



I

Projeto REMAC

PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

DHN/MM - Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério  
da Marinha

CNPq - Conselho Nacional de Pesquisas

DOMOS DE SAL E POSSIBILIDADES DE ENXOFRE  
(PLATAFORMA CONTINENTAL BAHIA-SUL/ESPÍRITO SANTO)

Rio de Janeiro, agosto de 1973



CPRM

II

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM  
DIRETORIA DE OPERAÇÕES

DOMOS DE SAL E POSSIBILIDADES DE ENXOFRE  
(PLATAFORMA CONTINENTAL BAHIA-SUL/ESPIRITO SANTO)

JAIRO MASCARENHAS DA ROCHA

Rio de Janeiro, agosto de 1973

ÍNDICE

	PÁGINA
SINOPSE	VI
1. - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Finalidade .....	1
1.2 - Área Pesquisada .....	1
1.3 - Método de Trabalho .....	1
1.4 - Trabalhos Anteriores e Histórico .....	2
1.5 - Agradecimentos .....	3
2. - ASPECTOS GERAIS SOBRE DOMOS DE SAL .....	4
2.1 - Mecanismo de Formação .....	4
2.2 - Composição .....	5
2.3 - Ocorrência de Enxofre .....	6
2.4 - Origem do Enxofre .....	7
2.5 - Origem da Anidrita da Rocha-Capa .....	9
3. - OS DOMOS DE SAL DA ÁREA .....	11
3.1 - Generalidades .....	11
3.2 - Mecanismo de Formação .....	12
3.3 - Considerações Sobre a Evolução .....	13
3.4 - Configuração .....	14
3.5 - Composição .....	14
4. - CRITÉRIO UTILISADO PARA IDENTIFICAÇÃO DA ROCHA-CAPA E EVIDÊNCIAS DE SUA EXISTÊNCIA EM DOMOS DA ÁREA .....	17
5. - APLICAÇÃO POTENCIAL PARA EXPLORAÇÃO DE ENXOFRE EM DOMOS DE SAL .....	19
5.1 . Potencialidade dos Domos da Área .....	20



6.	- CONCLUSÕES .....	26
7.	- RECOMENDAÇÕES .....	28
8.	- BIBLIOGRAFIA .....	29

RELAÇÃO DE FIGURAS E ANEXOS

MAPA ÍNDICE .....	Fig 1
MAPA BATIMÉTRICO .....	Fig 2
MAPA BOUGUER .....	Fig 3
SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA (1-ESS-3, 1-ESS-1, 9-CPRM-1 e 1-ESS-4).....	Fig 4
SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA (1-ESS-6, 1-ESS-1, 9-CPRM-1 e 1-ESS-4) .....	Fig 5
SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA (1-ESS-2, 1-ESS-8, 1-ESS-5, 1-ESS-10, 1-ESS-11 e 1-ESS-15) .....	Fig 6
ARCABOUÇO ESTRUTURAL-BACIA DO ESPÍRITO SANTO .....	Fig 7
ESQUEMA SIMPLIFICADO DO MECANISMO DE FORMAÇÃO DOS DOMOS DA ÁREA .....	Fig 8
MAPAS ESTRUTURAIS DO TOPO DO SAL .....	ANEXO 1
PERFIS COMPOSTOS .....	ANEXO 2
SEÇÕES SÍSMICAS MOSTRANDO OS DOMOS DA PROVÍNCIA DA FOZ DO RIO DOCE .....	ANEXO 3
SEÇÕES SÍSMICAS MOSTRANDO OS DOMOS DA PROVÍNCIA DE BARRA NOVA .....	ANEXO 4
SEÇÕES SÍSMICAS MOSTRANDO OS DOMOS DA PROVÍNCIA DE ABROLHOS NORTE .....	ANEXO 5
SEÇÕES SÍSMICAS MOSTRANDO OS DOMOS DA PROVÍNCIA DE MUCURI .....	ANEXO 6

## SINOPSE

O presente trabalho visa o estudo dos domos de sal que ocorrem na plataforma continental Bahia-Sul/Espírito Santo. Analisa seus diversos aspectos e procura avaliar as potencialidades de enxofre nas rochas-capas dos mesmos, de acordo com os princípios que controlam esses depósitos.

Cerca de vinte e uma dessas estruturas diapíricas dos tipos perfurantes raso e intermediário, são atualmente conhecidas nessa área da plataforma continental, distribuídas pelas províncias da Foz do Rio Doce, Barra Nova, Abrolhos Norte e Mucuri.

A sobrecarga sedimentar foi a força motora causadora da movimentação salina para formação dos domos. Os esforços de compressão horizontal resultantes das atividades magmáticas atuantes na bacia durante o Cretáceo Superior ao Eoceno Médio, teriam apenas acelerado tal movimentação. A taxa de crescimento ocorreu de forma errática e independente para cada domo.

Depósitos comerciais de enxofre associados a domos de sal ocorrem na costa do Golfo do México, tanto na sua parte terrestre como na submersa e são responsáveis pela maior parte da produção americana.

Com relação aos domos estudados, os dados disponíveis não permitem traçar com segurança um quadro de suas potencialidades de enxofre, mas possibilitam descartar os desinteressantes e selecionar os mais promissores. Dentro do critério adotado os domos situados na Foz do Rio Doce são, aparentemente os mais promissores e os demais são considerados de prioridade secundária ou sem nenhum interesse.

## 1. - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Finalidade do Relatório

O presente trabalho visa o estudo dos domos de sal que ocorrem na plataforma continental Bahia-Sul/Espírito Santo. Analisa seus diversos aspectos e procura avaliar as potencialidades de enxofre nas rochas-capa dos mesmos, de acordo com os princípios que controlam esses depósitos.

### 1.2 - Área Pesquisada

A área pesquisada está situada na plataforma continental dos Estados do Espírito Santo e Sul da Bahia (fig. 1). Compreendendo, particularmente, as províncias da Foz do Rio Doce, Barra Nova, Abrolhos Norte e Mucuri, definidas pelas seguintes coordenadas geográficas:

longitude  $39^{\circ} 45'$  a  $38^{\circ} 25'$

latitude  $17^{\circ} 20'$  a  $19^{\circ} 40'$

### 1.3 - Método de Trabalho

O presente estudo baseia-se, essencialmente, nos resultados da interpretação das seções sísmicas, dados de poços, perfis e análises de laboratório, disponíveis. Relatórios técnicos sobre a área e a bibliografia consultada sobre domos de sal, serviram de guia para esse trabalho.

A delimitação das paredes do domo foi feita, utilizando-se as seções sísmicas de reflexão. Para isso, tomou-se como pontos de controle, os truncamentos das reflexões contínuas com a zona de ausência de reflexão, atribuída como sendo devida ao núcleo de sal. Os fenômenos de difração desenvolvidos naquela interface, quando bem identificados, foram

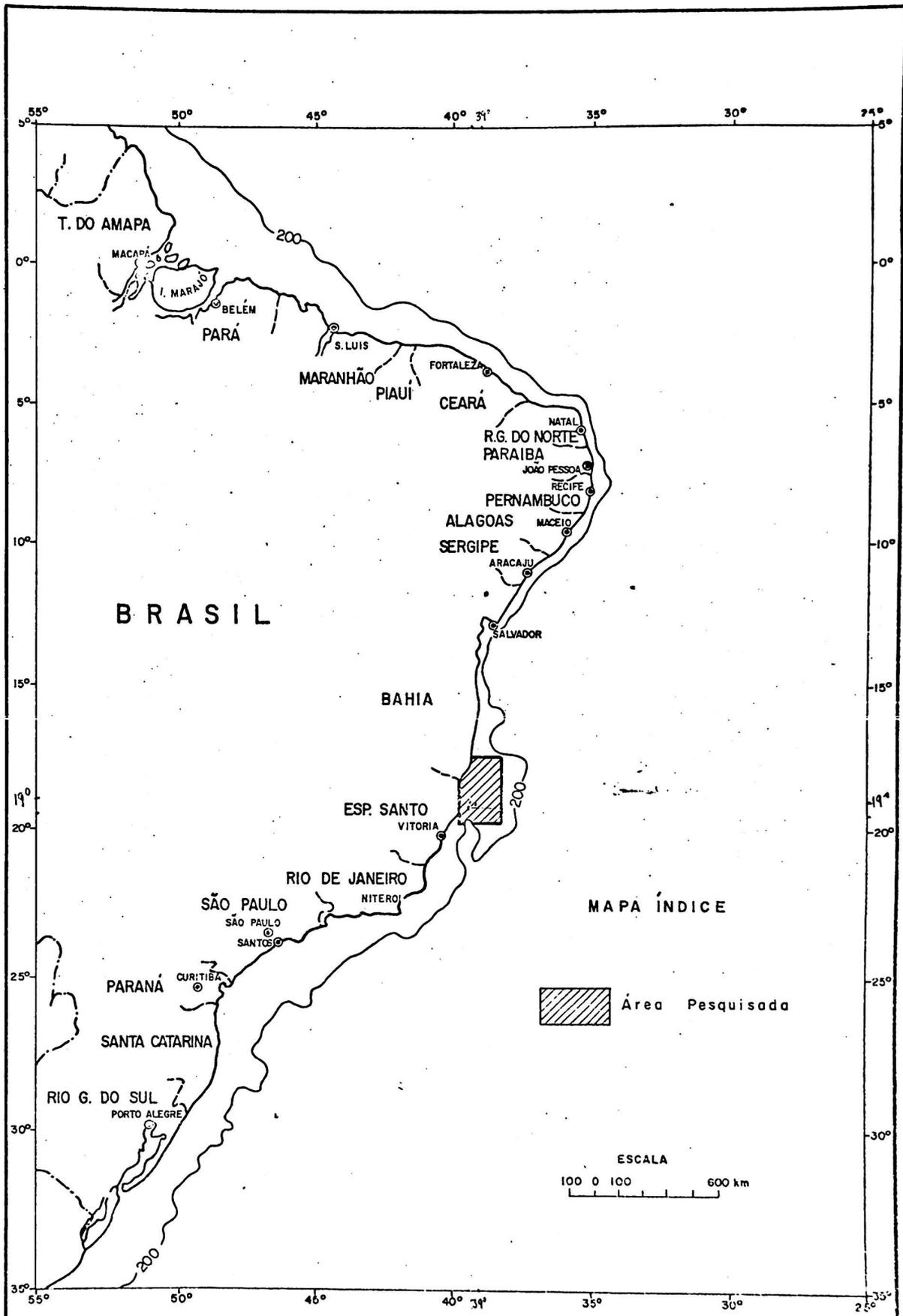


FIGURA 1

considerados os pontos de melhor controle. A fig. 2 mostra a situação das linhas utilizadas e o posicionamento dos domos no mapa batimétrico da área.

A tentativa de identificação da rocha-capá, sobrepondo-se aos domos, foi feita baseada na ocorrência de fortes reflexões no topo do núcleo de sal. Essas fortes reflexões têm sido atribuídas à possível existência de calcário ou anidrita da rocha-capá. Embora esse método tenha sido empregado com sucesso em alguns trabalhos é ainda, contudo, bastante discutido.

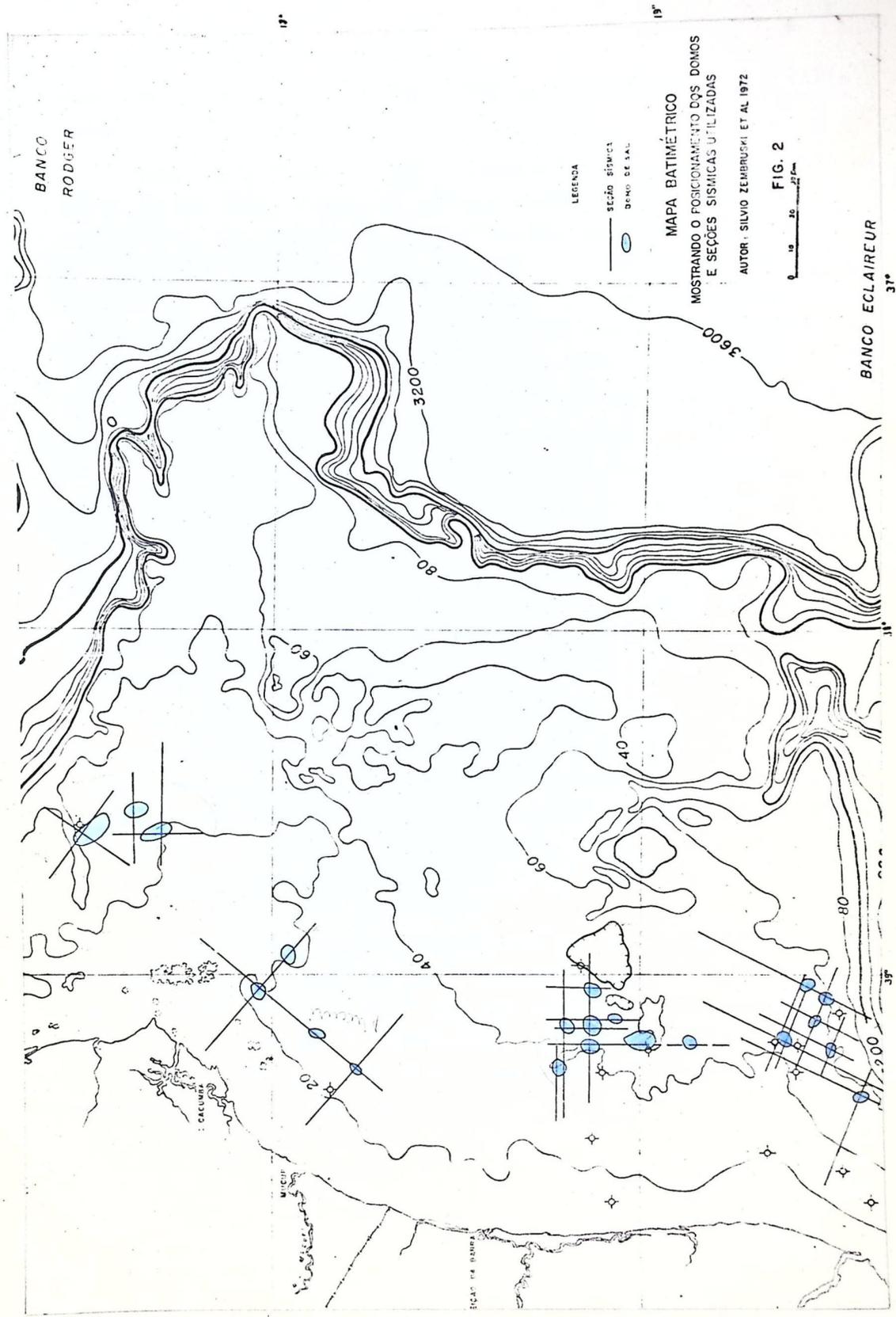
Ainda a partir das seções sísmicas disponíveis, geralmente duas cruzando-se nos domos, foram elaborados mapas estruturais expeditos do topo do sal (anexo 1), em tempo de reflexão, mas só alguns foram anexados ao trabalho. Esses mapas, juntamente com as seções, permitiram conhecer a configuração dos domos e classificá-los quanto a profundidade.

As seções estratigráficas confeccionadas (figs. 4, 5 e 6) baseadas em dados de poços, perfis e paleontologia, possibilitaram fazer inferências com relação a evolução tectônica de alguns domos da área. Além disso, mostram ainda a litoestratigrafia penetrada pelos domos ou próxima aos mesmos, a qual é de fundamental importância para explicar a presença ou ausência da rocha-capá, numa determinada área.

Os resultados das análises de testemunhos de sal, obtidos no poço 9-CPRM-1-ESS e as informações indiretas dos perfis elétricos de poços que perfuraram flancos de domos, forneceram dados quanto à composição do núcleo de sal dos mesmos.

#### 1.4 - Trabalhos Anteriores e Histórico

Os domos de sal conhecidos na área foram descobertos



BANCO  
RODRIGER

LEGENDA

- SEÇÃO SISMICA
- DOMO DE SAL

MAPA BATIMÉTRICO

MOSTRANDO O POSICIONAMENTO DOS DOMOS  
E SEÇÕES SISMICAS UTILIZADAS

AUTOR - SILVIO ZEMBRUCKI ET AL 1972

FIG. 2  
0 10 20 30 40 Km

BANCO ECLAIREUR

31°

19°

19°

31°

CACHUEIRO

MUCUPI

SICAP DE BARRA

3200

3600

40

40

60

80

200

8

12

16

20

24

28

32

36

40

44

48

52

56

60

64

68

72

76

80

84

88

92

96

100

104

108

112

116

120

124

128

132

136

140

144

148

152

156

160

164

168

172

176

180

184

188

192

196

200

204

208

212

216

220

224

228

232

236

240

244

248

252

256

260

264

268

272

276

280

284

288

292

296

300

304

308

312

316

320

324

328

332

336

340

344

348

352

356

360

364

368

372

376

380

384

388

392

396

400

404

408

412

416

420

424

428

432

436

440

444

448

452

456

460

464

468

472

476

480

484

488

492

496

500

504

508

512

516

520

524

528

532

536

540

544

548

552

556

560

564

568

572

576

580

584

588

592

596

600

604

608

612

616

620

624

628

632

636

640

644

648

652

656

660

664

668

672

676

680

684

688

692

696

700

704

708

712

716

720

724

728

732

736

740

744

748

752

756

760

764

768

772

776

780

784

788

792

796

800

804

808

812

816

820

824

828

832

836

840

844

848

852

856

860

864

868

872

876

880

884

888

892

896

900

904

908

912

916

920

924

928

932

936

940

944

948

952

956

960

964

968

972

976

980

984

988

992

996

1000

pela Petrobrás, a partir dos levantamentos geofísicos realizados.

