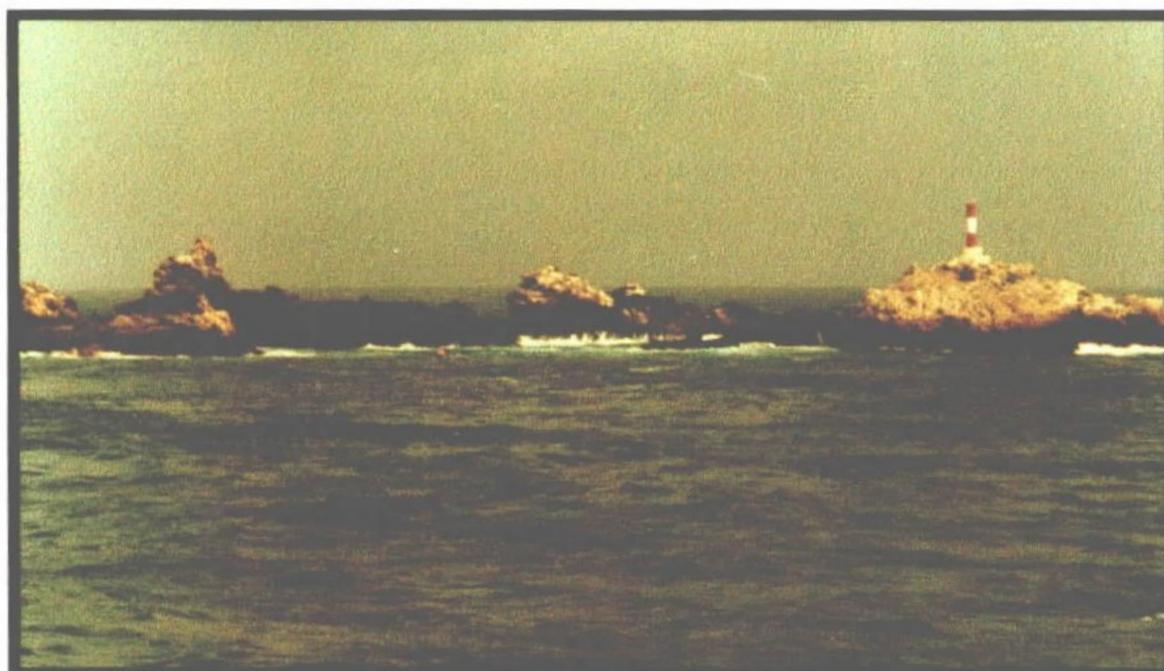


República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Diretoria de Geologia e Recursos Minerais



SÍNTESE DOS TRABALHOS GEOCIENTÍFICOS EFETUADOS
NO FUNDO SUBMARINO ADJACENTE AO ARQUIPÉLAGO
DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO

João Francisco Silveira de Moraes
Geólogo

Superintendência Regional do Recife
Agosto/1999

Tombo 00 2796

I/2009

RLI



C P R M

Sumário LOTEA

601

1 - INTRODUÇÃO	01
2 - LOCALIZAÇÃO	02
3 - OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	04
4 - EQUIPE CIENTÍFICA E DE APOIO	04
5 - NAVIO OCEANOGRÁFICO NADIR	05
6 - SUBMERSÍVEL NAUTILE	06
7 - DESEMBARQUE NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO..	07
8 - TRABALHOS EXECUTADOS NO FUNDO SUBMARINO	07
8.1 Setor "A"	14
8.2 Setor "C"	17
8.3 Setor "D"	17
9 - PERFIS MAGNÉTICOS	20
10 - CONCLUSÕES	20
11 - BIBLIOGRAFIA	22

Capa: Vista panorâmica da margem oeste do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, observando-se o farol na ilha Belmonte.

1 - Introdução

Como parte do acordo de cooperação científica celebrado entre os Governos do Brasil e da França, no período de 20/12/97 a 09/01/98, foi realizada a primeira expedição científica para estudos geológicos e geofísicos no assoalho oceânico adjacente ao arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Por solicitação da **CIRM** - Comissão Interministerial de Recursos do Mar, a **CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, o Serviço Geológico do Brasil, participou das expedições precursoras visando a ocupação deste arquipélago, onde realizou estudos geológicos, geotécnicos e o levantamento topográfico de detalhe (Moraes, 1996 *a*; 1996 *b*; 1997). A **CPRM** também representa o Ministério de Minas e Energia no Subcomitê Científico/Ambiental do Programa Arquipélago, instituído pela **CIRM**. Este cruzeiro foi organizado pelo **IFREMER** - Instituto Francês de Pesquisa para a Exploração de Recursos do Mar, o qual tem sede na cidade de Brest, França.

O autor deste relatório participou das reuniões preparatórias do cruzeiro, realizadas no **LAGEMAR** - Laboratório de Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense, sob a coordenação da Geóloga Susanna Sichel e tendo como expositor o Geólogo Thierry Juteau. Em Recife, onde foi iniciado o cruzeiro, o autor deu apoio logístico aos cientistas que participaram da expedição, procedentes de vários países (Moraes, dez./97).

O arquipélago de São Pedro e São Paulo desperta especial interesse para a Geologia por ser formado por rochas peridotíticas originadas no manto superior, e pela possibilidade de descoberta de concentrações polimetálicas de cromo, níquel, manganês, metais do grupo de platina, entre outros, no assoalho oceânico adjacente. Além disso, suas imediações concentram vastos recursos pesqueiros.

Os dados geológicos do assoalho oceânico contidos neste relatório representam uma síntese dos trabalhos do **IFREMER** (1998), e as informações sobre os equipamentos utilizados foram obtidos de Moraes (dezembro/97), **IFREMER** (op. cit.) e Brandão Pinto (1998). Sobre estes dois últimos trabalhos, o autor agradece à **CIRM**, na pessoa do **CMG** Geraldo Gondim Juaçaba Filho, pela remessa dos mesmos.

2 - Localização

O arquipélago de São Pedro e São Paulo, também conhecido como Rochedos ou Penedos de São Paulo, constitui o ponto mais afastado do território brasileiro e representa o único conjunto de ilhas oceânicas do país situado no hemisfério norte, cujas coordenadas geográficas do seu ponto central são 0°54'51" de latitude norte e 29°37'30" de longitude oeste.

O arquipélago dista 1.220km de Recife e o porto mais próximo é o de Natal, distante 1.020km.

O arquipélago tem área total de 17.000m², sendo formado por seis ilhotas maiores e quatro menores, e ele representa o ponto culminante de uma cadeia submarina transversal, com cerca de 70km de extensão na direção geral E-W, largura máxima de 30km, e se ergue de uma profundidade superior a 4.000m (Moraes, 1996 a; b; 1997).

Na ilhota principal, designada de Belmonte, a Marinha do Brasil instalou um farol e construiu uma estação científica com capacidade para quatro pesquisadores, além de um píer para atracação de pequenas embarcações.

A cadeia está encaixada na zona de falha transformante de São Paulo a qual baliza a região limítrofe das placas litosféricas Sul-Americana e Africana. A falha secciona a dorsal meso-atlântica Equatorial, produzindo um rejeito dextral de 600km (Moraes, op. cit.).

A área de estudo da presente pesquisa está delimitada pelas latitudes de 0° e 1°30'N e pelas longitudes de 25° e 30°W (**Figura 1**).

