

CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESTRATIGRAFIA PÓS-EVAPORÍTICA DA
PORÇÃO SUL DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO

Maria Antonieta Rodrigues

ABSTRACT

The postevaporitic sequence of the southern part of Espírito Santo Basin, one of the most typical basins of the Brazilian east coast, is here studied.

The material of three drilling cores (1-ESS-5, 1-ESS-22 and 1-ESS-23), kindly lent by Petróleo Brasileiro S.A., PETROBRÁS, was studied.

The data obtained from the three drillings were integrated into columnar profiles, for a better visualization of the results.

Lithostratigraphical units were characterized, after the litologic description of the studied sections was accomplished.

Palaeoenvironments were established for the lithofaciologic units, according to the most diagnostic features of the studied lithofacies, such as granulometry, sedimentary structures, colours and distribution of the microfossils.

INTRODUÇÃO

As bacias mesozóicas do Brasil, em especial as da costa leste, têm grandes problemas para sua delimitação e estabelecimento dos limites de suas unidades litoestratigráficas. O conhecimento das sequências sedimentares das extensões marítimas dessas bacias é feito unicamente com base em sondagens, com o material sedimentar quase sempre obtido em forma de amostras de calha, o que dificulta sobretudo o estabelecimento de uma estratigrafia precisa bem como a interpretação paleoambiental. Da mesma maneira, no setor continental, torna-se difícil o estudo das sequências por estarem totalmente recobertas por depósitos quaternários.

No caso particular da Bacia do Espírito Santo, que, segundo OJEDA (1977), é uma das mais típicas da costa leste brasileira pela importância das suas sequências sedimentares, o estudo da porção emersa (cerca de 6.000 km²)*, é bastante difícil por estar totalmente recoberta (veja ASMUS et alii, 1971) pelo complexo deltaico holocênico do Rio Doce

* A área total da Bacia do Espírito Santo mede, aproximadamente, 60.000 km² (OJEDA, op. cit.).

(onde abundam lagos, pântanos e dunas), por sedimentitos do Grupo Barreiras (Plioceno-Pleistoceno) e, muito localmente, pelas sequências regressivas da Formação Rio Doce.

Após pesquisas preliminares realizadas no fim da década de 50, a PETROBRÁS (Petróleo Brasileiro S.A.) decidiu intensificar a exploração da Bacia em apreço. A exploração iniciou-se com a abertura de um poço estratigráfico terrestre na área de Nativo (1-NO-1-ES, Fig. 2), seguida de intensos levantamentos sísmicos e da perfuração do 1-ESS-1 (Fig. 2), primeiro poço marítimo dessa bacia e pioneiro na plataforma continental brasileira (BACOCOLI e MORALES, 1973).

A partir de então, através dos trabalhos da Empresa, sucederam-se vários estudos de integração, tendo como objetivo a delimitação e ordenação da sequência estratigráfica, bem como a datação dos eventos geológicos da Bacia. Mas, apesar desta intensificação nos estudos para atender, principalmente, os objetivos operacionais da PETROBRÁS, muito ainda ficou por fazer no que diz respeito às características paleoambientais das sequências atravessadas pelas sondagens.

Mediante a cessão do material coletado nos poços 1-ESS-5, 1-ESS-22 e 1-ESS-23 (Fig. 2), gentilmente colocados à nossa disposição pela Empresa acima, propomo-nos a contribuir com a montagem de um perfil estratigráfico na porção sul da bacia, onde foram detectadas as maiores espessuras da sequência pós-evaporítica. Para tanto estudamos principalmente os aspectos salientes das diversas litologias reconhecidas (granulometria, estruturas sedimentares, cores).

TRABALHOS PRECEDENTES

O trabalho pioneiro sobre a Bacia do Espírito Santo deve-se a HARTT (1870) que, visitando o Arquipélago de Abrolhos, descreveu uma sequência constituída por arenitos, folhelhos e calcários a que chamou "Camadas dos Abrolhos". Assinalou ainda esse autor que os sedimentos achavam-se recobertos por uma camada de basalto por ele denominada "Trapp de Santa Bárbara". Em vista do seu conteúdo fossilífero, correlacionou os arenitos da sequência descrita aos do Rio São Francisco, em Penedo (Alagoas), sugerindo para os mesmos idade cretácea.

Registramos, também, o trabalho de OLIVEIRA e LEONARDOS (1943) que associaram às "Camadas dos Abrolhos" os vulcanitos básicos (Trapp de Santa Bárbara), reconhecidos por HARTT (op. cit.), denominando o conjunto como Formação Abrolhos. Atribuíram essa nova unidade ao lapso Cretáceo Superior - Terciário Inferior.

Após o reconhecimento geológico da porção emersa da Bacia feito por ANDERY e APPEL (1950), a PETROBRÁS realizou, a partir de 1957, uma série de investigações geofísicas no setor submerso. Estes trabalhos, de

sísmica e gravimetria, foram divulgados, principalmente, por COPPEDGE (1963), OLIVEIRA (1964) e, posteriormente, revisados por CARVALHO (1966), ENGLAND e HEIMBURG (1967), e FONSECA (1967). Os dois primeiros elaboraram mapas residuais, enquanto que os três últimos analisaram os dados existentes, apontando áreas de interesse econômico e subdividindo a então chamada Bacia Bahia Sul - Espírito Santo em 3 bacias menores: Canavieiras-Belmonte; Caravelas-Mucuri e Espírito Santo.

No início da década de 70, com base em interpretações fornecidas pelos dados sísmicos, BACCAR (1971) e SELCH (1971), examinaram alguns problemas paleoambientais e estruturais. Estes autores identificaram, respectivamente, progradações nas sequências sedimentares, assim como falhamentos e dobramentos causados por halocinese; evidenciaram anomalias através do mapa Bouguer e interpretaram a fotogeologia da Bacia. Ainda em 1971, OLIVEIRA e CASTRO concluíram que a Bacia do Espírito Santo era uma das mais complexas sob o ponto de vista de interpretação gravimétrica devido à presença de espessas sequências de calcário e soleiras de diabásio.

Nos aspectos paleontológicos, os primeiros dados sobre a Bacia devem-se a REGALI (1968) que analisou o conteúdo palinológico e forneceu algumas conclusões de ordem paleoecológica e paleoclimática das sequências. As investigações palinológicas tiveram continuidade, mais tarde, no trabalho de REGALI et alii (1974).

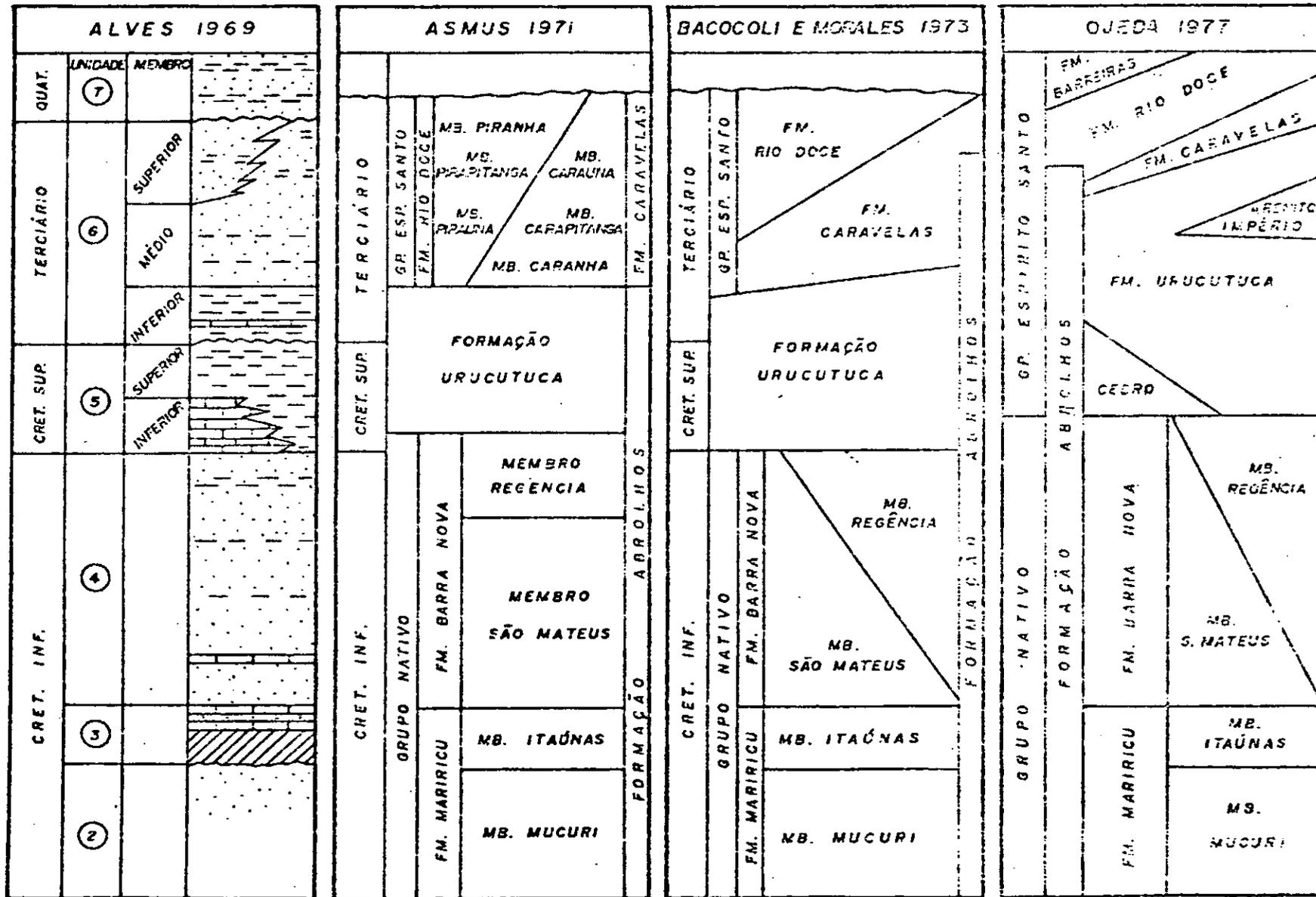
Também, na mesma época, em todas as bacias costeiras da Plataforma Brasileira, incluindo a do Espírito Santo, PEREIRA (1971) e NOGUTI e SANTOS (1972), identificaram os foraminíferos planctônicos, caracterizando a sua distribuição e estabelecendo o primeiro zoneamento bioestratigráfico.

