

ANOMALIA DE SALINIDADE NA ÁREA DE ARAÇÁS — BACIA DO RECÔNCAVO

SALINITY ANOMALY IN THE ARAÇÁS ÁREA, RECÔNCAVO
BASIN

Georges Salim Khouri¹⁾

RESUMO — O Campo de Araçás está situado na parte centro-leste da Bacia do Recôncavo. A feição estrutural dominante é a Falha de Araçás, que divide os horizontes profundos em dois blocos. A água das formações apresenta uma anomalia de salinidade nos reservatórios profundos do bloco baixo deste campo. A salinidade no bloco alto está de acordo com o gradiente normal para a Bacia do Recôncavo que é de 100 mg/l de NaCl/m. O gráfico profundidade x salinidade mostra que as salinidades crescem inicialmente até cerca de 2 300 m, atingindo aproximadamente 250 000 mg/l de NaCl. A partir desta profundidade, a salinidade decresce até 49 000 mg/l de NaCl a 3 250 m, no arenito Boipeba da Formação Aliança. Este comportamento configura uma inversão no gradiente e constitui uma anomalia vertical da salinidade. O mapa de isosalinidade para a Formação Sergi indica que a salinidade decresce significativamente na direção SE, caracterizando uma anomalia lateral. Estas anomalias devem estar relacionadas, principalmente, aos seguintes processos, que podem ou não ter ocorrido concomitantemente durante o tempo geológico: a) Desidratação de argilominerais presentes nos arenitos-reservatórios e nos folhelhos situados na região de ocorrência do diapirismo na área leste, adjacentes ao Campo de Araçás; b) Infiltração de água meteórica através da Falha de Itanagra e/ou através de outras falhas pré-existentes, localizadas a sudeste da área estudada.

(Originais recebidos em 18.09.89.)

ABSTRACT — The Araçás field is located in the central-eastern part of the Recôncavo Basin, state of Bahia, Brazil. Its main structural feature is the Araçás Fault, which divides deeper levels into two blocks. A salinity-depth plot shows that the salinity of formation water increases to 250,000 mg/l NaCl at 2,300 m; salinity decreases from this depth, reaching 49,000 mg/l of NaCl at 3,250 m, in the Boipeba Member/Aliança Formation. This behavior constitutes an inversion of the normal salinity gradient and is prompted by the anomalously low salinity of formation water observed in the reservoirs of the Itaparica, Sergi, and Aliança Formations in the lower block of the Araçás Fault. An isosalinity map of reservoir waters in the Sergi Formation shows that salinity decreases from W-NW to E-SE, from 280,000 mg/l to 60,000 mg/l of NaCl. This marked reduction may be caused by the release of water during shale diagenetic processes, such as the dehydration of clay minerals in reservoirs and a shale diapir in the eastern part of the Araçás field. Other processes have probably contributed to this anomaly. The Itanagra Fault in the southeastern part of the area, other older faults, faults associated to diapiric movement, and permeable zones in conglomerates of the Salvador Formation may all serve as means for meteoric water to percolate down to deep reservoirs.

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

1 — INTRODUÇÃO

O Campo de Araçás situa-se na parte centro-leste da Bacia do Recôncavo, a 90 km da cidade de Salvador (fig. 1).

A coluna litoestratigráfica é normal para a bacia, apresentando as formações Aliança, Sergi, Itaparica, Candeias, Marfim, Pojuca, São Sebastião e Barreiras. A feição estrutural dominante é a Falha

de Araçás que divide os horizontes profundos em dois blocos.

Camejo & Leite (1970), já faziam referências às anomalias de salinidade nos reservatórios profundos deste campo. Reis, Khouri & Perroni (1983) estudaram detalhadamente esta anomalia que ocorre nos reservatórios do bloco baixo deste campo. Este estudo revelou que as salinidades das águas decresciam da

1 - Setor Regional de Tratamento de Dados de Perfis e Testes (SERTRAP), Divisão Regional de Operações Geológicas (DIRGEO), Distrito de Exploração da Bahia (DEXBA), Av. Beira Mar, 220, 4º andar, Calçada, CEP 40420, Salvador, Bahia, Brasil.

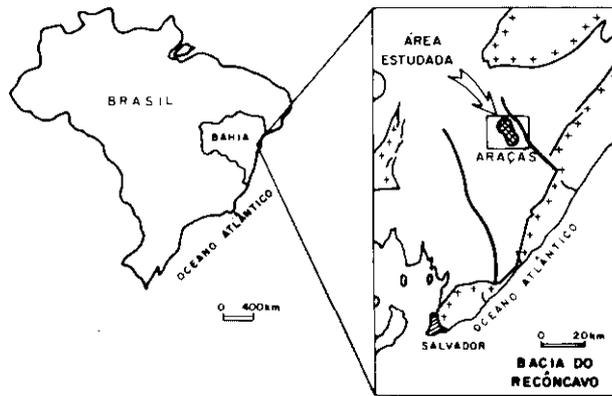


Fig. 1 - Mapa de localização.
Fig. 1 - Location map.