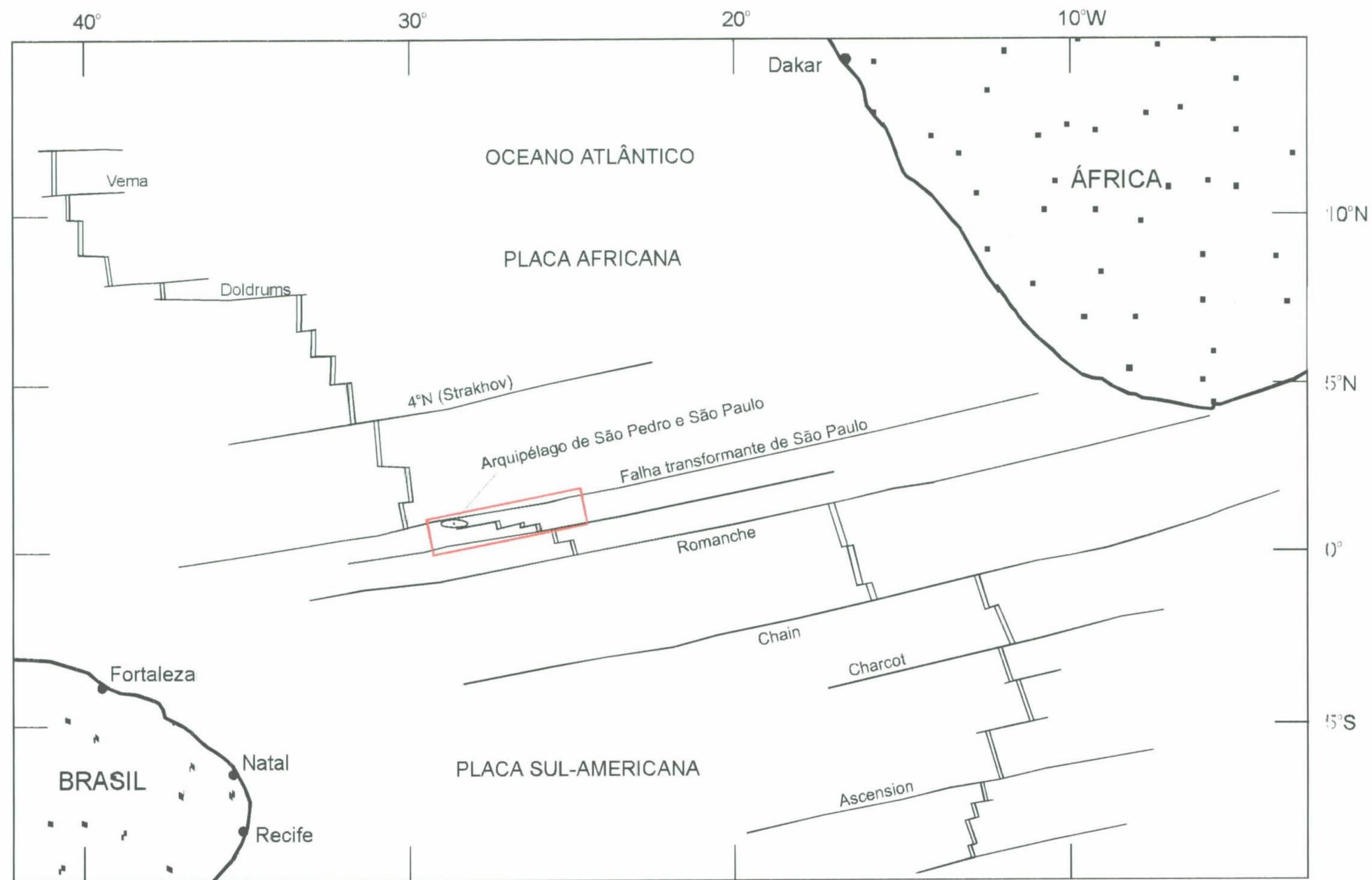


Figura 1 - Localização da área de pesquisa (retângulo vermelho). Falhas transformantes seccionando a Dorsal Meso-Atlântica Equatorial (traço duplo). Modificado de IFREMER, 1998.

3 - Objetivos e Justificativas

Os principais objetivos da missão científica foram: realizar seções geológicas na zona de falha de São Paulo; estudar o vulcanismo recente associado a esta zona; definir as relações topográficas e estruturais entre os peridotitos do manto e o vulcanismo; estudar as alterações da crosta oceânica e do manto; efetuar medidas magnéticas e coleta de amostras orientadas das rochas aflorantes no arquipélago de São Pedro e São Paulo.

A seleção desta área para a presente pesquisa está baseada nos seguintes dados: região com grande densidade de falhas e fraturas; área onde a profundidade média do assoalho do oceano Atlântico é mais profunda (4.000m - 5.000m); zona com maior quantidade de afloramentos do manto superior e crosta inferior no assoalho oceânico; a área possui material mantélico em contato com crosta oceânica fina de vulcanismo recente; é um dos locais mais apropriados para se encontrar registros dos primeiros sinais tectônicos e vulcânicos da abertura do Oceano Atlântico, bem como evidências de transição entre a litosfera continental e oceânica.

4 - Equipe Científica e de Apoio

A presente missão científica contou com os seguintes participantes:

- Geólogo Roger Hekinian, **IFREMER**, Chefe da Expedição;
- Geólogo Thierry Juteau, Universidade da Bretanha Ocidental, Sub-Chefe da Expedição;
- Geóloga Eulalia Gracia, Centro Oceanográfico de Southampton;
- Geóloga Susanna Sichel, **LAGEMAR**, Universidade Federal Fluminense;
- Geofísico Gleb Udintsev, Academia de Ciências de Moscou;
- Geofísico Bertrand Sichler, **IFREMER**;
- Geólogo Renan Apprioual, **IFREMER**;
- Operadores da sonda **SCAMPI**: Raymond Legall e André Gourmelon, ambos do **IFREMER**;
- Operadores do submersível **NAUTILE**: 2 pilotos, 3 co-pilotos e 3 mecânicos;
- Observador da Marinha do Brasil: Cap. Luiz Eduardo Brandão Pinto, da **DHN** - Diretoria de Hidrografia e Navegação.

5 - Navio Oceanográfico NADIR

O **NADIR** (**Foto 1**) tem bandeira francesa, pertence ao **IFREMER**, e sua base é o porto de Brest. O navio é usado para pesquisas oceanográficas e dispõe de dois laboratórios, um de petrografia e outro de biologia. Seu comprimento é de 55,75m, é operado por 15 tripulantes e comporta 25 cientistas. O **NADIR** serve de base para o submersível **NAUTILE**, que é içado ou lançado ao mar através de um guindaste instalado na popa do navio.



