

MODELO TECTONO-SEDIMENTAR DO CAMPO DE CEXIS, BACIA DO RECÔNCAVO

*TECTONO-SEDIMENTARY MODEL OF THE CEXIS FIELD,
RECÔNCAVO BASIN*

Adroaldo Mendes Camões⁽¹⁾

RESUMO — A observação de seções geológicas e mapas estruturais do Campo de Cexis sugere a existência, naquela área, de dois sistemas principais de falhamentos, que, embora distintos, guardam estreita relação genética entre si. O primeiro é representado por falhas normais, rígidas e semiplanares, que afetam toda a seqüência pré-rift e a parte inferior da seqüência rift, com direções preferenciais NE-SW e NW-SE, mergulhando, respectivamente, para SE e NE. O segundo é composto por falhas lístricas sindeposicionais, que afetam exclusivamente os sedimentos da fase rift, com provável superfície assintótica de descolamento próxima ao topo da seqüência pré-rift. Quando observadas em conjunto, as falhas lístricas guardam certo paralelismo com as falhas de idade pré-rift com direção NE-SW e, como estas, também mergulham preferencialmente para SE, sugerindo forte influência da estruturação pretérita sobre a origem e a disposição espacial das falhas lístricas mais jovens. Os melhores reservatórios do campo são compostos por subarcósis e sublarenitos de médios a grosseiros, representantes de um complexo turbidítico de direção NW-SE, que se implantou no Lago Recôncavo durante o Andar Rio da Serra Médio. Suas mais importantes acumulações ocorrem nos blocos baixos de falhas lístricas sindeposicionais, associadas a anticlinais de compensação. As conseqüências imediatas da concentração de esforços na exploração desse novo prospecto no campo foram o aumento significativo da produção de óleo e o elevado incremento do volume de óleo *in place*.

(Originais recebidos em 10.09.87.)

1 — INTRODUÇÃO

Com aproximadamente 18 km², ainda em fase de delimitação, o Campo de Cexis localiza-se entre os campos de Candeias, Massuí e Massapê, distando cerca de 35 km ao norte de Salvador. Geologicamente, está situado no Baixo Estrutural de Camaçari (compartimento sul da Bacia do Recôncavo), mergulho abaixo em relação à charneira do Membro Gomo e ao sistema de falhas de Candeias (fig. 1).

A primeira ocorrência comercial de hidrocarbonetos no campo data de 1966, com a perfuração do pioneiro 4-CX-1-BA, em cumprimento a um programa exploratório que visava testar áreas adjacentes ao Campo de Candeias. Na época, este poço mostrou-se surgente, produzindo dos folhelhos fraturados do Membro Gomo, situação que perdu-

rou por quase 20 anos.

Os reservatórios turbidíticos do sistema de Cexis, responsável por sua atual produção de hidrocarbonetos, só foram descobertos em 1982 pelo poço 4-CX-7-BA, ao ser testada uma estrutura dômica, mapeada pela sísmica ao nível de um refletor equivalente ao topo da quarta zona do Campo de Candeias (AGLE *et alii*, 1979).

Até o presente, foram perfurados 31 poços na área, dos quais 27 resultaram produtores comerciais de óleo, dois de gás e apenas dois secos.

Este trabalho apresenta o quadro em que se encontra a interpretação geológica do Campo de Cexis, enfatizando os diversos estágios por que passou sua interpretação estrutural-estratigráfica, até atingir a presente configuração.

1 - Setor de Geologia de Desenvolvimento II, Divisão Regional de Geologia de Desenvolvimento, Distrito de Exploração da Bahia, Departamento de Exploração.

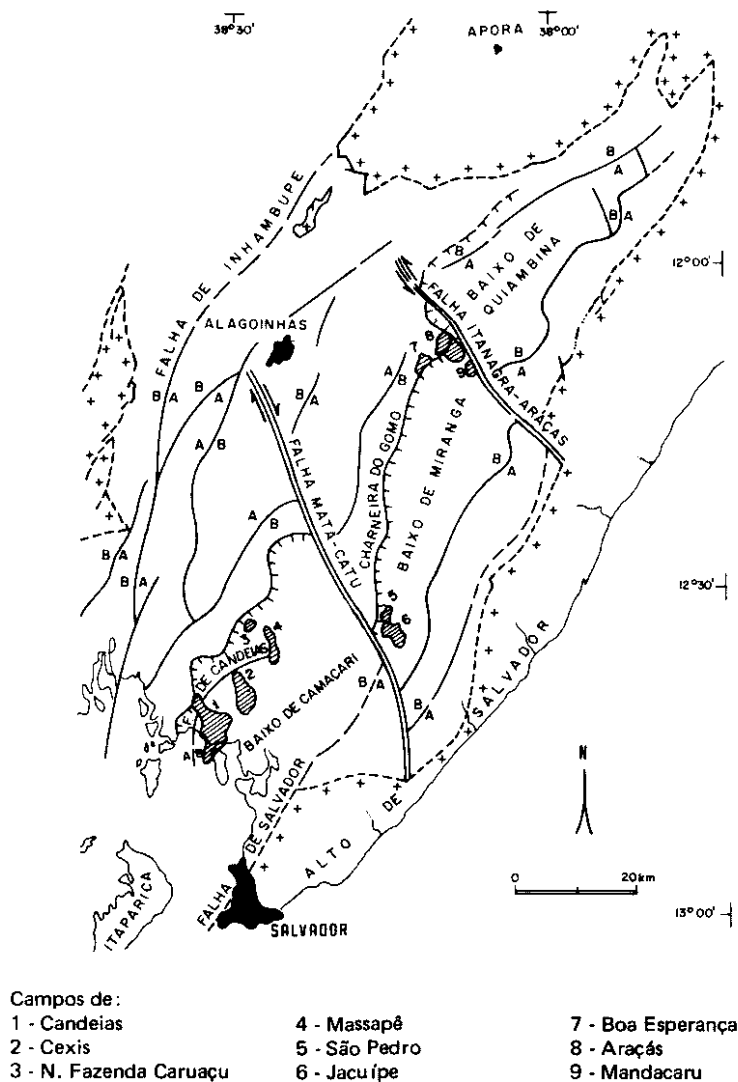


Fig. 1 - Arcabouço estrutural da Bacia do Recôncavo.