No tocante à datação absoluta, CORDANI e BLAZEKOVIC (1970), determinaram que as rochas basálticas associadas à Formação Abrolhos, que ocorrem em todas as ilhotas do Arquipélago do mesmo nome, têm idade terciária (60-40 m.a.). Concluíram, ademais, que o vulcanismo básico deve ter-se iniciado ainda no Cretáceo Superior.

Poucos são os trabalhos que visam o tectonismo da Bacia em apreço. SELCK (1971), interpretou o arcabouço tectônico da Bacia com base em dados magnéticos, localizando, também, as áreas de maior espessura de sedimentos. ASMUS e PORTO (1972) enquadraram a Bacia do Espírito Santo na categoria das bacias costeiras estáveis da classificação de WEEKS (1952) e às do tipo "V" do conceito de KLEMME (1971).

Além dos trabalhos de HARTT (1870) e OLIVEIRA e LEONARDOS (1943), diversos autores ocuparam-se com problemas estratigráficos, petrográficos e de interpretação paleoambiental: GHIGNONE (1968), ASMUS (1968), TEIXEIRA NETO (1971), ALVES e BEURLIN (1973), MOSMAN e PEREIRA (1972), TIBANA e ALVES (1973), PIAZZA, ARAÚJO e BANDEIRA (1974), GUEIROS (1977), AL

TABELA I



EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS ESTRATIGRÁFICOS DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO

VES e BEURLEN (1978). Cumpre-nos destacar, no entanto, os trabalhos de ALVES (1969), ASMUS et alii (1971), BACOCOLI e MORALES (1973) e OJEDA (1977) que permitem avaliar a evolução dos conceitos estratigráficos sobre a Bacia (Tabela I). ASMUS et alii (op. cit.) propuseram a formalização das unidades litoestratigráficas a nível de Grupo, Formação e Membro, as quais foram reavaliadas por OJEDA (1977) no seu trabalho de síntese da geologia regional da Bacia (Fig. 3).

ÁREA DE ESTUDO

Localização e Delimitação da Bacia do Espírito Santo

Estende-se a Bacia do Espírito Santo por uma área de aproximadamente, 60.000 km² (OJEDA, 1971), da qual apenas uns 10% constituem uma faixa relativamente estreita, que se alonga entre Vitória e pouco além de Caravelas, no Estado da Bahia, com mais ou menos 250 km de comprimento, variando em largura, de uns 20 km ao sul, a cerca de 45 km ao norte, mas alcançando por volta de 60 km na parte média. Esta faixa limita-se a oeste, pelo Complexo Cristalino, e ao sul pelo arco de Vitória, enquanto a sua margem setentrional coincide praticamente, com a divisa política entre os Estados do Espírito Santo e Bahia (Fig. 1).

Como foi anteriormente salientado, a maior parte da Bacia situa-se na plataforma continental, tendo como limite a isóbata de 200 m (ASMUS et alii, 1971). Nas proximidades do Banco dos Abrolhos esse limite se distancia de até 240 km da costa, largura máxima para todo o trecho leste da plataforma continental brasileira. Ao norte, a porção submarina da Bacia confina-se com um arco do Complexo Cristalino e um complexo vulcânico de orientação NW (BACOCOLI e MORALES, 1973); ao sul, pelo já mencionado arco de Vitória.

Localização das Sondagens

O material que possibilitou o desenvolvimento deste estudo compreende testemunhos e amostras de calha de três sondagens realizadas pela PETROBRÁS a leste da foz do rio Doce (Fig. 2).

Na Tabela II estão discriminadas as coordenadas dos poços em questão e a profundidade máxima atingida por cada um deles.

A locação do poço 1-ESS-5 visou testar uma estrutura interpretada como anticlinal halocinética e, mais especificamente, os arenitos porosos interestratificados com folhelhos do Eoceno (ALVES, 1969). A perfuração foi encerrada ao nível de ígneas intrusivas da Formação Abrolhos, sotopostas a uma sequência argilosa com intercalações carbonáticas, pertencentes à Formação Urucutuca.