Foto 1 - Vista da proa do Navio Oceanográfico NADIR, ancorado no porto do Recife

6 - Submersível NAUTILE

O **NAUTILE** tem 8m de comprimento, pesa 19,3 toneladas, capacidade para atingir 6.000m de profundidade e autonomia de 10 horas para navegar no fundo submarino a uma velocidade máxima de 2,5 nós. Ele é capaz de explorar 95% da superfície total dos oceanos. O **NAUTILE** está equipado com máquinas fotográficas, filmadora, unidade de transmissão acústica para enviar imagens para a superfície, e tem capacidade para transportar três pessoas, sendo dois pilotos e um pesquisador. Ele dispõe de dois braços eletro-mecânicos para a coleta de material do fundo submarino (**Foto 2**). Apesar deste submersível possuir múltiplas aplicações, ele é utilizado pelo **IFREMER** para pesquisas geológicas e biológicas no fundo dos oceanos, incluindo batimetria e medidas físicas.



Foto 2 - Parte dianteira e inferior do submersível NAUTILE, estacionado no navio oceanográfico NADIR, do Instituto Francês de Estudos do Mar. Em destaque, os braços eletro-mecânicos para coleta de amostras no assoalho oceânico. Foto obtida em dezembro/97, quando o navio estava ancorado no porto do Recife.

7 - Desembarque no Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Quatro geocientistas desembarcaram na ilha Belmonte, usando o píer recém-construído, com a finalidade de coletar amostras orientadas das rochas peridotíticas para estudos estruturais de detalhe, bem como amostras orientadas de testemunho de sondagem para estudos paleomagnéticos, e captura de algumas espécies de animais que habitam o arquipélago para estudos biológicos e ecológicos. Nas imediações do farol foram coletadas 8 amostras orientadas de peridotito maciço milonitizado e 15 amostras orientadas de testemunho de sondagem.

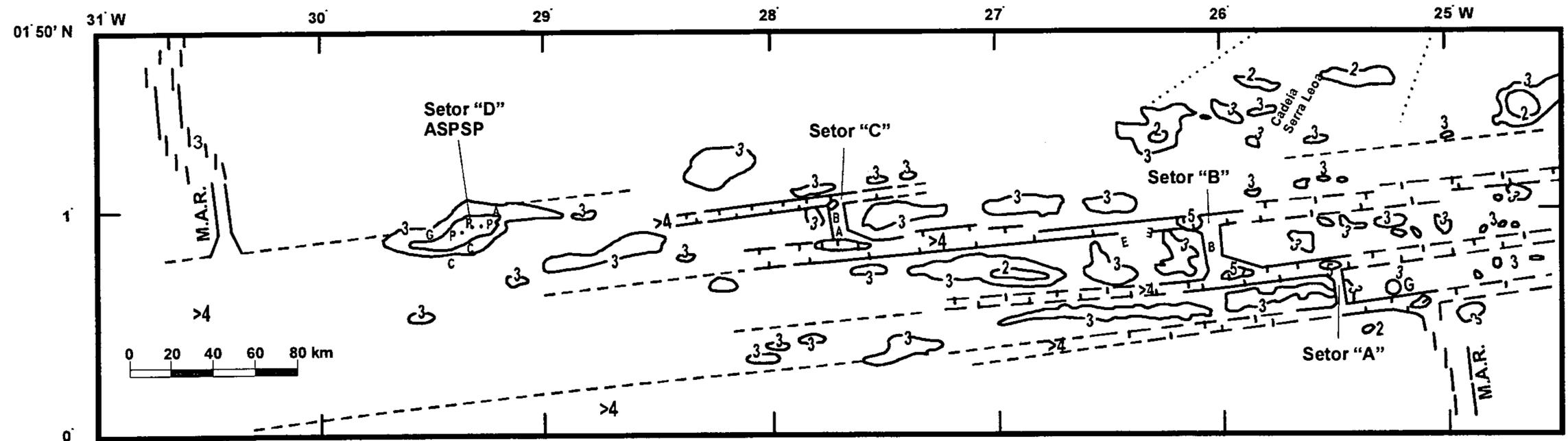
Na ilha Challenger foram coletadas 3 amostras de uma rocha preta, maciça, de granulação fina, com pequenos cristais de anfibólio, classificada preliminarmente de anfibolito. Também foi coletada uma amostra de brecha, formada pela consolidação de fragmentos de peridotito milonítico e anfibolito.

8 - Trabalhos Executados no Fundo Submarino

A área selecionada para a presente pesquisa do assoalho oceânico do Atlântico Equatorial foi dividida em quatro setores prioritários para estudos, os quais de leste para oeste, foram designados pelas letras "A", "B", "C" e "D". A distância entre os setores extremos (A-D) é de 425km (**Figura 2**). A pesquisa no setor B não foi executada.

Do ponto de vista estrutural, os geocientistas definiram esta área como uma transformante múltipla associada a dorsais (pelo menos 3) de acreção, deslocadas por pequenas falhas, com menos de 70km de comprimento, englobadas no interior da zona de falha principal, a transformante de São Paulo. Esta falha é também caracterizada pela presença de afloramentos do manto que emergem sob a forma de rochas, integrando o arquipélago de São Pedro e São Paulo.

A pesquisa dos quatro setores foi executada a bordo do **NAUTILE**, que efetuou um total de 13 mergulhos em profundidades variando de 1.154m a 5.192m. Outros equipamentos utilizados na campanha: uma sonda **SCAMPI** - Interactive Camera System, um magnetômetro no **NADIR** e outro no **NAUTILE**. Toda a trajetória do submersível no fundo submarino é monitorado por instrumentos instalados no **NADIR**, inclusive com registro de posição e profundidade através de *plotter*. Todos os mergulhos foram registrados por fotografias e filmes em vídeo, e documentados por seções geológicas detalhadas em perfis batimétricos, indicando a localização das amostras de rochas coletadas, totalizando 184 amostras. O comprimento das seções geológicas variou de 1,2km a 5,0km (**Quadro 1**). No **Quadro 2** consta a descrição sumária das amostras coletadas.



A - Álcali-Basalto B - MORB fresco C - Carbonato consolidado G - Gabro P - Peridotito 3 - Profundidade em km

M.A.R - Dorsal Meso-Atlântica ASPSP - Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Figura 2 - Mapa estrutural esquemático da zona de falha transformante de São Paulo, com a localização dos setores "A", "B", "C", e "D". Fonte: IFREMER (1998).

Quadro 1 - Mergulhos do Submersível NAUTILE na Zona de Fratura de São Paulo

Setores	SP	Localização		Profundidade (m)		(1)	(2)	Pesquisador
		Latitude N	Longitude W	Máxima	Mínima			
"A"	01	00°37'	25°27'.4	4.691	4.524	4,4	11	Roger Hekinian
	02	00°41'	25°28'	4.722	3.868	4,9	16	Thierry Juteau
	03	00°42'	25°31'	5.192	4.370	4,0	21	Eulalia Gracia
	04	0°37'35"	25°29'	4.286	4.000	1,2	1	Susanna Sichel
	05	-	-	4.272	3.500	4,6	16	Gleb Udintsev
	06	00°42'	25°26'	4.033	2.710	3,6	16	Roger Hekinian
"C"	07	00°57'	27°41'	4.548	4.500	-	3	Thierry Juteau
"D"	08*	00°56'	29°24'	2.795	1.515	3,6	16	Roger Hekinian
	09*	1°00'05" 1°00'05"	29°21' 29°21'	3.748	2.841	4,0	19	Susanna Sichel
	10*	-	-	2.563	1.154	5,0	21	Gleb Udintsev
	11**	00°46'	29°28'	3.537	2.562	4,0	7	Eulalia Gracia
	12**	00°49'	29°29'	2.480	1.319	5,0	17	Thierry Juteau
	13**	-	-	2.601	1.770	4,0	20	-

SP – Número do mergulho.