2 - ESTRATIGRAFIA

A coluna estratigráfica observada na área é a clássica estabelecida para a Bacia do Recôncavo (VIANA *et alii*, 1971; fig. 2), sendo composta, em sua base, pelos sedimentos neojurássicos das formações Aliança e Sergi, sobrepostos pelos sedimentos eocretácicos das formações Itaparica, Candieiras, Marfim, Pojuca e São Sebastião. Os principais reservatórios do campo estão praticamente confinados ao Membro Gomo da Formação Candieiras, sendo os mesmos representados por uma sucessão de eventos turbidíticos que se desencadearam no então Lago Recôncavo, durante o Andar Rio da Serra Médio (figs. 1, 2 e 3).

Estes eventos turbidíticos estão representados por ciclos sedimentares, que foram agrupados operacionalmente em duas seqüências arenosas principais (superior e inferior), separadas por um pacote espesso de folhelhos de baixa resistividade e boa continuidade lateral no campo, cuja base caracteriza o "marco X" (fig. 3). Este marco tem-se mostrado de fundamental importância na elaboração dos modelos estruturais do campo (CAMÕES & RIGUEIRA, 1987).

3 - CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL - EVOLUÇÃO INTERPRETATIVA

Até 1982, época da perfuração do poço

4-CX-7-BA, todos os prospectos no Campo de Cexis eram representados por feições estruturais interpretadas com base num modelo de falhas rígidas e semi-planares, que cortavam tanto os sedimentos neojurássicos da seção pré-rift como os eocretácicos representantes das atividades tafrogênicas na Bacia do Recôncavo (AGLE *et alii*, 1979; fig. 4).

Nos primórdios do desenvolvimento do campo, a interpretação estrutural-estratigráfica detalhada do perfil *dipmeter* registrado no poço 4-CX-7-BA (fig. 5), aliada à revisão de seções sísmicas mais antigas (a exemplo da linha 31-RL-104), permitiu vislumbrar a existência de um novo sistema de falhas, diverso daquele até então conhecido, e que era composto essencialmente por falhas lístricas, intimamente relacionadas aos processos de formação do rift e aos episódios sedimentares que permitiram a introdução de sedimentos terrígenos grosseiros no então Lago Recôncavo.

Sentiu-se, então, a necessidade de se elaborar um modelo tectono-sedimentar mais refinado, que permitisse melhor orientar o desenvolvimento e a delimitação do campo. Com este objetivo, foi promovido um trabalho conjunto entre geólogos de desenvolvimento e geofísicos, visando a uma reinterpretação detalhada da área, contando com o auxílio de novas linhas sísmicas, especificamente programadas. À luz de novos conceitos tectônicos (HOBBS *et alii*, 1976; GIBBS, 1984; SHELTON, 1984; DAVISON, 1987) e da reinterpretação de dados de poços e de linhas sísmicas como a 26-RL-964 (figs. 6 e 7), pôde-se, então, apresentar a nova configuração estrutural atribuída ao Campo de Cexis, onde foram diferenciados dois sistemas distintos de falhamentos.

O primeiro é representado por falhas normais, subverticais, rígidas e semi-planares, que afetam os sedimentos da seqüência pré-rift e a parte inferior da seqüência rift. Estas falhas, sintéticas em sua grande maioria, apresentam direção preferencial para NE-SW e mergulho para SE, separando blocos geralmente basculados em direção ao depocentro da bacia. Localmente, apresentam rejeitos variáveis, atingindo até 600 metros nas

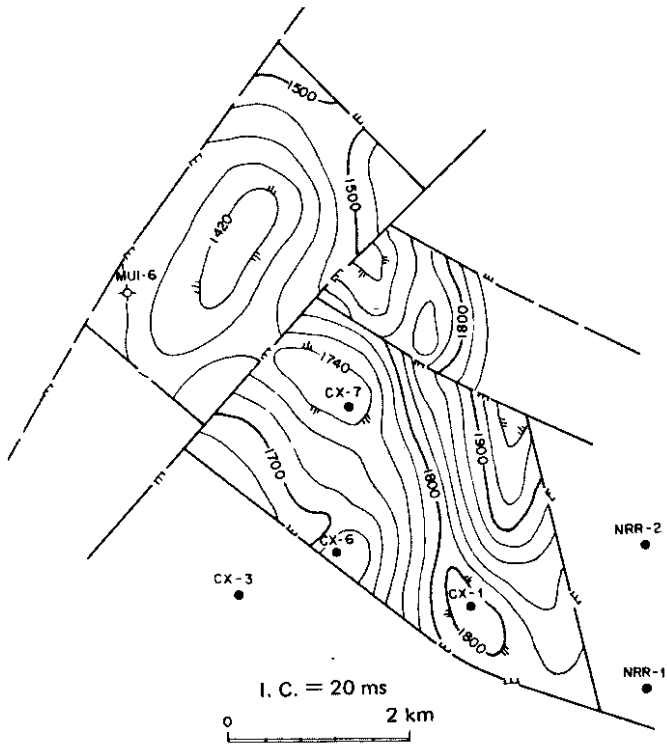


Fig. 4 - Mapa estrutural sísmico. Horizonte próximo ao topo da quarta zona (AGLE, 1982).

circunvizinhanças do campo, podendo ter sido reativadas ao longo da história da formação do Gráben do Recôncavo. Um subsistema menos proeminente, com falhas de direção NW-SE, mergulho para NE e rejeitos menos expressivos, também é observado nos mapas estruturais sísmicos da área (figs. 4, 6 e 7).