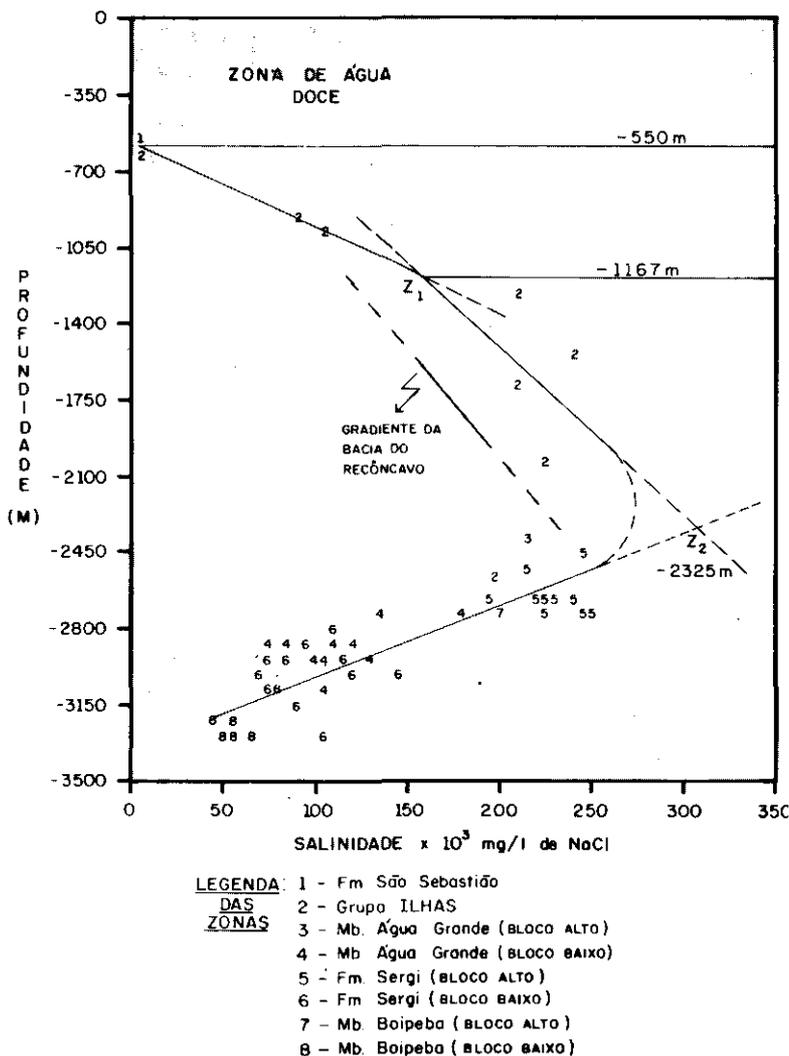


Fig. 2 - Gráfico Profundidade x Salinidade para os reservatórios do Campo de Araçás. Observar a inversão para um gradiente negativo a partir de -2 300 m, provocado pela anomalia de salinidade nos horizontes profundos.

Fig. 2 - Depth-salinity plot, Araçás field reservoirs. Note the inversion to a negative gradient starting at -2,300 m, prompted by the salinity anomaly identified in deep horizons.

Formação Itaparica para a Formação Aliança/Membro Boipeba, segundo um gradiente médio de -122 mg/l de NaCl/m . Constataram também uma anomalia lateral da Formação Sergi, na direção SE, cuja variação foi de 120 000 para 70 000 mg/l de NaCl . Naquela época, nenhuma explicação foi aventada para estas anomalias. Suspeitava-se apenas de alguma relação com a Falha de Araçás.

O presente trabalho é uma evolução daquele estudo para todo o Campo de Araçás e áreas adjacentes, (cerca de 350 km^2), com o objetivo de investigar esta anomalia num contexto mais regional.

Os dados de água de formação foram obtidos preferencialmente através de testes de formação a poço aberto (TF). Naquelas áreas, onde a amostragem de água recuperada através de TF foi insuficiente, foram utilizados os dados obtidos de operações a poço revestido, após seleção criteriosa dos dados. Para isto, foram considerados os volumes de água recuperados nestes testes e o estudo comparativo das análises químicas dos vários fluidos envolvidos numa operação de teste de formação (água de formação, fluido de perfuração, fluido de complementação, etc.). Foram selecionados cerca de 80 dados confiáveis.

2 - GRÁFICO PROFUNDIDADE x SALINIDADE

A variação vertical média da salinidade das águas das formações no Campo de Araçás pode ser representada por uma curva (fig. 2). Observa-se que as salinidades crescem inicialmente até cerca de $-2 300 \text{ m}$, atingindo aproximadamente $250 000 \text{ mg/l}$ de NaCl . A partir desta profundidade a salinidade decresce até $49 000 \text{ mg/l}$ de NaCl a $-3 250 \text{ m}$, no Arenito Boipeba da Formação Aliança. Este comportamento configura uma inversão para um gradiente negativo, provocado pela salinidade anormalmente baixa da água de formação dos reservatórios das formações Itaparica e Sergi e do Membro Boipeba da Formação Aliança no Bloco Baixo da Falha de Araçás.

Determinou-se três retas representativas de gradientes médios de salinidade (fig. 2), conforme quadro I.

QUADRO I/CHART I

Profundidade (m)	Gradiente mg/l de NaCl/m
-550	(água doce)
-550/-1 167	254
-1 167/-2 325	128
-2 325/-3 500	-303

Analicamente podemos calcular a salinidade esperada (SALesp) para uma determinada profundidade, utilizando as expressões abaixo definidas:

para o intervalo (-550/-1 167) m:

$$SAL_{esp} = 5\ 000 + 250 \text{ (PROF. } -550)$$

para o intervalo (-1 167/-2 325) m:

$$SAL_{esp} = 157\ 500 + 128 \text{ (PROF. } -1\ 167)$$

para o intervalo (-2 325/-3 500) m:

$$SAL_{esp} = 310\ 000 - 303 \text{ (PROF. } -2\ 325)$$

onde:

SAL_{esp} — Salinidade esperada (mg/l de NaCl)

PROF. — Profundidade em relação ao nível do mar (metros)

3 — CARACTERÍSTICA COMPOSICIONAL DAS ÁGUAS DAS FORMAÇÕES

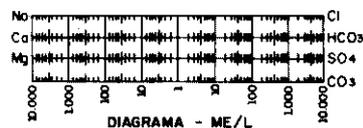
A análise do conteúdo salino e da distribuição iônica das águas das formações do Campo de Araçás e áreas adjacentes revelou as seguintes características composicionais:

a) Campo de Araçás (bloco alto) e Área Adjacente, (exceto o Campo de Sesmaria):

Os "diagramas de Stiff" (fig. 3) utilizados na tipificação das águas destes campos apresentam uma configuração semelhante para os arenitos do