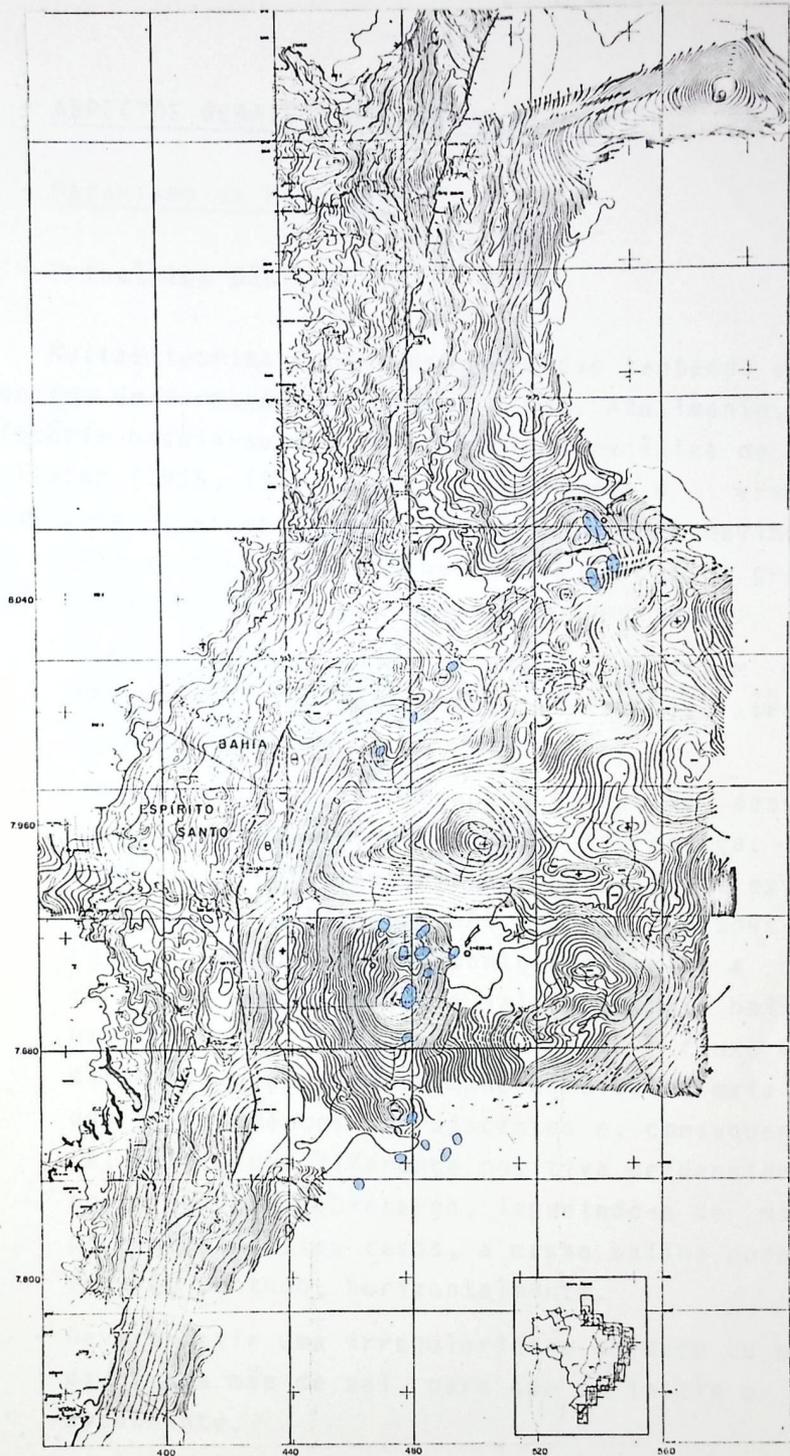
Edyr de Oliveira (1962), interpretando os dados gravimétricos da área, associou algumas anomalias negativas a domos de sal. (A fig. 3 mostra o mapa Bouguer, compilado por J.I. Fonseca - 1967). Posteriormente, a sísmica de reflexão revelou no local dessas anomalias, estruturas geológicas convexas para cima e com aparência de deformação halocinética. Finalmente, a perfuração do I-ESS-1 em 1968, atravessou o flanco de um domo, comprovando definitivamente a existência de tais estruturas na área.

A partir de então, a CPRM despertou interesse para a pesquisa de enxofre associada a rocha-capas desses domos, bem como para conhecer a natureza do sal. Com essas finalidades perfurou-se o poço 9-CPRM-1-ESS (1971), o qual atingiu o sal a 123 (-106)m, perfurando-o até os 1016 (-999)m. Apesar de cumpridas as finalidades propostas, não foram constatados quaisquer indícios de enxofre nesse domo.

Asmus, Gomes e Pereira (1971), no Estudo de Integração Geológica Regional da Bacia do Espírito Santo, tecem considerações sobre os domos salinos, quanto a forma, classificação, distribuição, idade da camada mãe de sal e tempo de migração.

### 1.5 - Agradecimentos

À PETROBRÁS, pelo fornecimento dos dados geofísicos e de subsuperfície, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho. À CPRM por ter permitido a realização do mesmo e aos colegas do REMAC pela leitura e críticas construtivas ao manuscrito. Por fim a todos que de algum modo colaboraram para sua elaboração.



LEGENDA  
 ○ ORO DE SILL.  
 MAPA BOUQUER  
 COMPILO POR J.F. FONCECA (1987)  
 ESCALA 0 20 Km  
 FIG. 3

## 2. - ASPECTOS GERAIS SOBRE DOMOS DE SAL

### 2.1 - Mecanismo de Formação

#### 2.1.1 - Princípios Básicos

Muitas teorias foram desenvolvidas tentando explicar o mecanismo de formação dos domos de sal. Atualmente, a mais satisfatória baseia-se nos princípios da mecânica de fluidos de Nettleton (1936, 1943) a qual postula que o crescimento de um domo é, essencialmente, o resultado de movimento de fluidos muito viscosos sob influência de forças de gravidade. Essa teoria baseia-se nas seguintes suposições:

- O sal e os sedimentos de sobrecarga devem comportar-se como fluidos altamente viscosos, através do tempo geológico.
- Deve existir uma diferença negativa de densidade entre o sal e os sedimentos de sobrecarga. Essa condição é atingida somente quando o sal está soterrado sob pelo menos 600 a 900 m. Halbouty e Hardin, acham que esse ponto é atingido a partir de 530 m. A densidade do sal sendo mais baixa, cria uma força de flutuação que permite o fluxo ascendente. Em profundidade menores o sal é mais denso que os sedimentos subjacentes e, conseqüentemente, existe uma diferença positiva de densidade entre o sal e a sobrecarga, impedindo-o de mover-se para cima. Nesses casos, a massa salina pode mover-se, contudo, horizontalmente.
- Deve existir uma irregularidade na base ou no topo da camada mãe de sal, para que se inicie o fluxo ascendente.

- O movimento ascendente sō é iniciado pela influên-  
cia de algum movimento tectônico.

Halbouty e Hardin (1956), admitem as idêias gerais da teoria da mecânica dos fluídos de Nettleton, mas dão mais ênfase ao peso estático dos sedimentos sobrejacentes, como a força causadora da movimentação salina. Eles reconheceram que um impulso tectônico não é necessário para provocar o início do crescimento do domo.

## 2.2 - Composição

### 2.2.1 - O Núcleo de Sal

O núcleo de sal dos domos da costa do Golfo é composto marcadamente por halita pura ( $\text{NaCl}$ ) e menor quantidade de anidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) disseminada (Halbouty 1957). O teor de halita na maioria desses domos é superior a 90% e a mesma mostra-se grosseiramente cristalina, com cristais variando de 1,28 a 0,64 cm em diâmetro. A anidrita contida no sal apresenta um teor inferior a 3% (Kupfer, 1963), constituindo praticamente, o único resíduo insolúvel. No entanto, são ainda encontrados traços de dolomita, calcita, barita, pirita, quartzo, celestita e enxofre.

### 2.2.2 - A Rocha-Capa

A maioria dos domos perfurantes rasos da costa do golfo caracteriza-se por apresentar uma cobertura ou manto de minerais associados denominada rocha-capa. Segundo Halbouty et al (1957), a ocorrência dessa cobertura na área citada, decresce com o aumento da profundidade, mas a mesma tem sido encontrada em domos profundos, abaixo de 3.000m.

Uma rocha-capá bem desenvolvida, compõe-se de uma camada inferior de anidrita granular; uma zona de transição (anidrita, gipsita e calcário) e, uma zona superior de carbonato. É na zona de transição que se localizam os depósitos comerciais de enxofre. Nem sempre, contudo, essas três zonas mostram-se distintas e facilmente identificáveis. Além disso, uma ou mais zonas podem estar ausentes, dependendo do estágio de formação em que a mesma se encontra ou, do grau de intensidade erosiva, que porventura a mesma tenha sofrido.

A espessura média da rocha-capá nos domos rasos é de 90 a 120 m mas tem sido encontrada com mais de 300 m. Geralmente é mais espessa sobre o centro do domo, adelgaçando para a periferia, podendo desaparecer nos flancos do mesmo.

Associada a muitos domos ocorre uma "zona dura", formada pela recimentação dos sedimentos supradomais e, comumente, denominada "falsa rocha-capá".

### 2.3 - Ocorrência de Enxofre

O enxofre é amplamente distribuído no mundo, ocorrendo nos estados elementar (enxofre nativo) e combinado nas formas de sulfetos e sulfatos.

Uma das maneiras de ocorrência de enxofre elementar, é aquela associada às rochas-capá de domos de sal. Depósitos desse tipo são conhecidos na costa do Golfo, particularmente, nas costas dos Estados da Luisiana, Texas (Estados Unidos) e México, tanto na parte terrestre como na submersa.

A maioria do enxofre ocorre na rocha-capá dentro da zona de transição, associada com anidrita, gipsita, calcita, petróleo e água sulfídrica. O enxofre apresenta-se preenchendo as fissuras, espaços intergranulares ou substituindo anidrita e calcita da zona de transição.

Mais de 200 (duzentos) domos de sal são conhecidos naquela região, sendo o enxofre encontrado na maioria das rochas-capa dos domos rasos. Depósitos comerciais, no entanto, são encontrados em um relativo pequeno número de estruturas.

Até 1960, 29 domos produziram enxofre comercial, pelo processo Frasch, na costa do Golfo. Neste ano, o balanço mostrava que apenas 14 estavam em regime normal de produção, enquanto 15 apresentavam-se praticamente abandonados, por estarem altamente "depletados".

A produção cumulativa desses domos até 1960, era de 170 milhões de toneladas de enxofre. As reservas recuperáveis conhecidas, naquele mesmo ano, ascendiam a 50 milhões de toneladas.

A produção de enxofre no mar, proveniente da plataforma da Luisiana, é, atualmente, limitada a duas ocorrências, que no entanto, fornecem cerca de 20% da produção dos Estados Unidos (maior produtor mundial com 28% da produção). Isto equivale a dizer que, apenas dois domos da plataforma da Luisiana, produzem cerca de 5,6% de todo o enxofre do mundo.

As reservas recuperáveis conhecidas na plataforma da Luisiana, somam 37 milhões de toneladas, podendo ser duplicadas dentro em breve, com as pesquisas que ali vem sendo efetuadas.

#### 2.4 - Origem do Enxofre

Serão discutidas a seguir, de uma maneira resumida, as idéias mais aceitas sobre a origem do enxofre em domos de sal e os processos relacionados, a fim de se ter uma melhor compreensão desses depósitos, bem como servir de guia

para pesquisá-los em áreas de interesse.

A maioria dos geólogos acredita que o enxofre associado a domos de sal é resultante da redução da anidrita para gás sulfídrico e da subsequente oxidação do gás sulfídrico para enxofre.

Feely e Kulp (1957), baseados na aplicação de técnicas isotópicas, reações de laboratório e estudos bacteriológicos, confirmaram esse mecanismo e definiram mais detalhadamente, a origem dos depósitos de enxofre dos domos da costa do Golfo.

Os resultados das experiências dos citados autores esclareceram vários detalhes, tais como:

- O petróleo não é capaz de reduzir diretamente o sulfato da anidrita, numa razão suficientemente rápida, nas condições de temperatura reinantes nos domos de sal. Nessas condições, o petróleo levaria cerca de 150 milhões de anos para reduzir o sulfato da anidrita e produzir depósitos de enxofre semelhantes aos encontrados na costa do Golfo. Como os domos dessa região penetraram camadas pleistocênicas e tendo em vista que o enxofre formou-se "in loco" deduz-se que aqueles depósitos foram formados no último milhão de anos. Conseqüentemente, a reação química direta, não pode ser o mecanismo de produção do gás sulfídrico a partir do sulfato.
- Por outro lado, a redução do sulfato de anidrita por bactéria na presença do petróleo, nas condições de temperatura encontrados nos domos, procede em razão extremamente rápida (100 mg/litro/dia). Com esta razão, mesmo as rochas-capas mais espessas (cerca de 300 m) seriam reduzidas em 100 anos, dado um adequado suprimento de petróleo e ótimas

condições sobre a rocha-capa. Embora os autores considerem que esta razão seja superior a real, ficou demonstrado a extraordinária produção potencial desses organismos.

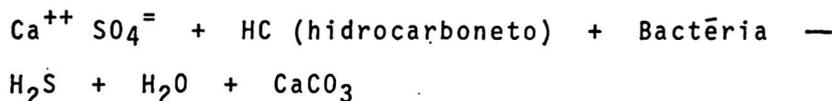
- Concluiu ainda que a bactéria redutora do sulfato atuando como catalizador da reação, é o agente primário na produção do enxofre na rocha-capá.
- A reação subsequente, isto é, de oxidação do gás sulfídrico para enxofre, resulta da ação de ions de sulfato adicionais na rocha-capá.

De acordo com Hinds e Cunningham (1970), o processo metabólico de bactéria para origem do enxofre pode ser sumariizado na forma abaixo:

- A bactéria redutora de sulfato, utilizando hidrocarboneto como fonte de energia, reduz o sulfato de cálcio para carbonato de cálcio e gás sulfídrico. O gás sulfídrico assim formado, reage posteriormente com ions adicionais de sulfato para produzir enxofre, o qual poderá ser depositado nos espaços vazios do carbonato formado na reação inicial.

Um esquema simplificado do processamento da reação seria:

- Reação de redução do sulfato:



- Reação de oxidação do  $\text{H}_2\text{S}$



## 2.5 - Origem da Anidrita da Rocha-Capa

Como mostrado por vários autores, entre eles Taylor,

(1938), Goldman, (1952), Kulp e Feely (1957), não existe qualquer dúvida real quanto a origem da anidrita da rocha-capá.

Segundo esses autores, a anidrita dessa zona forma-se pela concentração e cimentação dos resíduos insolúveis do núcleo de sal, devido a lixiviação de halita pela circulação de águas subsuperficiais no topo do domo, quando este penetra rochas permo-porosas.

Estudos dos resíduos insolúveis do núcleo de sal e sua comparação com os constituintes da anidrita da rocha-capá (Taylor, 1937; Hanna e Wolf, 1934), mostraram que esses dois conjuntos de minerais são idênticos em constituição e forma.

A transformação da anidrita em gipsita se dá através da reação da anidrita com águas mais frias e menos salinas, que ocorrem em ambientes mais rasos, atravessados pelo sal na sua ascensão.

Feely e Kulp (1957), a partir de análises isotópicas do enxofre do sulfato contido no núcleo de sal e do enxofre da anidrita da rocha-capá, mostraram que eles têm, aproximadamente, a mesma composição.

A espessura da anidrita em qualquer tempo, depende segundo aqueles autores, da razão do movimento do sal, da razão de fluxo da água e do conteúdo de anidrita disseminado no sal.

### 3. - OS DOMOS DE SAL DA ÁREA

#### 3.1 - Generalidades

L. Mrazec, citado por Ghignone (1967), considera os domos de sal como manifestações extremas de diapirismo. Cerca de vinte e uma dessas estruturas diapíricas, dos tipos perfurantes raso e intermediário, são atualmente conhecidas na plataforma continental Bahia-Sul/Espírito Santo. Estão distribuídas pelas províncias da Foz do Rio Doce (7), Barra Nova (7), Abrolhos Norte (3) e Mucuri (4). Segundo informação verbal, ocorrem ainda na área domos profundos e almofadadas, que não serão tratados nesse estudo.

Os domos de sal conhecidos alinham-se na direção preferencial N-S, possivelmente, refletindo o reativamento do sistema de falhas pré-Aptiano.

É fato conhecido que esses domos só ocorrem nas feições estruturais negativas como mostrado no mapa estrutural de G. Baccocoli, fig. 7, mas nenhuma explicação definitiva foi estabelecida para o caso. Essa situação (ocorrência dos domos nos blocos negativos), repete-se com os domos da costa do Golfo, onde Hazzard et al (1954), procura explicar o fato sugerindo que:

- As áreas positivas teriam grandes "enchachos" (swells) de sal que não alcançaram o estágio de domo.
- O sal adelgaçou pelo efeito da elevação, e a maioria deste escoou mergulho abaixo.
- A erosão fez com que as áreas altas se tornassem mais leves e as baixas mais pesadas, resultando num aumento relativo da carga estática nas áreas baixas, permitindo a ascensão do sal só nessas áreas.

Além dessas condições, que poderiam explicar também a ausência de domos de sal nos blocos elevados da área em estudo, pode-se citar ainda, com a mesma finalidade, as seguintes hipóteses:

- Não houve deposição de sal nas áreas positivas.
- No caso contrário, isto é, de deposição de sal nos blocos positivos, o mesmo teria desaparecido por erosão subsequente.

### 3.2 - Mecanismo de Formação

Com o exposto no item 2.1 observa-se que o principal ponto de discórdia, com relação ao mecanismo da formação de domos, refere-se à força motora que teria provocado o início da movimentação salina.

As evidências geológicas na área em questão, sugerem que a migração do sal da camada mãe, teve início a partir do Paleoceno (Asmus et al, 1971). Uma espessa sobrecarga sedimentar teria sido a força motora causadora do fluxo ascendente. Os esforços de compressão horizontal resultantes das atividades magmáticas atuantes na bacia durante o Cretáceo Superior ao Eoceno Médio (Cordani, 1970), teriam apenas acelerado tal movimentação. ✕

Um esquema bastante simplificado desse mecanismo (fig. 8), baseado nos conhecimentos atuais da bacia, é apresentado a seguir:

- Deposição da camada mãe de sal, num estágio de restrição basinal, durante o Albo-Aptiano (Asmus, et al 1971).
- Segue-se a deposição de espesso pacote sedimentar, quando no Cretáceo superior, (Cordani, 1970) a ba-

cia sofreu marcante atividade magmática.

- Com o aumento da carga sedimentar rompe-se no Paleoceno, o equilíbrio gravitacional e o sal começa a mover-se da camada mãe. Concomitantemente, prossegue a atividade magmática, até o Eoceno Médio, acelerando o processo ascensional da massa de sal.
- A movimentação prossegue, com períodos de maior ou menor penetração, diferentemente para cada domo, até atingir o estágio atual.

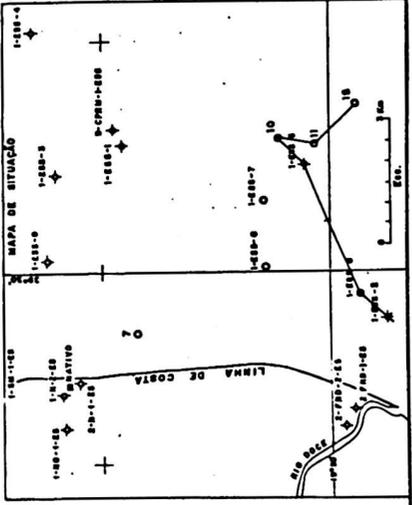
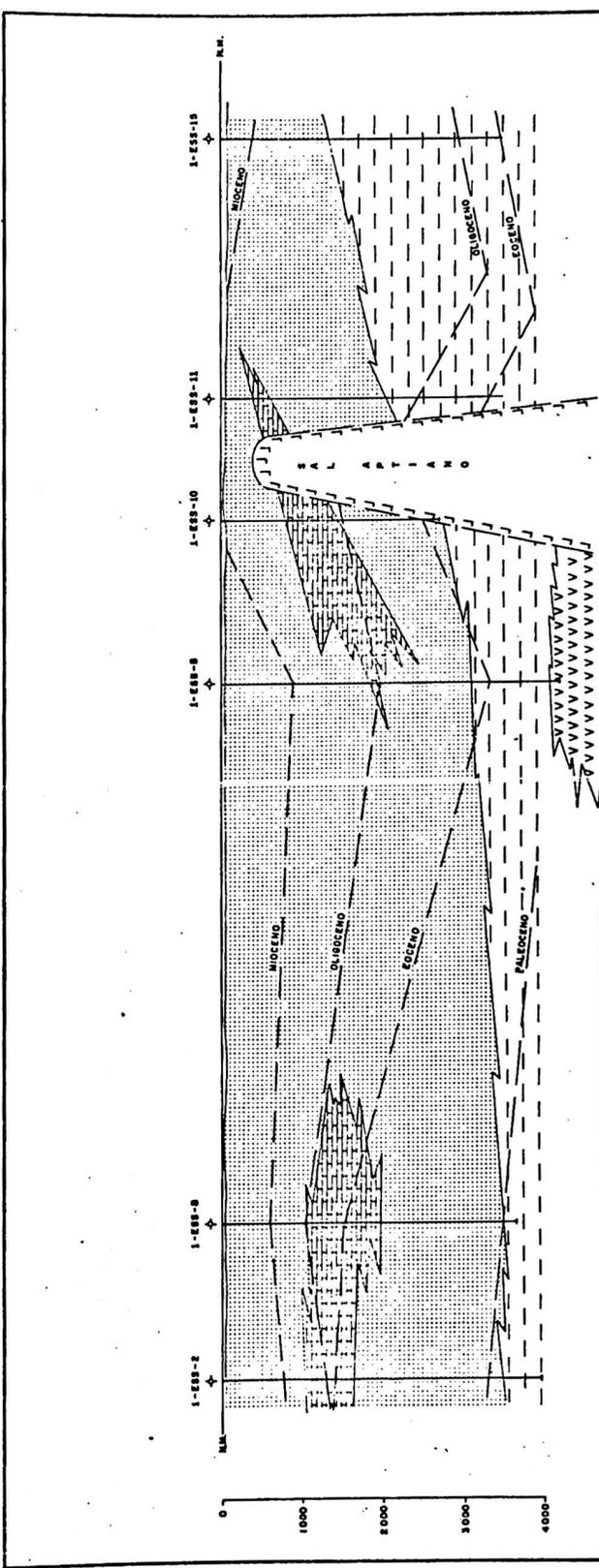
### 3.3 - Considerações Sobre a Evolução

As considerações que se seguem, resultaram da interpretação das seções estratigráficas elaboradas (Figs. 4, 5 e 6) e restringem-se às áreas particulares. Um estudo integrado de dados de subsuperfície e sísmica, tentando identificar linhas de tempo nas seções sísmicas, poderiam contar detalhadamente a história dos domos.