O segundo sistema é representado por falhas lítricas que, preferencialmente, mergulham para E-SE, estando quase sempre associadas a anticlinais de compensação. Aparentemente, estas falhas estão limitadas aos sedimentos da fase *rift*, com maior expressão dentro do Andar Rio da Serra Médio e com superfície assintótica de descolamento próxima ao topo do Andar Rio da Serra Inferior (figs. 6, 7 e 9).

Quando observadas em conjunto (fig. 8), as falhas lítricas guardam certo paralelismo com os falhamentos de idade pré-*rift* de direção NE-SW e, como estes, também mergulham para SE.

Acredita-se que a origem de parte destas falhas lítricas tenha sido facilitada pelo

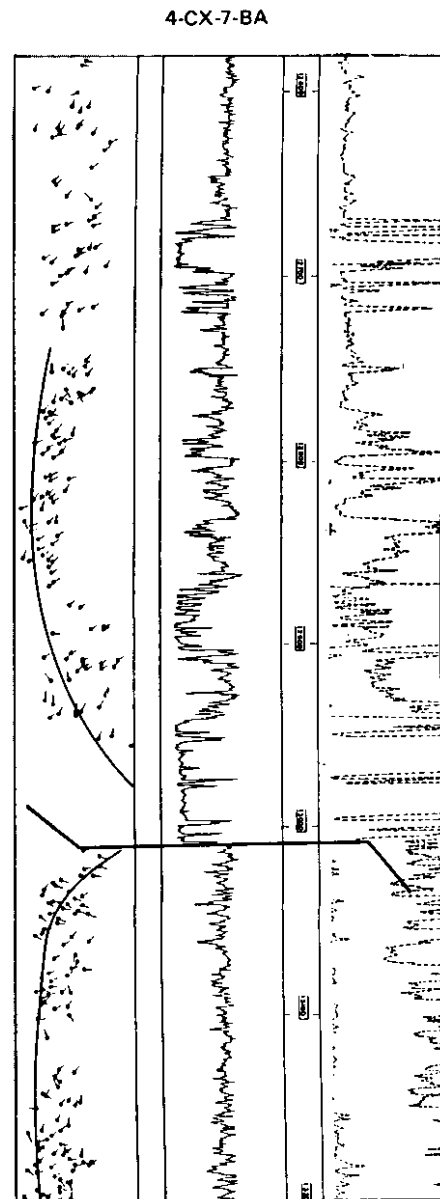


Fig. 5 - Interpretação estrutural do perfil *dipmeter*, evidenciando a associação de uma falha lítrica que mergulha para leste, com a ocorrência de sedimentos grossos em seu bloco baixo.