	DIAGRAMA DE STIFF	POÇO	OBSERVAÇÕES
ÁGUA GRANDE		SG - 1	TF - 1 (2511 / 2517 m) A - 4,8 m ³ B - 220.000
		BLO - 1	TFS-2(2143/2146m) A - 9 m ³ B - 271.000
		CAL - 1	TF - 5 (2979/3000m) A - 17 m ³ B - 260.200
SERGI		AR - 80 BLOCO ALTO	TF - 2 (2821/2830m) A - 15 m ³ B - 239.000
		AR - 182 BLOCO BAIXO	TF - 1 (3065/3097m) A - 11 m ³ B - 69.357
		FBE - 13D	TFS-5(2417/2422 m) A - 13,6 m ³ B - 232.000
		SG - 2	TF - 1 (2276/2281m) A - 13 m ³ B - 288.000
		SI - 51	PISTONEIO (2522,5/2540m) A - aprox. 140 bbl B - 67.941
		AR - 42 BLOCO ALTO	TF - 4 (2880/2910m) A - 19 bbl B - 202.210
BOIPEBA		AR - 168 BLOCO BAIXO	PISTONEIO(3371/3413m) A - > 100 bbl B - 51.763
		FBE - 19	TF - 3 (2836/2863m) A - 5,3 m ³ B - 231.700

LEGENDA :



A - VOLUME DE ÁGUA RECUPERADA
B - SALINIDADE EM MG/L DE NaCl

Fig. 3 - "Diagramas de Stiff", representando a característica composicional das águas das formações na área estudada.

Fig. 3 - Stiff diagrams, representing the compositional characteristics of formation waters in the area under study.

Membro Água Grande da Formação Itaparica, Formação Sergi e Membro Boipeba da Formação Aliança.

Encontra-se, predominantemente, altas concentrações dos íons Cloro (Cl^-), Cálcio (Ca^{+2}) e Sódio (Na^+), que em média representam cerca de 50%, 27% e 20%, respectivamente, do total dos íons dissolvidos nestas águas. O percentual restante (3%) corresponde às concentrações de Magnésio (Mg^{+2}) e Bicarbonato (HCO_3^-). Este último nem sempre aparece. Já os Sulfatos (SO_4^{-2}) e Carbonatos (CO_3^{-2}) estão ausentes.

b) Campo de Araçás (bloco baixo) e Campo de Sesmaria:

Os "diagramas de *Stiff*" das águas dos reservatórios nestes campos são semelhantes (fig. 3). Os íons Cloro e Sódio são os predominantes, representando em média cerca de 49% e 38% do total dos íons. Observa-se uma redução significativa do teor de Cálcio em relação às águas dos outros campos da área. A concentração deste cátion é, em média, cerca de 10% do total. O percentual restante (3%) deve-se às concentrações de *Magnésio*, *Bicarbonato* e *Sulfato*. Estes últimos apresentam-se em baixíssimas concentrações. O ânion Carbonato está ausente.

De acordo com a classificação de águas subterrâneas, Sullin (1946), todas as amostras da área estudada são do tipo Cloreto-Cálcica.

4 - MAPA DE ISOSALINIDADE

Na literatura consultada, há uma escassez de informações e estudos relativos à sistemática para confecção de mapas de isosalinidade. Julga-se de suma importância este assunto e uma abordagem inadequada dos dados poderá culminar num mapeamento de salinidade comprometedor. A seguir, far-se-á um breve comentário sobre este tema:

Como se sabe existe uma tendência geral, em todas as bacias sedimentares, da salinidade das águas das formações aumentar com o incremento da profun-

didade. Muitas são as variáveis que influenciam na salinização da água original. Netto (1980) reporta que "a composição das águas de subsuperfície representa uma mistura de contribuições diversas - água conata, água derivada de reações diagenéticas, águas juvenis ascendentes, águas meteóricas descendentes - porém a razão entre as espécies iônicas em solução obedece a um controle rígido no sentido de manter um equilíbrio termo-dinâmico estável entre a composição iônica da água, a composição mineral da rocha e as condições físico-químicas (temperatura, pressão, pH, Eh) pelas quais passa o reservatório a uma determinada profundidade". Desta forma, numa situação normal, a salinidade (NaCl) é função da profundidade e a composição iônica é função das características das rochas. Inúmeras situações, durante a evolução tectono-sedimentar de uma bacia, podem afetar esta tendência da salinidade. Neste caso, ter-se-ia uma anomalia da salinidade. Assim, pode-se expressar que,

$$\text{Salinidade} = f(Z_t, \text{anomalia})$$

$$Z_t = Z + h$$

onde,

Z_t = profundidade total
 Z = profundidade do topo do reservatório amostrado
 h = distância do topo ao ponto amostrado

Na figura 4, apresenta-se um esquema com estas variáveis.

Na confecção dos mapas de isosalinidade pode-se utilizar uma abordagem regional, semi-regional ou local. Dentre estas, o mapa de isosalinidade regional é o mais utilizado. Sua aplicação é variada, principalmente como suporte à geologia estrutural (definição de falhas e discordâncias), indicação de áreas de infiltração de águas meteóricas, correções de superfície potenciométricas (hidrodinâmica), etc.

Os mapas podem ser elaborados, dependendo da espessura do reservatório a ser mapeado, das seguintes maneiras:

a) *Relativo a um Datum*

Neste caso, a profundidade total (Z_t) é constante. O objetivo é investigar a variação lateral da salinidade.

Para redução ao *datum* é necessário a determinação de gradientes de salinidade, que pode ser por poço, parte de um campo, por campo ou por bacia.

b) *Relativo ao Topo da Formação*

Neste caso, não há influência da espessura da formação ($h = 0$, fig. 4). Para redução à profundidade do topo da formação, utiliza-se a mesma siste-

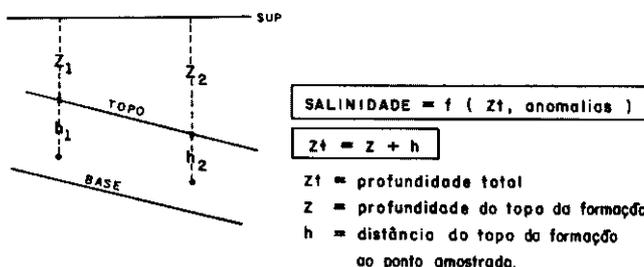


Fig. 4 - Representação esquemática das variáveis que interferem na salinidade da água de formação.

Fig. 4 - Schematic representation of variables which affect the salinity of formation water.

mática para redução ao *datum*, como acima.

c) *Não Considerando a Profundidade da Amostragem*

Neste caso, as variações verticais e laterais da salinidade são refletidas simultaneamente. Em formações com grandes espessuras, esta abordagem pode ser inadequada.