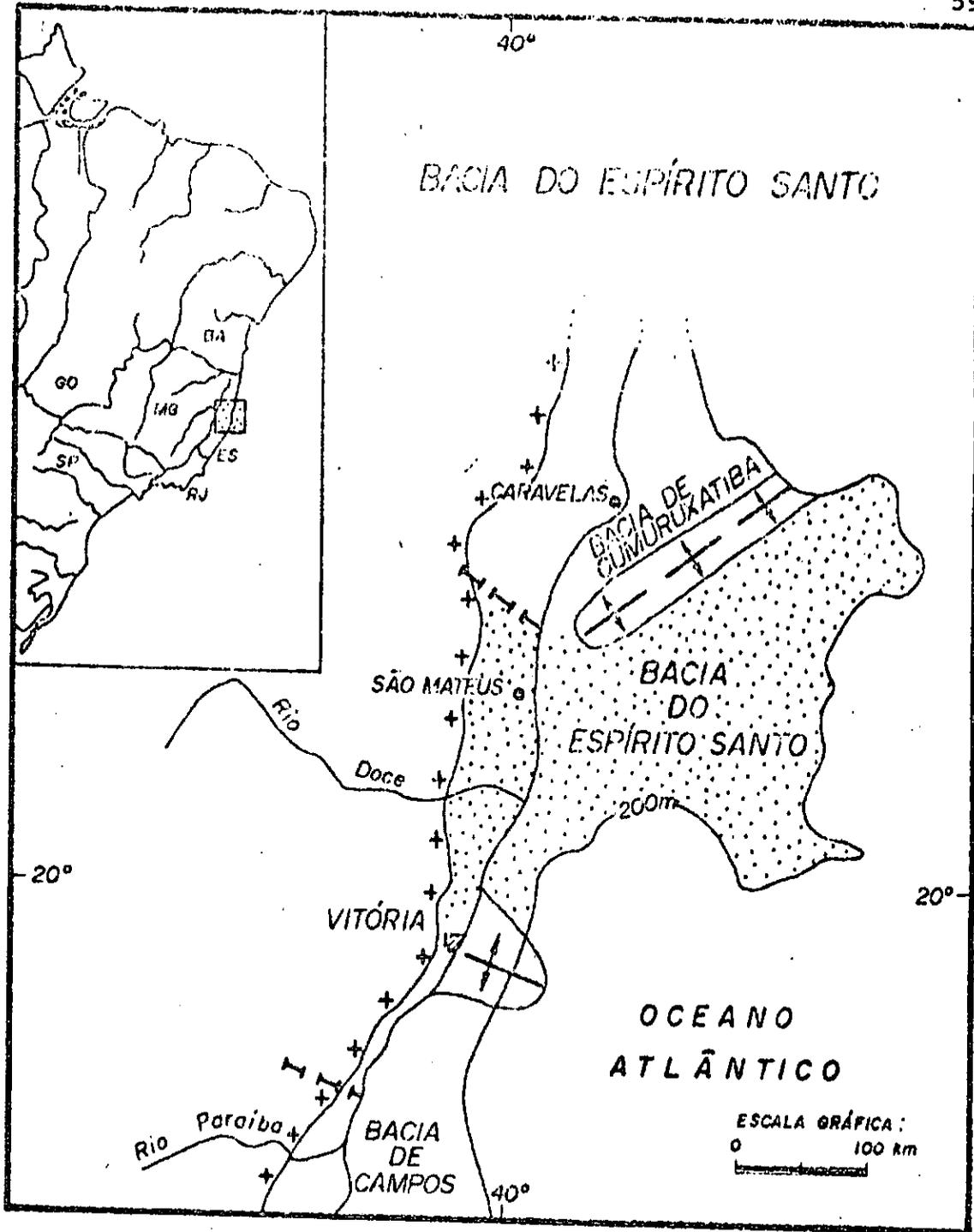


FIG. 1 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO

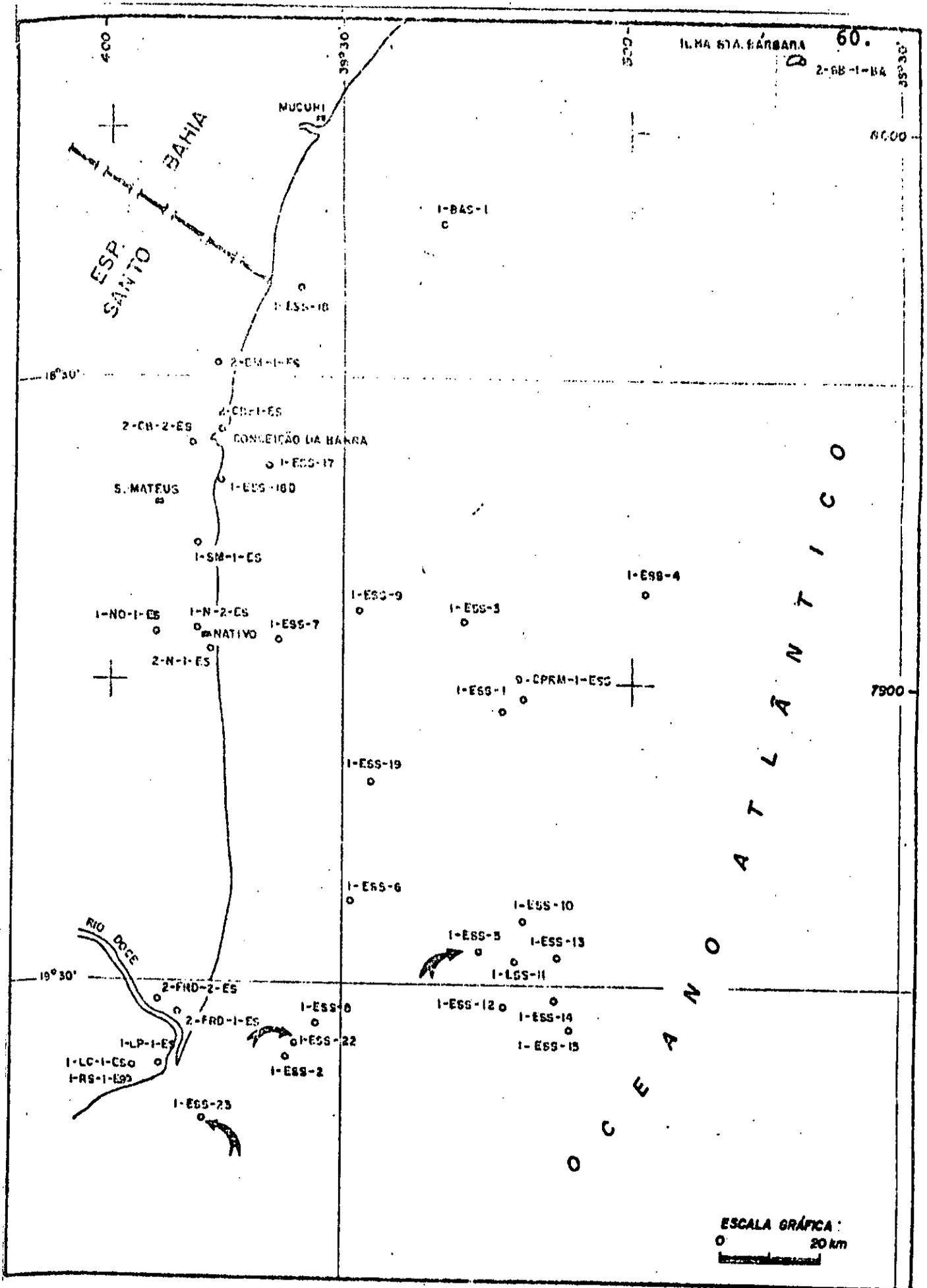


FIG. 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS SONDAGENS EFETUADAS NA BACIA DO ESPÍRITO SANTO. AS TRÊS SONDAGENS ESTUDADAS NESTE TRABALHO ACHAM-SE RESSALTADAS POR MEIO DE SETAS.

TABELA III - POÇO 1-ESS-5

Tipo de Material	Intervalo	Total de Amostras	Recuperação	Formação / Membro
Calha	84 - 4.200m	131		de Rio Doce a Urucutuca Império
Testemunho	N Ã O T E S T E M U N H A D O			

TABELA IV - POÇO 1-ESS-23

Tipo de Material	Intervalo	Total de Amostras	Recuperação	Formação / Membro
Calha	405 - 2,880m	89		de Rio Doce a Barra Nova São Mateus
Testemunho 1	2.167 - 2.185m	10	18m = 100%	Urucutuca Barra Nova
Testemunho 2	2.333 - 2.342,5m	7	10m = 100%	Barra Nova Regência
Testemunho 3	2.357 - 2.375m	10	18m = 100%	Barra Nova Regência
Testemunho 4	2.498,5 - 2.516,5m	10	18m = 100%	Barra Nova Regência
Testemunho 5	2.777 - 2.786m	5	8m = 88,8%	Barra Nova São Mateus
Testemunho 6	2.884 - 2.902m	-	18m = 100%	Barra Nova São Mateus

TABELA V - POÇO 1-ESS-22

Tipo de Material	Intervalo	Total de Amostras	Recuperação	Formação / Membro
Calha	128 - 4.809m	152		de Rio Doce a Barra Nova Regência
Testemunho 1	2.405 - 2.414m	1	4,0m = 44%	Urucutuca
Testemunho 2	2.791 - 2.809m	10	18,0m = 100%	Urucutuca
Testemunho 3	2.984 - 3.002m	10	18,0m = 100%	Urucutuca Império
Testemunho 4	3.135 - 3.141m	3	6,0m = 100%	Urucutuca Império
Testemunho 5	3.962 - 3.980m	9	18,0m = 100%	Urucutuca
Testemunho 6	4.411 - 4.426m	3	5,2m = 35%	Urucutuca
Testemunho 7	4.632 - 4.650m	10	18,0m = 100%	Barra Nova Regência
Testemunho 8	4.809 - 4.817m	5	8,0m = 100%	Barra Nova Regência

TABELA II

Poço Prefixo	Prof. Máx. Atingida	Coordenadas Geográficas	
		latitude	longitude
1-ESS- 5	4.213	19°25'08"S	39°17'03"W
1-ESS-22	4.817	19°36'29,1"S	39°36'26,4"W
1-ESS-23	2.902,5	19°41'13,8"S	39°47'05,4"W

Por outro lado, o 1-ESS-22 teve por objetivo uma estrutura dômica, delineada por intermédio de sísmica de reflexão, ao nível de um refletor de idade eocênica, bem como outra possível estrutura assinalada supostamente ao nível do Membro Regência. Objetivou ainda, verificar a validade da hipótese de a plataforma carbonática albo-cenomaniana estender-se até o sítio da sua locação.

Por fim, o 1-ESS-23 teve como finalidade testar uma estrutura determinada por métodos geofísicos, situada ao nível do topo do Membro Regência (Formação Barra Nova), isto porque, tanto os carbonatos dessa unidade estratigráfica como os arenitos pertencentes à Formação Urucutuca, sobrejacente, são tidos como prováveis reservatórios de óleo.

No caso dos testemunhos, sua posição, número e recuperação podem ser observados nas Tabelas III, IV e V.