- O início da movimentação do sal para formar domos, deu-se, provavelmente a partir do Paleoceno e, seguramente, no Eoceno.
- A taxa de crescimento dos domos verificou-se de forma errática, algumas vezes movendo-se rapidamente e, em outras, permanecendo quase quiescentes. Tal fato pode ser observado, por exemplo, com o domo CPRM (Barra Nova - 7 figs. 4 e 5), o qual apresentou um extenso estágio de movimentação durante o Oligoceno, sofrendo inclusive erosão em um dos seus flancos. Já no Mioceno Inferior, no entanto, essa taxa de crescimento é mínima, para aumentar de novo, posteriormente.







Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
**PROJETO REMAC**  
 (Reconhecimento da margem continental brasileira)  
**SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA**

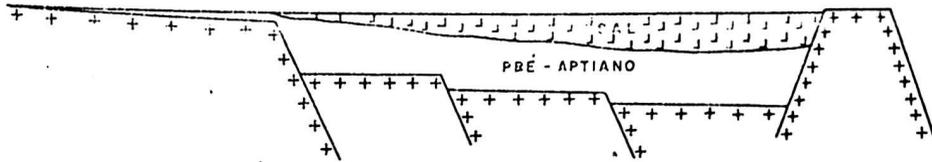


AUTOR	DATA	REL. Nº	FIG. Nº
JAIRO M. ROCHA			6

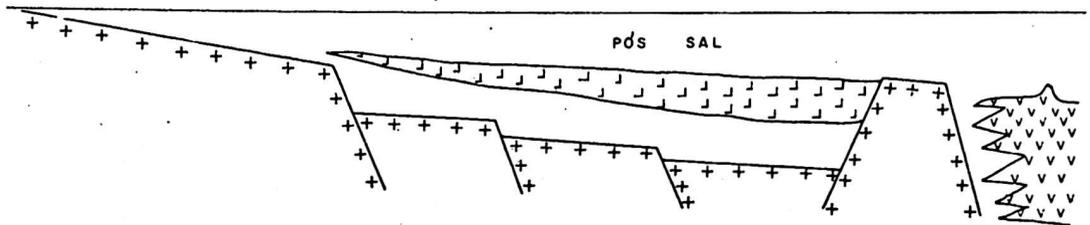


# ESQUEMA SIMPLIFICADO DO MECANISMO DE FORMAÇÃO DOS DOMOS DA ÁREA

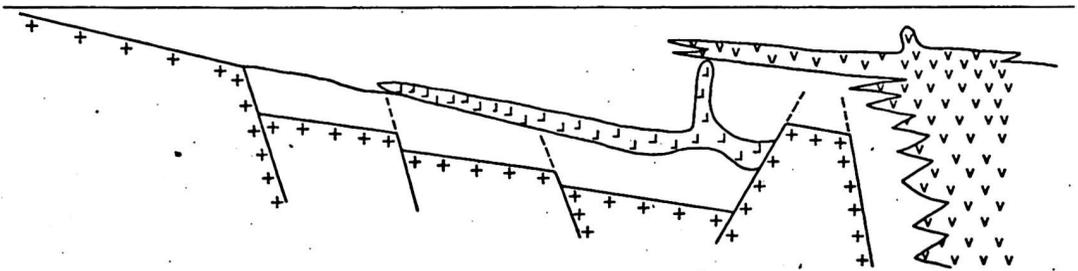
1 - DEPOSIÇÃO DA CAMADA MÃE DE SAL - ESTÁGIO DE RESTRIÇÃO BASINAL (ALBO-APTIANO)



2 - DEPOSIÇÃO DE ESPESSO PACOTE SEDIMENTAR, QUANDO NO CRETÁCEO SUPERIOR A BACIA SOFRE MARCANTE ATIVIDADE MAGMÁTICA.



3 - AUMENTO DA CARGA SEDIMENTAR E INÍCIO DA MOVIMENTAÇÃO SALINA NO PALEOCENO; PROSSEGUE A ATIVIDADE MAGMÁTICA POSSIVELMENTE ACELERANDO A MOVIMENTAÇÃO SALINA.



4 - A MOVIMENTAÇÃO PROSSEGUE DE FORMA ERRÁTICA E INDEPENDENTE PARA CADA DOMO ATÉ O ESTÁGIO ATUAL.

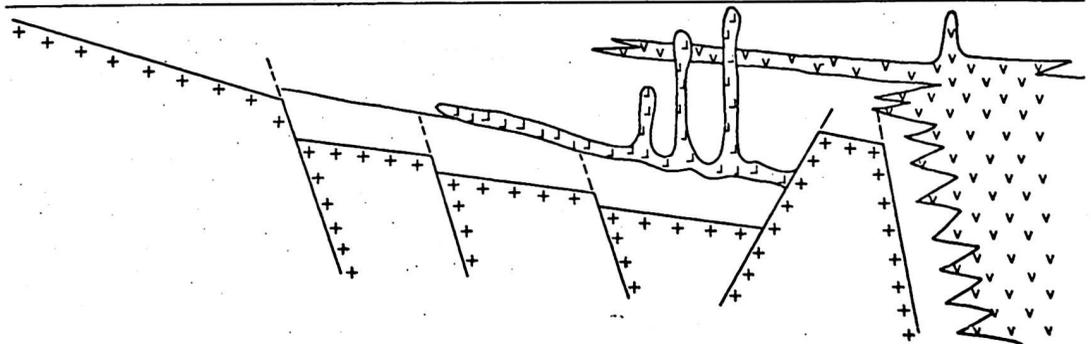


FIGURA Nº 8

- A ascensão da massa de sal foi distinta para cada domo. Assim é que, enquanto o domo referido anteriormente, apresentava alta taxa de crescimento no Oligoceno, o domo Yemanjá projetado na seção (Fig. 6), atravessou um estágio de baixo crescimento relativo.

### 3.4 - Configuração

Os domos de sal da área são predominantemente circulares a elípticos vistos em mapa, mas alguns apresentam feições bastante irregulares. Em seção mostram-se geralmente cilíndricos, em sino alongado e em pirâmide truncada. Os flancos são altamente inclinados a praticamente verticais. Algumas formas são bastante complexas, alargando-se ou afinando-se com a profundidade. Localmente, em alguns poucos, as paredes projetam-se lateralmente, ou além da superfície do domo, como se pode observar no Abrolhos Norte - 1 e Mucuri - 3, (Anexos 4 e 6). O topo do núcleo do sal mostra-se plano a ligeiramente irregular e praticamente horizontal. São ainda frequentes as formas convexas para cima. O diâmetro do sal ao nível de 1 segundo varia de aproximadamente 1 a 6 Km. Os domos CPRM (Barra Nova - 7) e Abrolhos Norte - 1, (Anexos 4 e 5) destacam-se por serem os maiores da área, com diâmetro médio superior a 5 Km., ao nível de 0,5 segundos. São na sua quase totalidade ~~perfurantes rasos (topo do sal acima de 660 m), mas alguns são considerados do tipo intermediário (topo entre 660 e 2000 m)~~, dentro da classificação de Teas (1932).

### 3.5 - Composição

#### 3.5.1- O Núcleo de Sal

O núcleo de sal dos domos da área compõe-se, essencialmente, de halita ( $\text{NaCl}$ ) e, em menor quantidade de anidrita ( $\text{Ca SO}_4$ ) que constitui o principal resíduo insolúvel. Traços de outros minerais como quartzo, dolomita, clorita, caulinita, illita ou glauconita, são ainda reportados. Nenhum indício de enxofre foi encontrado até o presente.

Os dados mais importantes quanto a composição das massas de sal da área, são provenientes dos resultados das análises de testemunhos do poço 9-CPRM-1-ESS, realizadas nos laboratórios da CPRM. Foram feitas análises de lâminas delgadas, químicas, mineralógicas e por difração de raios X para os resíduos insolúveis. De acordo com os resultados obtidos o teor de halita nesse domo, varia de 89,7 a 92,91%. A halita apresenta-se vítrea, granular, em cristais anedrais, de formas irregulares, alongados e com contatos ligeiramente encurvados. ~~O resíduo insolúvel é constituído predominantemente por anidrita, cujo teor médio de 1,56 a 3,7%, é bastante semelhante ao encontrado nos domos da Costa do Golfo, onde segundo Kupfer (1963), esse teor é inferior a 3%.~~

A análise dos perfis elétricos dos poços que penetraram flancos de domos, mostra que o núcleo do sal é composto, essencialmente, de halita. Uma delgada camada de polihalita, foi interpretada no intervalo 149,5 - 151,5 m, no poço 9-CPRM-1-ESS.

### 3.5.2 - A Rocha-Capa

Com relação aos domos da área pouco ou quase nada se pode dizer sobre a composição da rocha-capa, uma vez que, até o presente, apenas um domo foi perfurado no seu topo (o 9-CPRM-1-ESS) que, no entanto, não apresentou uma rocha-capa desenvolvida. Além disso, devido a problemas mecâ-

nicos de perfuração, a mesma não foi testemunhada, como estava previsto.

As descrições das amostras de calha da seção sobreposta ao sal, revelaram a existência de uma mistura complexa de rochas sedimentares (calcário e areia) e ígnea. Essa última, analisada posteriormente, por técnicos da CPRM, foi classificada como sendo Essexito (rocha da família dos gabros). A presença dessas rochas no topo dos domos é bastante viável, uma vez que, segundo interpretação sísmica de João Victor (1972), observa-se claramente que essas feições perfuram os derrames basálticos. "Xenólitos" dessas rochas poderiam portanto flutuar na massa de sal ou serem por ela carregados para níveis mais superiores.

~~A análise dos perfis elétricos indicou a existência de uma possível camada de anidrita de 2m de espessura, no topo do sal, o que atestaria a existência de uma rocha-capa bastante incipiente.~~

4. - CRITÉRIO UTILISADO PARA IDENTIFICAÇÃO DA ROCHA-CAPA  
E EVIDÊNCIAS DE SUA EXISTÊNCIA EM DOMOS DA ÁREA

A presença da rocha-capa em domos da área, não está definitivamente estabelecida, em <sup>vista</sup> do limitado poder de resolução dos dados existentes.

O critério utilizado na tentativa de identificá-la, foi baseado em evidências indiretas, fornecidas pela interpretação das seções sísmicas. A ocorrência de fortes reflexões no topo do domo foram atribuídas, à possível existência de calcário ou anidrita da rocha-capa. Esse método tem sido empregado por alguns autores (Peter Lehner, 1969), em trabalhos da costa do Golfo, com relativo sucesso, porém é ainda bastante discutido. Segundo informação verbal do geofísico M. Saito (Petrobrás), a ocorrência de fortes reflexões no topo do sal é devida, às vezes, à concentração de energia durante o processamento das seções.

Embora devamos nos precaver contra o fenômeno acima citado, que nos levaria a uma interpretação errônea, achamos que o mesmo carece de comprovação, uma vez que são observados em alguns domos, exatamente naqueles com condições favoráveis para formação da rocha-capa e, não em todos como seria de se esperar. Consequentemente, o critério aqui adotado parece válido, embora não seja o ideal. O método geofísico mais racional que deve ser empregado com essa finalidade, é o de refração rasa no topo do domo.

A interpretação das seções sísmicas, com base no critério acima descrito, mostrou que:

- Somente alguns domos, particularmente os situados na Foz do Rio Doce, mostram evidências da existência da rocha-capa.

- Em outros, o problema permanece indefinido por não apresentar boas evidências, ou pelo fato das seções estarem processadas abaixo do topo do sal (raros casos).
- Finalmente, a maioria dos domos não mostra quais quer evidências da existência de rocha-capas, nas seções sísmicas analisadas.

5. - APLICAÇÃO POTENCIAL PARA EXPLORAÇÃO DE ENXOFRE EM  
DOMOS DE SAL

Feely e Kulp (1957), baseados na origem dos depósitos de enxofre na rocha-capa dos domos e nos processos relacionados, estabeleceram critérios que permitem avaliar a probabilidade de um domo ainda não explorado, conter enxofre em quantidades comerciais na sua rocha-capa. Esses critérios, alguns dos quais de fundamental importância, são mostrados a seguir:

- Tendo em vista que a rocha-capa se forma quando o sal é lixiviado, são aqueles domos que penetram camadas permo-porosas são, potencialmente, portadores de enxofre.
- Somente domos com espessa rocha-capa de anidrita e calcita devem ser pesquisados.
- Desde que grandes quantidades de petróleo devem ser usadas durante a formação do gás sulfídrico e calcário da rocha-capa, os domos que mostrem espessas camadas geradoras de petróleo em seus flancos, merecem mais esforço exploratório de sua rocha-capa.
- Tendo em vista que o enxofre só se formará no domo, quando o gás sulfídrico produzido na rocha-capa não pode escapar, há necessidade portanto, de um bom trapeamento para o aprisionamento do mesmo. Por isto, domos mostrando extensivo fraturamento sobre a sua cobertura estariam sujeitos a perda do  $H_2S$ .
- Por razões similares, domos cujas rochas-capa alcançaram a profundidade de 30m (aproximadamente),

não despertam interesse para enxofre.

- Dominação pronunciada dos sedimentos é necessária para permitir uma migração rápida de água através da rocha-capas.
- Um domo cuja rocha-capas alcançou a superfície num determinado tempo geológico passado, sofrendo erosão e destruição dos possíveis depósitos de enxofre, pode ser ainda pesquisado. Novos depósitos poderiam se formar após seu soterramento pela sedimentação posterior.

## 5.1 - Potencialidade dos Domos da área

### 5.1.1 - Generalidades

~~Os dados disponíveis sobre a área não permitem traçar com segurança um quadro da potencialidade dos domos em estudo, visando a pesquisa de enxofre.~~ Isso em virtude de se dispor apenas de seções sísmicas de reflexão e de um relativo pequeno número de poços, na quase totalidade perfurados objetivando jazidas de petróleo e não de enxofre. Entretanto, a utilização racional desses dados possibilitam descartar os domos desinteressantes e selecionar os mais promissores, que poderão, caso convenha, serem testados posteriormente.

Também em vista da falta de dados, não se pode seguir exatamente os pré-requisitos estabelecidos por Feely e Kulp (item 5), para se fazer uma triagem perfeita dos domos da área.

### 5.1.2 - Critérios utilizados para sua definição

O critério aqui adotado na tentativa de definir a

potencialidade de enxofre desses domos, baseou-se, fundamentalmente, nos seguintes aspectos:

- ~~Na presença ou ausência de rocha capa nos domos~~
  - A tentativa de identificá-la como visto no ítem 4, baseou-se nas evidências das seções sísmicas. Fortes reflexões no topo do sal foram atribuídas à presença de anidrita ou calcário da rocha-capas. Os domos com essas evidências bem distintas, foram considerados como os mais promissores para a pesquisa de enxofre.
- ~~Na litoestratigrafia penetrada pelos domos ou em suas proximidades~~ - As características litoestratigráficas da área foram baseadas em dados de poços, perfis (Anexo 2) e trabalhos existentes. Os domos que estão penetrando rochas permoporosas, são os de maior potencialidade para enxofre.
- ~~Nas possibilidades de geração de petróleo na área~~ - Esse aspecto, embora considerado não foi tomado como prioritário, em virtude de não estar ainda definitivamente esclarecido. Segundo Baccocoli (1972) as condições geradoras na área estão comprovadas apenas para as rochas pré-Aptianas. Merece destaque a produção de gás e condensado em teste de formação no poço 1-ESS-2, em rochas do Eoceno Médio e Inferior.
- Foram ainda levadas em conta as condições de traçamento, domação dos sedimentos sobrejacentes ao domo e a profundidade do mesmo.

Como resultado de aplicação desse critério seletivo, os domos foram englobados em categorias, variando de I a IV, na ordem decrescente de sua potencialidade para enxofre, como segue:

Categoria I - Domos com boas evidências de rocha-capas nas seções sísmicas, além de estarem situados em áreas de boas condições permo-porosas.

Categoria II - Domos com razoáveis evidências de rocha-capas e ainda penetrando rochas permo-porosas.

Categoria III - Domos nos quais a possível rocha-capas mostra-se indefinida.

Categoria IV - Domos sem qualquer evidência de rocha-capas.

Trataremos a seguir da potencialidade de cada área e, especificamente, dos domos mais promissores.

#### 5.1.3 - ~~Domos da Foz do Rio Doce~~

Os dados disponíveis sugerem que os domos situados nesta área, são os de maior potencialidade para pesquisa de enxofre. A maioria desses domos mostra nas seções sísmicas (Anexo 3), fortes reflexões no topo do sal, atribuídas, possivelmente, à presença de rocha-capas. Além disso o fato de penetrarem rochas permo-porosas - condição indispensável para formação de anidrita da rocha-capas - corrobora as evidências das seções sísmicas.

São conhecidos nessa área 7 domos de sal, dos quais 5 perfurantes rasos e 2 do tipo intermediário. Desse domos, 5 foram mapeados pela Petrobrás ao nível 2,0 a 2,5 segundos (M. Saito, L.A.N. Reis) e receberam os nomes de Ynaê, Janaína, Yemanjá, Ogundum e Mucunã. Os outros dois foram aqui denominados, informalmente, Norte e Sul do Rio Doce.

~~Os domos Yemanjá e Janaína, considerados os mais~~

~~promissores~~ (Anexo 3, seções correspondentes), foram definidos na Categoria I.

O domo Mucunã, considerado como de prioridade secundária está englobado na Categoria I a II. Os demais não despertam interesse imediato (vide quadro-1).

#### 5.1.3.1 - ~~O Domo Yemanjá~~ (características)

Apresenta-se de forma elíptica vista em mapa (Anexo 1), e em sino alongado em seção (Anexo 3). Os flancos mostram-se altamente inclinados, alargando-se ligeiramente com a profundidade. O topo do sal encontra-se a aproximadamente 270 m.

A possível rocha-capá, interpretada a partir das fortes reflexões no topo do sal, estende-se ligeiramente pelos flancos do domo. Os sedimentos flanqueantes mostram-se altamente inclinados. É um dos menores domos da área, com diâmetro variando de 1,2 a 1,5 Km, no topo da estrutura.