Os mapas de isosalinidade, onde a profundidade total (Zt) é variável (casos b e c), poderão refletir a estrutura da formação ou camada estudada. Se esta tiver *pequena espessura*, o mapa de isosalinidade refletirá a estrutura caso não ocorra anomalia lateral. Isto, porque h será desprezível. Sendo a zona estudada de *grande espessura*, o mapa também refletirá a estrutura, caso não ocorra anomalia lateral e h seja aproximadamente constante.

Esta abordagem foi realizada por Reis, Khouri & Perroni (1983) para a Formação Sergi no bloco baixo do Campo de Araçás. A espessura média desta formação é de 200 m, o que poderia ocasionar uma insuficiência significativa de h. Como tal fato não ocorreu, optamos, no presente trabalho, pelo mapeamento da Formação Sergi, não considerando a profundidade do ponto amostrado (c).

O mapa de isosalinidade para a Formação Sergi (fig. 5) mostra uma diminuição da salinidade para E-SE. A salinidade varia lateralmente de um máximo de 280 000 mg/l de NaCl a W-NW, decrescendo até cerca de 60 000 mg/l de NaCl em direção à borda da bacia (E-SE). A influência da Falha de Araçás é marcante na parte central da área mapeada. Observa-se ao longo desta falha, de direção SW-NE, uma região onde a mudança de salinidade é abrupta. Esta região divide a área em estudo em duas partes. A primeira com salinidades altas (280 000/220 000 mg/l de NaCl) e a segunda com salinidades baixas (100 000/60 000 mg/l de NaCl).

5 — A ANOMALIA DE SALINIDADE — POSSÍVEIS CAUSAS

Camejo & Leite (1970) consideram a

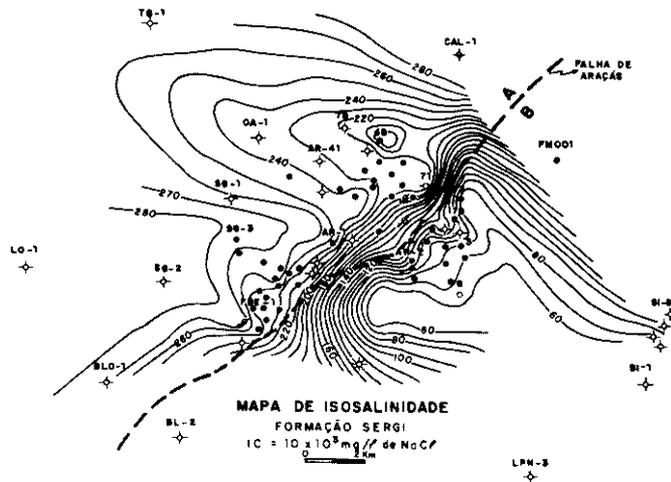


Fig. 5 - Mapa de salinidade da Formação Sergi — Área de Araçás. A salinidade decresce para E-SE. Ao longo da Falha de Araçás de direção SW-NE a mudança de salinidade é abrupta.

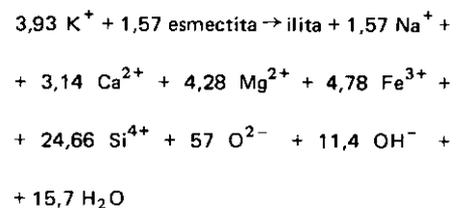
Fig. 5 - Salinity map for Sergi Formation, Araçás area. Salinity decreases from E to SE. There is an abrupt change in salinity along the Araçás Fault, from SW to NE.

anomalia de salinidade no Campo de Araçás como uma das evidências geoquímicas para a tese da existência de uma discordância angular, possivelmente de caráter regional, na Bacia do Recôncavo. Esta discordância teria afetado as formações sotopostas à Formação Candeias, no tempo pré-Ilhas/pós-Candeias. Além das anomalias de salinidade, os autores basearam-se também nas anomalias estratigráficas observadas em alguns poços. Um dos exemplos utilizados foi a ausência de parte da coluna sedimentar na área de Araçás — Fazenda Boa Esperança — Bom Lugar, afetando principalmente intervalos do Membro Tauá da Formação Candeias e das formações Itaparica, Sergi e Aliança. Della Fávera *et al.* (1974) estudaram criteriosamente as anomalias estratigráficas no supergrupo Bahia, e apresentaram argumentos convincentes que contrariam a idéia da ocorrência desta discordância de caráter regional, os quais transcreve-se a seguir:

“Uma análise das perfurações revelou: a) poços vizinhos aos que apresentam anomalias (400 m distantes) possuem seção normal; b) pequena extensão das anomalias; c) existem poços com seções completas tanto em blocos altos como em blocos baixos de falhas, notando-se um grande espessamento da Formação Candeias nos blocos baixos. Estas constatações favorecem uma interpretação da ausência de parte da coluna sedimentar por falhamento, conforme já o faziam Andrade & Passos (1969)”.

Algumas hipóteses podem ser elaboradas para explicar as causas da anomalia de salinidade na área de Araçás:

Barroso (1987), estudando a diagênese dos reservatórios do Campo de Araçás, reportou que provavelmente esta anomalia tenha sua gênese relacionada à desidratação de argilominerais a grandes profundidades. As análises difratométricas realizadas nos folhelhos da Formação Candeias dos poços 7-AR-142 (bloco alto) e 7-AR-10 (bloco baixo), não mostraram, porém, sinais significativos de ilitização nos argilominerais. Nas análises dos argilominerais presentes nos arenitos do bloco alto, foram observados, no entanto, processos de cloritização e ilitização dos interestratificados ilita-esmectita. Nos arenitos do bloco baixo não puderam ser feitas análises semelhantes, o que não significa que estes processos possam ter ocorrido, inclusive com maior intensidade. Boles & Franks (1979) sugerem a seguinte reação para transformação da esmectita:



No Campo de Araçás, estes processos que liberam significativas quantidades de água pouco salina, crescem em intensidade com a profundidade/temperatura.