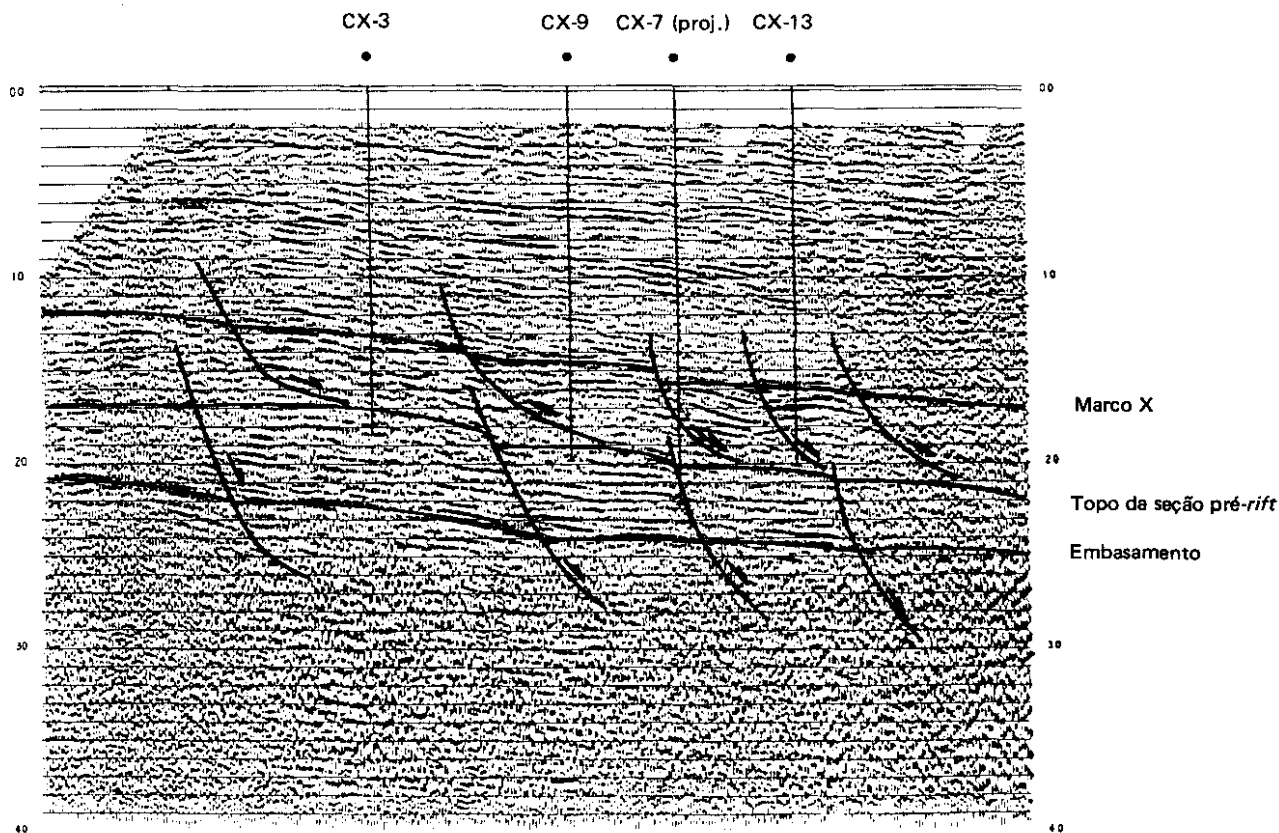


Fig. 6 - Seção sísmica 26-RL-964, representativa do Campo de Cexis.

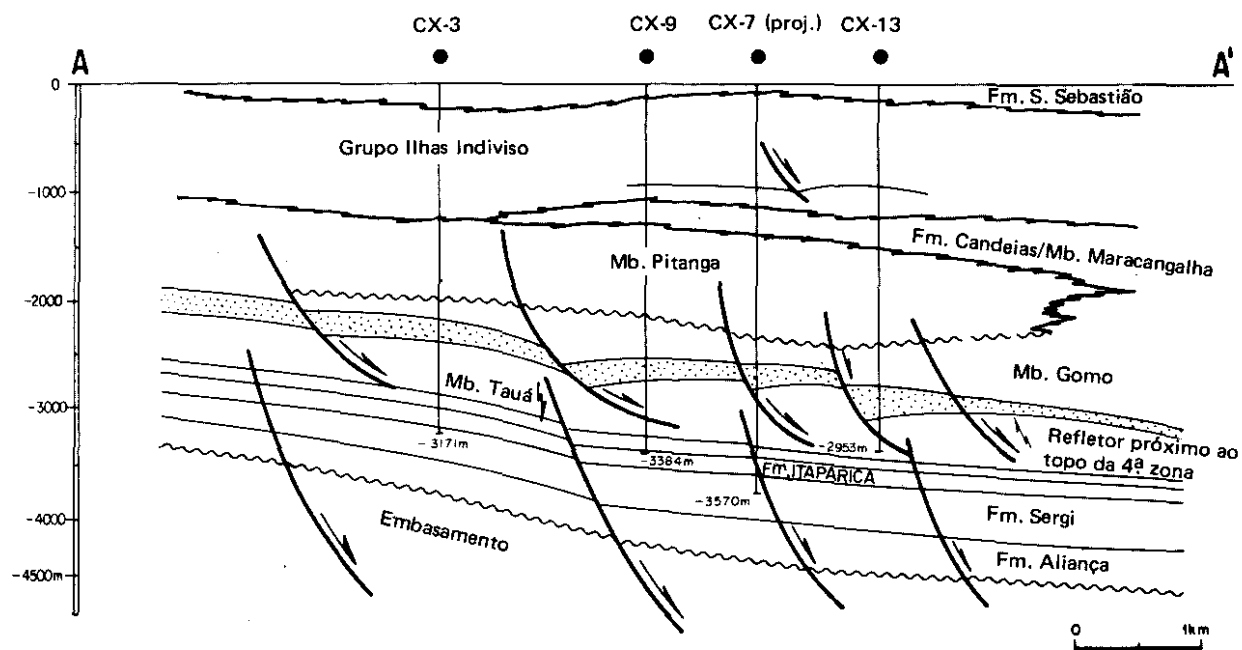


Fig. 7 - Seção geológica baseada na linha sísmica 26-RL-964 e em dados de poços. Localização: vide figura 13.

acúmulo de sedimentos rígidos, mais grosseiros e mais densos, sobre rochas de comportamento dúctil, associado à ocorrência de heterogeneidades no substrato. No Campo de Cexis, teria sido muito importante a presença de um assoalho inclinado e de linhas de charneira que seriam relíquias de falhas de idade pré-rift, que poderiam ter sido reativadas (figs. 1, 6, 7 e 8). Finalmente, a ocorrência de falhas lístricas em locais onde, aparentemente, não houve acúmulo de sedimentos mais densos sobre rochas dúcteis pode ter resultado da ação da gravidade, que teria forçado os sedimentos mais plásticos a deslizarem mergulho abaixo (SCHALLER & DAUZACKER,

1985).

4 – MODELO TÉCTONO-SEDIMENTAR

4.1 – Síntese

Estudos regionais e de detalhe, fundamentados na análise de dados sísmoestratigráficos, sedimentológicos, geoquímicos, paleontológicos e de produção (TRINDADE, 1985; PEREIRA, 1986; CAMÕES & RIGUEIRA, 1987; CUPERINO & MEDRADO, 1987), indicam que os arenitos do Membro Gomo no Campo de Cexis representam um complexo turbidítico de direção NW-SE,

que teve origem a montante do sistema de falhas de Candeias, implantando-se nas partes mais profundas da bacia durante o Andar Rio da Serra Médio (figs. 9, 10, 11 e 12). Formaram-se, então, falhas sindeposicionais, lístricas, cujos blocos baixos constituíram eficientes sítios de captação de sedimentos grosseiros, que vieram a se converter nos melhores reservatórios do campo (fig. 9). Nestas análises, foi de fundamental importância a determinação dos sentidos de paleocorrentes, por meio da interpretação estratigráfica detalhada do perfil *dipmeter* registrado no poço 4-CX-7-BA (figs. 10 e 11).