#### 5.1.3.2 - ~~O Domo Janaína~~ (características)

Apresenta forma irregularmente circular a ligeiramente cordiforma, quando visto em planta (Anexo 1); em seção aparece em forma de pirâmide truncada (Anexo 3). Os flancos mostram-se também bastante inclinados, alargando-se com a profundidade. O topo do sal encontra-se a aproximadamente 300m. A rocha-capá está aparentemente bem identificável nas seções sísmicas. O diâmetro do domo varia de 2,1 a 2,4 Km. no topo do sal.

#### 5.1.4 - Domos de Barra Nova

Os sete domos dessa área (Anexo 4), foram aqui

POTENCIALIDADE PARA EXPLORAÇÃO DE ENXOFRE

DOMOS DA FOZ DO RIO DOCE

D O M O	YEMANJÁ	JANAÍNA	YARA	I N A E	MUCUNÁ	NORTE DO RIO DOCE	SUL DO RIO DOCE
Evidência de Rocha-Capa	Boa	Boa	Indefinida	Razoável a Indefinida	Razoável a Boa	Inexistente	Indefinida
Topo do Sal	± 270 m	± 300 m	± 750 m	± 360 m	± 800 m	Praticamente Aflorante	Indefinida Seção Processada Abaixo do topo do Sal.
Litologia na Área do Domo	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
Condições de geração de Óleo	Boas para o Cretáceo Inferior e Indefinidas para o Rio Doce (Baccocoli, 1973)						
Condições de Trapeamento	Boas	Indefinidas	Boas	Regulares	Boas	Inexistentes	Indefinidas
Domação dos Sedimentos	Boa	Regular	Boa	Regular	Boa	Inexistente	Indefinida
Indício de HC na Área	Presença de Gás e Condensado NO 1-ESS-2						
Categoria	I	I	III	II	I a II	IV	III a IV

denominados, informalmente, de Barra Nova 1 a 7. Esse último, já perfurado no topo pela CPRM, não apresentou qualquer indício de enxofre.

As evidências de rocha-capá nesses domos são praticamente inexistentes a indefinidas. Foram englobados nas Categorias III e IV (quadro nº 2) e, aparentemente, são desprovidos de interesse para a pesquisa de enxofre.

#### 5.1.5 - Domos de Abrolhos Norte

Os três domos que ocorrem nessa área, foram denominados informalmente, de Abrolhos Norte 1 a 3 (Anexo 5). São todos do tipo perfurante raso; com topo do sal a menos de 300 m. Caracterizam-se por não apresentar qualquer evidência de rocha-capá nas seções sísmicas. Estão penetrando calcários terciários da Formação Caravelas, possivelmente de baixas condições permo-porosas, que não teriam permitido a circulação de águas no topo do domo para formação da mesma. Este fato justificaria a ausência de evidências da rocha-capá nas seções sísmicas.

Esses domos foram englobados na Categoria IV (quadro nº 3), ou seja, sem interesse para a pesquisa de enxofre.

#### 5.1.6 - Domos de Mucuri

São conhecidos nessa área 4 domos de sal, dos quais 3 são apresentados no Anexo 6. São na maioria perfurantes rasos, quase aflorantes. Alguns apresentam em seção, formas bastante complexas, perfurando ou envolvendo camadas de basalto. As características litoestratigráficas da área são pouco conhecidas. Baseado na seção atravessada pelo I-BAS-1 (Anexo 2), estas feições estariam perfurando areias e calcá

POTENCIALIDADE PARA EXPLORAÇÃO DE ENXOFRE

DOMOS DA ÁREA DE BARRA NOVA

DOMO	BARRA NOVA-1	BARRA NOVA-2	BARRA NOVA-3	BARRA NOVA-4	BARRA NOVA-5	BARRA NOVA-6	CPRM (BARRA NOVA-7)
Evidência de Rocha-Capa	Inexistente	Inexistente	Indefinida	Inexistente a Indefinida	Inexistente	Indefinida	Inexistente
Topo do Sal	Aparenta Aflorar	+ 330 m	+ 480 m	+ 450 m	+ 240 m	+ 900 m	Atingido a - 106 m
Litologia na Área do Domo	Arenitos + Calcários	Arenitos + Calcários	Arenitos + Calcários	Arenitos + Calcários	Arenitos + Calcários	Arenitos + Calcários	
Condições de Geração de $\text{O}_2$ Leo	MÁS PARA O CARAVELAS E BOAS PARA O CRETÁCEO INFERIOR (Baccocoli, 1973)						
Condições de Trapeamento	Inexistentes	Regulares	Indefinidas	Indefinidas	Inexistentes a Indefinidas	Boas	Inexistentes
Domação dos Sedimentos	Inexistente	Regular	Inexistente	Regular	Inexistente	Pobre	Inexistente
Indícios de HC na Área	P O B R E S						
Categoria	IV	IV	III	III a IV	IV	III	IV

POTENCIALIDADE PARA EXPLORAÇÃO DE ENXOFRE

DOMOS DA ÁREA DE ABROLHOS NORTE

	ABR. NORTE-1	ABR. NORTE-2	ABR. NORTE-3				
D O M O							
Evidência de Rocha-Capa	Inexistente	Pobre a Inexistente	Inexistente				
Topo do Sal	± 300 m	± 300 m	± 300 m				
Litologia na Área do Domo	Calcário	Calcário	Calcário				
Condições de Geração de Óleo	Indefinidas	Indefinidas p/o Rio Doce (Baccocoli, 1973)					
Condições de Trapeamento	Indefinidas	Indefinidas	Indefinidas				
Dominação dos Sedimentos	Regular	Aparente Pobre	Reg. a Boa				
Indícios de HC na Área	Nenhum	Significante					
Categoria	IV	IV	IV				

rios, possivelmente de baixa permo-porosidade. As evidências de rocha-capas são praticamente inexistentes, como no Mucuri - 2 e 4 e indefinida no Mucuri - 1, (Anexo 6). Foram englobados nos tipos III e IV, isto é, aparentemente sem interesse, (quadro nº 4).

POTENCIALIDADE PARA EXPLORAÇÃO DE ENXOFRE

DOMOS DA ÁREA DE MUCURI

D O M O	MUCURI-1	MUCURI-2	MUCURI-3				
Evidência de Rocha-Capa	Indefinida	Inexistente	Inexistente				
Topo do Sal	+ - 800 mm	Quase Aflo- rante	Quase Aflo- rante				
Litologia na Área do Domo	Areia e Calcário	Areia e Calcário	Areia e Calcário				
Condições de Geração de Óleo	POBRES PARA A CRETÁCEO INFERIOR (BACCOCOLI, 1972)						
Condições de Trapeamento	Aparentemen- te Boas	Inexistentes	Inexistentes				
Domação dos Sedimentos	Boa	Inexistente	Inexistente				
Indícios de HC na Área	NENHUN SIGNIFICANTE						
Categoria	III	IV	IV				

6. - CONCLUSÕES

A sobrecarga sedimentar foi a força motora que causou o início da movimentação salina para formar os domos de sal da área. Os esforços de compressão horizontal resultantes das atividades magmáticas atuantes na bacia durante o Cretáceo Superior ao Eoceno Médio, teriam apenas acelerado o processo ascensional da massa salífera.

A taxa de crescimento dos domos da área verificou-se de forma errática, algumas vezes movendo-se rapidamente e em outras permanecendo quase quiescentes. Tal fato pode ser observado no domo CPRM (Barra Nova-7), que apresentou um extenso estágio de movimentação durante o Oligoceno, sofrendo inclusive erosão. Já no Mioceno Inferior, entretanto, essa taxa foi mínima, para voltar a crescer posteriormente.

A ascensão da massa de sal foi distinta para cada domo. Assim é que, enquanto o domo referido anteriormente, apresentava alta taxa de crescimento no Oligoceno, o domo Yemanjá atravessava, no mesmo período, um estágio de baixa taxa de movimentação.

O teor de anidrita disseminada no núcleo de sal dos domos da área pesquisada, calculado entre 1,56 e 3,5% (resultado do poço 9-CPRM-1-ESS) é bastante semelhante ao encontrado nos domos da costa do Golfo, onde esse teor é inferior a 3%. Tendo em vista a origem da anidrita e desde que a mesma não tenha sofrido erosão, não há porque duvidar da sua existência, nos domos que estão penetrando rochas permeáveis.

Os dados disponíveis não permitem definir com segurança o potencial de enxofre dos domos da área, mas possibilitam descartar as estruturas desinteressantes, selecionando as mais promissoras. Dentro do critério adotado, os do-

mos situados na Foz do Rio Doce, particularmente, os domos Yemanjá e Janaína, são aparentemente, os mais promissores para a pesquisa de enxofre em toda a área estudada. Isso, por apresentarem nas seções sísmicas boas evidências de existência de rocha-capa e por estarem penetrando rochas permo-porosas da Formação Rio Doce, que lhes proporcionam ótimas condições para formação da mesma. Além disso, o fato de já ter havido recuperação de hidrocarbonetos em poços da área, valoriza grandemente, a prospectividade dos mesmos.

Os três domos situados na área de Abrolhos Norte, não despertam interesse para pesquisa de enxofre. Esses domos são aparentemente desprovidos de rocha-capa, não mostrando evidências da mesma nas seções sísmicas. Esse fato é corroborado por estarem penetrando calcários da Formação Caravelas, provavelmente, de baixas condições permo-porosas, que impediram a formação de rocha-capa nos domos da área.

Os domos de Barra Nova a semelhança dos de Mucuri, foram englobados nas categorias III e IV, também aparentemente, sem interesse para enxofre.

7. - RECOMENDAÇÕES

Em que pese a interpretação dos dados disponíveis não ter levado a resultados definitivos, com relação à presença de enxofre nos domos da área, o autor considerando que:

- Não são conhecidas grandes jazidas de enxofre no país e que o mesmo despende grandes somas com a importação desse metalóide;
- A aplicação de métodos geofísicos adicionais na área seria de elevado custo e daria ainda informações indiretas:

Acha por bem recomendar a perfuração dos domos de sal, potencialmente mais promissores selecionados nesse trabalho, com a finalidade de testar a possível rocha-capas dos mesmos e objetivando depósitos comerciais de enxofre.

Um programa completo de amostragem, testemunhagem, perfilagem, etc. seria elaborado, visando obter o máximo de informações necessárias para uma definição precisa da existência ou não, de tais depósitos na área.

8 - BIBLIOGRAFIA

ASMUS, H.E.; GOMES, J.B.; PEREIRA, A.C.B. (1971) - "INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA REGIONAL DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO" . ANAIS DO XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA (vol 3) - SÃO PAULO.

AMERY, G.C. (1969) - "STRUCTURE OF SIGSBEE SCARP, GULF OF MEXICO" - Bol A.A.P.G., vol 58, nº 12.

BACCOCOLI, G.; ALMEIDA, A.C.F.; BANDEIRA, JR.A.N. (1972) - "RECURSOS MINERAIS DO MAR" - DEPRO/CENPES, Rel Int - PETROBRÁS.

BACCOCOLI, G.; (1972) "EXPLORAÇÃO NO MAR - BACIA DO ESPÍRITO SANTO" - RELATÓRIO DE PROGRESSO - DEXPRO/DIVEX, Rel Int nº 4122 - PETROBRÁS.

BACCAR, M.A. (1971) - "PROBLEMAS DE INTERPRETAÇÃO SÍSMICA NO BRASIL" - ANAIX DO XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, SÃO PAULO.

BARTON, D.C. (1925) - "THE SALT DOMES OF SOUTH TEXAS" - Bol AAPG, nº 9, p. 561-565.

BORNHAUSER, M. (1958) - "TECTÔNICA DA COSTA DO GOLFO" - Bol A.A.P.G., vol 42, nº 2 (tradução - PETROBRÁS).

BRISOLA, N. (1971) - "RELATÓRIO DO POÇO 9-CPRM-1-ESS" - DEXPRO/DIVEX - PETROBRÁS.

DIVEM (1972) - "ENXOFRE" - DIVISÃO DE ECONOMIA MINERAL E ESTATÍSTICA - DO/DEGEØ - CPRM.

DOBRIN, M.B. (1961) - "DELIMITACION DE DOMOS SALINOS POR REFRACCIÓN - INTRODUCCION A LA PROSPECCION GEOFISICA" - TRADUCCION DE LA SEGUNDA EDICION - 483 p.

EBY, J.B. (1935) - "RELATION OF GEOPHISICS TO SALT DOME STRUCTURES" - Bo1 AAPG, vol 19, nº 3.

FEELY, G.B.; KULP, J.L. (1957) - "ORIGIN OF GULF COAST SALT DOME SULPHUR DEPOSITS" - Bo1 AAPG, vol 41, nº 8.

FONSECA, J.C. (1971) - "PROJETO DOMOS SALINOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO ESPÍRITO SANTO - Relatório Final - CPRM.

FONSECA, J.I. (1967) - "CONSIDERAÇÕES SOBRE SEDIMENTAÇÃO DELTÁICA" - Bo1 Tec PETROBRÁS. vol 10, nº 2.

GHIGNONE, J.I. (1967) - "A ANOMALIA DE CINZENTO UM CASO DE DIAPIRISMO" - ANAIS DO XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA-CURITIBA.

GOLDMAN, M.I. (1925) - "PETROGRAPHY OF SALT-DOME CAP-ROCK" Bo1 AAPG, vol. 9, p. 42 a 75.

HALBOUTY, M.T.; HARDIN, JR, G.C. (1956) - "GENESIS OF SALT DOMES OF GULF COAST PLAIN" - Bo1, AAPG, vol. 40, nº 4.

HALBOUTY, M.T. (1967) - "SALT DOMES, GULF REGION UNITED STATES AND MEXICO" - GULF PUBLISHING COMPANY, HOUSTON, TEXAS, p. 425.

HENNIGER, W.F. (1925) - "OCCURRENCE OF SULPHUR WATERS IN THE COAST OF TEXAS AND LOUISIANA, AND THEIR SIGNIFICANCE IN LOCATING NEWS DOMES" - Bo1. AAPG, vol. 9, p. 35-37.

HINDS, J.S. CUNNINGHAM, R.R. (1970) - "ELEMENTAL SULFUR IN EDDY COUNTY, NEW MEXICO" - PUBLISHING BY U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE, 13 p.

HORSCHUTZ, P.M.C.; TEIXEIRA, A.A. (1969) - "DIAPIRISMO DE FOLHELHO NA BACIA DO RECÔNCAVO" - Bo1 Tec PETROBRÁS, vol 12, nº 4.

JINNO, K. (1969) - "LEVANTAMENTO SISMICO DA PLATAFORMA CONTINENTAL BAHIA-SUL/ESPÍRITO SANTO" - Bo1 Tec PETROBRÁS, vol 12, nº 3.

KEELY, P.K. (1925) - "THE SULPHUR SALT DOME, LOUISIANA" - Bo1 AAPG, vol 9; p. 479-496.

LEWIS, R.W. (1970) - "SULPHUR - MINERAL FACTS AND PROBLEMS" - U.S. DEPARTMENT OF INTERIOR, BUREAU OF MINES. 1291 p.

LEHNER, p. (1969) - "SALT TECTONICS AND PLEISTOCENE STRATIGRAPHY ON CONTINENTAL SLOPE OF NORTHERN GULF OF MEXICO" - Bo1 AAPG, vol 53, nº 12.

MINOR, H.E. (1925) - "CHEMICAL RELATION OF SALT-DOME WATERS" - Bo1 AAPG, vol 9, p. 38-41.

MC KELVEY, V.E.; WANG F.F.H. (1970) - "WORLD SUBSEA MINERAL RESOURCES" - PUBLISHING BY DEPARTMENT OF THE INTERIOR UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY.

NEIL, JR. R.B.O., (1962) - "STRUCTURE OF WINNFIELD SALT DOME, WINN PARISH, LOUISIANA", Bo1 AAPG, vol. 46, nº 8.

OLIVEIRA, E. (1967) - "LEVANTAMENTOS GRAVIMÉTRICOS MARÍTI-MOS - BAHIA SUL/ESPÍRITO SANTO - Rel Int PETROBRÁS, nº2709.

PARKER, T.J.; MC DOWELL, A.N. (1955) - "MODEL STUDIES OF SALT DOMES OF GULF COASTAL PLAIN" - Bo1 AAPG, vol. 39, p. 2387-3889.

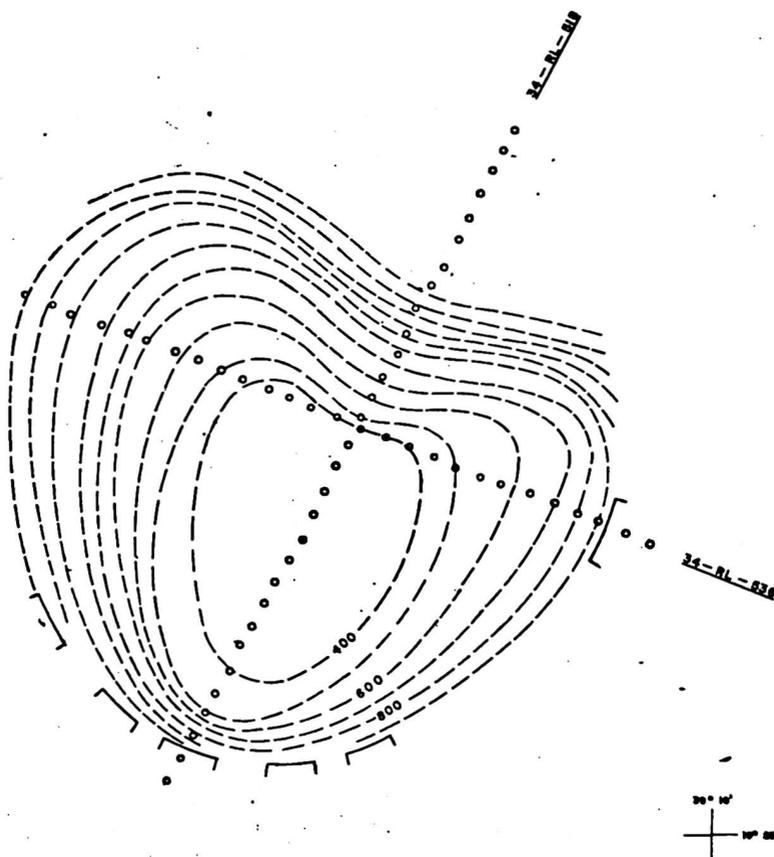
ROEHL, J.M. (1973) - "Domes de SAI e Possibilidades de Energia Fósil na Margem Continental Brasileira Sul/Espírito Santo. CPRM/Projeto Petróleo. Rel. Int.

WENDLANDT, E.A.; KNEBEL, G.M. (1929) - "LOWER CLAIBORNE OF EAST TEXAS" - Bo1 AAPG, vol. 13, p. 1368-1369.

WALLACE JR, W.E. (1944) - "SOUTH LOUISIANA DEEP - SEATED DOMES" - Bo1 AAPG, vol. 28, p. 1250-1255.

→ SANTANA, C.I. (1977) - "SUDOFRE NA PCHTA MARGEM CONTINENTAL - NOTAS E COMENTÁRIOS CPRM. Rel. Int.