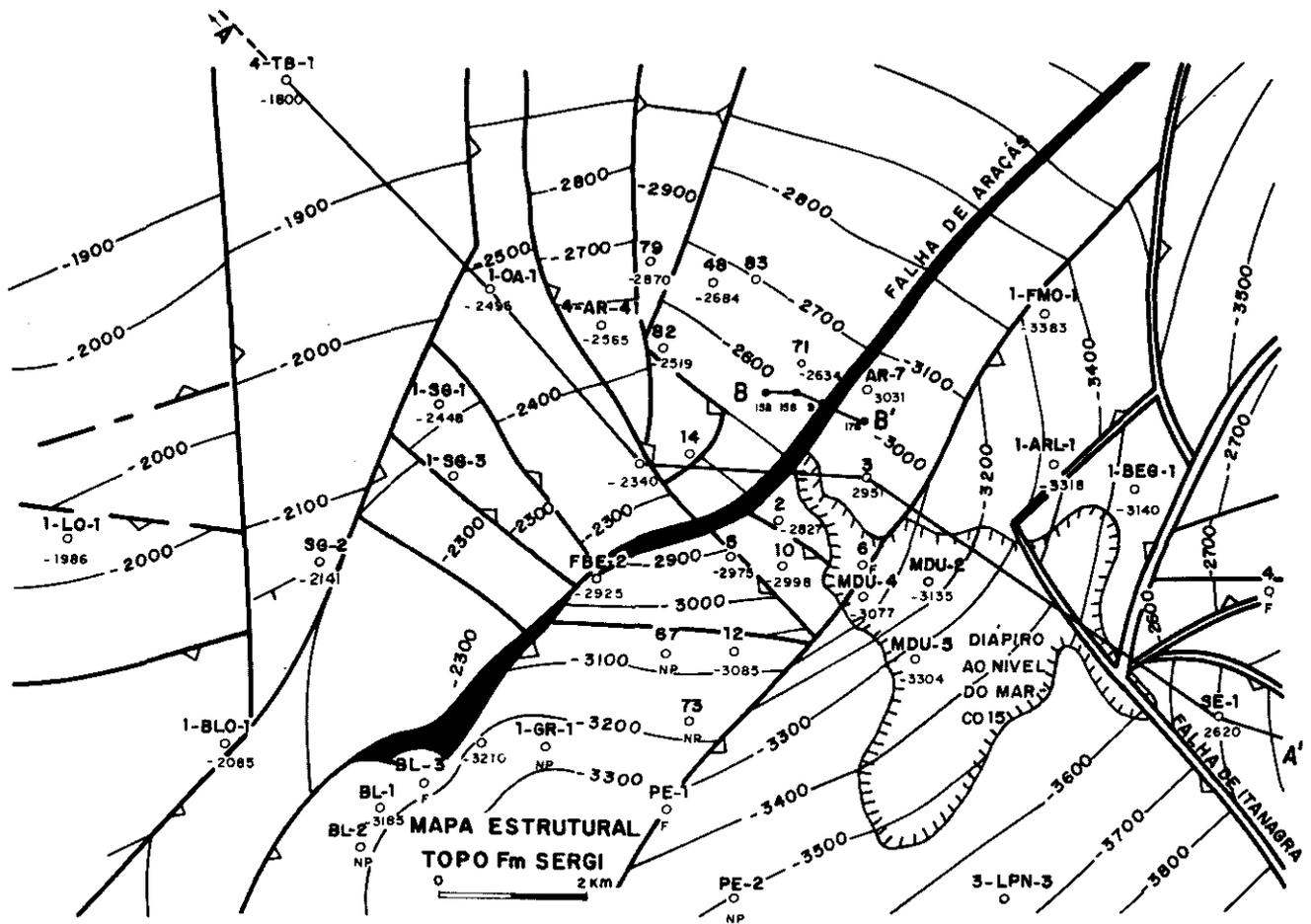


Fig. 6 - Mapa estrutural ao nível da Formação Sergi. Atentar para a projeção dos limites do diápiro de folhelho situado a leste do Campo de Araçás. As anomalias de salinidade ocorrem justamente nos campos próximos ao diápiro.

Fig. 6 - Structural map at the level of the Sergi Formation. Observe the projection of the boundaries of the shale diapir located east of the Araçás field. Salinity anomalies occur precisely in fields near the diapir.

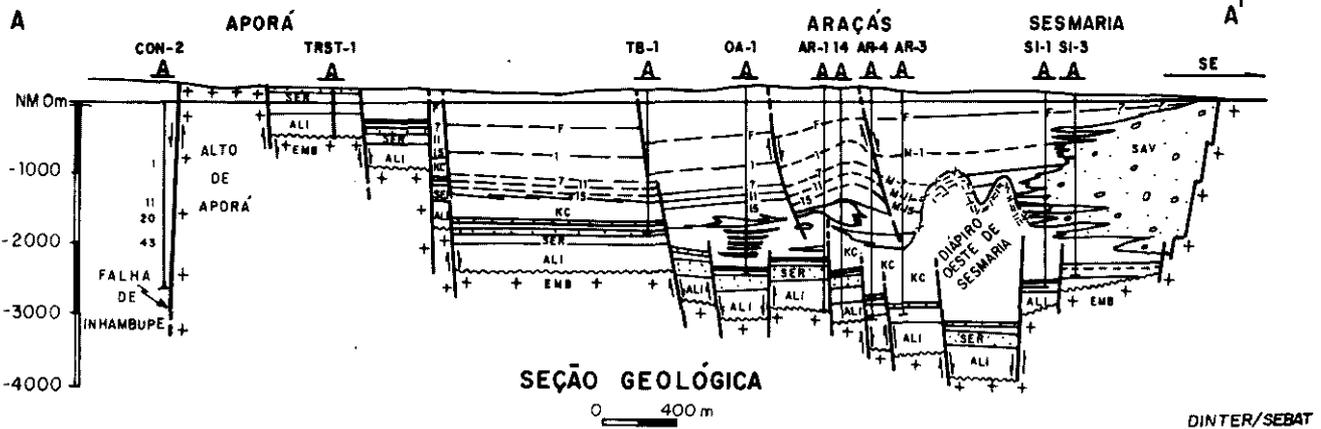


Fig. 7 - Seção geológica NW-SE. A salinidade das águas dos reservatórios profundos dos campos de Araçás (Bloco Baixo) e Sesmária, situados adjacentes à região diápirizada, são anormalmente baixas.