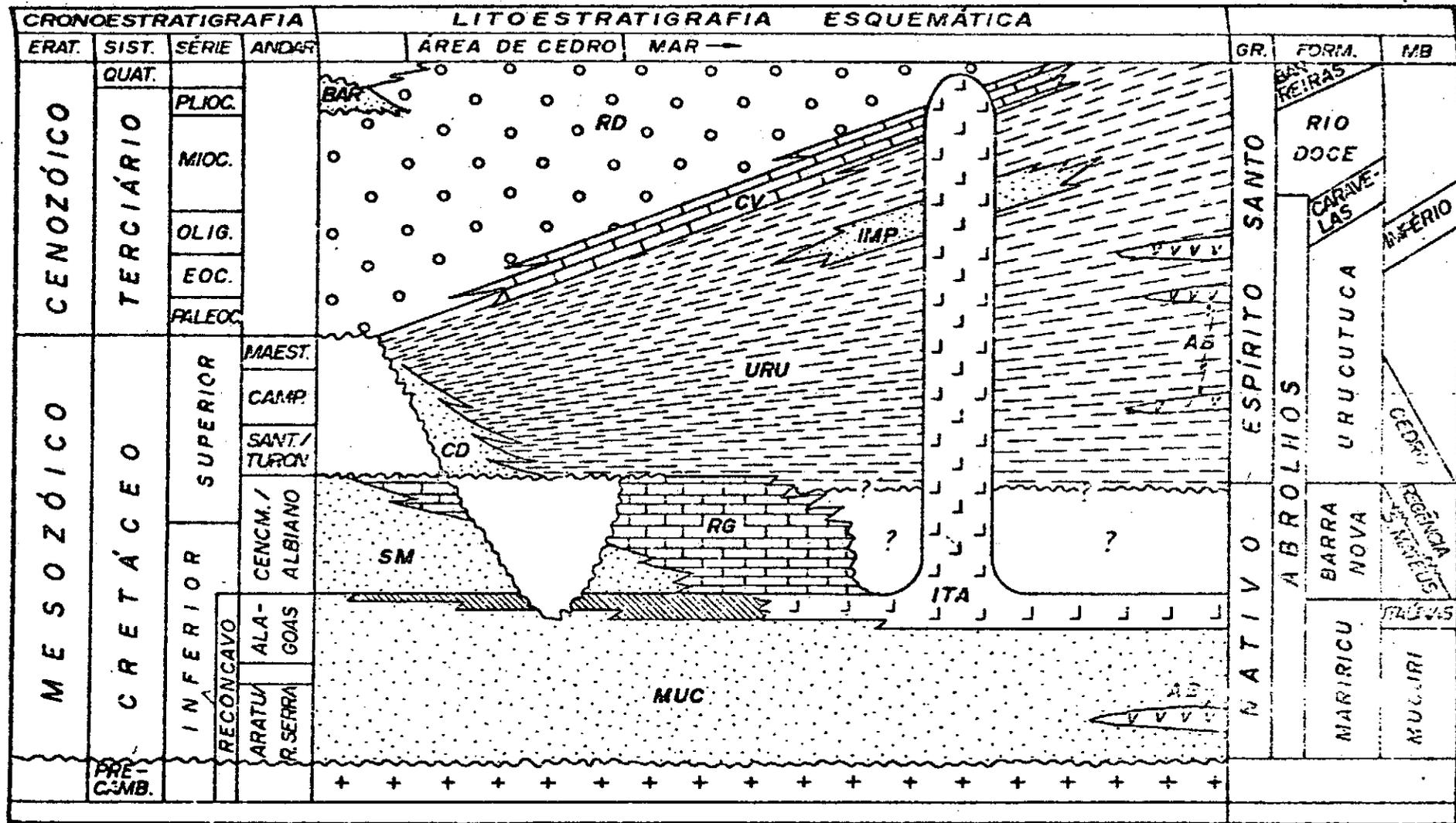
O total de amostras estudadas foi de 460, sendo que somente 93 correspondem a testemunhos e 367 a amostras de calha. No primeiro caso, a amostragem foi realizada a intervalos regulares de 2 m ao passo que, no segundo caso, a intervalos de 30 m.

MÉTODOS DE TRABALHO

Os testemunhos foram cortados longitudinalmente, fotografados e analisados no Laboratório Central de Exploração (LACEX) da PETROBRÁS. Tanto estes quanto o material de calha foram estudados sob lupa binocular (30x e 40x).

Procurou-se obter destas amostras informações referentes às cores, estruturas sedimentares, textura e composição dos sedimentos, conteúdo fossilífero, etc.

Referências feitas à cor dos sedimentos, de significativa importância na interpretação paleoambiental, tiveram como padrão a escala de cores de Munsell (1973). Foram identificadas cores primárias e secundárias, estas principalmente devido à pigmentação ferruginosa.



-  ARENITOS GROSSEIROS A CONGLOMERÁTICOS
-  CALCÁRIOS
-  ARENITOS MÉDIGS
-  EVAPORITOS
-  FOLHELHOS
-  MAGMATITOS

FIG. 3 - SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO (SEGUNDO OJEDA, 1977).

As estruturas sedimentares foram consideradas no decorrer da descrição dos testemunhos, conforme os critérios de Reineck e Singh (1980).

A composição foi determinada em seus constituintes clásticos principais enquanto que a presença dos componentes carbonáticos foi avaliada mediante o emprego de ácido clorídrico diluído (20%).

A delimitação das unidades litoestratigráficas baseou-se, fundamentalmente, nas características das rochas (litologia, granulometria e cores) e como elemento auxiliar o perfil Raios gamma. Dentre os perfis elétricos, é este o que oferece maior resolução na delimitação destas unidades bem como de suas texturas.

ESTRATIGRAFIA GERAL DA BACIA

A Bacia do Espírito Santo compõe-se de várias unidades litoestratigráficas distribuídas em 3 intervalos típicos, cuja caracterização foi originalmente devida a Asmus et alii (1971). Cabe salientar que estes intervalos são ainda hoje utilizados não só para a bacia em estudo como também, para todas as outras bacias da costa leste brasileira e levam em consideração a intercalação de evaporitos, configurando o intervalo médio das sequências. Caracterizam-se, em consequência, de modo mais adequado as unidades sotopostas (intervalo inferior) e as sobrepostas (intervalo superior), em relação ao intervalo evaporítico do ponto de vista paleoambiental. Assim, o intervalo inferior é composto por sedimentos clásticos depositados em ambiente continental fluvio-lacustrino; o intervalo médio corresponde a depósitos de bacias marinhas restritas e o intervalo superior foi depositado sob condições predominantemente marinhas.

Na Bacia do Espírito Santo foram supostas duas unidades litoestratigráficas maiores, com categoria de Grupo (Asmus et alii, 1971); Grupo Nativo, na base, de idade cretácea e Grupo Espírito Santo, no topo, considerado como terciário de um modo geral. O grupo inferior abrange os dois primeiros intervalos, enquanto que o terceiro forma parte da segunda unidade (Fig. 3).

A denominação de Grupo Nativo foi proposta e definida por Asmus et alii (op. cit.) para uma sequência de subsuperfície. Situa-se essa unidade entre o embasamento e o Grupo Espírito Santo e consiste, principalmente em arenitos, quase sempre imaturos, evaporitos e calcários. Os propositores distinguiram duas formações que designaram como Mariricu e Barra Nova.

A Formação Mariricu, de posição inferior no grupo, compõe-se de dois membros: Mucuri e Itaúnas. O primeiro, atinge perto de 1.500 m de espessura na seção-tipo e constitui-se, predominantemente, de arcó-sios e, subsidiariamente, de conglomerados arcó-sianos, folhelhos, silti-

tos e micritos. O Membro Itaúnas alcança perto de 100 m de espessura na seção-tipo e consiste em evaporitos com intercalações de folhelho, calcário e dolomito.

A Formação Barra Nova alcança na seção-tipo cerca de 900 m de espessura e apresenta dois tipos litológicos bem diversos, cada um dos quais motivou a criação de um membro distinto: São Mateus e Regência.

O Membro São Mateus é formado essencialmente por arenitos arcossianos, médios a grosseiros, com grãos angulares a subangulares e mal selecionados. Varia em cor, de castanho a cinzento, mas pode mostrar tons esverdeados. Em espessura, alcança por volta de 700 m. O Membro Regência foi definido como um pacote de calcários, predominantemente oolíticos, que, na localidade tipo, atingem perto de 170 m de espessura e se sobrepõe aos arenitos do Membro São Mateus.

O Grupo Espírito Santo, como originalmente proposto (Asmus et alii, 1971), abrangia apenas duas formações: Caravelas e Rio Doce. Mais recentemente, Ojeda (1977) incluiu nesse grupo a Formação Urucutuca que aqueles autores mantiveram independente.