A concepção desse novo modelo tectono-sedimentar, aliada à determinação dos sentidos das paleocorrentes, permitiu a exploração de áreas mais distantes daquelas já conhecidas nas vizinhanças do 4-CX-7, culminando com a descoberta das acumulações onde foram perfurados os poços 3-CX-12, 4-CX-13 e 3-CX-26 (figs. 12 e 13), responsáveis pela extensão do campo para sul, nordeste e sudeste, respectivamente.

Reintegrando-se os dados sísmicos com as novas informações de subsuperfície, elaborou-se um mapa estrutural mais amplo ao nível do "marco X" (fig. 13), onde estão claramente delineadas as atuais configurações estruturais dentro do Andar Rio da Serra Médio/Superior no Campo de Cexis.

4.2 – Aplicação Prospectiva

Graças à concentração dos esforços na pesquisa e exploração desse novo modelo, o desenvolvimento do Campo de Cexis experimentou um sensível avanço, facilmente observável a partir de suas curvas de produção. De fato, a produção de óleo subiu de 200 m³/mês, em meados de 1983, para 9 500 m³/mês no primeiro semestre de 1987. Os volumes de óleo *in place*, por seu turno, experimentaram um incremento não menos expressivo, passando de 0,082 para 7,009 milhões de m³ de óleo no mesmo período (figs. 14 e 15).

Observando-se as relações espaciais entre o arcabouço estrutural da Bacia do Re-

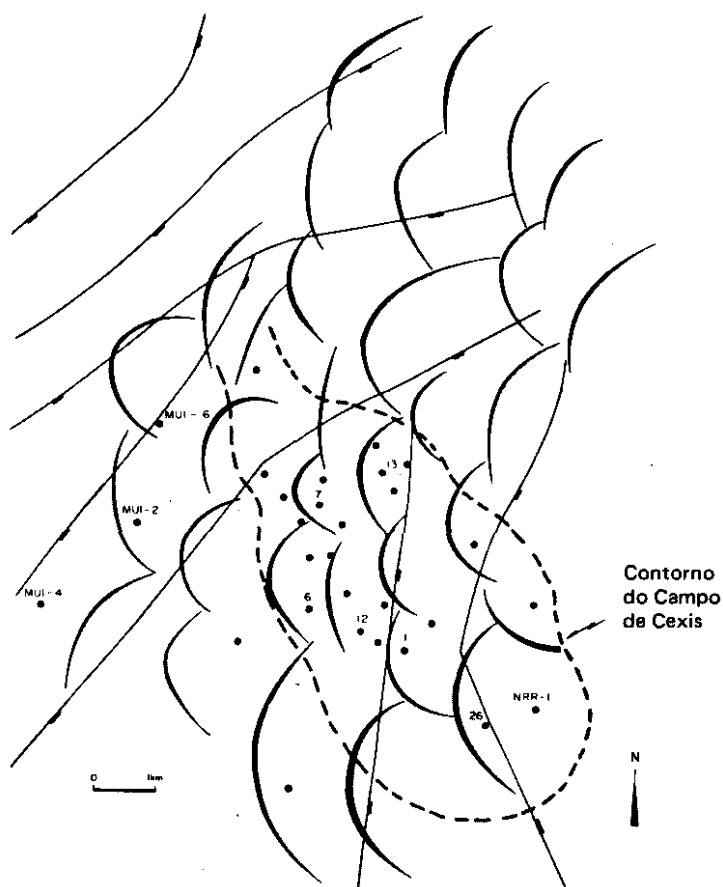


Fig. 8 - Mapa integrado mostrando o inter-relacionamento dos sistemas de falhas rift (lístricas) e pré-rift (semiplanares).