(1) – Comprimento da seção geológica em km.

(2) – Quantidade de amostras de rochas coletadas.

* - Mergulho na vertente norte do arquipélago de S. Pedro e S. Paulo.

** – Mergulho na vertente sul do mesmo arquipélago.

Quadro 2 - Descrição Sumária das Amostras de Rochas Coletadas
 (SP - Número do mergulho do submersível;
 ND - Amostra não descrita)

(Parte 1/5)

Setor	SP	Nº Amostra	Profundidade (m)	Classificação	Observações
A	01	01	4.675	Basalto afírico	Alguns micrólitos e textura fluidal
A	01	02	4.572	Basalto porfirítico	Fenocristais plagioclásio e olivina
A	01	03	4.594	Basalto porfirítico	Fenocristais plagioclásio e olivina
A	01	04	4.609	Basalto porfirítico	Text. fluidal; fenocristais plagioclásio e olivina
A	01	05	4.625	Basalto a olivina	Fenocristais de olivina
A	01	06	4.619	Basalto porfirítico	Fenocristais plagioclásio e olivina
A	01	07	4.596	Basalto	Fenocristais
A	01	08	4.587	Basalto	
A	01	09	4.587	Basalto porfirítico	Fenocristais plagioclásio e olivina
A	01	10	4.582	Basalto	
A	01	11	4.575	Basalto	Fenocristais plagioclásio
A	02	01	4.722	Basalto	<i>Pillow lava</i>
A	02	02	4.673	Basalto afírico	<i>Pillow lava</i>
A	02	03	4.602	Basalto afírico	
A	02	04	4.512	Basalto afírico	
A	02	05	4.365	Basalto porfirítico	Fenocristais de olivina
A	02	06	4.188	Dolerito fino	Clinopiroxênio e plagioclásio
A	02	07	4.145	Basalto afírico	
A	02	08	4.094	Basalto	Fenocristais de olivina
A	02	09	4.058	Dolerito	
A	02	10	4.017	Serpentinito	Cristais decimétricos de serpentina
A	02	11	3.993	Basalto	Afanítico
A	02	12	3.950	Dolerito	Textura poiquilítica, cpx englobando plagioclásio
A	02	13	3.950	Serpentinito	
A	02	14	3.950	Sedimento	Endurecido
A	02	15	3.948	Diabásio fino	
A	02	16	3.914	Dolerito	
A	03	01	5.175	Basalto afírico	Microcristais de olivina
A	03	02	5.122	Sedimento	Endurecido
A	03	03	4.960	Basalto porfirítico	Fenocristais plagioclásio
A	03	04	4.838	Basalto porfirítico	Fenocristais plagioclásio e olivina
A	03	05	4.744	Peridotito serpentizado	Alterado para talco e serpentina
A	03	06	4.728	Harzburgito serpentizado	Alguns cristais de olivina
A	03	07	4.629	Basalto porfirítico	Fenocristais plagioclásio e olivina

(Parte 2/5)

Setor	SP	Nº Amostra	Profundidade (m)	Classificação	Observações
A	03	08	4.609	Basalto afírico	Fenocristais plagioclásio e olivina
A	03	09	4.402	Basalto porfirítico	Fenocristais plagioclásio e olivina
A	03	10	4.356	Peridotito	Serpentinizado
A	03	11	4.356	Peridotito	Serpentinizado
A	03	12	4.368	Serpentinito	Muito alterado
A	03	13	4.365	Crosta de manganês	Leitos concêntricos
A	03	14	4.347	Dunito	Serpentinizado
A	03	15	4.368	Serpentinito	
A	03	16	4.362	Serpentinito	
A	03	17	4.366	Harzburgito	Serpentinizado
A	03	18	4.381	Gabro	Pegmatóide
A	03	19	4.391	Harzburgito	Serpentinizado
A	03	20	4.384	Gabro	Pegmatóide
A	03	21	4.382	Gabro	Cristais de plagioclásio e clinopiroxênio
A	04	01	4.103	Peridotito	90% serpentina
A	05	01	4.090	Basalto	Alterado
A	05	02	4.071	Basalto	Alterado
A	05	03	3.911	Basalto	Alterado
A	05	04	3.869	Basalto	Alterado
A	05	05	3.837	Calcário branco	
A	05	06	3.836	Basalto	Alterado
A	05	07	3.785	Basalto	Alterado
A	05	08	3.757	Calcário branco	
A	05	09	3.760	Basalto	Alterado
A	05	10	3.754	Calcário branco	
A	05	11	3.757	Calcário branco	
A	05	12	3.714	Basalto	Alterado
A	05	13	3.720	Lama foraminífera	Contém fragmentos de conchas de moluscos
A	05	14	3.724	Basalto	Alterado
A	05	15	3.698	Basalto	Alterado
A	05	16	3.556	Calcário	Com lama foraminífera
A	06	01	4.031	Peridotitito	Serpentinizado
A	06	02	3.994	Gabro	Pegmatóide
A	06	03	3.871	Brecha	Serpentinizada
A	06	04	3.782	Serpentinito	Com veios de talco
A	06	05	3.732	Peridotito	Serpentinizado
A	06	06	3.707	Peridotito	Serpentinizado
A	06	07	3.640	Gabro	Rodingitizado
A	06	08	3.505	Gabro	Rodingitizado
A	06	09	3.404	Gabro	Pegmatóide
A	06	10	3.375	Peridotito	Serpentinizado e com ortopiroxênio
A	06	11	3.293	Peridotito	Serpentinizado
A	06	12	3.219	Gabro grosseiro	Com plagioclásio e clinopiroxênio
A	06	13	2.994	Peridotito	Serpentinizado

(Parte 3/5)

Setor	SP	Nº Amostra	Profundidade (m)	Classificação	Observações
A	06	14	2.868	Basalto	Com junta radial
A	06	15	2.767	Basalto	Estrutura radial
A	06	16	2.710	Sedimento	Com óxido Mn
C	07	01	4.506	Basalto	<i>Pillow lava</i>
C	07	02	4.548	Basalto	<i>Pillow lava</i>
C	07	03	4.541	Basalto afanítico	<i>Pillow lava</i>
D	08	01	2.792	Peridotito	Milonitizado
D	08	02	2.762	Peridotito	Alterado
D	08	03	2.727	Brecha basáltica	Plagioclásio e clinopiroxênio
D	08	04	2.707	Serpentinito	
D	08	05	2.670	Milonito	Peridotito c/ bandas de clinopiroxênio
D	08	06	2.670	Peridotito	Serpentinizado, olivina recristalizada
D	08	07	2.612	Peridotito	Serpentinizado
D	08	08	2.580	Peridotito	Serpentinizado, foliado
D	08	09	2.410	Peridotito	Venulado
D	08	10	2.321	Milonito	Microcristalino
D	08	11	2.365	Basalto alterado	
D	08	12	2.008	Basalto	Brechoso
D	08	13	1.810	Basalto porfirítico	Lava tubular associada a peridotito
D	08	14	1.713	Basalto	Lava tubular
D	08	15	1.593	Brecha	Fenocristais
D	08	16	1.526	Peridotito	Milonitizado, com veio de talco
D	09	01	3.725	Peridotito milonítico	Bandado
D	09	02	3.693	Geodo	Quartzo, carbonato, clorita, epidoto
D	09	03	3.666	Peridotito	Com serpentina
D	09	04	3.618	Milonito	Serpentinito
D	09	05	3.585	Peridotito	
D	09	06	3.567	Peridotito	Alterado, tectonizado
D	09	07	3.542	Milonito	Peridotito alterado
D	09	08	3.514	Micro-gabro	Plagioc., opacos, olivina, piroxênio
D	09	09	3.460	Micro-gabro	Plagioc., opacos, olivina, piroxênio
D	09	10	3.335	Ultramilonito	Peridotito bandado
D	09	11	3.253	Peridotito milonito	Olivina recristalizada, espinélios, piroxênio, opacos
D	09	12	3.222	Peridotito	Milonitizado
D	09	13	3.114	Peridotito milonito	± 95% serpentina
D	09	14	3.066	Peridotito	
D	09	15	3.046	Peridotito	Milonitizado
D	09	16	2.965	Peridotito	Brecha
D	09	17	2.943	Peridotito	Brecha
D	09	18	2.936	Peridotito	Milonitizado
D	09	19	2.881	Serpentinito	Maciço, 95% serpentina