Proposta por Carvalho (1965), na Bacia do Rio Almada, a Formação Urucutuca foi mais tarde também reconhecida na Bacia do Espírito Santo (Alves, 1969). Na sua seção-tipo, a litologia consiste, predominantemente, em folhelhos cinzento escuros, carbonosos, silticos, micáceos, piritosos e, subsidiariamente, em conglomerados, calcários e arenitos. Ojeda (op. cit.) na seção estratigráfica, anteriormente aludida (Fig. 3 do presente trabalho) distingue dois membros dentro da Formação Urucutuca: Cedro e Império. O primeiro corresponde a psamitos ocorrentes apenas na porção continental da bacia, enquanto o segundo consiste em um pacote de arenitos finos até conglomeráticos, com intercalações de folhelhos e siltitos.

A Formação Caravelas corresponde a uma espessa sequência de biomicritos (2.800 m de espessura na seção-tipo) com intercalações de folhelhos e arenitos. Essa designação, usada anteriormente por Carvalho e Garrido (1966) para rochas carbonáticas do sul da Bahia, foi usada pela primeira vez, na Bacia do Espírito Santo, por Asmus et alii (1971) que lhe deram aí status formal. Os citados autores distinguem três membros: Caranha, Carapitanga e Caraúna, com sua designação tomada de nomes de peixes da região. Ojeda (1977), no seu estudo sismoestratigráfico da Bacia do Espírito Santo, não adota tal subdivisão por não ter reconhecido apreciáveis modificações litológicas na sequência.

A Formação Rio Doce, também proposta por Asmus et alii (1971) é constituída, predominantemente, por arenitos grosseiros a conglomeráticos e, subordinadamente, folhelho e silito. A sua espessura pode equivaler e, até mesmo, ultrapassar a da Formação Caravelas. Esta forma-

ção também foi subdividida por Asmus et alii (op. cit.) em três membros: Piranha (inferior), Pirapitanga e Piraúna que, por sua vez, foram rejeitadas por Ojeda (1977) pelo mesmo motivo citado para a Formação Caravelas.

No que diz respeito aos magmatitos da Formação Abrolhos, denominados por Oliveira e Leonardos (1943), já anteriormente descritos por Hartt (1870) como "camadas dos Abrolhos" são redefinidos por Asmus et alii (op. cit.). Aqui, passam a incluir o intervalo constituído de rochas vulcânicas, corpos intrusivos e sedimentitos associados, no qual a relação ígneas/sedimentares seja maior que 1 (um).

LITOESTRATIGRAFIA DOS POÇOS ESTUDADOS

Unidades pós-evaporíticas

Com base nos trabalhos prévios sobre a Bacia do Espírito Santo, nas diagnoses das unidades litoestratigráficas neles presentes, bem como a análise litológica e leitura do perfil Raios gamma das sequências examinadas no decorrer do presente trabalho, foi possível reconhecer as seguintes divisões estratigráficas pós-evaporíticas.

GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO
ESPÍRITO SANTO	RIO DOCE	
	CARAVELAS	
	URUCUTUCA	IMPÉRIO
NATIVO	BARRA NOVA	REGÊNCIA
		SÃO MATEUS

Os poços iniciaram-se ao nível da Formação Rio Doce e atingiram sedimentitos da Formação Mariricu (Membro Itaúnas), ou seja, o corpo principal das rochas perfuradas pertence ao Grupo Espírito Santo (Fig. 3). O contato entre esta unidade e o Grupo Nativo é nítido e foi registrado nos poços 1-ESS-22 e 1-ESS-23, na profundidade de 1925 e 1.150 m respectivamente.

A unidade de posição estratigráfica mais baixa amostrada (Membro Itaúnas) foi atingida na cota de 4.750 m do poço 1-ESS-22; apenas 60 m de espessura da mesma foram atravessados (Anexo II).

Sucedeu-se a Formação Barra Nova, que se fez presente pelos seus dois membros: São Mateus e Regência. O primeiro foi alcançado

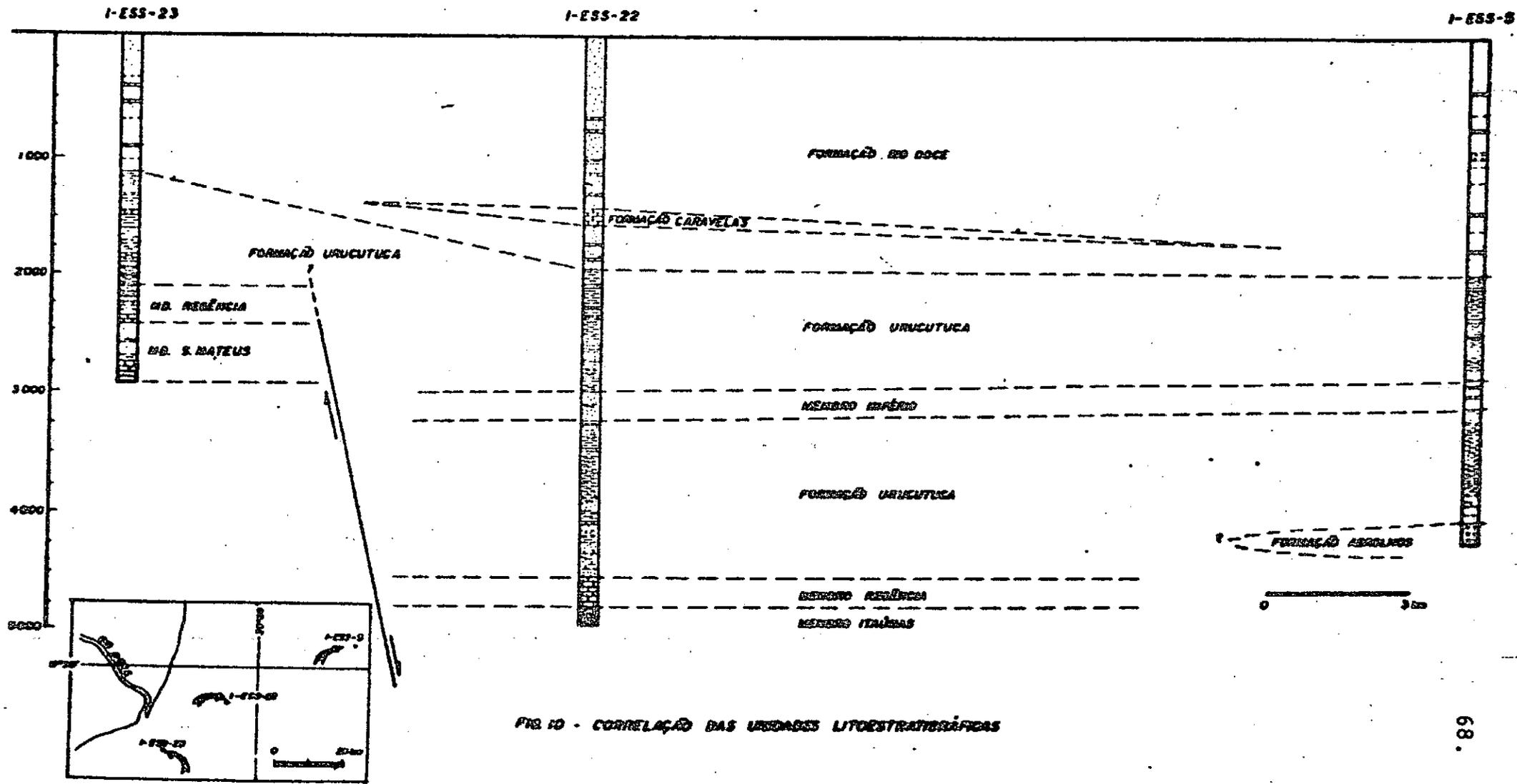


FIG. 10 - CORRELAÇÃO DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

aos 2.470 m do poço 1-ESS-23 (Anexo III), ao passo que o segundo registrou-se nos intervalos 4.550 - 4.750 m e 2.185 - 2.470 m dos poços 1-ESS-22 e 1-ESS-23, respectivamente (Anexos II e III). Os contatos inferior e superior da Formação Barra Nova são bem definidos.

A Formação Urucutuca, imediatamente superior, apresentou espessura maior (2.253 m) no 1-ESS-5 (Anexo I) sem, contudo, ter-se atingido aí a sua base. Nos dois outros poços a unidade foi totalmente atravessada, registrando-se, para o 1-ESS-22, 2.625 m (Anexo II) e, para o 1-ESS-23, 1.035 m (Anexo III).

Na porção média desta unidade (2.850 m e 2.980 m do topo de 1-ESS-5 e 1-ESS-22, respectivamente) foi dado reconhecer a litologia diagnóstica do Arenito Império (Fig. 10).

A Formação Caravelas só foi bem caracterizada no poço 1-ESS-22 (Anexo II), entre as cotas 1.415 m e 1.620 m.

Os seus contatos, inferior e superior, são gradacionais, contudo, a leitura dos Raios gama permite uma razoável delimitação.