X SANTANA, C.I. (1980) - "RECURSOS MINERAIS DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA E BAIAS OCEÂNICAS ADJACENTES" MME/CPRM-GT. SOBRE MINERAIS Metálicos, (Portaria MMC nº 1981 de 17.09.79), Vol 1 p. 56-99



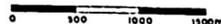
FLANCO DO DOMO ALTAMENTE INCLINADO

CONTORNO EM MILSEGUNDOS (ida e volta)



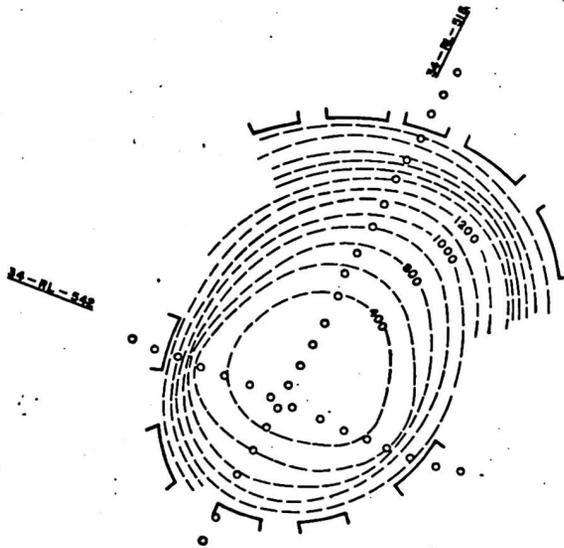
Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais

ÁREA - FOZ DO RIO DOCE  
DOMO - JANAÍNA  
MAPA ESTRUTURAL — TOPO DO SAL  
CONTORNO EM MILSEGUNDOS  
IC= 100 msec.



AUTOR	DATA	REL. N.º	FIG. N.º	DESENHISTA

39°15'  
+ 10°30'



FLANCO DO DOMO ALTAMENTE INCLINADO

CONTORNO EM MILISEGUNDOS ( ida e volta )

18°35'  
39°15'

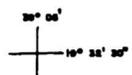
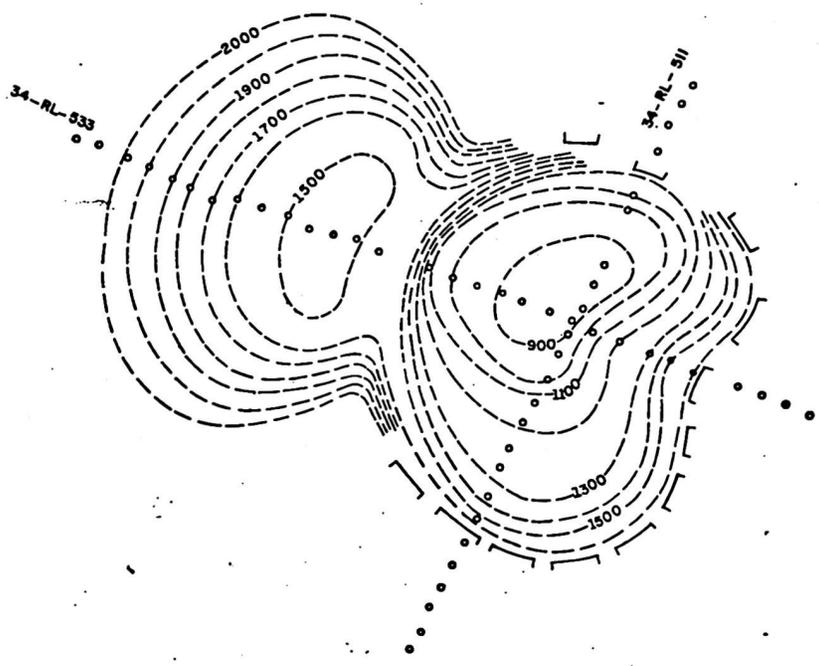


Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ÁREA - FOZ DO RIO DOCE  
 DOMO - YEMANJÁ  
 MAPA ESTRUTURAL - TOPO DO SAL  
 CONTORNO EM MILISEGUNDOS  
 IC=100mseg.



AUTOR	DATA	REL. Nº	FIG. Nº	DESENHISTA
JAIRO M.R.	AGO - 73			



10

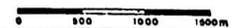
FLANCO DO DOMO ALTAMENTE INCLINADO

CONTORNO EM MILISEGUNDOS (ida e volta).

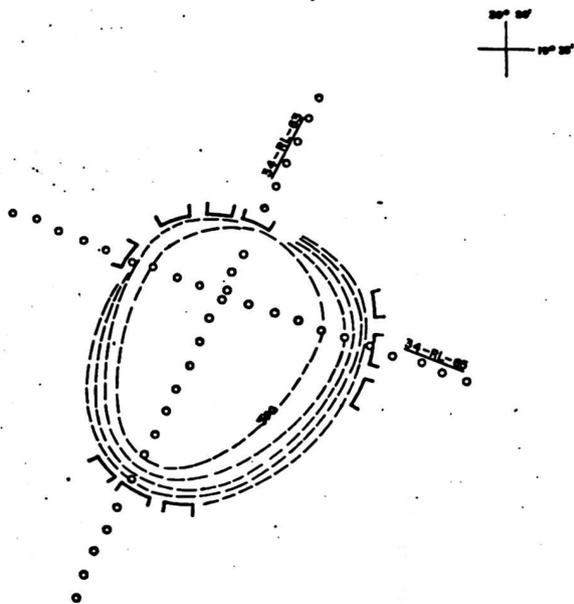


Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ÁREA - FOZ DO RIO DOCE  
DOMO - MUCUNÃ  
MAPA ESTRUTURAL - TOPO DO SAL  
CONTORNO EM MILISEGUNDOS  
IC= 100 mseg.



AUTOR	DATA	REL. Nº	FIG. Nº	DESENHISTA

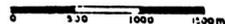


 FLANCO DO DOMO ALTAMENTE INCLINADO  
 CONTORNO EM MILLISEGUNDOS (ida e volta)

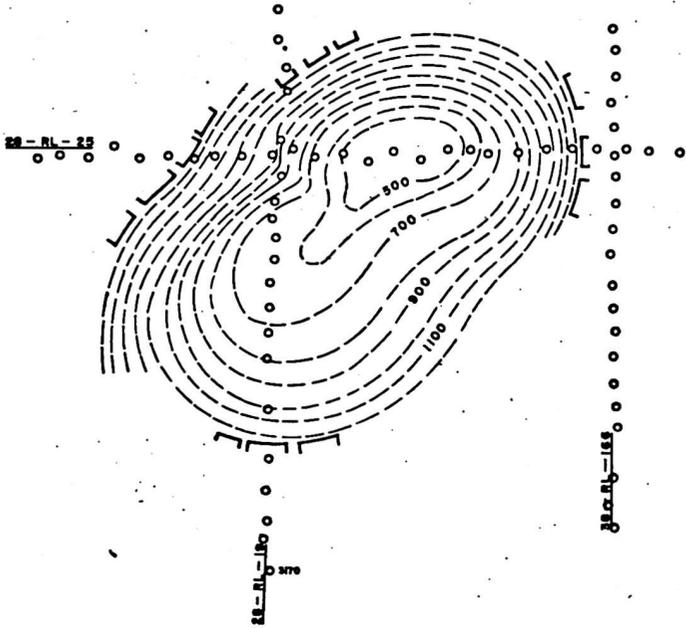


Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ÁREA - FOZ DO RIO DOCE  
 DOMO - SUL DO RIO DOCE  
 MAPA ESTRUTURAL - TOPO DO SAL  
 CONTORNO EM MILLISEGUNDOS  
 IC= 100 mseg.



AUTOR	DATA	REL. N.º	FIG. N.º	DESENHISTA



10

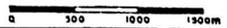
FLANCO DO DOMO ALTAMENTE INCLINADO

CONTORNO EM MILISEGUNDOS (ida e volta)

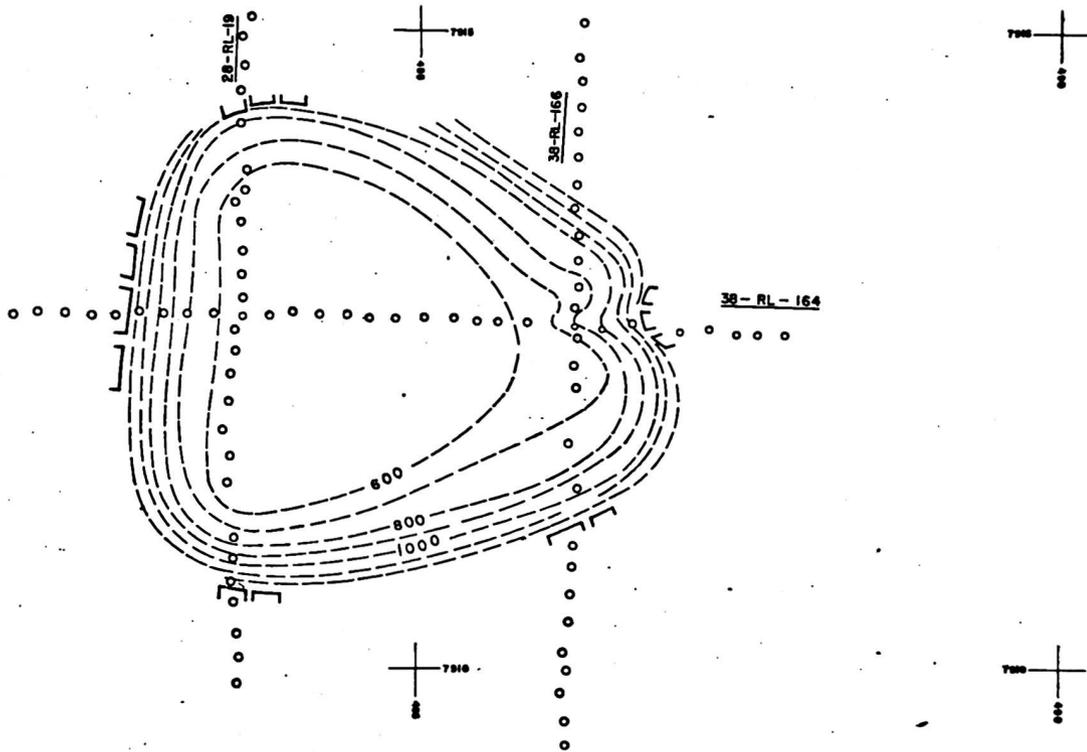


Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ÁREA - BARRA NOVA  
 DOMO - BARRA NOVA - 2  
 MAPA ESTRUTURAL - TOPO DO SAL  
 CONTORNO EM MILISEGUNDOS  
 IC=100mseg.



AUTOR	DATA	REL. Nº	FIG. Nº	DESENHISTA
JAIRO M R.	AGO - 73			Benites

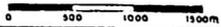


 FLANCO DO DOMO ALTAMENTE INCLINADO  
 CONTORNO EM MILLISEGUNDOS ( ida e volta )

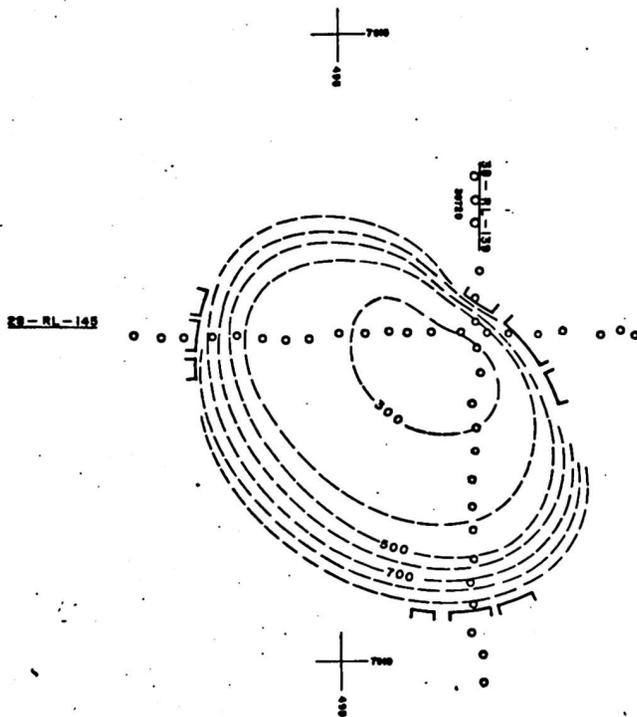


Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ÁREA - BARRA NOVA  
 DOMO - BARRA NOVA - 4  
 MAPA ESTRUTURAL - TOPO DO SAL  
 CONTORNO EM MILLISEGUNDOS  
 IC=100 msec.



AUTOR	DATA	REL. Nº	FIG. Nº	DESENHISTA
JAIRO M.R.	AGO - 73			



 FLANCO DO DOMO ALTAMENTE INCLINADO  
 CONTORNO EM MILLISEGUNDOS ( ida e volta )

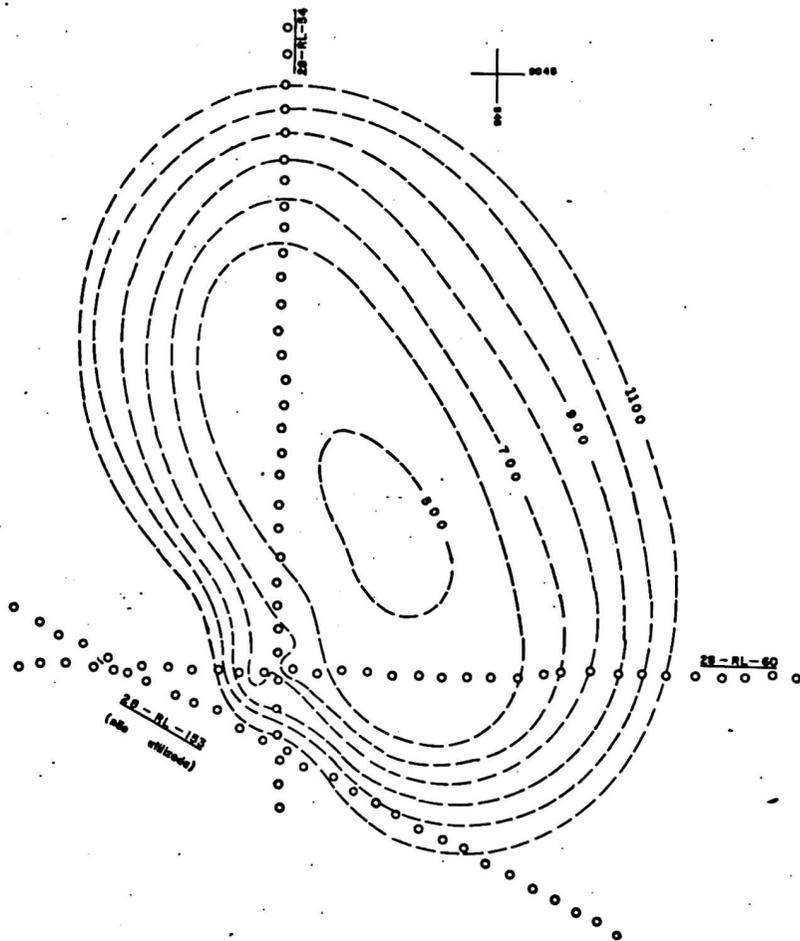


Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ÁREA - BARRA NOVA  
 DOMO - BARRA NOVA - 5  
 MAPA ESTRUTURAL - TOPO DO SAL  
 CONTORNO EM MILLISEGUNDOS  
 IC = 100 mseg.

0 500 1000 1500m

AUTOR	DATA	REL. Nº	FIG. Nº	DESENHISTA



Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ÁREA - ABROLHOS NORTE  
DOMO - ABROLHOS NORTE - 3  
MAPA ESTRUTURAL - TOPO DO SAL  
CONTO RNO EM MILISEGUNDOS  
IC = 100 mseg.