(Parte 4/5)

Setor	SP	Nº Amostra	Profundidade (m)	Classificação	Observações
D	10	01	2.534	Peridotito	Milonitizado
D	10	02	2.533	Peridotito	Milonitizado
D	10	03	2.533	Peridotito	Milonitizado
D	10	04	2.536	Arenito	Siltico e foraminífero
D	10	05	2.520	Peridotito	Milonitizado
D	10	06	2.514	Peridotito	Milonitizado
D	10	07	2.455	Peridotito	Milonitizado
D	10	08	2.346	Peridotito	Milonitizado
D	10	09	2.222	Peridotito	Milonitizado
D	10	10	2.103	Peridotito	Milonitizado
D	10	11	2.009	Peridotito	Milonitizado
D	10	12	1.854	Peridotito	Milonitizado
D	10	13	1.806	Peridotito	Milonitizado
D	10	14	1.700	Milonito	Brechado
D	10	15	1.668	Peridotito	Milonitizado
D	10	16	1.573	Peridotito	Milonitizado
D	10	17	1.452	Peridotito	Milonitizado
D	10	18	1.351	Peridotito	Milonitizado
D	10	19	1.343	Peridotito	Milonitizado
D	10	20	1.249	Peridotito	Milonitizado
D	10	21	1.209	Peridotito	Milonitizado
D	11	01	3.318	Sedimento	Endurecido
D	11	02	3.275	Sedimento	Endurecido, com micro-fósseis
D	11	03	3.256	Sedimento	Endurecido, com bio-turbação
D	11	04	2.765	Sedimento	Endurecido, com micro-fósseis
D	11	05	2.708	Sedimento	Endurecido, com micro-fósseis
D	11	06	2.692	Sedimento	Endurecido, com micro-fósseis
D	11	07	2.680	Sedimento	Endurecido, com micro-fósseis
D	12	01	2.258	Sedimento	Consolidado, branco, granuloso
D	12	02	2.227	Sedimento	Branco, granuloso, friável
D	12	03	2.214	Sedimento	Consolidado, branco, granuloso
D	12	04	2.203	Sedimento	Endurecido, branco, granuloso
D	12	05	2.183	Sedimento	Consolidado, branco, granuloso
D	12	06	2.181	Sedimento	Consolidado, branco, granuloso
D	12	07	1.587	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentinizado
D	12	08	1.562	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentinizado
D	12	09	1.523	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentinizado
D	12	10	1.439	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentinizado
D	12	11	1.439	Brecha poligênica	Fragmentos angulosos serpentina e peridotito
D	12	12	1.394	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentinizado
D	12	13	1.366	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentinizado

(Parte 5/5)

Setor	SP	Nº Amostra	Profundidade (m)	Classificação	Observações
D	12	14	1.343	Peridotito	Maciço, serpentizado
D	12	15	1.332	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentizado
D	12	16	1.319	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentizado
D	12	17	1.319	Peridotito	Maciço, não deformado, serpentizado
D	13	01	2.544	ND	
D	13	02	2.544	ND	
D	13	03	2.526	ND	
D	13	04	2.529	ND	
D	13	05	2.511	ND	
D	13	06	2.470	ND	
D	13	07	2.433	ND	
D	13	08	2.400	ND	
D	13	09	2.369	ND	
D	13	10	2.352	ND	
D	13	11	2.472	ND	
D	13	12	2.409	ND	
D	13	13	2.220	ND	
D	13	14	2.052	ND	
D	13	15	2.034	ND	
D	13	16	2.030	Coral	
D	13	17	2.032	Coral	
D	13	18	2.035	Coral	
D	13	19	1.916	Peridotito	Muito fraturado
D	13	20	1.768	Peridotito	

8.1 Setor "A"

Neste setor foram realizados 6 mergulhos (SPO1 a SPO6), 4 perfis Scampi e 6 perfis magnéticos de 60 milhas cada, com a finalidade de estudar um dos segmentos da dorsal meso-atlântica Equatorial no interior da zona de falha transformante de São Paulo, situado a 0°43'N - 25°30'W (Figura 2). Esta dorsal tem cerca de 20km de comprimento e 4km de largura, contendo um graben axial, cuja profundidade atinge 5.192m, constituindo um eixo de acreção oceânica ativa e muito recente de vulcanismo. Este é formado por *pillow lavas* basálticas, verde escuro, brilhante, não alteradas, com fenocristais de plagioclásio e olivina. A atividade tectônica é do tipo extensional (falhas normais), recente a atual. Subindo a encosta leste desta zona de acreção observam-se enxames de diques de diabásio, exibindo relevo ruiforme, cortando as *pillow lavas*, seguindo-se serpentinitos. Também foram observados afloramentos de peridotitos milonitizados e, no topo, basaltos alterados com cerca de 150m de espessura.

O mergulho **SP01** foi realizado ao longo do eixo da zona de acreção, a uma profundidade média de 4.600m, partindo da parede leste e terminando na parede oposta, segundo uma trajetória de direção geral NNW-SSE. O fundo do graben é constituído de abundante sedimentação causada pela forte produtividade biológica equatorial, com erupção vulcânica episódica e muito localizada. Contudo, essa zona axial apresenta fissuras extensionais de 1m-3m de largura, orientadas de 340° Az, com afloramentos de lavas lobadas fragmentadas *in situ*. Todas as 11 amostras coletadas neste perfil são de basaltos, a maioria com fenocristais de plagioclásio e olivina.

O mergulho **SP02** partiu do fundo do vale, a 4.715m de profundidade, e subiu a escarpa leste da dorsal até a profundidade de 3.868 m. A seção geológica mostra uma área coberta por *pillow lava* fresca, de 4.715m a 4.630 m de profundidade; zona tectônica e vulcânica ativa, de 4.630m a 4.211m; zona de diques de diabásio cortando *pillow lavas*, de 4.211m a 4.019m; largo *plateau* de sedimentos pelágicos, entre 4.019m e 3.940m, ocorrendo na margem inferior alguns afloramentos de serpentinito; afloramentos de serpentinito maciço cortado por diques de diabásio, entre 4.019m e 3.868m. Portanto, esta cobertura de sedimentos, a cerca de 4.000m de profundidade, separa uma zona vulcânica recente a oeste, tectonicamente muito ativa, de um bloco mais antigo de serpentinitos a leste. Enxames de diques de diabásio cortam ambas as unidades.