Finalmente, assinalou-se a Formação Rio Doce, capeando toda a sequência (Fig. 3). Os limites inferiores apresentam-se gradacionais (Anexos I, II e III).

A Formação Abrolhos, que não tem uma posição estratigráfica definida, já que pode ocorrer em vários níveis, ao longo da sequência, foi assinalada através de um sill de diabásio nas proximidades da cota 4.125 m do poço 1-ESS-5 (Anexo I).

Convém ressaltar que o poço 1-ESS-5, o mais afastado em relação à linha de costa, atinge 4.213 m sem ultrapassar a Formação Urucutuca; o 1-ESS-22, alcança os evaporitos da Formação Mariricu (Membro Itaúnas) a 4.750 m de profundidade, apresentando por conseguinte, a seção mais completa; e o 1-ESS-23, o mais próximo da linha de costa, atinge a Formação Barra Nova (Membro São Mateus a apenas 2.470 m) (Fig. 10).

Caracterização litológica das unidades

Analisaremos, a seguir, as características litológicas das unidades individualizadas nos três poços estudados em ordem estratigráfica (Fig. 10).

O Membro Itaúnas da Formação Mariricu (Anexo II), por não fazer parte da sequência pós-evaporítica, foi analisado apenas na sua natureza composicional. Nele predominam os evaporitos de tipo anidritico, os quais apresentam intercalações de folhelho e calcário. Convém ressaltar entretanto a presença, na sua parte inferior, de uma brecha sedimentar, intraformacional, de cor cinzenta a negra, composta de intraclastos angulares de anidrita e calcilutito (Est. X, Figs. 6 e 7).

O Membro São Mateus (Anexo III), com o qual tem início a sequência pós-evaporítica, constitui-se, predominantemente, de arenitos arcossianos, médios a grosseiros, caulínicos, de cor geralmente marrom claro (10YR6/2). Estes psamitos apresentam estruturas maciça (Est. X, Fig. 6), e laminar cruzada (Est. X, Fig. 1). Intercalam-se-lhes siltitos de tons marrom acinzentados (10YR5/2), com frequente laminação (Est. IX, Fig. 5; Est. X, Fig. 3). Convém ressaltar, ainda, a presença neles de clastos de arenitos finos e siltitos (Est. X, Figs. 1 e 4).

O Membro Regência (Anexos II e III) comporta uma espessa sucessão de calcários clásticos de diversas granulometrias, já que aparecem desde calcilutitos até calcirruditos; em cores que variam do cinzento claro (10YR7/2) ao cinzento escuro (10YR4/1). As litologias mencionadas se alternam com ritmicidade mais ou menos regular. Os calcirruditos apresentam intraclastos constituídos, preferencialmente, de fragmentos de calcário oncolítico embebidos numa matriz também oncolítica (Est. VII, Figs. 5 e 6) ou calcarenítica (Est. IX, Fig. 3). Registram-se, ainda, com bastante frequência, psefitos em que os clastos, densa ou esparsamente dispostos em matriz calcarenítica ou calcilutífica, constituem-se de oncólitos, de até 6 cm de diâmetro, deslocados do sítio original de formação. A disposição desses clastos é frequentemente gradacional, ficando a sequência encimada por siltitos calcíferos irregularmente laminados e fissurados (Est. IX, Figs. 1 e 4). Como estruturas frequentes assinalamos as de fluidez ou "escape de água", bem como injeções de calcários oncolíticos penetrando nos calcilutitos.

Subordinadamente, ocorrem no Membro Regência camadas de arenito médio a grosseiro, geralmente maciço, de cor creme acinzentada (10YR7/1).

A Formação Urucutuca, tal como foi salientada por Carvalho (1968), na sua descrição original, constitui-se de uma monótona sequência de folhelhos e intercalações subordinadas de calcários e arenitos. Os folhelhos caracterizam-se por uma cor invariavelmente cinzenta escura (7.5YR4/2) a preta (7.5YR6/5); por vezes são sílticos e calcíferos, apresentando frequente laminação (Est. VI, Figs. 1, 2, 4 e 5). As micas são componentes abundantes nestas rochas. Os arenitos são esbranquiçados, mal selecionados e atingem maior representatividade na porção média da formação onde permitem a delimitação do Arenito Império. Esta unidade consiste em arenitos grosseiros a conglomeráticos, por vezes granatíferos. Estes psamitos apresentam cor predominantemente cinzenta clara (10YR7/2) e mostram estrutura preferencialmente maciça (Est. IV, Fig. 4); menos frequentemente, gradacional (Est. V, Fig. 5).

A Formação Urucutuca apresenta-se consideravelmente mais arenosa para oeste, como se pode verificar no poço 1-ESS-23 onde o limite desta com a suprajacente (Rio Doce) torna-se difícil precisar (Anexo III).

As características diagnósticas da Formação Caravelas foram tomadas, exclusivamente, de amostras de calha; constitui-se, essa formação, predominantemente, de calcários biomicríticos de cor preferentemente branca (7.5YR8/0) com intercalações de delgadas camadas de arenitos cinzento esbranquiçados (7.5YR7/2).

A Formação Rio Doce apresenta características semelhantes às originalmente descritas por Asmus et alii (1971), isto é, arenitos grosseiros a conglomeráticos de coloração esbranquiçada com finas camadas de calcário cinzento claro.

ZONEAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO

Em virtude do material disponível para análise paleontológica ser constituído predominantemente de amostras de calha, sujeitas a frequentes contaminações foi utilizado o critério de "zonas diferenciais superiores" introduzido por Troelsen em 1969 (in Schaller, 1969), pela primeira vez, no zoneamento da Bacia de Sergipe/Alagoas.

Conforme esclareceu o citado autor: "A unidade básica dos zoneamentos estabelecidos é a "zona concorrente". Entretanto, a contaminação por desmoronamentos, torna extremamente difícil precisar o limite inferior da amplitude da entidade taxonômica considerada. Assim sendo, o limite inferior de uma zona é, na prática, definido pelo topo da zona que lhe fica imediatamente sotoposta. Este tipo de zona denomina-se aqui de "zona diferencial superior".

Assim sendo, as biozonas reconhecidas basearam-se no registro das primeiras ocorrências obtidas no processo de perfuração. Seguem-se as biozonas identificadas, bem como uma tentativa de correlação dos poços mediante os foraminíferos planctônicos (Fig. 11).

- Zona Orbulina universa
- Zona Globorotalia mayeri
- Zona Praeorbulina glomerosa
- Zona Globorotalia kugleri
- Zona Globorotalia opima opima
- Zona Globigerina ampliapertura
- Zona Truncorotaloides cohri
- Zona Globorotalia velascoensis
- Zona Globorotalia pseudomenardii
- Zona Globorotalia pseudobulloides
- Zona Globotruncana contusa

Noguti e Santos (1972) estabeleceram um zoneamento preliminar para as bacias sedimentares da plataforma continental brasileira. Nele estão contidas as biozonas por nós reconhecidas. Ressaltamos o fato de que as Zonas Globorotalia pseudobulôides, Globigerina ampliapertura,

Globorotalia opima opima, Praeorbulina glomerosa, Globorotalia mayeri e Orbulina universa são aqui registradas pela primeira vez, para a Bacia do Espírito Santo.

Zona Globotruncana contusa - zona originalmente criada por Dalbiez (1955), para o Cretáceo Superior da Tunízia e que tem como correspondentes as zonas Abathonphalus mayaroensis (Bolli) e Globotruncana gansseri (Bolli), propostas por Bolli em 1957. Identifica-se a zona em questão no poço 1-ESS-23 na altura dos 2.350 m, a cujo topo de amplitude local se atribui idade mastrichtiana.

Zona Globorotalia pseudobuloides. Zona originalmente descrita por Leonov e Alimarina em 1961 para a União Soviética (in: Stainforth, 1975). Tem como correspondentes a Zona Globorotalia uncinata de Bolli, 1957 e P_{1-c} de Blow 1963. Foi aqui localizada no poço 1-ESS-23 na cota de 2.000 m. Ocorrem como formas associadas: Globorotalia angulata (White) e Globorotalia compressa (Plummer) e ao topo de amplitude local desta zona atribui-se idade paleocênica inferior.

Zona Globorotalia pseudomenardii. Zona proposta por Bolli (1957), para a Formação Lizard Springs em Trinidad. Tem como correspondente a zona P_4 de Blow (1963). O topo desta zona ao qual se atribui idade paleocênica é identificado a 1.850 m o poço 1-ESS-23. A forma comum encontrada associada é Globorotalia velascoensis (Cushman).

