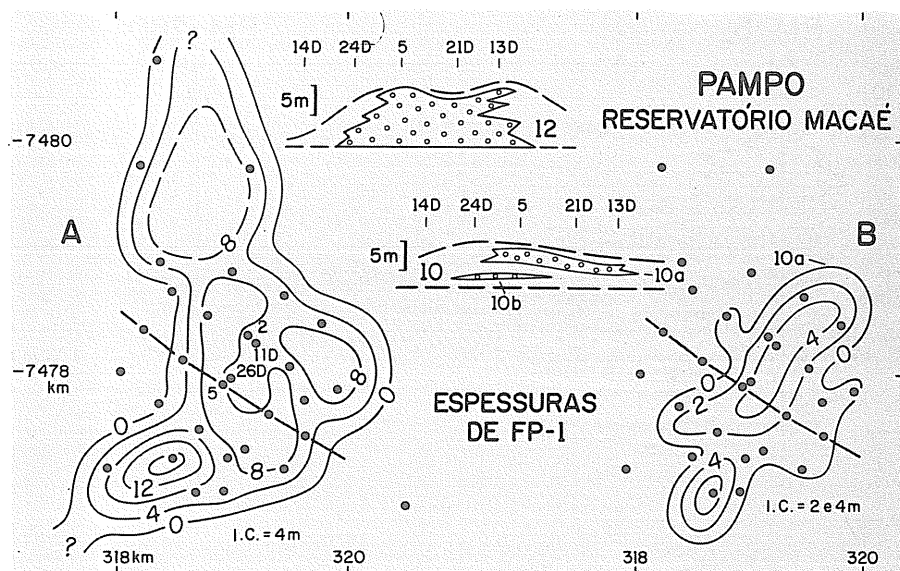


Fig. 8 - Mapas de espessura da fácies-perfil FP-1 dos ciclos 12(A) e 10a(B) e respectivas seções estratigráficas (exagero = 50x).

Fig. 8 - Thickness maps for FP-1, cycles 12(A) and 10a(B) and respective stratigraphic sections (enlargement = 50x).

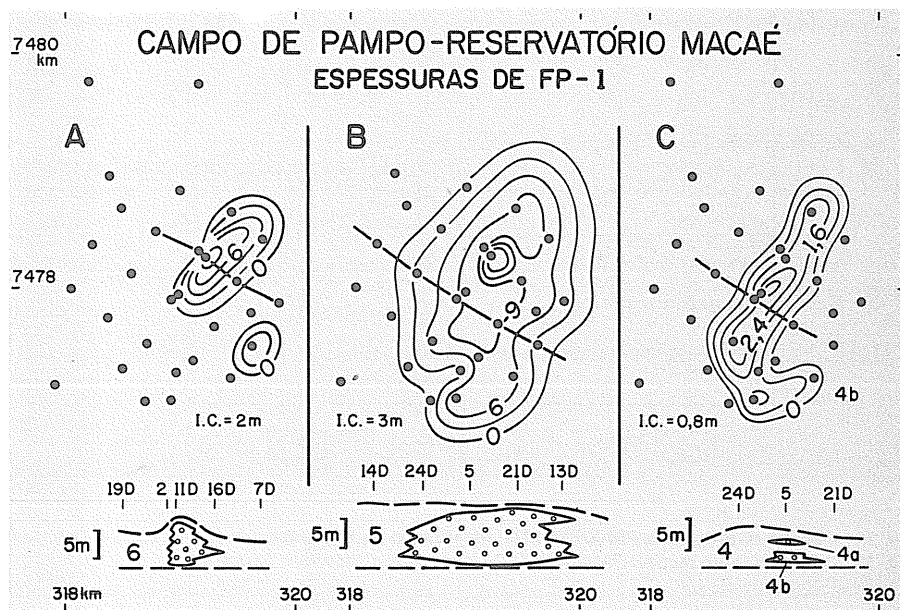


Fig. 9 - Mapas de espessura da fácies-perfil FP-1 dos ciclos 6(A), 5(B) e 4b(C) e respectivas seções estratigráficas (exagero = 50x).

Fig. 9 - Thickness maps for FP-1, cycles 6(A), 5(B), and 4b(C) and respective stratigraphic sections (enlargement = 50x).

dos pela fácies-perfil FP-1, uma vez que o grau de cimentação em geral é baixo. Assim, os corpos de FP-1 refletem as barras de calcarenitos oolíticos com boa fidelidade. Abaixo do ciclo 13, esta afirmativa torna-se menos verdadeira, em função do aumento do processo diagenético.

A área ao redor do PM-22D é a única em que os calcarenitos foram atingidos pela discordância pós-Formação Macaé (fig. 7). A ação erosiva propiciou ampla

cimentação destas rochas, alterando a fácies-perfil de FP-2 para FP-3.