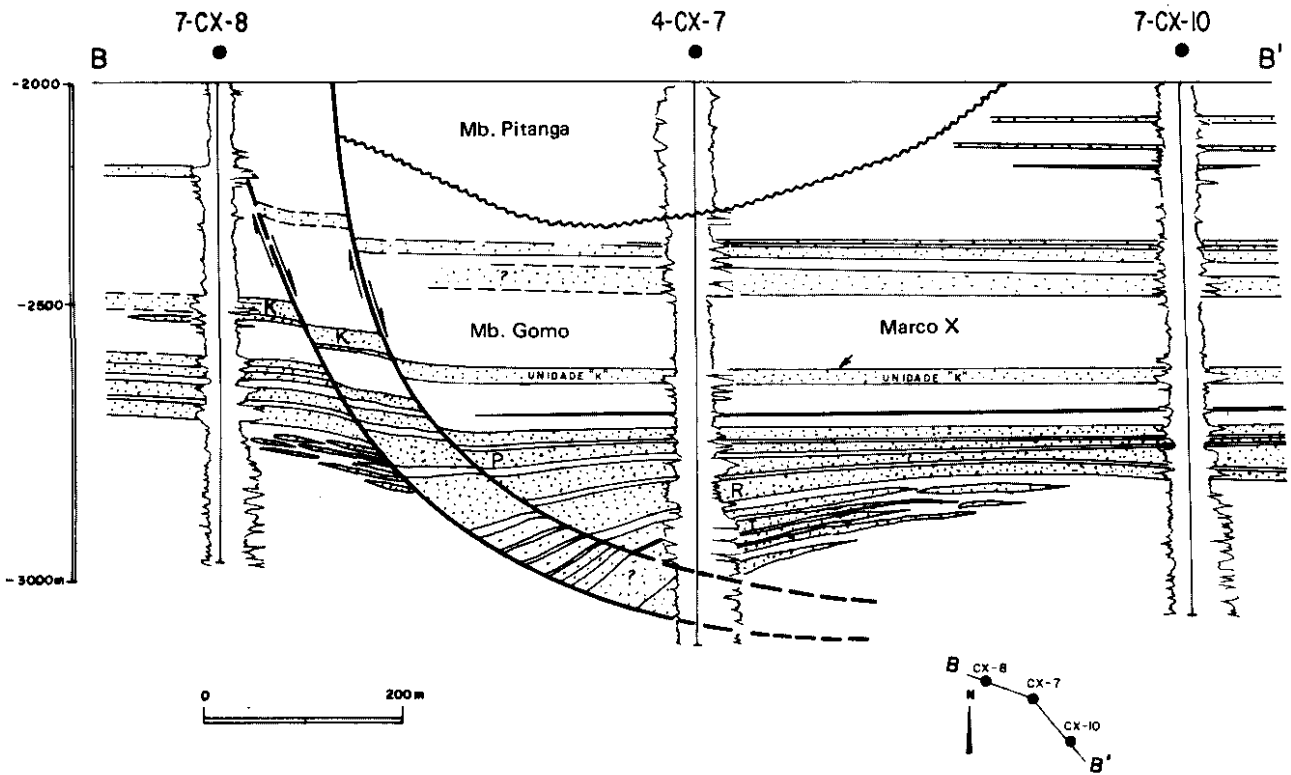


Fig. 9 - Seção geológica baseada nos poços 7-CX-8, 4-CX-7, 7-CX-10 e na linha sísmica 26-RL-477. Localização: vide figura 13.

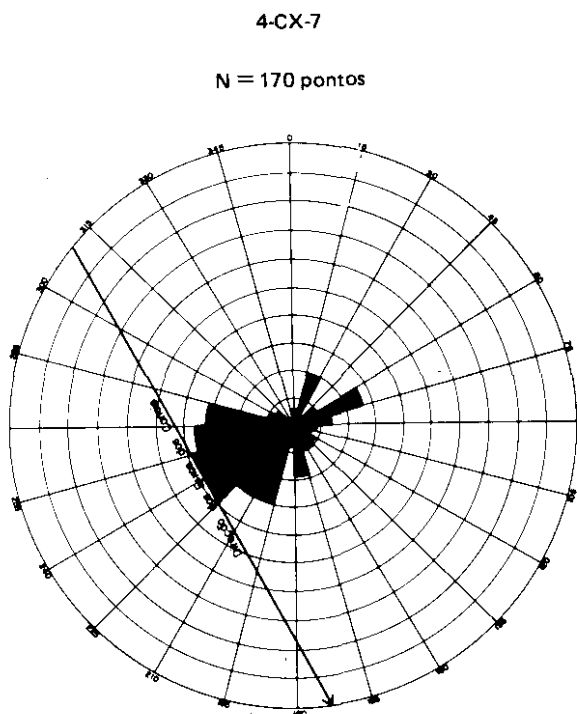


Fig. 10 - Interpretação estratigráfica do perfil *dipmeter*, evidenciando a direção principal dos paleocanais: N28°W-S28°E (CAMÕES & RIGUEIRA, 1987).

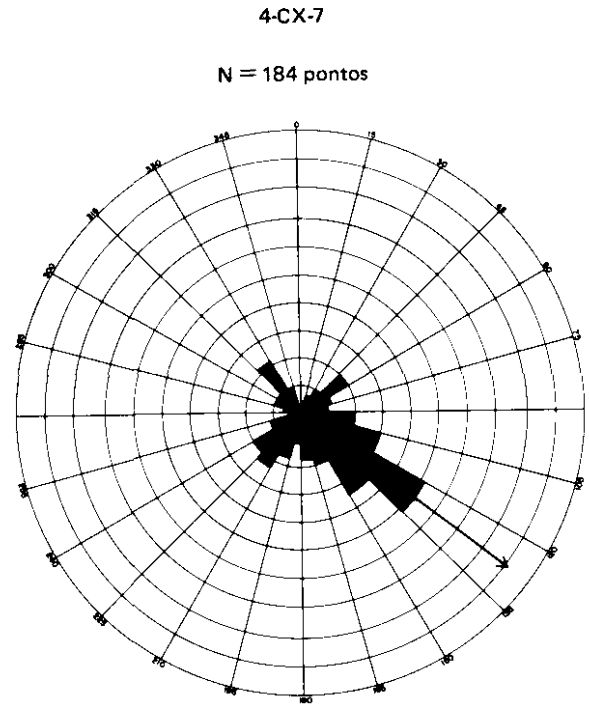


Fig. 11 - Interpretação estratigráfica do perfil *dipmeter*, evidenciando o sentido principal de paleocorrentes: N128° (CAMÕES & RIGUEIRA, 1987).

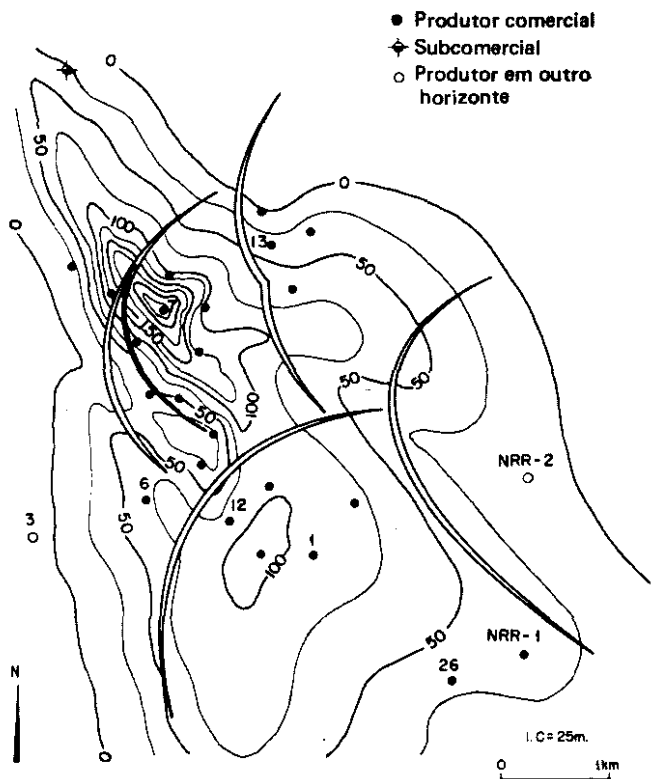


Fig. 12 - Mapa de isólitais de arenito da seqüência inferior do Membro Gomo.