Zona Globorotalia velascoensis. Zona originalmente definida por Bolli para a Formação Lizard Springs em Trinidad. Tem como correspondente a zona T-5 de Blow (1963). Seu topo de amplitude local foi registrado a 3.400 m do poço 1-ESS-22. Sua idade é tida como paleocênica superior.

Zona Truncorotaloides rohri. Criada por Bolli (1957), para a Formação Navet, Trinidad. Equivale à zona P_{14} de Blow (1966). Foi assinalada, nos poços 1-ESS-5 e 1-ESS-23, a 3.400 m e 1.230 m, respectivamente. Ao seu limite superior de ocorrência atribui-se idade eocênica média. São registradas como forma comum no intervalo Globigerina higginsi Bolli, Kantkenina aragonensis, Globigerapsis semiinvoluta (Keijzer) e Globigerapsis kugleri (Bolli, Loeblich e Tappan).

Zona Globigerina ampliapertura. Zona originalmente descrita por Bolli (1957) para a Formação Ciperó em Trinidad. Tem no zoneamento de Blow (1969) a correspondência com N_1/P_{20} ao qual se atribui a base do Oligoceno Superior. Esta zona foi reconhecida no poço 1-ESS-23 tendo seu topo a 1.150 m de profundidade e é assinalada Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis como forma comum ao intervalo.

Zona Globorotalia opima opima. Zona primeiramente assinalada por Bolli (1957) para a Formação Ciperó em Trinidad; corresponde a N_2/P_{21} de Blow (1969), e seu topo de ocorrência foi verificado a 2.900 m

e 700 m de profundidade dos poços 1-ESS-5 e 1-ESS-23, respectivamente a que se atribui idade oligocênica superior. Como formas aqui frequentes encontramos Globorotalia opima nana Bolli e Globigerina tripartita Koch.

Zona Globorotalia kugleri. Zona pela primeira vez assinalada por Bolli (1957) para a Formação Ciperó em Trinidad; tem como correspondente a zona N₁₄ de Blow (1969). Foi reconhecida na cota de 2.000 m do poço 1-ESS-5 e como forma associada foi encontrada Globigerina ciperóensis angulisuturalis Bolli. Ao seu topo de amplitude atribui-se a base do Mioceno Inferior.

Zona Praeorgulina glomerosa. Zona definida por Jenkins (1960) e emendada por Noguti e dos Santos (1972) que a coloca como correspondente às zonas N₆, N₇ e N₈ de Banner e Blow (1965). Foi identificada no poço 1-ESS-5 a 1.400 m de profundidade, nível este atribuído ao Mioceno Inferior.

Zona Globorotalia mayeri. Zona primeiramente proposta por Bronnimann (1951) e que tem correspondência na zona N₁₄ de Blow (1969). Foi por nós identificada no poço 1-ESS-5 a 1.050 m de profundidade e tem como formas associadas: Globorotalia poshi peripheroronda Blow e Banner, Globigerinoides saculifera (Brady), Hastigerina aequilateralis (Brady) e Globoquadrina altispira altispira (Cushman e Jarvis). O topo da zona é atribuído ao Mioceno Médio.

Zona Orbulina universa. Zona proposta por Noguti e dos Santos para a plataforma continental do Pará e Amapá (1972). Zona esta, não bem definida, uma vez que a extensão da espécie que lhe serve de "datum" tem ampla distribuição vertical (Mioceno-Recente). Sua presença foi assinalada nos poços 1-ESS-5, 1-ESS-22 e 1-ESS-23, nas cotas 920 m, 620 m e 650 m, respectivamente.

INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

O estabelecimento dos ambientes para as unidades litofaciais apresentadas baseia-se, fundamentalmente, no estudo dos testemunhos disponíveis, bem como na distribuição dos microfósseis (tais como fragmentos de moluscos, espinhos de equinóides, briozoários, etc.) em especial os foraminíferos.

Asmus et alii (1971), não abordaram o assunto do paleoambiente sedimentar da Formação Barra Nova. Baccocoli e Morales (1972) atribuíram ao Membro São Mateus um ambiente marinho de águas rasas, mais ou menos próximo do bordo da bacia, bem como de desembocaduras de rios. Em apoio a estas condições paleoambientais, a granulometria grosseira dos arenitos e a alta frequência de estratificação e laminação cruzadas são fortes indícios de uma sedimentação próxima à costa (nearshore).

Estas duas evidências sugerem transporte tracional por correntes de energia relativamente elevada.

A baixa frequência de foraminíferos e a presença de inúmeros esporomorfos (Asmus et alii, 1971) constitui outro argumento em favor de uma sedimentação próxima à linha de costa acima do nível de base de ondas. Cumpre-nos assinalar que os foraminíferos não foram por nós registrados na unidade em apreço.

O material sedimentar parece ter-se derivado de erosão de formações clásticas subjacentes, possivelmente do Membro Mucuri, dada a presença de clastos de arenitos laminados e siltitos similares aos daquela unidade. Não se pode descartar, entretanto, a possibilidade de os siltitos serem intraformacionais (intraclastos).

Condições de plataforma semelhantes às vigentes durante a sedimentação do Membro São Mateus foram atribuídas por Baccocoli e Moraes (1972) para os carbonatos do Membro Regência. A predominância de calcários oolíticos e a baixa frequência de componentes terrígenos têm sido interpretadas como indicadoras de depósitos afastados do continente (das áreas de aporte clástico). Não registramos, porém, a presença de oólitos nos calcários do Membro Regência. Constatamos, entretanto, a ocorrência abundante de oncólitos, até agora não assinalados.

De acordo com Sellwood in Reading, 1979 e Carozzi et alii (1973), formam-se os oncólitos preferencialmente em condições de deposição subtidal de mares restritos. Segundo Carozzi et alii (op. cit.) estas estruturas algais quando bem desenvolvidas indicariam ambiente de energia relativamente baixa. No caso do Membro Regência os oncólitos alcançam diâmetros de até 6 cm, ou seja, dimensões sugestivas desse tipo de ambiente. Associam-se, contudo, a foraminíferos planctônicos, indicativos de plataforma externa a talude. Os depósitos oncolíticos devem, portanto, ter sofrido um transporte para águas mais profundas, possivelmente sob influência da gravidade atuando ao longo de fundos de gradiente mais ou menos acentuado. Esse deslocamento de depósitos pode ter sido motivado pela reativação do sistema de falhas que originou a própria bacia (Asmus et alii, 1971).

Com grande probabilidade, a plataforma continental manteve-se relativamente estreita na época da sedimentação do Membro Regência.

As repetitivas sequências de calcários clásticos, variando de calcirrudito a calcilutito, sugerem deposição por correntes de turbidez. Uma parte reduzida dos sedimentos apresenta estruturas de escape de fluídos.

Mais uma evidência de que os sedimentitos do Membro Regência sofreram deslocamento é a presença de estruturas convolutas e outras estruturas deformacionais (brechas combinadas com microfalhas). Estas es

estruturas estão bem exemplificadas na figura C-12-B do trabalho de Friedmann e Sanders, 1979.

A Formação Urucutuca, como já se referiu, apresenta um comportamento litofacial variável, tanto na horizontal como na vertical, marcando-se, por exemplo, pela maior abundância de arenitos no poço 1-ESS-23, ou seja, mais perto da presumível paleolinha de costa. No aludido poço, os foraminíferos constituem uma associação homogênea, típica de plataforma interna a média, representada, principalmente pelos gêneros Uvigerina. A predominância de sedimentos finos na porção oriental da unidade sugere a deposição desta em uma plataforma de gradiente suave. Já a sequência atravessada pelo poço 1-ESS-22, além de se distinguir por uma litologia, preferentemente pelítica, contém uma assembléia mista de organismos, composta de elementos próprios de águas de plataforma e de elementos indicativos de águas de plataforma externa a talude. Os elementos de plataforma interna representam-se pelo grupo de miliolídeos, fragmentos de bivalves e equinóides (briozoários?). Os elementos de águas mais profundas consistem em foraminíferos planctônicos, bem como os gêneros Gyroidina e Uvigerina. Também o gênero Bulimina, frequente na zona batial, tem aqui alta representatividade.

Esta "mistura" de faunas bem denota que os processos de ressedimentação assinalados por Alves e Beurlen (1978) para a porção basal da Formação Urucutuca persistiram até pouco acima do Arenito Império.

As cores, preferencialmente, escuras, denotam ambiente redutor. Cumpre assinalar que no poço 1-ESS-23 os tons apresentam-se mais claros, sendo este mais um argumento em favor da sedimentação mais rasa no sentido oeste.

Quanto às estruturas, salientamos nos pelitos, boa laminação, bem como um grau médio de bioturbação, com uma distribuição esporádica.