AUTOR	DATA	REL. Nº	FIG Nº	DESENHISTA
JAIRO M R	AGO 73			

ANEXO - 1

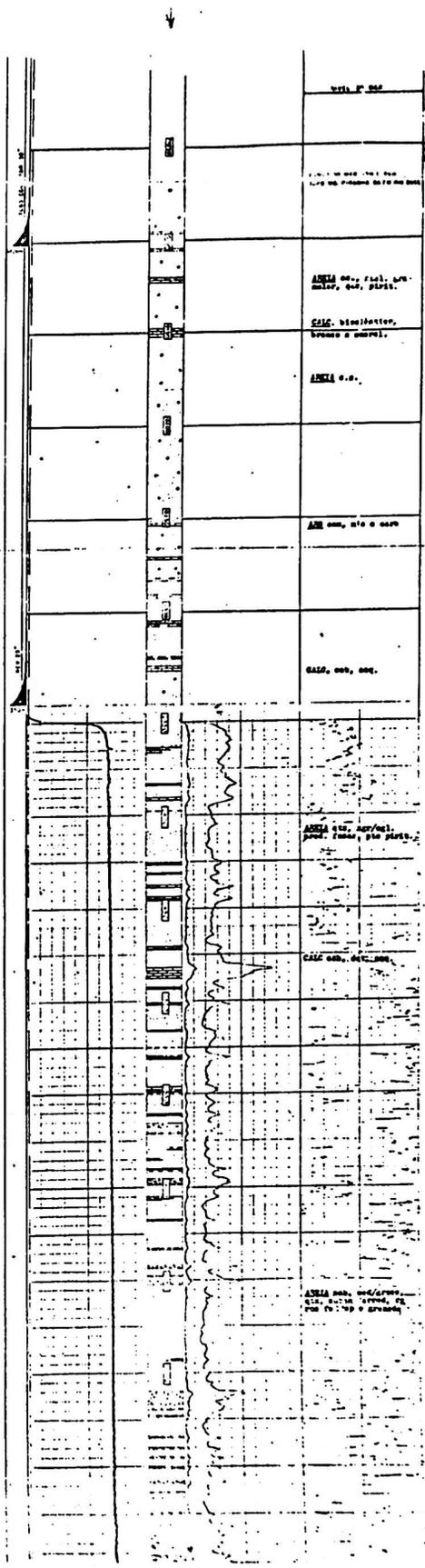
MAPAS ESTRUTURAIS DO TOPO DO SAL

DOMOS: JANAÍNA  
YEMANJÁ  
MUCUNÁ  
SUL DO RIO DOCE  
BARRA NOVA-2  
BARRA NOVA-4  
BARRA NOVA-5  
ABROLHOS NORTE-3

**ANEXO - 2**

**PERFIS COMPOSTOS MOSTRANDO A LITOLOGIA NAS**

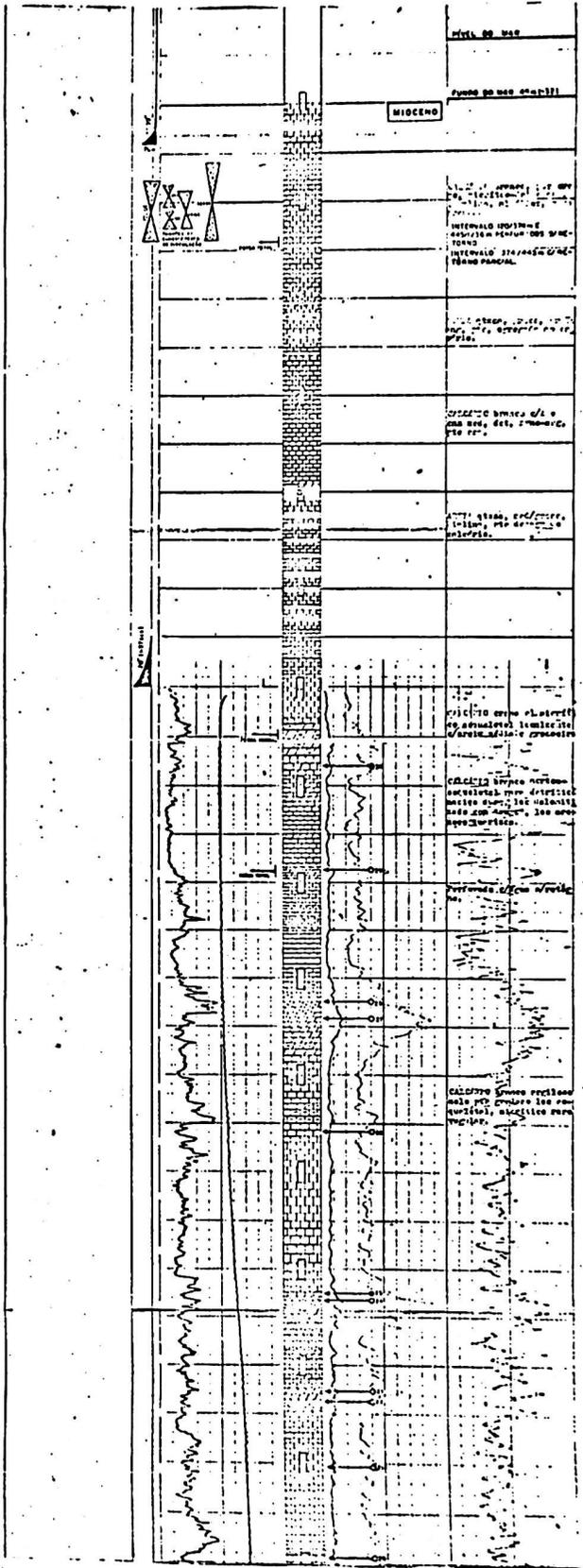
**ÁREAS DOS DOMOS**



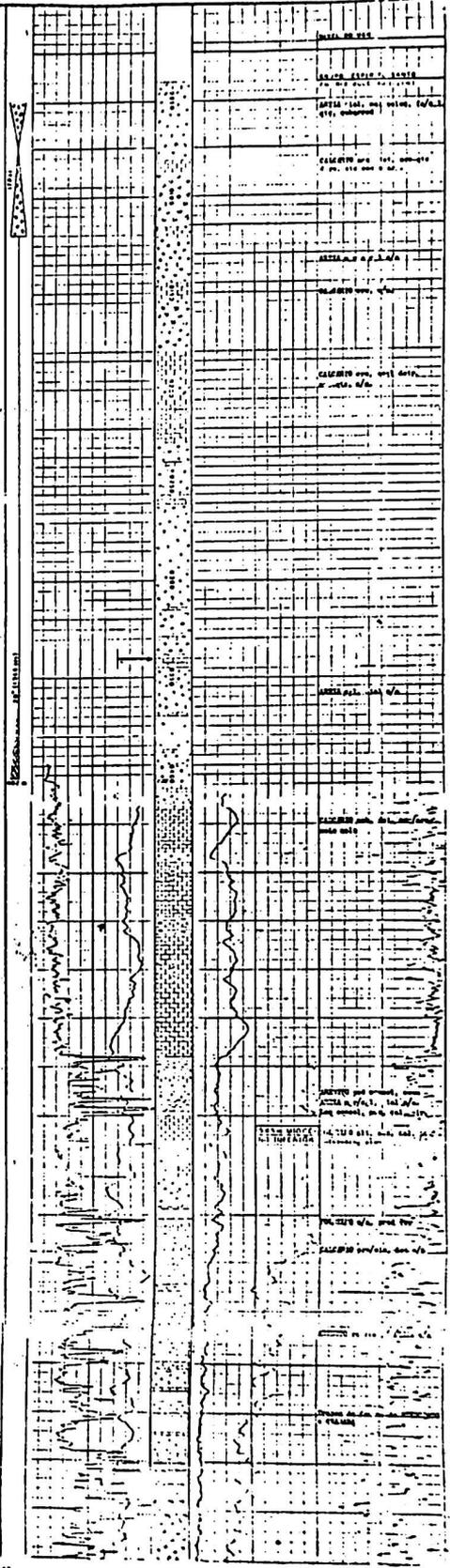
ÁREA-FOZ DO RIO DOCE  
 LITOLOGIA PREDOMINANTE: AREIA

COMPILADO DO PERFIL: CAPOETO DO POÇO  
 1-ESS-5





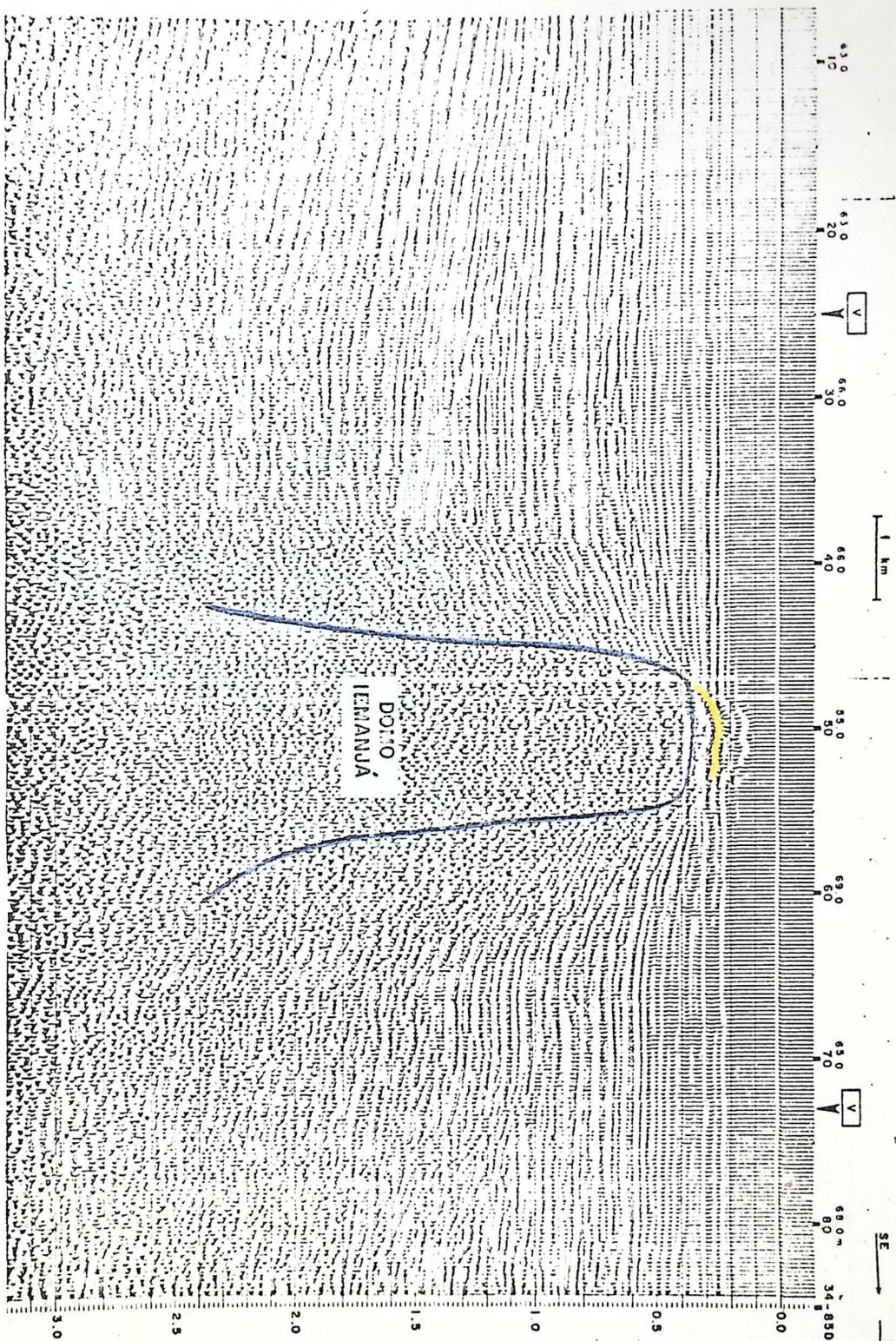
ÁREA-ARROJOS NORTE  
 LITOLOGIA PREDOMINANTE : CALCÁRIO  
 COMPILODO DO PERFIL COMPOSTO DO POÇO  
 1-BAS-2 A



ÁREA - MUCURI  
 LITOLOGIA PREDOMINANTE: AREIA E  
 CALCÁRIO  
 COMPUADO DO PERFIL COMPOSTO DO POÇO  
 1-BAS-1

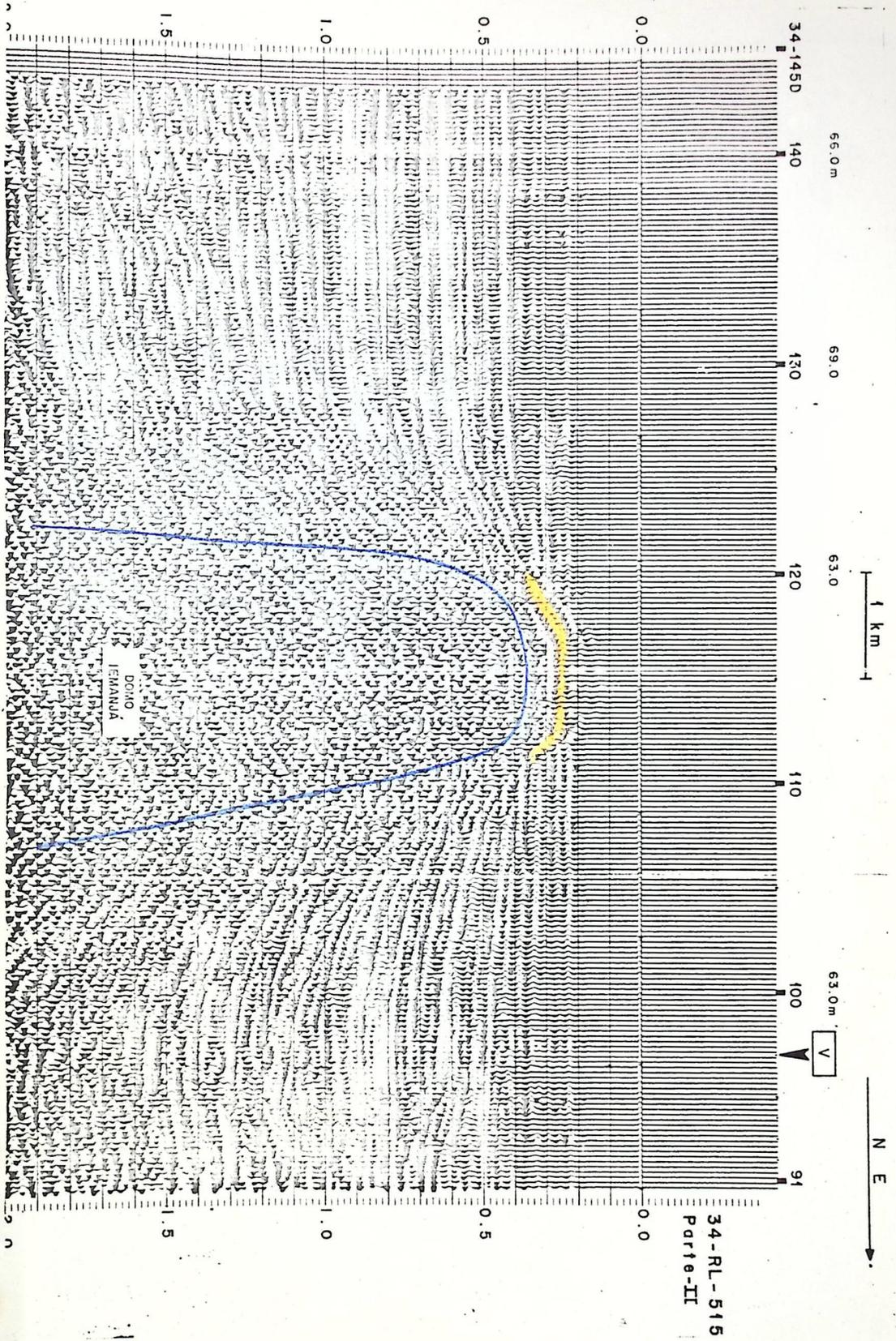
ANEXO - 3

SEÇÕES SÍSMICAS MOSTRANDO OS DOMOS DE SAL DA PROVÍNCIA DA FOZ DO RIO DOCE



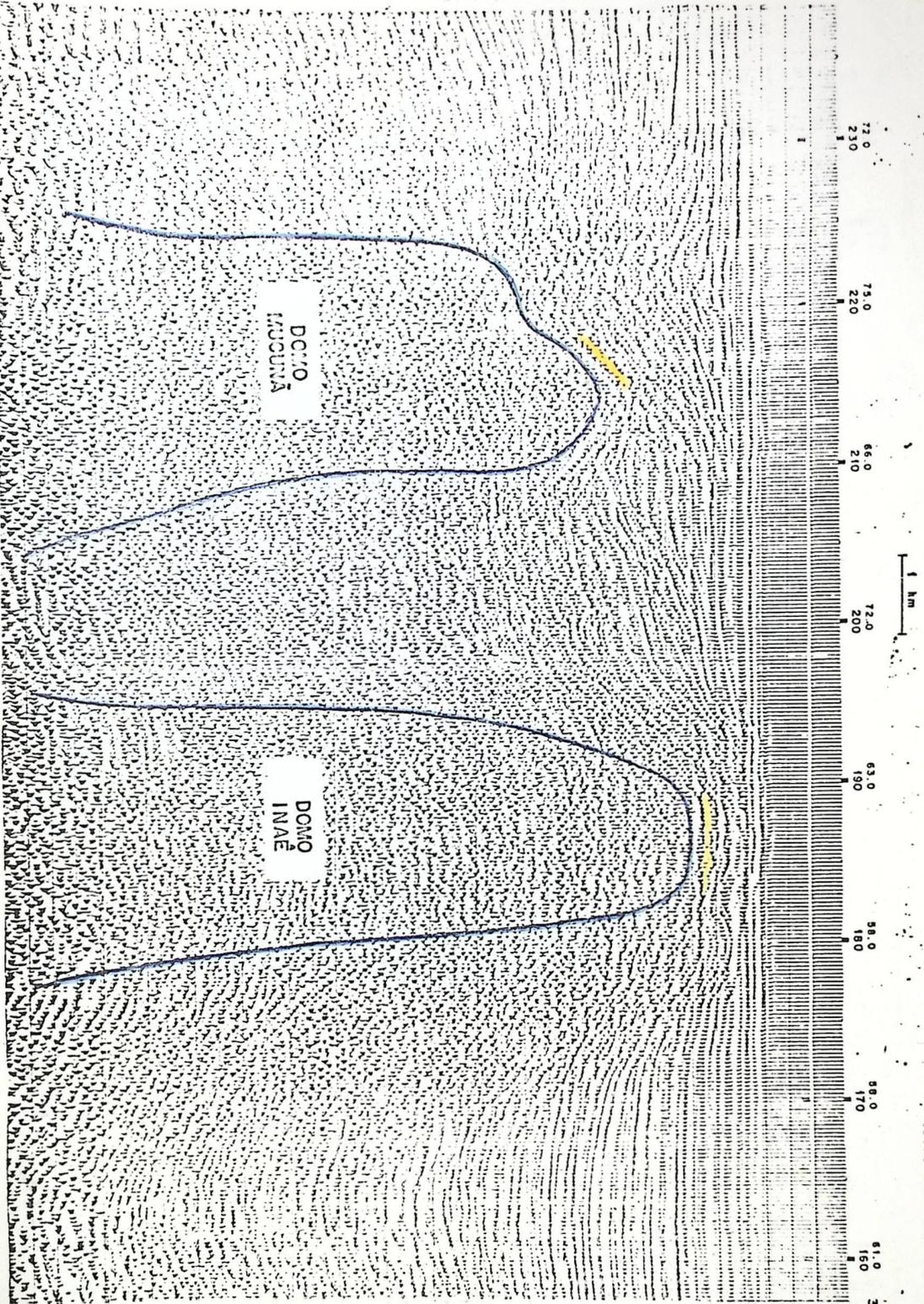
D.C.I.O.  
IEMANUA

SE → 34-11-342

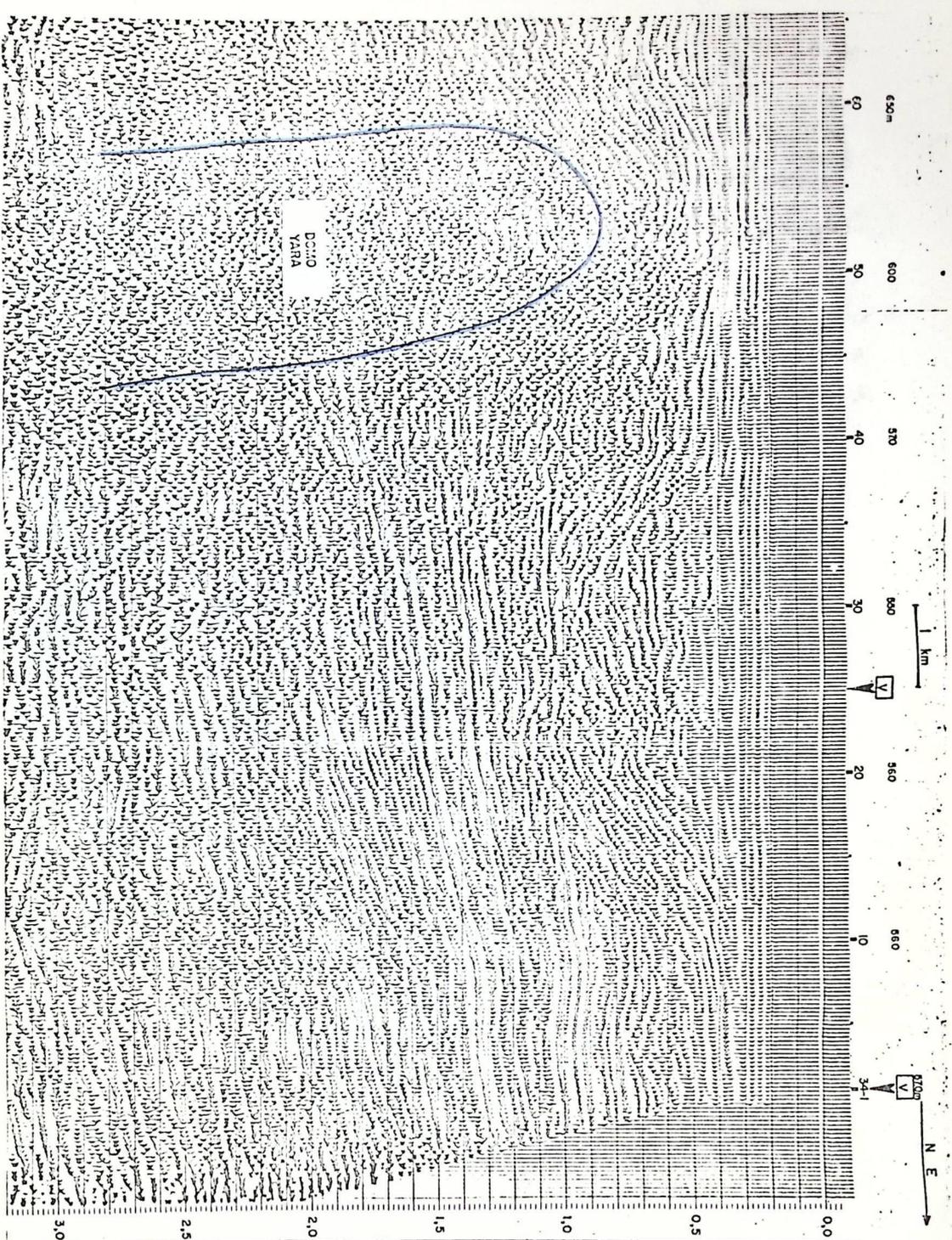












(GEMBI) DEPTO CIVIL  
 1971-1972

**SEÇÃO DE REFLEXÃO SÍSMICA**

34 - 21 - 513  
 PI 1-1939  
 FAZENDA SÃO CARLOS GSI  
 BACIA ESPÍRITO SANTO  
 ANA RIO DOCE UNIV. N.M.  
 QUADRO

**REGISTRO DE CAMPO**

ESTER. 400 N. 1970 2350  
 DATA 05/05/72 - CENÁRIO MISTURADO  
 ESTER. 400 S. 10/05/72  
 REC. ALTO B/FZ - 35 m. 10/05/72  
 ASSINADO A. de CARVALHO  
 INSTR. TIG. - 40 POP/7m  
 INSTR. DATA. T.S. - 10/05/72  
 DATA PI 244 - 013 05/05/72  
 CEN. STRAT. D. 10/05/72  
 INSTR. 100 - 05/05/72  
 DATA 20 - 10/05/72  
 DATA 100 EM LINHA  
 PROCESSAMENTO DIGITAL