Fig. 7 - Geological section, NW-SE. Salinity is abnormally low in deep reservoirs of the Araçás (lower block) and Sesmária fields adjacent to the region of diapirism.

ra. De acordo com Barroso (1987), associar a anomalia de salinidade com a desidratação de argilominerais dos folhelhos implicaria supor que esta água seja proveniente de regiões distantes. Para relacionar a anomalia com a desidratação de argilominerais presentes nos arenitos do bloco baixo, seriam necessários estudos petrográficos mais aprofundados nestes reservatórios. Barroso (1987) afirma que o mecanismo acima proposto mostra-se ineficiente na diluição da água de formação do bloco alto do Campo de Araçás.

É possível que a lenta e progressiva diminuição da salinidade de W-NW para E-SE na Formação Sergi, (bloco alto, fig. 5), até o limite da Falha de Araçás, esteja relacionado aos eventos marcantes de ilitização e cloritização. O volume de água menos salina, liberado por estes processos, pode não ter sido suficiente para diluir drasticamente a água original da formação. Os reservatórios posicionados a oeste da Falha de Araçás apresentam diluições que variam de 8% a 30%. Esta variação poderia estar relacionada à maior ou menor efetividade do processo de desidratação dos argilominerais presentes nos arenitos.

No caso do bloco baixo de Araçás e Área de Sesmária, a diluição varia de 50% a 84%. Nas figuras 6 e 7 nota-se que os reservatórios profundos destes campos encontram-se adjacentes à região de ocorrência do diápiro de folhelho "Oeste de Sesmária", localizado a leste do Campo de Araçás.

As anomalias de salinidade ocorrem justamente nestes campos próximos ao diápiro. Acredita-se que a origem da água nova que provocou a drástica queda da salinidade nos reservatórios profundos esteja associada à evolução diagenética dos folhelhos desta região onde ocorre o diápiro. Inexiste até o momento um estudo da diagênese dos folhelhos desta área. Supõe-se que durante este processo diagenético e o desenvolvimento concomitante da argilocinese, grandes volumes de fluidos foram expelidos destes sedimentos. Estes fluidos que provavelmente apresentam baixas salinidades, principalmente aqueles liberados no pro-

cesso de desidratação dos argilominerais, contaminaram a água original das formações.

Sabe-se que a direção preferencial de fluxo depende do tipo litológico. Para estratos compostos predominantemente de folhelhos, a direção principal de migração seria vertical (Magara, 1976). O sentido do fluxo vertical, isto é, para cima ou para baixo, é determinado pela permeabilidade e espessura da rocha fonte (Mackenzie *et al.*, 1988).

No caso desta área, as condições de permeabilidade e espessura devem ter determinado um fluxo predominantemente vertical para baixo. Desta maneira esta água menos salina utilizou-se deste mecanismo para alcançar os reservatórios profundos e daí, por fluxo lateral, des-

locou-se mergulho acima misturando-se à água original. Como era de se esperar, a diluição foi mais efetiva (84%) na região mais proximal da rocha-fonte (fig. 5). Muito provavelmente, outros mecanismos devem ter atuado concomitantemente como acima descrito. A Falha de Itanagra, situada a SE da área, os planos de falhas pré-existentes, ou até mesmo as falhas associadas ao movimento diapírico podem ter funcionado como condutos para o aporte de água meteórica nos reservatórios profundos (figs. 6, 7 e 8). Zonas de boa permeabilidade nos conglomerados da Formação Salvador, na borda leste da bacia, também podem ter contribuído para infiltração de água meteórica.

A presença dos ânion bicarbonato (HCO_3^-) e sulfato (SO_4^{2-}), mesmo em

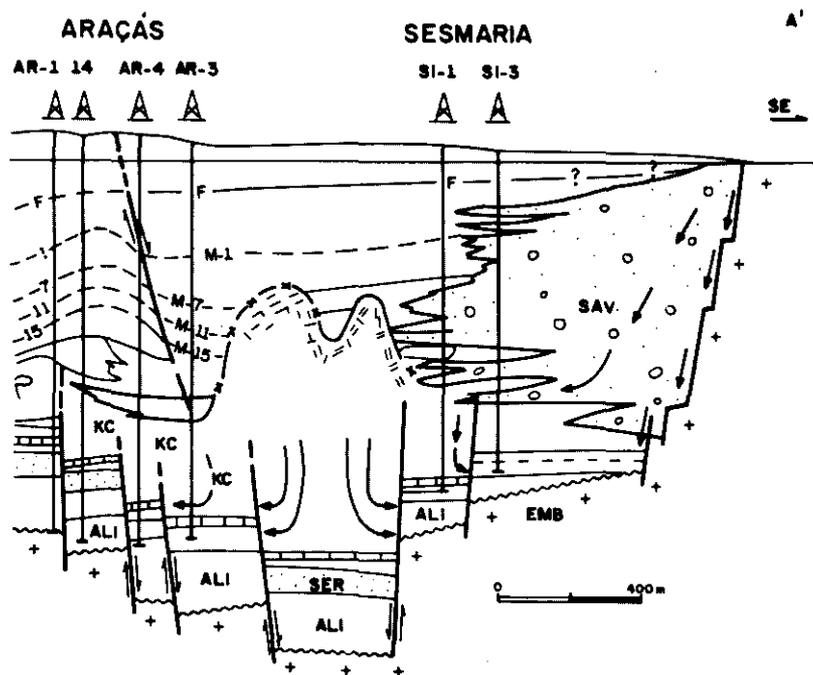


Fig. 8 - Seção geológica esquemática mostrando a direção e o sentido do fluxo dos fluidos que contaminaram a água original dos reservatórios profundos dos campos de Araçás (Bloco Baixo) e Sesmária.

Fig. 8 - Schematic geological section showing the direction and course of the flow of fluids which contaminated the original waters of deep reservoirs in the Araçás (lower block) and Sesmária fields.