O mergulho **SP03** tem por objetivo explorar a parte norte da bacia nodal, desde a zona mais profunda, a cerca de 5.200m, subindo a rampa até 4.300m a sul. A área relativamente aplainada com espessa cobertura sedimentar contém depósitos de tálus, muitos afloramentos de peridotito e serpentinito com algumas intercalações gabróicas.

O mergulho **SP04** foi no flanco oeste da dorsal, sendo o perfil completado pela sonda Scampi devido a pane no **NAUTILE**. De 4.200m a 4.100m de profundidade observou-se apenas sedimentos; daí até cerca de 4.000m são observados peridotito e serpentinito, sob a forma de afloramentos e depósitos de tálus.

O **SP05** subiu a escarpa da falha transformante, a norte da zona de acreção, de 4.272m a 3.500m, onde ocorrem sedimentos, cortados por falhas normais, com depósitos de tálus incluindo fragmentos de basalto, e mais raramente calcário branco, compactado. O **SP06** representa a continuidade para leste do perfil **SP02**, explorando a escarpa da dorsal desde 4.032m até 2.710m de profundidade. De oeste para leste, as principais unidades litológicas identificadas foram: peridotito serpentinzado com gabros associados; unidades de basalto com transição brusca próximo ao topo (2.870m). A **Figura 3** representa a seção geológica desses dois perfis.

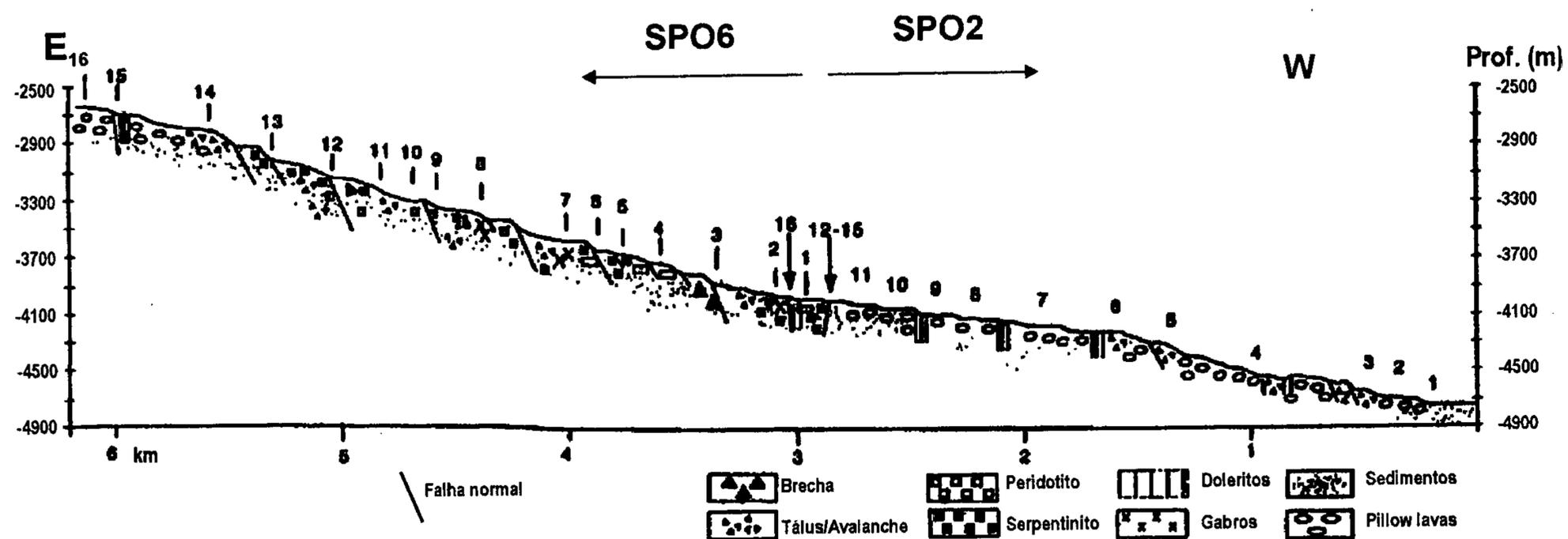


Figura 3 - Seção geológica composta, obtida através dos mergulhos SPO6 e SPO2, com indicação dos pontos amostrados. Seção da parede leste do segmento da dorsal intra-transformante, no setor "A". Fonte: IFREMER(1998)

8.2 Setor "C"

Neste setor foi realizado apenas um mergulho (**SP07**) com a finalidade de explorar outro segmento da dorsal no interior da zona de falha transformante de São Paulo, e mais próximo do arquipélago de São Paulo, situando-se a cerca de 170km a leste deste arquipélago ($0^{\circ}57'39''N - 27^{\circ}41'30''W$).

O graben axial a 4.500m de profundidade é muito similar ao do setor A, com os mesmos derrames recentes de *pillow lavas* basálticas, pouco sedimentadas, e estruturas tectônicas recentes.

8.3 Setor "D"

Este setor compreende a exploração dos flancos norte e sul da cadeia transversal, nas imediações do arquipélago de São Pedro e São Paulo, objetivando a obtenção de uma seção estratigráfica completa, o mais próximo possível do arquipélago, para correlacionar com as rochas emersas. Nele foram efetuados 6 mergulhos, sendo 3 no flanco norte da cadeia (**SP08**, **SP09** e **SP10**), e 3 no flanco sul (**SP11**, **SP12** e **SP13**). A seção geológica composta, resultante desses mergulhos, está representada na **Figura 4**.

O **SP08** partiu de 2.795m de profundidade, subindo a vertente no rumo **SE**, observando-se muitas falhas normais com orientação $90^{\circ} - 110^{\circ}$ Az, depósitos de tálus com seixos e matacões, indicando que o flanco norte da cadeia é tectonicamente ativo. Várias unidades estratigráficas foram identificadas: peridotitos com diferentes graus de serpentinização são as rochas dominantes, associados a milonitos; gabros com estrutura maciça e prismática ocorrem em depósitos de tálus, próximos a afloramentos de peridotito; fragmentos de lava basáltica em associação com peridotito, os quais são mais freqüentes a profundidades menores que 2.500m e não formam uma unidade contínua.

Ao longo do **SP08** foi determinada a temperatura da água a diferentes profundidades, acusando um mínimo de $+ 2,9^{\circ}C$ a 3.000m de profundidade e um máximo de $+4,9^{\circ}C$ a 1.200m. Desta profundidade em direção ao fundo a temperatura decresce $0,2^{\circ}C$ a cada 200m.