SOMA 2 - COLUNA 2450 %  
 C. ART. 513 134 STOMA RETA   
 DECOMPOSIÇÃO RDC  EMPILHAMENTO  
 INSTR. 4 - INSTR. 10/05/72  
 DATA 20 - INSTR. 10/05/72  
 DATA 100 - INSTR. 10/05/72

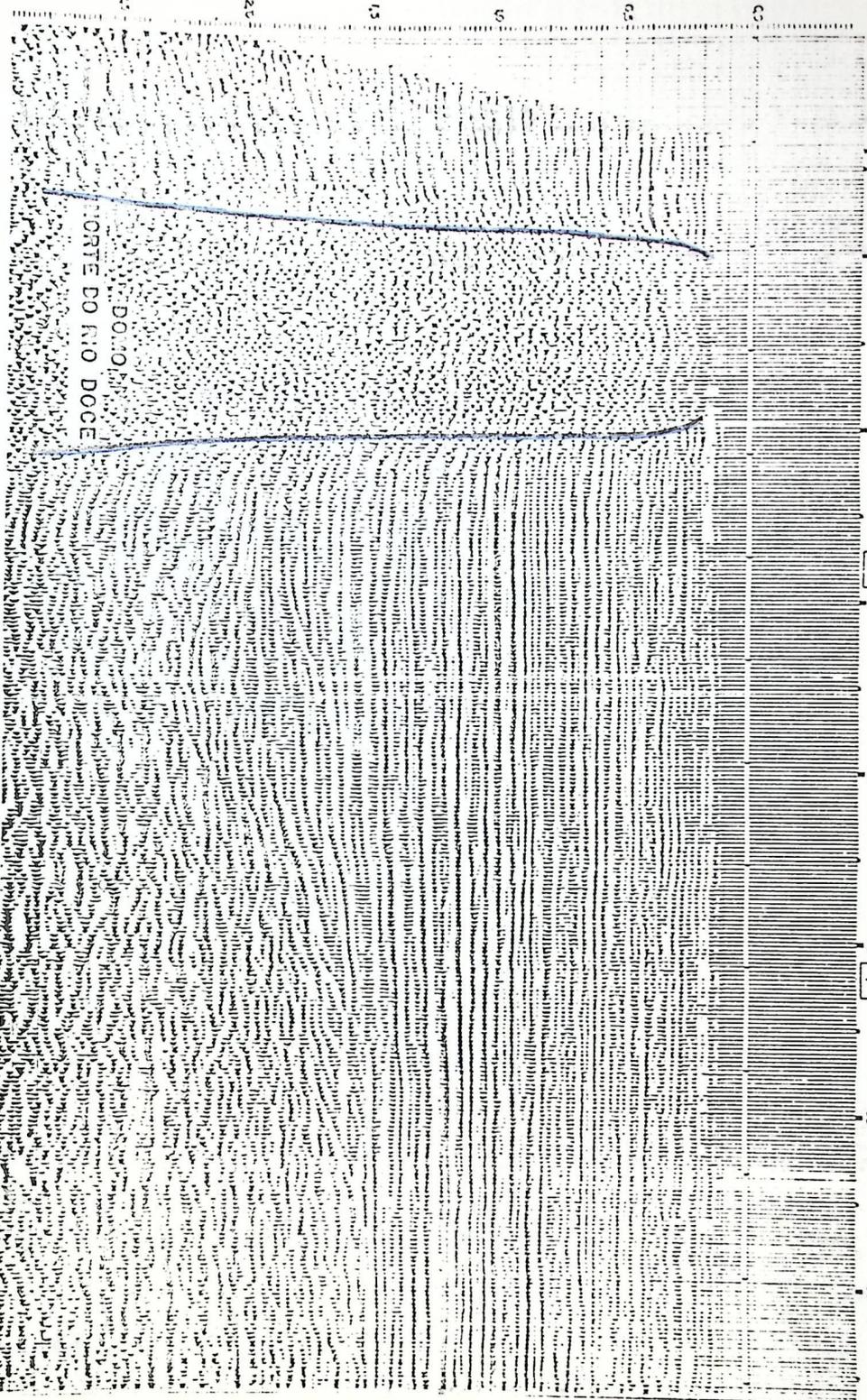
CORRIGIDO EST. AUTOMÁTICA  
 DATA 10/05/72  
 INSTR. 10/05/72

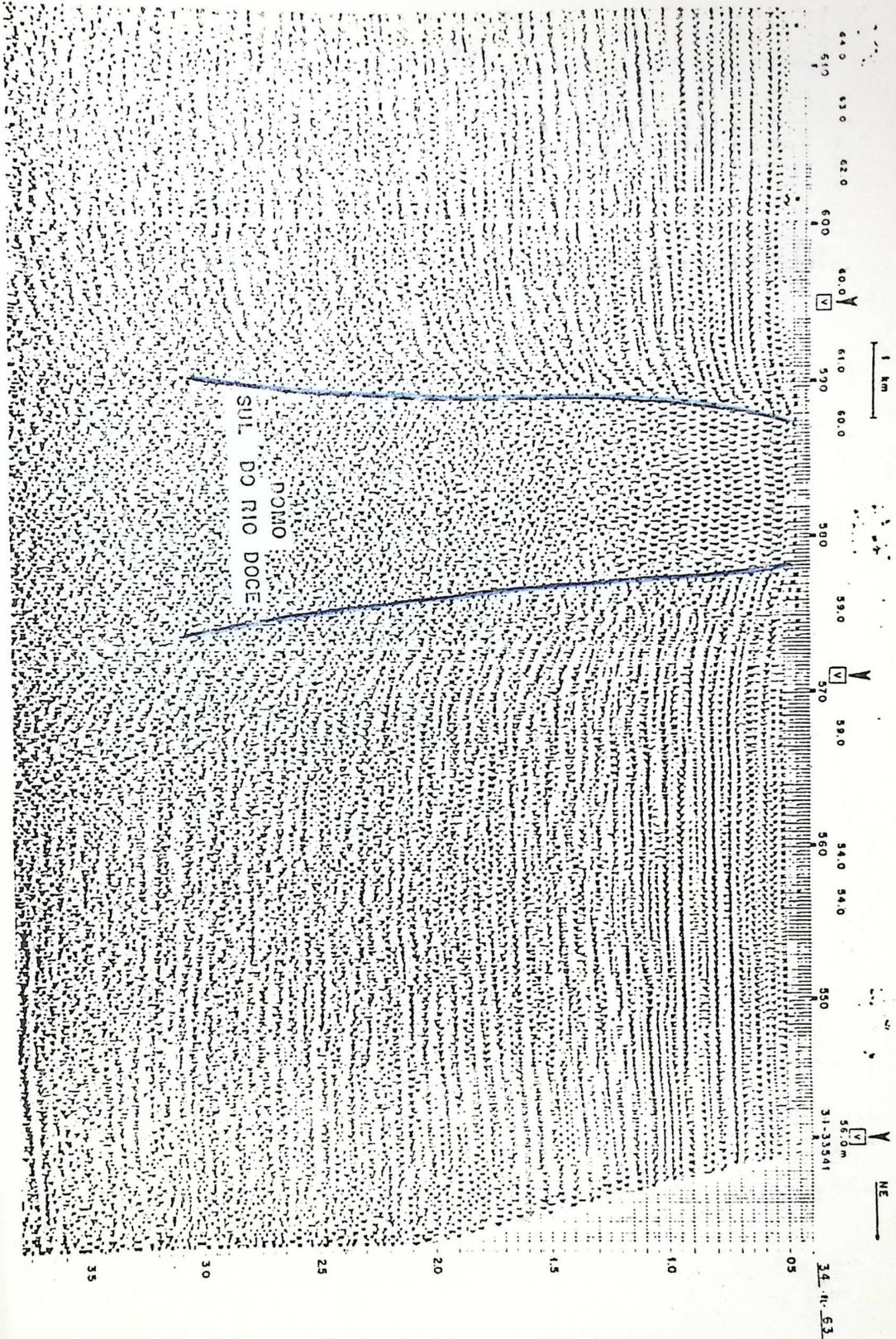
DENS. MAN. VEL. /m  
 2.0  
 2.5  
 3.0

FILTRO VR. TEMPO PT  
 200 Hz 10 - 32 - 64 - 128 - 256  
 300 Hz 8 - 16 - 32 - 64 - 128 - 256  
 400 Hz 4 - 8 - 16 - 32 - 64 - 128 - 256

APRESENTAÇÃO ANALÓGICA  
 INSTR. 10/05/72  
 INSTR. 10/05/72

1 km





34. II. 53  
 0.5  
 1.0  
 1.5  
 2.0  
 2.5  
 3.0  
 3.5

510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640

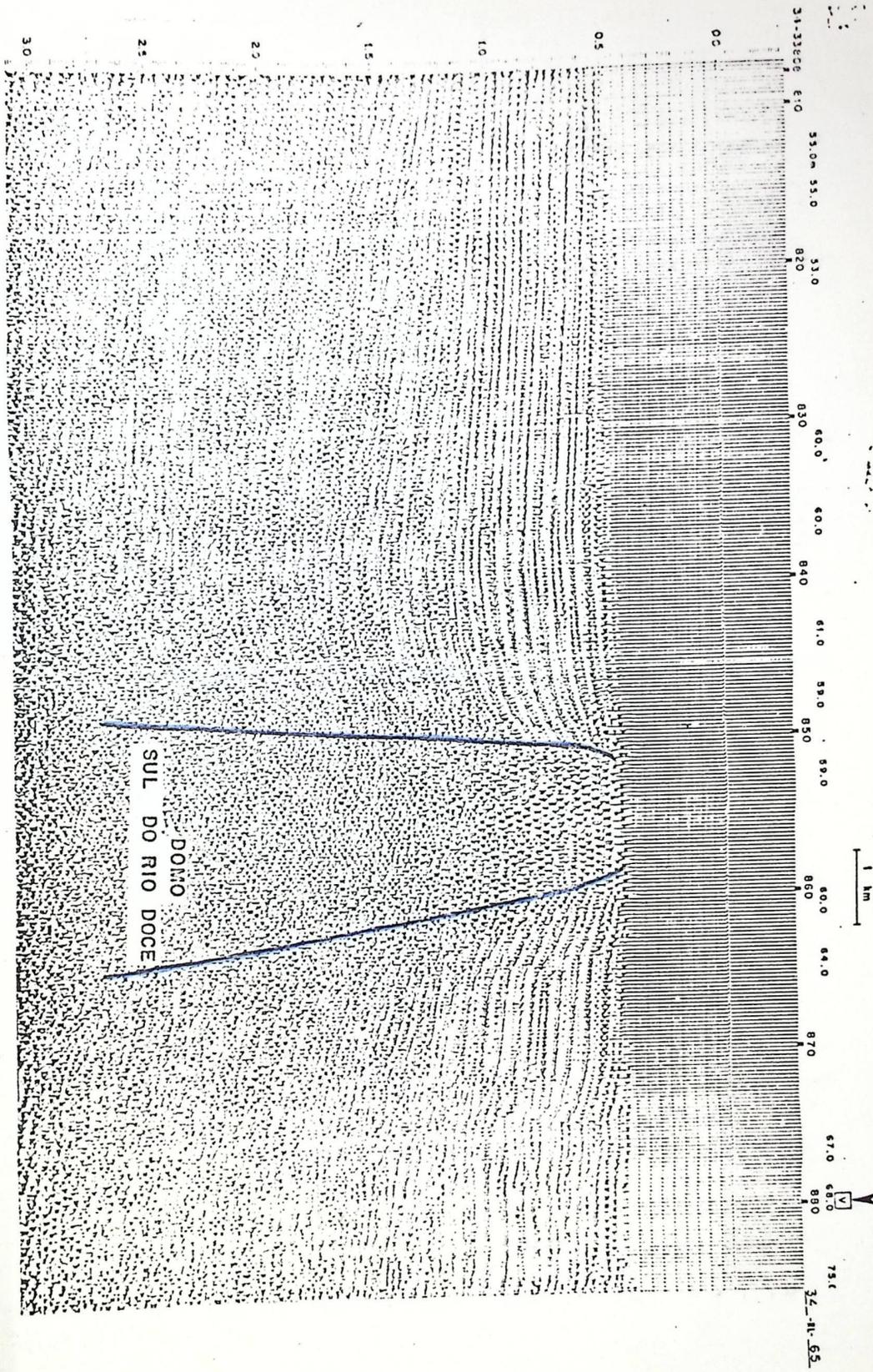
1 km

NE

58.0 m

31-33541

POMO  
 SUL DO RIO DOCE



31-32508 E:0 33.0m 33.0 33.0 820 33.0 830 60.0 60.0 60.0 840 61.0 59.0 850 59.0 860 60.0 84.0 870 87.0 880 79.1 32-11-55

DOMO  
SUL DO RIO DOCE

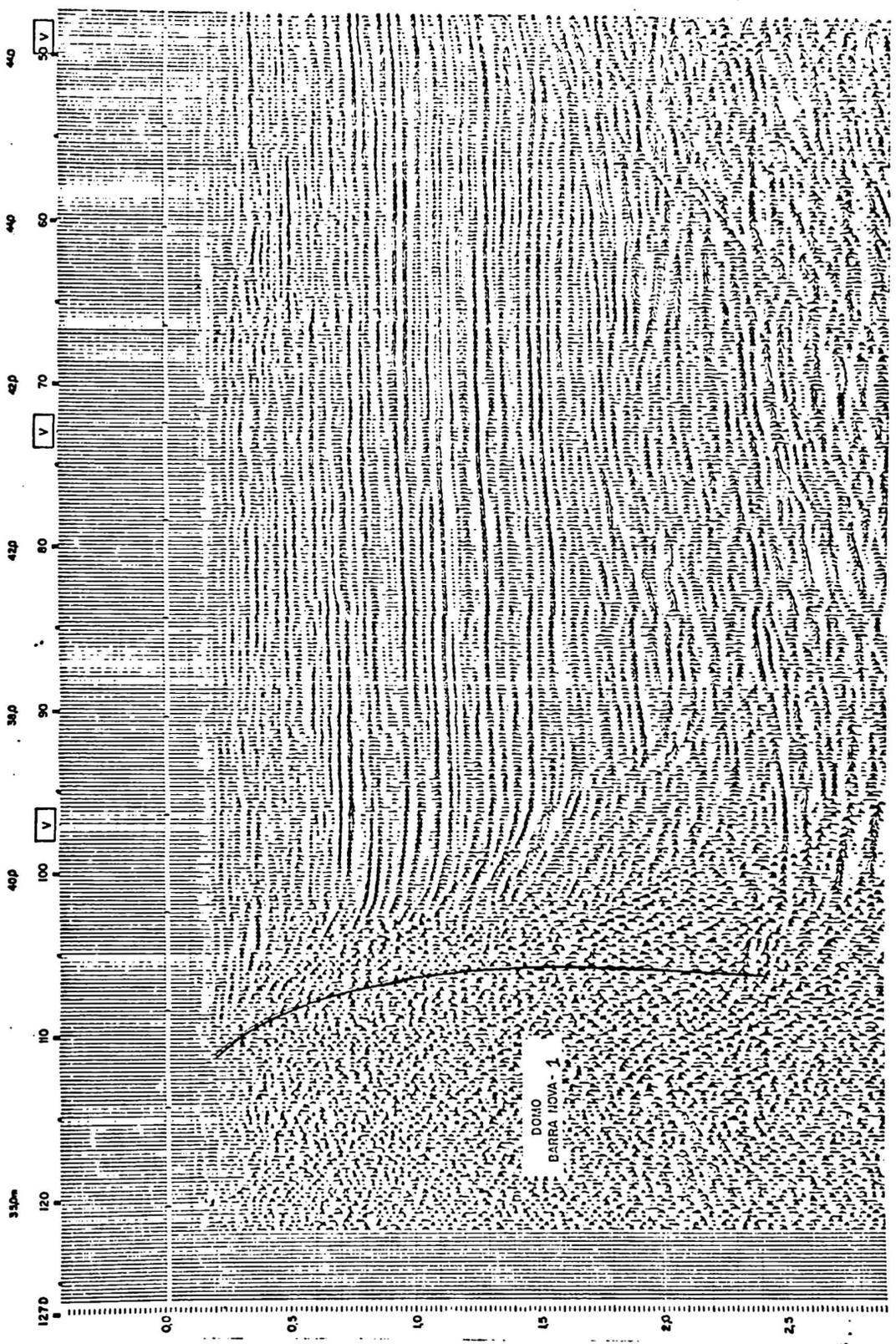
1 km



ANEXO - 4

SEÇÕES SÍSMICAS MOSTRANDO OS DOMOS DE SAL DA PROVÍNCIA DE BARRA NOVA





DOMO  
 BARRA NOVA - 1





**SEÇÃO DE REFLEXÃO SÍSMICA**

ES - 28 - 28 - RL - 2.39  
 PT - 53862 - 53926  
 ÁREA - BARRA NOVA  
 BACIA ESP. SANTI. DIREÇÃO - NE  
 PROSPECTO - IX  
 QUADR - DATUM - N.M.  
 FÔLHA Nº 1 DE 1 - COMPANHIA W.C.C.

**REGISTRO DIGITAL**

COBERT. 1200% SPREAD 2.300 m.  
 INSTR. RECOR. DTR-300 FORMATO - 5EQ-A  
 CONT. SARGO - B. M. Á. R. I. O.  
 PRE-FILTRO 8/125 Hz 3E m/100ms  
 AMPLIF. TIPO 2 em fonte JOURNALISE  
 AMPLIF. TIPO EM LINHA / 2.9 m.  
 PROF. CARRA 10 m. CARRA TOTAL - 40  
 APASSE. PT. 2.67 m. DIST. ANTENA 27.6 m  
 INT. EST. 1.00 m. INT. CEG. 1.5 m  
 RECOR. TIPO 20 m. TIPO CEG. -  
 DISP. CEG. EM LINHA

**PROCESSAMENTO DIGITAL**

SOMA - 4 COBERTURA 1.200 %  
 DECON. ANTES - COMPOSIÇÃO  
 CORREÇÕES DIL. TRAJETORIA RETA

**DECONVOLUÇÃO:**

ITERATIVA - NÃO - 48 ITERAÇÕES  
 INTERVA. AMOST. 4 PROGRAMA - 4.02  
 OPERADOR: - JARELLS LC - 1.0  
 FID. 1.00 m. VARIAVEL - 1/2 SEM. OPERAD.