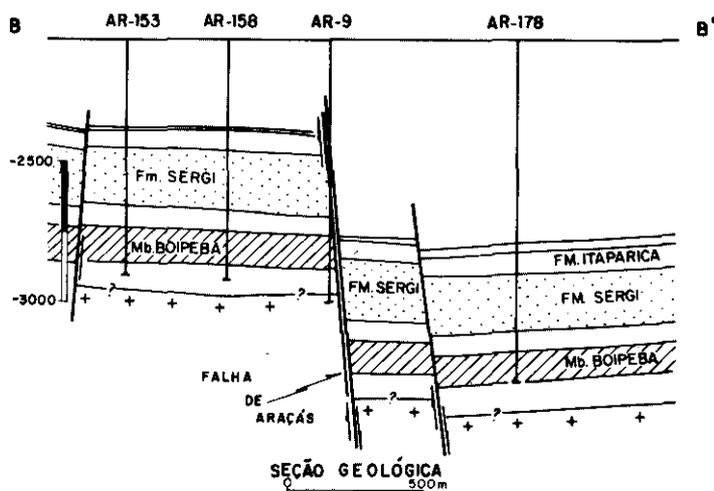
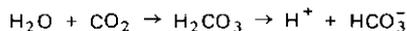


Fig. 9 - Seção geológica NW-SE em detalhe. A água salina do Membro Boipeba no Bloco Alto (202 000 mg/l de NaCl), deve estar misturando-se com a da Formação Sergi no Bloco Baixo cuja salinidade é 80 000 mg/l de NaCl.

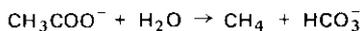
Fig. 9 - Detailed geological section, NW-SE. Salt water from the Boipeba Member in the upper block (202,000 mg/l of NaCl) must be mixing with water from the Sergi Formation water (lower block), where salinity is 80,000 mg/l of NaCl.

baixíssimas concentrações nestas águas, pode ser resultante da contaminação de água da superfície. A água da formação, reagindo com o dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera, forma o bicarbonato:



água	dióxido de carbono	ácido carbônico	bicarbonato
------	--------------------	-----------------	-------------

É importante salientar que o bicarbonato na água da formação pode estar relacionado também à maturação da matéria orgânica nos folhelhos geradores. Ânions de radicais de ácidos orgânicos a altas temperaturas (200 °C) sofrem o processo da descarboxilação, formando bicarbonato (Carothers & Kharaka, 1978):



acetato	água	metano	bicarbonato
---------	------	--------	-------------

Não se pode descartar a possível disponibilidade do bicarbonato (HCO₃⁻) ser decorrente da contaminação da amostra de água. A amostragem de rotina não prevê a interação com a atmosfera durante o percurso entre o poço e o laboratório. A concentração de bicarbonato, assim como a da carbonato (CO₃⁻²), é muito sensível ao pH da água e à pressão parcial de CO₂, (Netto, 1980).

A disponibilidade do sulfato (SO₄⁻²) pode estar relacionada à reação do oxigênio dissolvido na água meteórica infiltrada com os sulfetos existentes. A pequena disponibilidade deste deve-se à tendência deste ânion precipitar-se sob a forma de minerais. Por exemplo, o sulfato tende a ser reduzido a pirita (FeS₂) por ação de bactérias (Blatt *et al.*, 1972).

Para uma melhor compreensão dos processos de equilíbrio termodinâmico entre a composição iônica da água, composição mineral da rocha e condições físico-químicas do meio ambiente, é necessário um estudo mais especializado de petrografia, associado a hidrogeoquímica e geoquímica. Este não se constitui objetivo deste trabalho.

Parece razoável a idéia de associar vários processos dinâmicos e distintos, ocorrendo ou não concomitantemente, como responsáveis, durante o tempo geológico, pela diluição da água das formações na área estudada. Ressalta-se a associação da anomalia com a área de ocorrência do diapirismo. Em outros campos da Bacia do Recôncavo, adjacentes a diápiros de folhelhos, a exemplo de Biriba, Miranga Norte, Jacuípe, etc., constata-se também reservatórios com salinidade anormalmente baixas.

Quanto a anomalia vertical, ou seja, a di-

minuição da salinidade com a profundidade (fig. 2), pode-se relacioná-la a dois processos. O primeiro, a desidratação dos argilominerais nos arenitos, que aumenta em intensidade com a profundidade/temperatura (Barroso, 1987). Desta forma, a maiores profundidades a água de formação, que já se encontrava diluída, sofre uma nova diluição. O segundo mecanismo estaria relacionado à Falha de Araçás, que deixou em contato o Arenito Boipeba do bloco alto com a parte superior da Formação Sergi do bloco baixo (fig. 9). A água salina do Boipeba — bloco alto, (202 000 mg/l de NaCl), deve estar misturando-se com a do Sergi — bloco baixo (média de 80 000 mg/l de NaCl). Provavelmente está ocorrendo uma homogeneização destas, mais acentuadamente no topo do Sergi. Por isto, a parte superior encontra-se mais salinizada.

6 — CONCLUSÕES

- No bloco baixo do Campo de Araçás e Campo de Sesmaria, ocorrem anomalias vertical e lateral da salinidade das águas de formação dos reservatórios profundos.
- Verticalmente, pode-se observar uma inversão no gradiente de salinidade. As salinidades crescem até 250 000 mg/l de NaCl a -2 300 m e posteriormente decrescem até 49 000 mg/l de NaCl, a -3 250 m no Arenito Boipeba da Formação Aliança.
- O mapa de isosalinidade para a Formação Sergi revelou um decréscimo lateral significativo da salinidade na direção SE, que varia de 290 000 a 60 000 mg/l de NaCl.
- Estas anomalias possivelmente estão relacionadas a vários processos dinâmicos e distintos na parte E-SE da área estudada, que podem ou não ter ocorrido concomitantemente, a saber:
 - a) desidratação de argilominerais presentes nos arenitos;
 - b) desidratação de argilominerais dos folhelhos situados na região de ocorrência do diápiro "oeste de Sesmaria";
 - c) infiltração de água meteórica atra-

vés da Falha de Itanagra a SE da área, de planos de falhas pré-existent, falhas associadas ao movimento diapírico e zonas de boa permeabilidade nos conglomerados da Formação Salvador.