A meta de simular, geologicamente, o reservatório Macaé será alcançada nas seguintes fases: a) complemento do trabalho no restante do reservatório; e b) tratamento estatístico. Para caracterizar os corpos de FP-1 na porção basal (intervalos C, D e E – fig. 2), a metodologia deverá ser alterada. Aqui, apenas a barra situada logo abaixo do intervalo 13 (fig. 10) tem expressividade análoga à

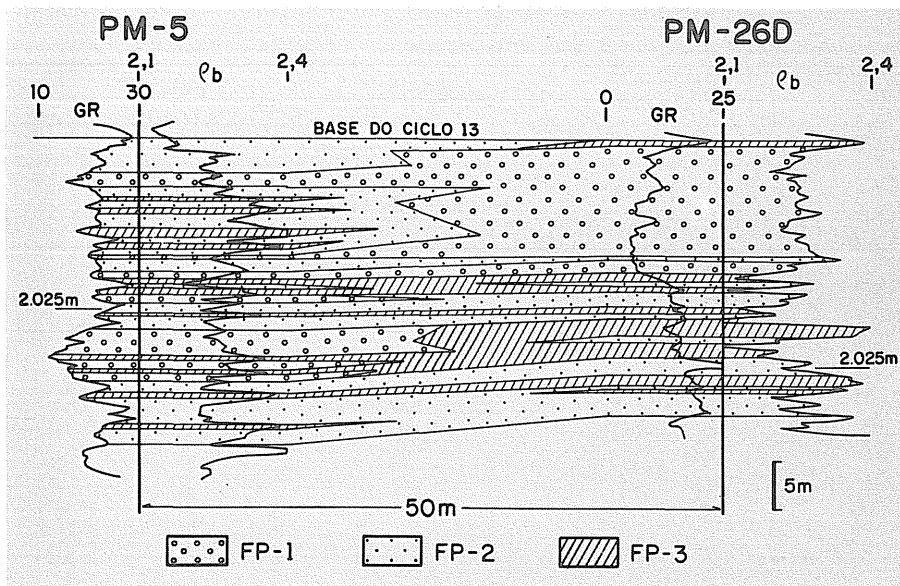


Fig. 10 - Seção estratigráfica PM-5/PM-26D; localização na figura 8A.
Fig. 10 - Stratigraphic section PM-5/PM-26D; localization shown in figure 8A.

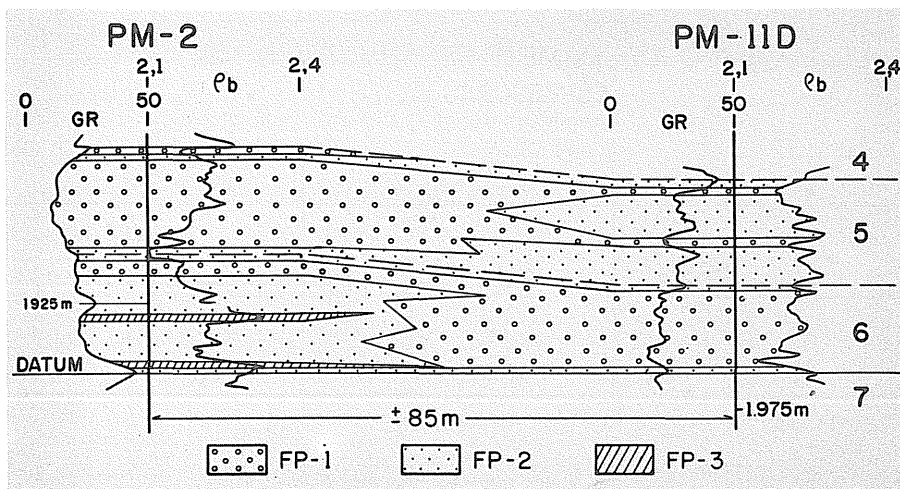


Fig. 11 - Seção estratigráfica PM-2/PM-11D; localização na figura 8A.
Fig. 11 - Stratigraphic section PM-2/PM-11D; localization shown in figure 8A.

dos intervalos 5, 11 e 12 (figs. 7, 8A e 9B). Este evento, provavelmente, representa uma transição para a mudança tectono-sedimentar antes mencionada. As demais barras têm menor espessura, pequena extensão (em geral inferior ao espaçamento dos poços) e maior frequência de amalgamação.

Quanto à estatística, o tratamento também será diferenciado. Na porção superior (ciclos de 1 a 13), a colaboração ocorrerá principalmente na distribuição dos corpos de FP-3, já que a maioria dos corpos de FP-1 são mapeáveis. Em geral, os corpos de FP-3 têm dimensão maior, da ordem de unidades a dezenas de metros, alcançando, às vezes, como no caso da crosta submarina, acima citada, mais

de um espaçamento entre poços (fig. 7, intervalo 10); no ciclo 13, a fácies-perfil FP-3 cobre praticamente todo o campo. O tratamento estatístico adquirirá maior importância no estudo da porção basal do reservatório, tanto para os corpos de FP-3 como de FP-1.