A presença de estratificação gradacional em clastitos do Membro Império conjugada com a repetição de ciclos de agnódecrecência faz supor uma sedimentação por correntes de turbidez. Tratar-se-ia, no caso, de turbiditos do tipo proximal. O topo da sequência pelítica da Formação Urucutuca deve ter-se depositado em base de regressão em vista da diminuição do percentual de foraminíferos planctônicos.

A fase regressiva mencionada parece ter tido continuidade na que ocorreu durante a deposição das Formações Caravelas e Rio Doce, que se apresentam interdigitadas e síncronas no âmbito geral da bacia (Asmus et alii, 1971).

A Formação das Caravelas é uma unidade, predominantemente, biomicrítica. Contém briozoários arborescentes e incrustantes, fragmentos de cirripédios, moluscos e, dentro os foraminíferos, os gêneros Amphistegina e Heterostegina. Esta associação, em especial a dos foraminí

feros, é representativa de "habitat" recifal. O estado fragmentário dos organismos também sugere ambiente de energia relativamente elevada.

Segundo Baccocoli e Morales (1971) a Formação Rio Doce representa sedimentação arenosa de plataforma. Os arenitos grosseiros a conglomeráticos indicam ambiente de energia relativamente elevada; o grande fluxo de clásticos terrígenos de oeste, em especial os que representam a porção superior da formação, provavelmente deve-se à progradação do antigo delta do rio Doce.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise litológica e micropaleontológica dos poços 1-ESS-5, 1-ESS-22 e 1-ESS-23 possibilitou as seguintes conclusões:

- atribuir ao Membro São Mateus (Formação Barra Nova), ambiente marinho de águas rasas, próximo à linha de costa. Isto se deve à sua granulometria, estruturas, bem como baixa frequência de foraminíferos;

- ao Membro Regência (Formação Barra Nova), por apresentar: como litologia predominante calcário oncolítico, onde preferencialmente, os oncólitos estão dispostos gradacionalmente;

- as repetitivas sequências de calcários clásticos variando de calcirrudito a calcilutito;

- e a presença de estruturas carvolutas, deformacionais e de escape de fluidos que sugerem deslocamento do material sedimentar, para áreas mais profundas, uma região marinha de plataforma média a externa;

- a Formação Urucutuca que se caracteriza por uma sequência homogênea de folhelhos, apresenta uma sedimentação preferencialmente arenosa próxima da presumível paleolinha de costa, ao passo que, à medida que se afasta da mesma assume o caráter pelítico diagnóstico, o que evidencia uma marcada variação litofacial.

O Membro "Arenito Império" contido na Formação Urucutuca apresenta sequências comprovadamente turbidíticas o que corrobora sobremaneira na caracterização de um depósito de talude.

- a presença de uma fauna representativa de "habitat" recifal sugere para a Formação Caravelas um depósito preferentemente de plataforma carbonática, resultado do último processo transgressivo da bacia;

- a Formação Rio Doce apresenta arenitos preferencialmente conglomeráticos, o que indica ambiente de elevada energia. A ausência de maiores dados impediu uma caracterização ambiental mais precisa.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, R.J. 1969. Contribuição ao estudo da litoestratigrafia da Bacia Bahia Sul/Espírito Santo. Relatório Petrobrás, DEXPRO, nº 2196.
- _____. 1978. Modelo Estratigráfico da Acumulação Petrolífera na Plataforma Continental do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO 1. Rio de Janeiro. Petrobrás, 1: 79-93, 11 fig.
- _____. & BEURLIN, G. 1978. Modelo de Acumulação em canyon submarino Campo da Fazenda Cedro - Bacia do Espírito Santo. Separata. Off shore Brasil, 78. Petrobrás. Rio de Janeiro, 5 p.
- ANDERY, J., APPEL, A.B. 1950. Reconhecimento Geológico da Bacia do Espírito Santo. Relatório Interno da Petrobrás. DEXPRO, nº 1452.
- ASMUS, H.E. 1968. Estudo Preliminar da Bacia Bahia Sul/Espírito Santo. Relatório Interno da Petrobrás. Divisão de Exploração e Produção (DEXPRO), nº 2996(1).
- _____, GOMES, J.B., PEREIRA, A.C.B. 1971. Integração geológica regional da Bacia do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. Anais, São Paulo. Sociedade Brasileira de Geologia, 3: 235-52, 19 fig.
- _____. & PONTE, F.C. 1970. The Brazilian Marginal Basin in the Ocean Basin and Margins. In: SIMPOSIUM THE SOUTH ATLANTIC, New York. Plenum Publishing Corporation.
- _____. & PORTO, R. 1972. Classificação das Bacias Sedimentares Brasileiras segundo a tectônica de placas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Brasília. Anais, Brasília. Sociedade Brasileira de Geologia, 2: 67-90.
- BACCAR, M.A. 1971. Problemas de Interpretação Sísmica no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25. São Paulo. Anais, São Paulo. Sociedade Brasileira de Geologia, 3: 49-59, 27 fig.
- BACCOLI, & MORALES 1973. Bacia do Espírito Santo. In: Bacias da Costa Leste Brasileira. Petrobrás, Rio de Janeiro, 16 p., 27 fig.
- CARROZI, A.V., TIBANA, P., TESSARI, E. 1973. Estudo das Microfácies da Formação Bonfim (Cenomaniano) da Bacia de Barreirinhas, Brasil. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, CENPES, Petrobrás, Seção Exploração de Petróleo, 6: 1-86, 24 fig., 4 est.
- CARVALHO, K.W.B. 1965. Geologia da Bacia Sedimentar do Rio Almada. Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro, 8(1): 5-55, 14 fig.
- _____. & GARRIDO, J.I.P. 1966. Reconhecimento Geológico da Bacia Sedimentar Bahia Sul/Espírito Santo. Relatório Petrobrás, Divisão de Exploração e Produção (DEXPRO), nº 2496.

- CLOSS, D. 1970. Estratigrafia da Bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul. Iheringia, Geologia, Porto Alegre, 3: 3-76, 11 fig.
- CORDANI, U.G. & BLAZEKOVIC, A. 1970. Idades radiométricas das rochas vulcânicas dos Abrolhos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, Brasília. Anais, Brasília, Sociedade Brasileira de Geologia, 1: 265-70, 4 fig., 2 tab.
- FRIEDMAN, G.M. & SANDERS, J.E. 1978. Principles of Sedimentology. New York, John Wiley & Sons. 792 p.
- GHIGNONE, J.J. 1968. Conceição da Barra, uma interpretação faciológica. Boletim Técnico da Petrobrás. Rio de Janeiro, 11(1): 5-11, 3 fig.
- GUEIROS, E.A.C. 1977. Geologia de um Paleo "canyon" submarino da Bacia do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado).
- HARTT, C.F. 1870. Geology and Physical Geography of Brasil. Boston. Fields Osgood e Co. 620 p., ilustr.
- OJEDA, H.A. 1977. Integração regional da Bacia do Espírito Santo. Relatório Interno da Petrobrás. Divisão de Exploração e Produção (DEXPRO).
- OLIVEIRA, A.J. & LEONARDOS, O.H. 1943. Geologia do Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Serviço Informação Agrícola, 813 p.
- OLIVEIRA, E. & CASTRO, P.J.M. 1971. Problemas de interpretação gravimétrica no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. Anais, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 3: 41-8, 17 fig.
- PEREIRA, A.C.B. 1971. Contribuição à estratigrafia Neo-Cretácea Cenozóica da Bacia do Espírito Santo (Parte do Relatório). Integração Geológica Regional da Bacia do Espírito Santo. Relatório Petrobrás.
- _____ & TESSARI, E. 1971. Apreciação estratigráfica da Plataforma Continental da Bacia Bahia Sul/Espírito Santo. Relatório Interno da Petrobrás. SERSTRAS-SEPLAT-DIVEX, nº 1504.
- PIAZZA, H., ARAUJO, M.B., BANDEIRA Jr., A.N. 1974. Litoestratigrafia do Quaternário do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais, Porto Alegre. Sociedade Brasileira de Geologia, 3: 159-71, 8 fig.
- SACHS Jr., K.N. & GORDON, W.A. 1962. Stratigraphic distribution of middle Tertiary larger foraminifera from Southern Puerto Rico. Bulletin of American Paleontology, Ithaca, 44(199): 1-19, 3 est.
- SCHALLER, H. 1969. Revisão Estratigráfica da Bacia de Sergipe-Alagoas. Boletim Técnico da Petrobrás. Rio de Janeiro, 12(1): 58 p.
- SELCH, G.K.W. 1971. Arcabouço tectônico da Bacia do Espírito Santo, como interpretação de dados magnéticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. Anais, São Paulo. Sociedade Brasileira de Geologia, 3: 227-33, 7 fig.