O **SP09**, de trajetória aproximada **N-S**, foi efetuado a sul do **SP08**, explorando a parte mais profunda da vertente norte da cadeia transversal. O perfil iniciou a 3.748m de profundidade, onde foram observados fragmentos e blocos de peridotito sobre sedimentos pelágicos com evidências de bioturbação. O flanco da cadeia é interrompido por várias falhas normais de direção $100^{\circ} - 130^{\circ}$ Az, exibindo escarpas com cerca de 2m-3m de altura, onde afloram principalmente peridotitos. Estas rochas estão milonitizadas e algumas amostras são muito ricas em serpentina. Numa amostra mais fresca foram identificados os seguintes minerais: olivina recristalizada, espinélio, piroxênio e opacos. No intervalo de 3.514m a 3.460m de profundidade aflora micro-gabro, verde escuro,

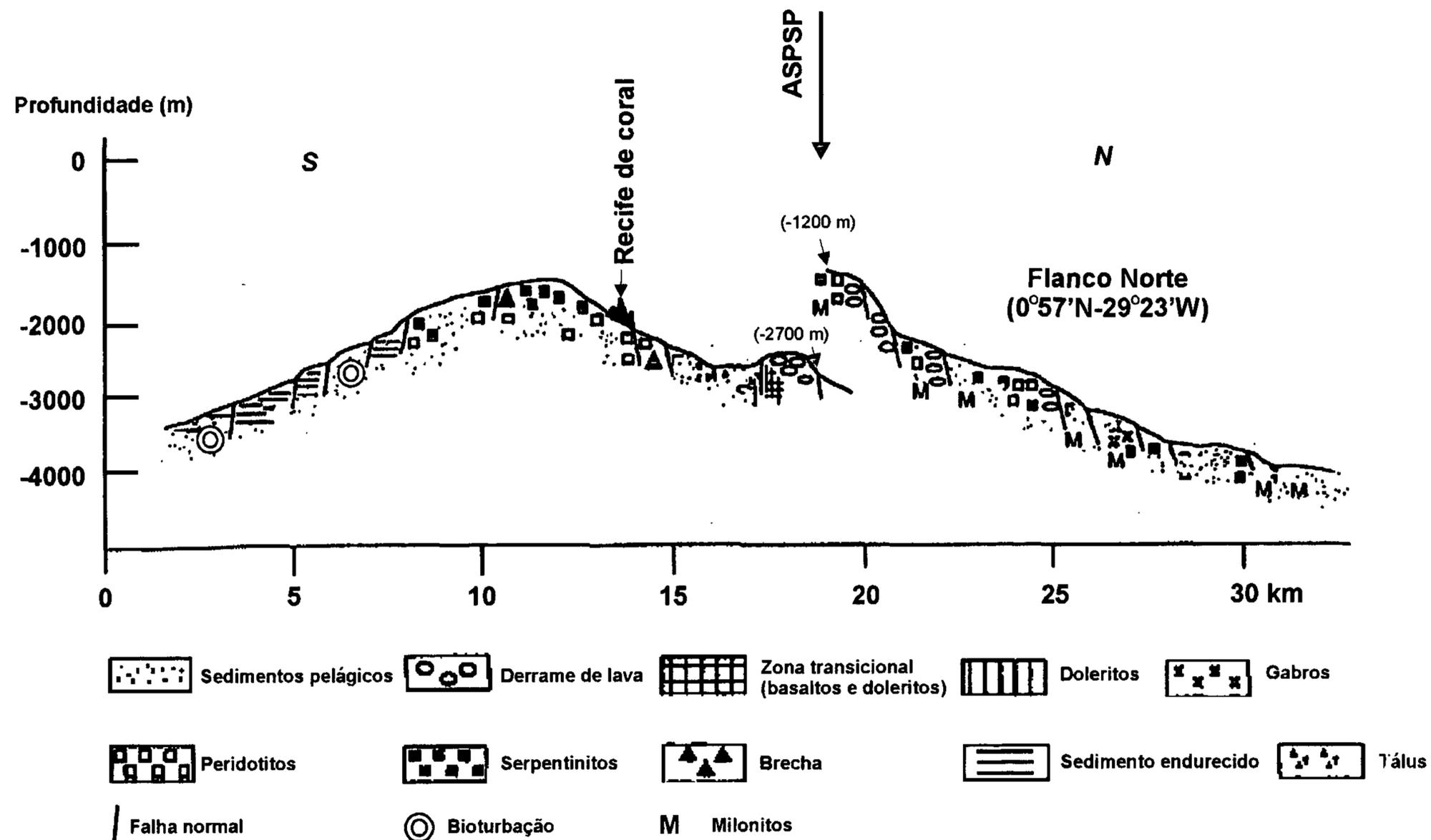


Figura 4 - Seção geológica dos flancos Sul e Norte da cadeia transversal que tem como ponto culminante o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP).
Fonte: IFREMER (1998)

não deformado e não orientado, constituído de plagioclásio, opacos, olivina, piroxênio.

O **SP10** desenvolveu-se a norte do **SP09**, começando a 2.563m de profundidade e encerrando a 1.154m, num ponto mais próximo do arquipélago de São Pedro e São Paulo. O perfil mostra uma série de falhas normais em cujo sopé das escarpas se acumulam depósitos de tálus e mais acima afloramentos de peridotitos milonitizados.

Os mergulhos **SP11**, **SP12** e **SP13** estão alinhados seqüencialmente na direção **N-S**, estando o primeiro no extremo sul, na parte mais profunda (3.537m) e o último encerrando na parte mais rasa (1.770m). Estes mergulhos foram estabelecidos de modo a se obter uma seção geológica completa da vertente sul da cadeia transversal. O **SP11** revela unicamente sedimentos pelágicos, em parte consolidados, exibindo perfurações e bioturbação. Os sedimentos consolidados são constituídos basicamente de microfósseis, cobertos por crosta de óxidos de manganês. A atividade tectônica é marcada por fraturas e falhas verticais.

O **SP12** é a continuidade para norte do perfil executado pelo **SP11**, partindo de 2.480m de profundidade e culminando a 1.319m. Esta profundidade corresponde ao topo de uma colina de direção geral **E-W**. A seção geológica consiste de duas partes: a primeira, a sul, encerra espessa série sedimentar com cerca de 900m de altura, incluindo afloramentos localizados em fissuras verticais e pequenas falhas orientadas **N-S**. Tais sedimentos têm cor branca, aspecto de giz e são mais ou menos consolidados, exibindo afloramentos placosos com mergulho paralelo ao da vertente.

A segunda parte da seção consiste de peridotitos maciços do manto, de 1.588m a 1.319m, seguido por uma cobertura com 269m de altura, formada de cascalheira e blocos de peridotito, sugerindo que a cadeia está desagregada *in situ*. Os peridotitos desta seção não estão deformados e mostram-se fortemente serpentinizados; neles são distinguidos quatro fases minerais: olivina, ortopiroxênio, clinopiroxênio e espinélio. Algumas amostras com mais de 5% de clinopiroxênio são classificadas de lherzolito. Nesta parte superior da seção, em torno de 1.320m de profundidade, ocorrem fortes correntes marinhas orientadas de **N** para **S**, como também de **W** para **E**, e elas são responsáveis pelas marcas de ondas (ripple marks) nos sedimentos. Estas correntes também movimentam uma exuberante fauna fixa, principalmente de gorgonáceas arborescentes.