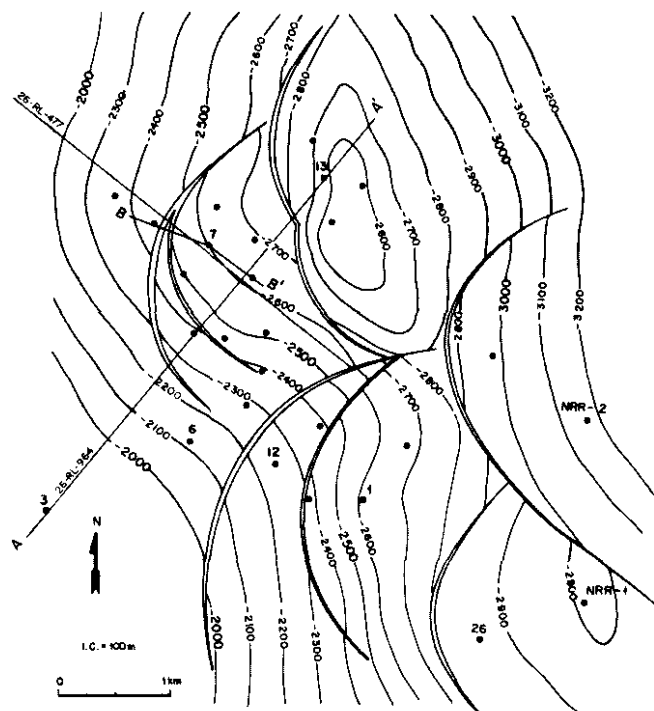


Fig. 13 - Mapa estrutural do marco X.

côncavo, os sistemas deposicionais de arenitos do Membro Gomo nos campos de Cexis e Candeias, além da presença de hidrocarbonetos em arenitos do Membro Gomo em outros campos, como os de Massapê, Fazenda Caruaçu, Ja-

cuípe e Araçás (fig. 1), conclui-se que os anticlinais de compensação, associados a falhas ístricas e a *trends* deposicionais nas partes baixas da charneira do Membro Gomo, constituem excelentes prospectos exploratórios a serem investiga-

dos na bacia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGLE, H. M. *Mapa estrutural sísmico próximo ao topo da 4ª Zona, área de Cexis*. Salvador, PETROBRÁS. DEXBA. DINTER. SEBAT, 1982. Não publicado.
- AGLE, H. M.; SANDOVAL, J. R. L.; SILVA, O. B. *Estudo da Formação Candeias no Recôncavo Sul*. Salvador, PETROBRÁS. RPBA. DIREX, 1979 (Relatório interno, 108-2265).
- CAMÕES, A. M. & RIGUEIRA, R. C. *Campo de Cexis; relatório geológico*. Salvador, PETROBRÁS. DEPEX. DEXBA. DINTER. SEGED, 1987. 73 p. (Relatório interno, 1799).
- CUPERTINO, J. A. & MEDRADO, T. M. de A. *Influência da interpretação sísmica no estabelecimento do modelo tectono-sedimentar na área de Cexis*. Salvador, PETROBRÁS. DEXBA, 1987. No prelo.
- DAVISON, I. *Structural interpretation in extensional basins, strike-slip basins and thrust belts*. Salvador, PETROBRÁS. CENPES. DIVEN. SENBA, 1987. Notas de aulas.
- GIBBS, A. D. Structural evolution of

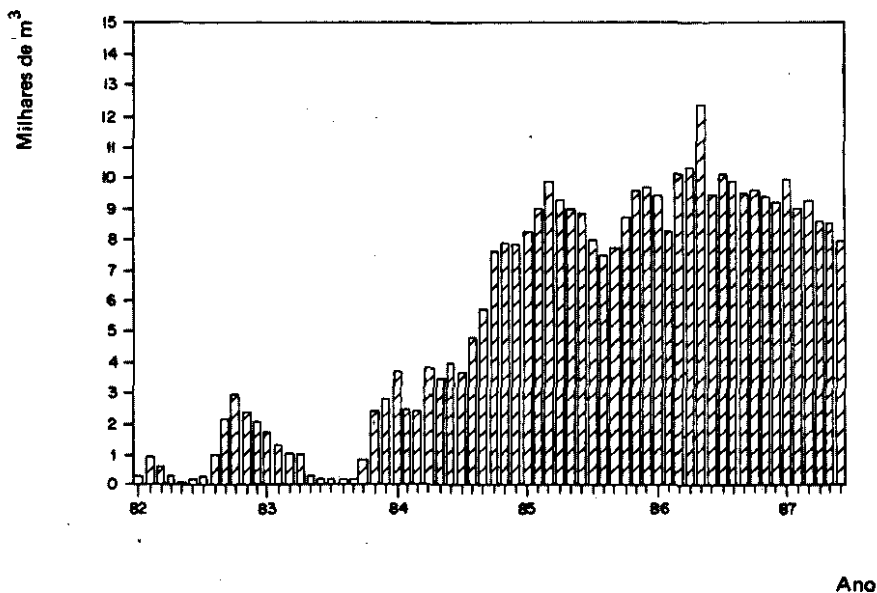


Fig. 14 - Produção mensal de óleo do Campo de Cexis.

extensional basin margins. *J. Geol. Soc. London*, 141: 609-20, 1984.