CONCLUSÕES

- Tendo como critério a capacidade de fluxo, agruparam-se as fácies deposicionais-diagenéticas em quatro categorias de fácies-perfis (= fácies-reservatório), com um índice de acerto superior a 80%;
- O ciclo deposicional número 13 (calcarenitos peloidais na porção média do reservatório) constitui um impor-

tante episódio de afogamento geral da área de Pampo, marcando o final de uma fase tectono-sedimentar;

- O registro estratigráfico, após este episódio, contém, pelo menos, 12 ciclos deposicionais de ocorrência ampla no campo, mapeáveis. Esta ciclicidade é uma resposta à evolução da estrutura e aos sucessivos afogamentos da área;
- As barras de calcarenitos oolíticos, mapeáveis em geral individualmente, sofreram redução gradativa até o afogamento final da área; uma pausa na tendência restritiva ocasionou a expansão da barra durante o ciclo 5. A barra mais expressiva, pertencente ao ciclo 12, tem cerca de 6,5 km² de área e 17,5 m de espessura máxima, enquanto, para a barra de menor dimensão, estes valores são da ordem de 0,03 km² e 0,8 m, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMGARTEN, C. S. 1986. Campo de Bonito: Relacionamento Tectônica-Sedimentação do Albiano ao Eoceno. *B. Técn. PETROBRÁS*, 29 (4): 261-9.
- BAUMGARTEN, C. S. & SCUTA, M. S. 1988. Ajuste de Porosidade no Reservatório Macaé, Campo de Pampo, Bacia de Campos. *B. Geo. PETROBRÁS*, 2 (1): 3-12.
- BAUMGARTEN, C. S. et alii. 1984. *Projeto Bonito*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. DEPEX. DEPRO. CENPES. Relatório não publicado. 167 p.
- FARIA, R. T.; MENEZES, A. C. L.; SPADINI, A. R. 1986. *Estudo faciológico e de reservatório dos calcários Macaé no Poço 7-PM-5-RJS*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES. Relatório não publicado. 41 p.
- FIGUEIREDO, A. M. F. et alii. 1983. *Fatores que controlam a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos (com ênfase nos arenitos turbidíticos)*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. DEPEX. Relatório não publicado. 135 p.
- LANGTON, J. R. & CHIN, G. E. 1968. Rainbow member facies and related reservoir properties, Rainbow Lake,

Alberta. *Bull. Canadian Petroleum Geology*, 16 (1): 104-43.
SPADINI, A. R. & PAUMER, M. L. 1983. *Os Reservatórios Macaé no Campo de Pampo*; O meio poroso e

sua relação com as fácies deposicionais e a diagênese. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES. Relatório não publicado. 114 p.
SPADINI, A. R. & PRAÇA, U. M. 1987.

Análise sedimentológica e de reservatório da Formação Macaé no Poço 3-PM-12-RJ. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES. Relatório não publicado. 30 p.

EXPANDED ABSTRACT

The Pampo offshore oil field is located in the Campos Basin, state of Rio de Janeiro. Among the basin's shallow water fields (water depth under 200 m), the Pampo ranks first in terms of O. I. P., when all field accumulations are taken into account ($254.6 \times 10^6 \text{ m}^3$), and second if only the Macaé (Late Albian) accumulation is considered ($179.195 \times 10^6 \text{ m}^3$). Again considering the Macaé accumulation alone, the field ranks third in recoverable oil volume ($26.178 \times 10^6 \text{ m}^3$).

Thirty wells have been drilled in the 22 km^2 oil-bearing area, 26 of which lie along a $400 \times 400 \text{ m}$ square grid in the 3 km^2 central part of the field. This relatively high well density affords reasonably accurate definitions of carbonate body dimensions, according to depositional-diagenetic facies. Corresponding eletrofacies are defined in wells where available core data may be

used for model validation.

Based on gamma ray versus bulk density crossplots, four eletrofacies were defined: FP-1 (eletrofacies 1) – oolitic calcarenites, where $K \geq 250 \text{ mD}$; FP-2 – oncolitic calcarenites, where $20 \leq K < 250 \text{ mD}$; FP-3 – microoncolitic and peloidal calcarenites and calcirrudites, where $K < 20 \text{ mD}$; and FP-4 – calcissiltites, where $K < 2 \text{ mD}$. In more than 80% of the cases, the eletrofacies match the available core data.

These four eletrofacies take into account the flow capacity concept, in addition to petrographic characteristics. In this case, the eletrofacies may be taken as an indirect characterization of reservoir facies. This means that a body, or part of a body, of oolitic or oncolitic calcarenite may be classified as FP-2 or FP-3 and as FP-3, respectively, depending on

cementation intensity.

During deposition of the upper half of the Macaé reservoir, tectonic and sedimentary evolution led to the superposition of shoaling upward cycles, each one generally ending with oolitic calcarenites. Successive relative sea-level oscillations caused by salt tectonic events generated 13 mappable depositional cycles.

The area of deposition of the oolitic calcarenite bodies was reduced gradually from cycle 12 to cycle 1, preceeding deposition of the calcilutite caprock. The largest oolitic calcarenite body, with an area of 6.5 km^2 and a maximum thickness of 17.5 m, belongs to cycle 12. The smallest body mapped, with an area of 0.03 km^2 and a maximum thickness of 0.8 m, belongs to cycle 2.