O mergulho **SP13** sucede para norte a trajetória do **SP12**, cuja morfologia do perfil corresponde ao espaço entre duas colinas, pertencentes a cadeia transversal. O vale central entre as duas colinas é preenchido por sedimentos pelágicos (**Figura 4**). No alto da colina norte aflora basaltos, em parte fatiados por falhas **E-W**. A partir da meia encosta da colina sul ocorrem peridotitos, so-

bre os quais repousa um maciço de coral, de relevo ruiforme, com cerca de 100m de altura, a 2.000m de profundidade (**Figura 4**).

9 - Perfis Magnéticos

No total, realizaram-se 435 milhas de perfis magnéticos nos setores "A" e "D". Neste último foram efetuados 9 perfis **N-S** com mais de 20 milhas cada, espaçados de 2 milhas, e vários transversais, perfazendo 252 milhas.

10 - Conclusões

A falha transformante de São Paulo é uma das maiores estruturas do Oceano Atlântico, cujas extremidades refletem nas costas dos continentes Africano e Sul-Americano, neste último na altura do Estado do Amapá. A largura da zona de falha é da ordem de 100km, e dentro desta zona existem várias falhas subsidiárias que seccionam e deslocam a dorsal meso-atlântica Equatorial em vários segmentos.

Esta falha também se caracteriza por incluir grande quantidade de afloramentos de rochas mantélicas, as quais formam uma cadeia transversal, com extensão superior a 100km na direção geral **E-W** e largura da ordem de 30km, cujo ponto culminante é o arquipélago de São Pedro e São Paulo. Esta cadeia está situada próximo ao limite norte da falha de São Paulo e seu extremo oeste está próximo da interseção dessa falha com o segmento norte da dorsal meso-atlântica Equatorial. Esta falha produziu um rejeito dextral da ordem de 600km entre os segmentos norte e sul da referida dorsal.

Tal como ocorre noutras falhas transformantes, na de São Paulo são registrados numerosos epicentros de terremotos com magnitudes superiores a quatro, os quais se dispõem alinhados na direção geral **E-W**, balizando o traçado da falha. Da mesma forma, a dorsal meso-atlântica também é marcada por epicentros que se alinham na direção geral **N-S**.

As rochas mantélicas são essencialmente peridotíticas, comumente milionitizadas, em parte serpentinizadas, dos tipos lherzolito e harzburgito. São rochas densas, de cor verde escura, de granulação muito fina, ocorrendo sob a forma de afloramentos, principalmente nas escarpas de falhas, e fragmentos angulosos, blocos e matacões, distribuídos em depósitos de tálus no sopé das escarpas. No flanco sul da cadeia transversal foram encontrados afloramentos de peridotito maciço, não deformado, serpentizado, constituído de olivina, ortopiroxênio, clinopiroxênio e espinélio. No flanco norte desta cadeia ocorrem esporádicos afloramentos de micro-gabro com plagioclásio, opacos, olivina e piroxênio. Do total de amostras coletadas e classificadas (169), 47,3% são de rochas peridotíticas e 26,6% de basaltos.

A dorsal intra-transformante pesquisada tem cerca de 20km de comprimento e 4km de largura, contendo um graben axial, cuja profundidade atinge 5.192m, constituindo um eixo de acreção oceânica ativa e de vulcanismo recente. Este é formado de *pillow lavas* basálticas, não alteradas, com fenocristais de plagioclásio e olivina. Na encosta leste desta zona de acreção ocorrem enxames de diques de diabásio cortando *pillow lavas*, seguindo-se serpentinitos e peridotitos milonitizados. No topo jaz uma seqüência de basaltos alterados, com cerca de 150m de espessura. A atividade tectônica é do tipo extensional recente a atual, representada por falhas normais.

O perfil batimétrico das vertentes norte e sul do arquipélago de São Pedro e São Paulo revela feições morfológicas distintas. O flanco norte apresenta um declive relativamente uniforme, interrompido por escarpas de pequenas falhas com 2-3m de altura e direção geral 90°-110° Az. Entre as cotas extremas de 1.200m e 4.000m de profundidade, com distância horizontal de 11km, o desnível da encosta é de 2.800m. O relevo da vertente sul também é cortado por falhas normais e apresenta duas colinas separadas por um vale. A colina sul tem a maior elevação do perfil estando seu topo a 1.319m de profundidade. Deste ponto para sul, até a profundidade de 3.500m, o desnível é de 2.180m, numa distância horizontal de 10km. Na encosta norte desta elevação existe outro acidente topográfico formado por um edifício de coral com cerca de 100m de altura, a 2.000m de profundidade.

A seção geológica das vertentes norte e sul do arquipélago também mostra marcantes diferenças. O flanco norte é constituído essencialmente de peridotitos milonitizados, em parte serpentinizados, associados a basaltos alterados. Observa-se também esporádicas exposições de gabro fresco, maciço, não deformado. No flanco sul ocorre espessa série sedimentar, com abundante microfauna e bioturbação, estando, no topo da colina sul, parcialmente encoberta por depósitos de tálus com muitos fragmentos e blocos de peridotito maciço, não milonitizado. O vale entre as duas colinas, preenchido por sedimentos pelágicos, constitui um graben, delimitado por falhas normais ativas separando uma unidade basáltica a norte, de peridotitos a sul.

Outras conclusões mais completas e abrangentes sobre a evolução geológica complexa desta região limítrofe de placas litosféricas divergentes, bem como da sua dinâmica atual e pretérita, serão divulgadas posteriormente pelos geocientistas que participaram da expedição. Os dados disponíveis para a elaboração deste relatório se referem apenas ao relato de bordo individual dos geocientistas.

O grande número de amostras coletadas foi remetido para análise em diversos laboratórios de petrografia, paleontologia, química de minerais, geocronologia, química de rocha total para a determinação dos teores de elementos maiores, menores e traços, inclusive terras raras.

Também estão sendo processados os dados magnetométricos. Com os dados coligidos serão elaboradas várias cartas temáticas desta região, como batimétrica, geológica, tectono/estrutural, de intensidade magnética total e residual. Por fim, todas as informações serão interpretadas em conjunto pelos geocientistas para produzir o relatório final da missão.

11 - Bibliografia

BRANDÃO PINTO, L.E. Relatório de fim de comissão do cruzeiro Saint Paul NP "NADIR". Rio de Janeiro. Min. Marinha, Dir. Hidrogr. e Navegação. "Não paginado". Inédito.

IFREMER – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer. Campagne Saint Paul du N/O NADIR. Brest. "Não paginado". Inédito.

MORAES, J. F. S. de. Arquipélago de São Pedro e São Paulo – testemunho do manto superior no Atlântico Equatorial. *In*: Congresso Brasileiro de Geoquímica, 6, 1997, Salvador. *Anais*. Salvador: Soc. Bras. Geol., 1997. 2v., il., v.1, p. 672-675.

MORAES, J. F. S. de. Caracterização petrográfica e química das rochas do arquipélago de São Pedro e São Paulo. Recife, CPRM, 35p., 1996 b. Inédito.

MORAES, J. F. S. de. Curso sobre a geologia da crosta oceânica e atividade hidrotermal na Universidade Federal Fluminense. Recife, CPRM, dez./97. Rel. interno.

MORAES, J. F. S. de. Expedição precursora aos Penedos de São Pedro e São Paulo: Geologia e Geotécnica. Recife, CPRM, 35p., 1996 a. Inédito.

Editoração Eletrônica: Claudio Scheid
Flávio Renato A. de A. Escorel