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho. Destacamos o colaborador mais efetivo, a geóloga Rosely Barroso Perroni (DEXBA/DIRGED), pelas inúmeras discussões e confecção dos mapas estruturais e seções geológicas. Ao Auxiliar Técnico de Geologia Carlos Alberto R. Gusmão (DEXBA/DIRGEO), pelo auxílio na montagem dos bancos de dados. Ao colega Antonio Fernando Reis, meu especial agradecimento pelo incentivo e ensinamentos.

A todos aqueles, que mesmo indiretamente colaboraram, nosso reconhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, A. S. 1987. *Diagênese e eficiência de recuperação dos reservatórios do Campo de Araçás, Bacia do Recôncavo, Brasil*. Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto. Tese de mestrado.
- BRUNO, G. L. G. 1987. *Argilocinese no Cone do Amazonas, Bacia da Foz do Amazonas*. Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto. Tese de mestrado.
- CHILINGAR, G. V. & DEGENS, E. T. 1963. Notes on Chemistry of Oil – Field Waters. *Bol. Assoc. Mexicana Geol. Petrols.*, 15 (7-8): 177-93.
- COLLINS, A. G. 1975. *Geochemistry of Oil Field Waters*. New York, American Elsevier Publishing Company. 495 p.
- DELLA FÁVERA, J. C. *et al.* 1974. *Anomalias Estratigráficas no Super Grupo Bahia; Rel. do CPEG 1973*. s. I., SEPES. DIVEN. Relatório interno.
- FERREIRA, J. C. & LEITE, D. C. 1979. *Discordância pré-Ilhas/pós-Candeias na Bacia do Recôncavo*. Salvador, PETROBRÁS. RPBA. DIREX. (Relatório interno, 1347).
- MAGARA, K. 1976. Water Expulsion from Clastic Sediments During Compaction – Directions and Volumes. *AAPG Bulletin*, 60: 543-53.
- MACKENZIE, A. S. & QUIGLEY, T. M. 1988. Principles of Geochemical Prospects Appraisal. *AAPG Bulletin*, 72 (4): 399-415.
- NETTO, A. S. T. *et al.* 1974. *Prospectos Estratigráficos do Recôncavo: Arca-bouço Estrutural, Análise Estratigráfica e Potencialidade Exploratória dos Andares Rio da Serra e Aratu*. s. n. t.
- NETTO, A. S. T. 1980. *Manual de Sedimentologia – Acordo PETROBRÁS/SENAI, SEPES, DIVEN, SEN-BA*. s. n. t.
- PALAGI, P. R. 1973. *Projeto Diapirismo – Falhas de Crescimento e Acumulações Associadas*. Salvador, PETROBRÁS. RPBA. DIREX. (Relatório interno, 1608).
- REIS, A. F.; PERRONI, R. B.; KHOURI, G. S. 1983. *Estudo Regional da Variação de Salinidade na Bacia do Recôncavo – Bloco baixo de Araçás*. Salvador, PETROBRÁS. Relatório de Progresso.
- SURDAM, R. C. *et al.* 1984. *The Chemistry of Secondary Porosity*. s. I., AAPG. p. 127-49. (AAPG Memoir, 37).
- ZABALAGA, H. M. C. *et al.* 1983. *Projeto Sesmaria – Sumário, Conclusões e Recomendações*. Salvador, PETROBRÁS. DEXBA. RPBA. Relatório interno.

EXPANDED ABSTRACT

The Araçás field is located in the central-eastern part of the Recôncavo Basin, state of Bahia, Brazil. Its main structural feature is the Araçás Fault, which divides deeper levels into two blocks.

A salinity-depth plot shows that the salinity of formation water increases to 250,000 mg/l of NaCl at 2,300 m; it decreases from this depth, reaching 49,000 mg/l of NaCl at 3,250 m in the Boipeba Member/Aliança Formation. This behavior constitutes an inversion of the normal salinity gradient and is prompted by the anomalously low salinity of formation water observed in reservoirs of the Itaparica, Sergi, and Aliança Formations in the lower block of the Araçás Fault. In reservoir waters of the Araçás Field's upper block and in adjacent

areas (except the Sesmaria field), a NaCl concentration of over 200.00 mg/l is observed. However, in the lower block of the Araçás field and in the Sesmaria field, salinity is less than 100.00 mg/l of NaCl, and bicarbonate (HCO_3^-) and sulphate (SO_4^{2-}) are low. According to Sullin's classification (1946), these waters are chloride-calcium. The isosalinity map of Sergi Formation reservoir waters shows that salinity decreases from 280,000 mg/l to 60,000 mg/l of NaCl.

The Araçás Fault exerts a strong influence on the behavior of water salinity in the area. Camejo & Leite (1970) considered this salinity anomaly a result of an unconformity in the Recôncavo Basin. Della Fávera *et al.* (1974) disagreed, and their contention that the absence of stratigraphic levels in some wells is

attributable to faults has become well-accepted. The fact that the salinity of reservoir water decreases from W-NW to E-SE in the Araçás Fault might be linked to illitization and chloritization processes, which were checked using X-ray diffractometry analysis. The water released by these processes certainly prompted a dilution in the salt content; in the upper block of the Araçás Fault it is about 8% to 30% while in its lower block and in the Sesmaria field, it changes from 50% to 84%. This marked reduction in reservoir salinity may be caused by the release of water during shale diagenetic processes, such as the dehydration of clay minerals in reservoirs and in a shale diapir in the eastern part of the Araçás field.

Other processes have probably contributed to this anomaly. The Itanagra Fault in the

southeastern part of the area, other older faults, faults associated to diapiric movement, and permeable zones in Salvador Formation conglomerates may all serve as means for meteoric water to percolate down to deep reservoirs. Although the presence of bicarbonate

(HCO_3^-) and sulphate (SO_4^{2-}) could be a consequence of meteoric water contamination, their concentrations are too low.

This salinity anomaly is the result of

several dynamic processes, which may or may not occur simultaneously, especially those associated with diapirism. Areas in the Recôncavo Basin adjacent to shale diapirs, such as the Biriba, North Miranga, and Jacuípe fields, also display low salinity.