HOBBS, B. E.; MEANS, H. D.; WILLIAMS, P. F. *An outline of structural geology*. New York, John Wiley & Sons, 1976.

PEREIRA, C. da P. *Petrologia e ambiente deposicional do Membro Gomo da Formação Candeias no poço 7-CX-15-BA*. Salvador, PETROBRÁS. DEPEX. DEXBA, 1986. 15 p. Relatório interno.

SCHALLER, H. & DAUZACKER, M. V. *Tectônica gravitacional e sua aplicação na exploração de hidrocarbonetos*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1985. 37 p.

SHELTON, J. W. Listric normal fault; an illustrated summary. *AAPG Bull.*, 68 (7): 801-15, 1984.

TRINDADE, L. A. F. *Avaliação geoquímica do poço 4-CX-7-BA*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES, 1985. Relatório interno.

VIANA, C. F.; GAMA JUNIOR, E.; SIMÕES, I. A.; MOURA, J. A.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. J. Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *B. técn. PETROBRÁS*, 14: 157-92, 1971.

BIBLIOGRAFIA

MILANI, E. J. *Aspectos da evolução tectônica das bacias do Recôncavo e Tucano S.1, Bahia, Brasil*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES, 1987. 34 p. (Ciência-Técnica-Petróleo. Seção Exploração de Petróleo, 18).

NETTO, A. S. T. A implantação da fase rift na Bacia do Recôncavo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais . . .* Porto Alegre, SBG, 1978. v. 1, p. 506-17.

NETTO, A. S. T.; BRAGA, J. A. E.; BRUHN, C. H. L. *et alii*. Prospectos estratigráficos do Recôncavo. Salvador, PETROBRÁS. DEPEX. DEXBA, 1984. 83 p. (Relatório interno, 1776).

SARZENSKI, D. J. *et alii*. *Estudo geológico dos reservatórios fraturados da*

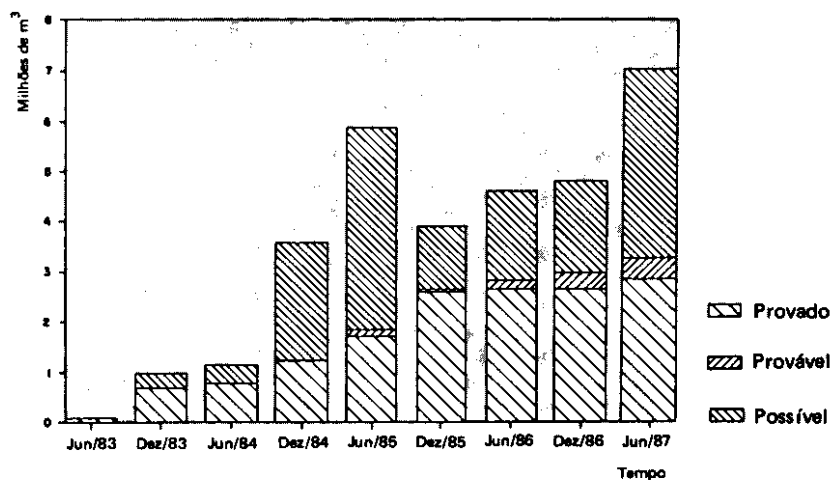


Fig. 15 - Evolução do volume de óleo *in place* do Campo de Cexis.

4ª Zona do Campo de Candeias e áreas adjacentes; relatório interno. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. DEPEX. DEXBA/CENPES, 1984. 197 p.

SELLEY, R. C. Dipmeter and log motifs in North Sea submarine fan sands.

AAPG Bull., 53: 390-420, 1979.

SZATMARI, P. & AIRES, J. R. *Alguns experimentos com modelagem física de processos tectônicos*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES, 1987. 22 p.

ABSTRACT

Cexis Field lies near the west border of the Camaçari Structural Low at the southern part of the Reconcavo Rift Basin, State of Bahia, Brazil. The most important features in this area are the Salvador fault-system, the Mata-Catu transcurrent fault-system and the Gomo Member hinge line. The Candeias growth fault-system is another structural feature that seems to have played a very important role in the origin and distribution of the Member Gomo turbidite reservoirs in the area.

The best reservoirs are the medium to coarse grained subarkoses and sublitanites representative of a turbidite complex system that prograded over the Reconcavo Lake during the middle Rio da Serra Age. The most important hydrocarbon accumulations occur in the downthrown blocks of listric faults that acted as an important place for trapping coarse-grained sediments during turbidite events.

Locally, geologic maps and cross sections show two principal fault systems that seem to keep a close genetic relationship. The first is characterized by subvertical and semiplanar normal faults, that cross

the whole pre-rift and the basal portion of the rift sedimentary sequences. In general, they are synthetic faults in nature with NE-SW strike and SE dip direction, separating tilted blocks towards the basin depocenter. The dip slips range from a few to 600 meters in the neighbourhood of Cexis Field.

The second system is represented by syndepositional listric faults, dipping generally to E-SE, and related to roll-overs structures in most of the cases. These faults are restricted to the rift sedimentary sequence of middle Rio da Serra Stage, with apparent asymptotic detachment surface near the top of lower Rio da Serra Stage sediments.

The apparent parallelism and coincident dip direction between the two fault systems suggest a strong influence of the pre-rift semiplanar system on the origin and distribution of the younger listric faults. The development of listric faults in Cexis Field is associated with the deposition of coarse sediments over plastic shale masses and the interaction of heterogeneous substrate with hinge lines and slopes.