**VELOCIDADE:**

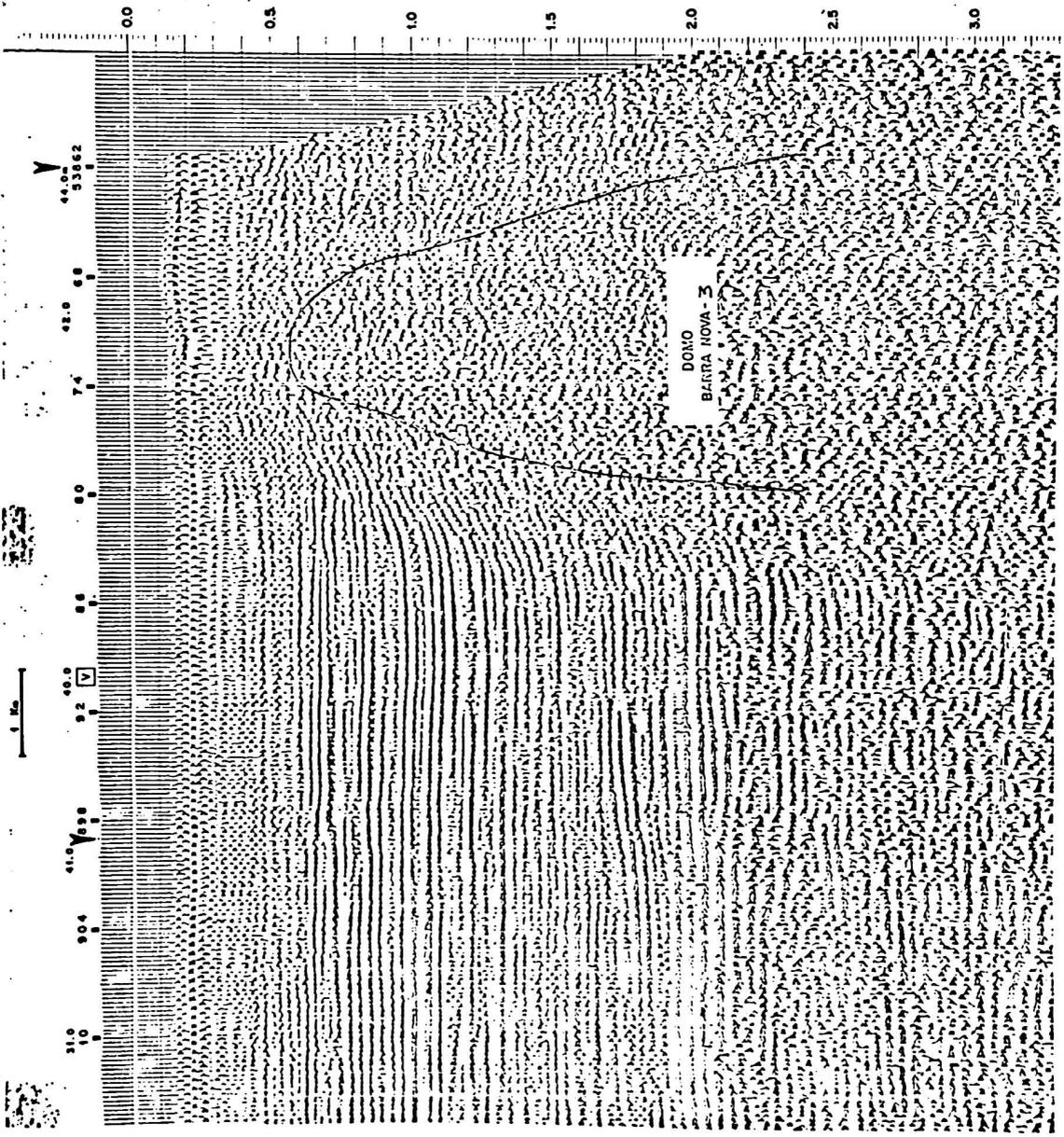
ANÁLISES FORAS TRECHOS APICADOS  
 239 - 090 53862 - 53926  
 225 - 662 53899 - 53920

**FILTRO VAR. TEMPO**

1000-1500 Hz 12.00 Hz  
 1500-2100 Hz 10.00 Hz

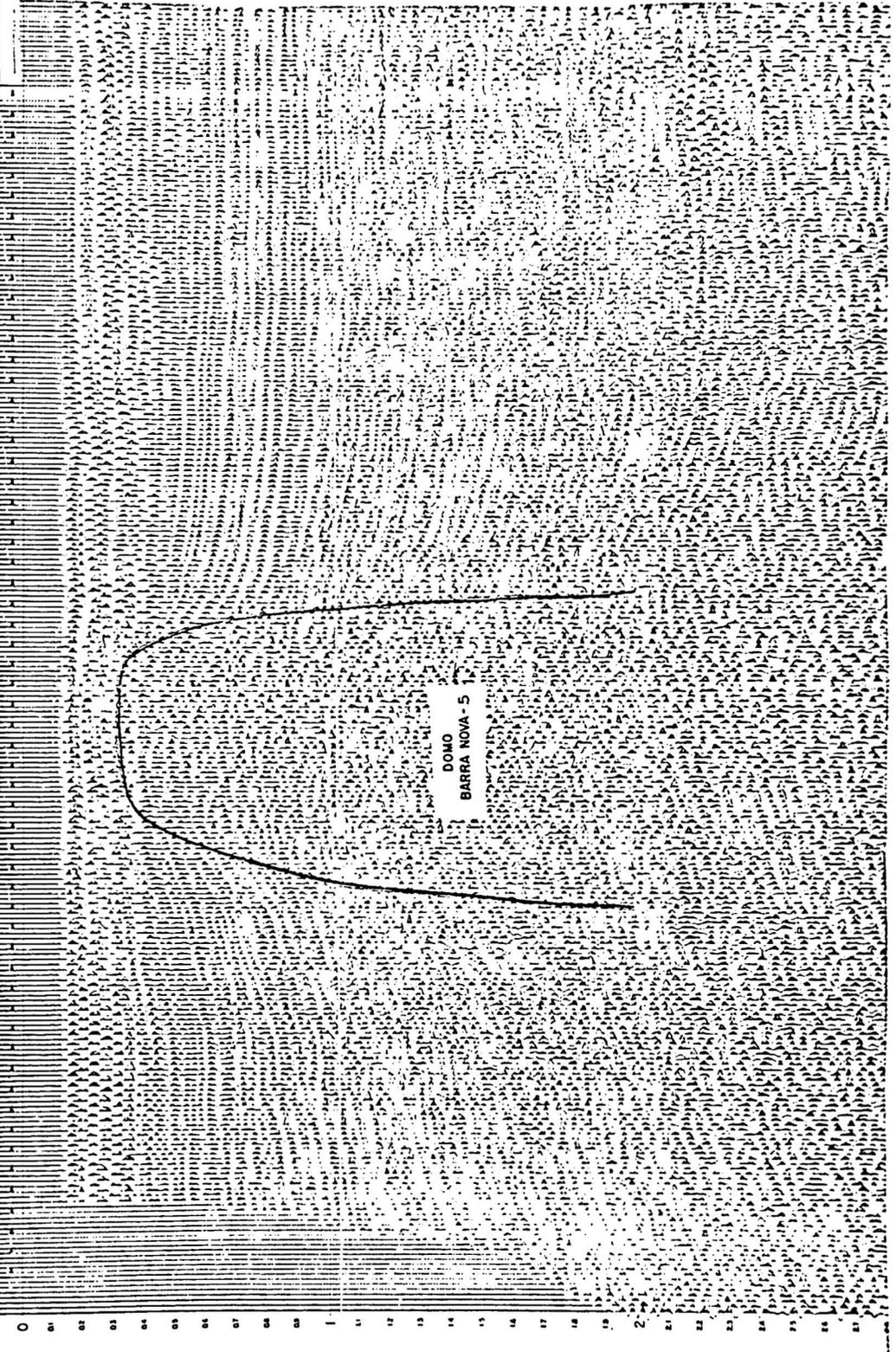
**APRESENTAÇÃO ANALÓGICA**

FILTRO - 01 m/100 Hz  
 CONT. SARGO - 01/1000

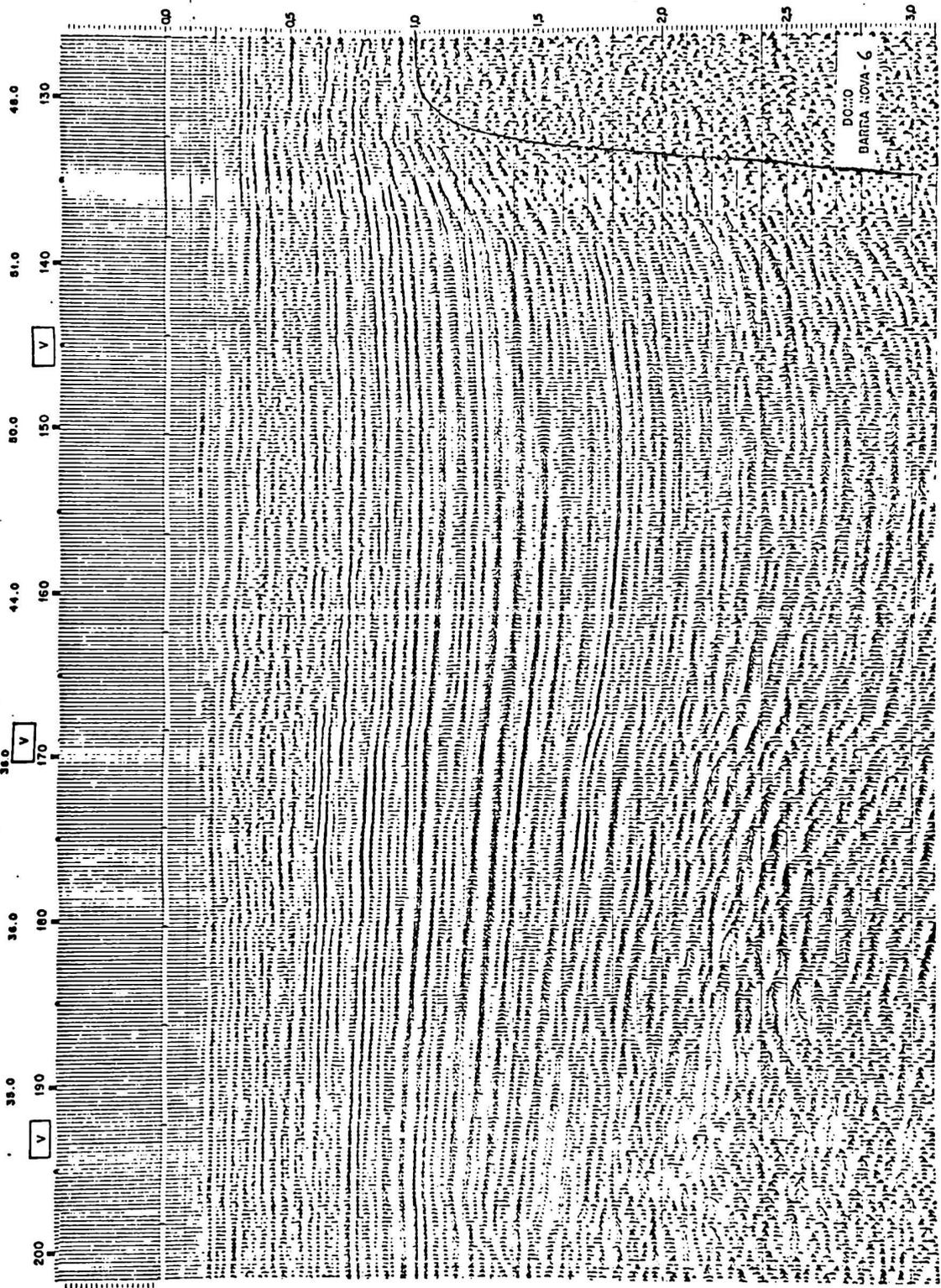




3155 3000 3130 3140 3150 3160



DOMO  
BARRA NOVA - 5



DO:10  
BARRA LOVA - 6

6270

6284

6290

6297

6302

6246

6240

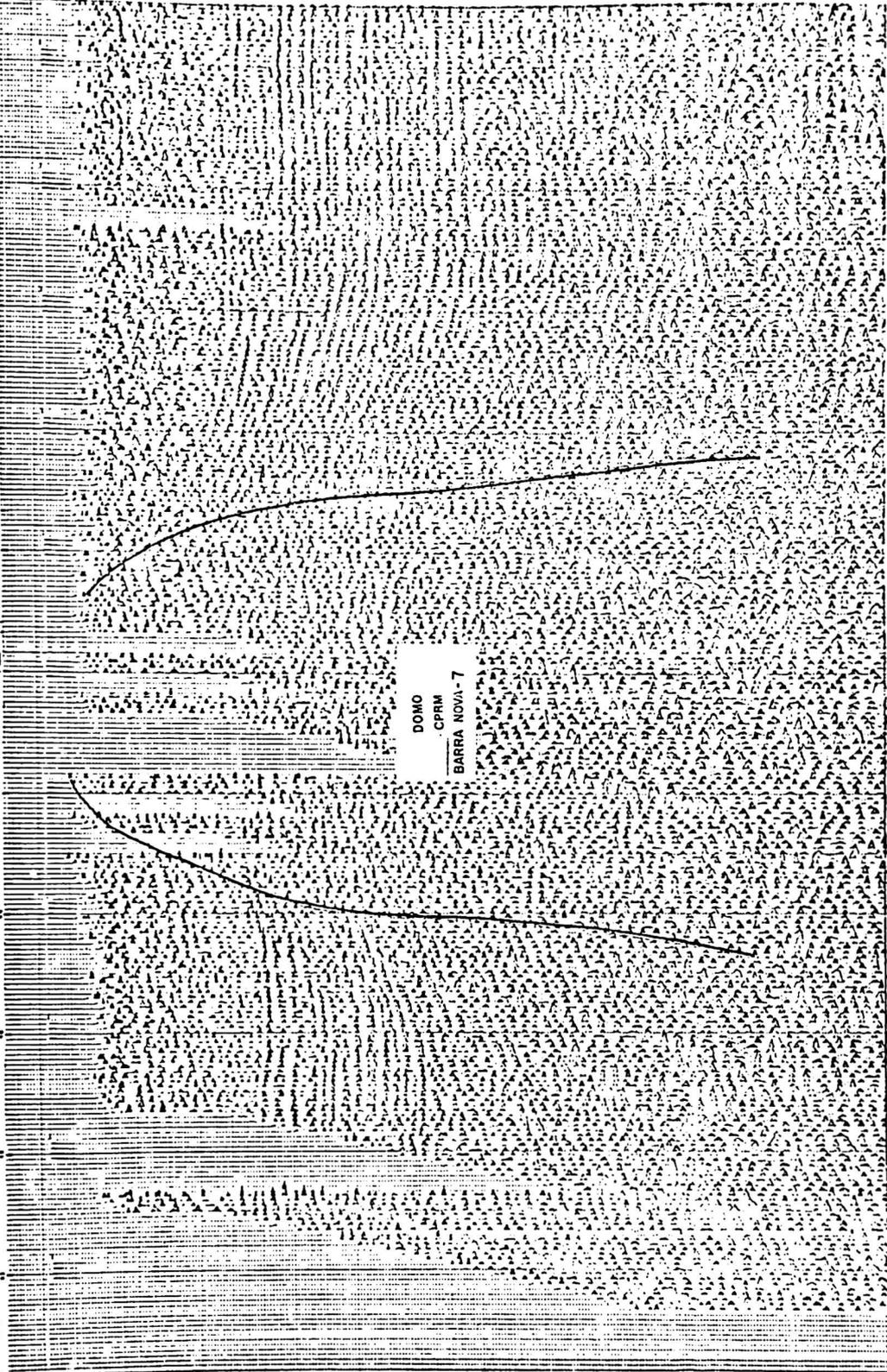
6234

6228

6222

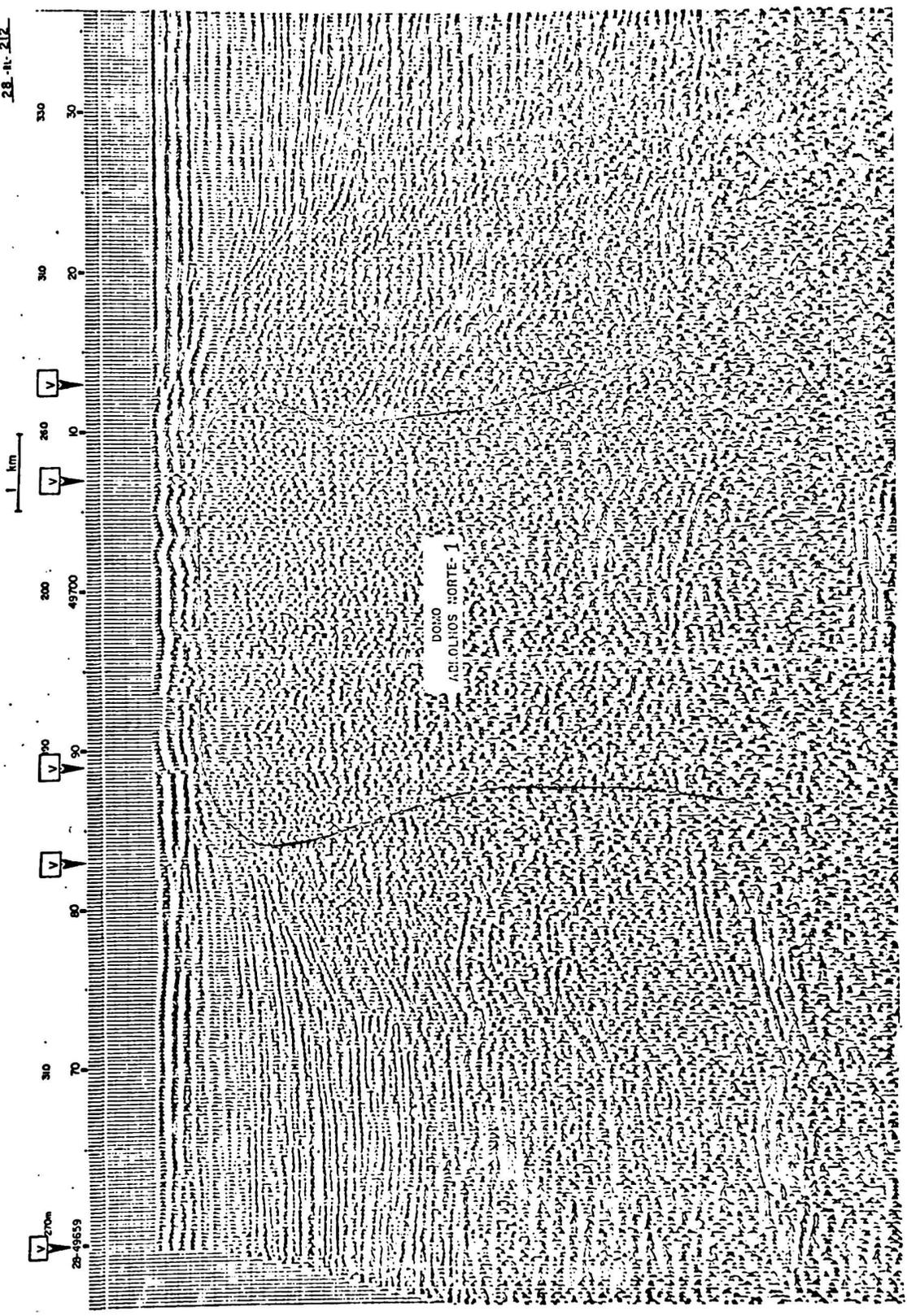
6206

DONO  
CPRM  
BARRA NOVA - 7



ANEXO - 5

SEÇÕES SÍSMICAS MOSTRANDO OS DOMOS DE SAL DA PRO-  
VÍNCIA DE ABROLHOS NORTE



139050

13900

90

60

70

60

50

13740

0.5

1.0

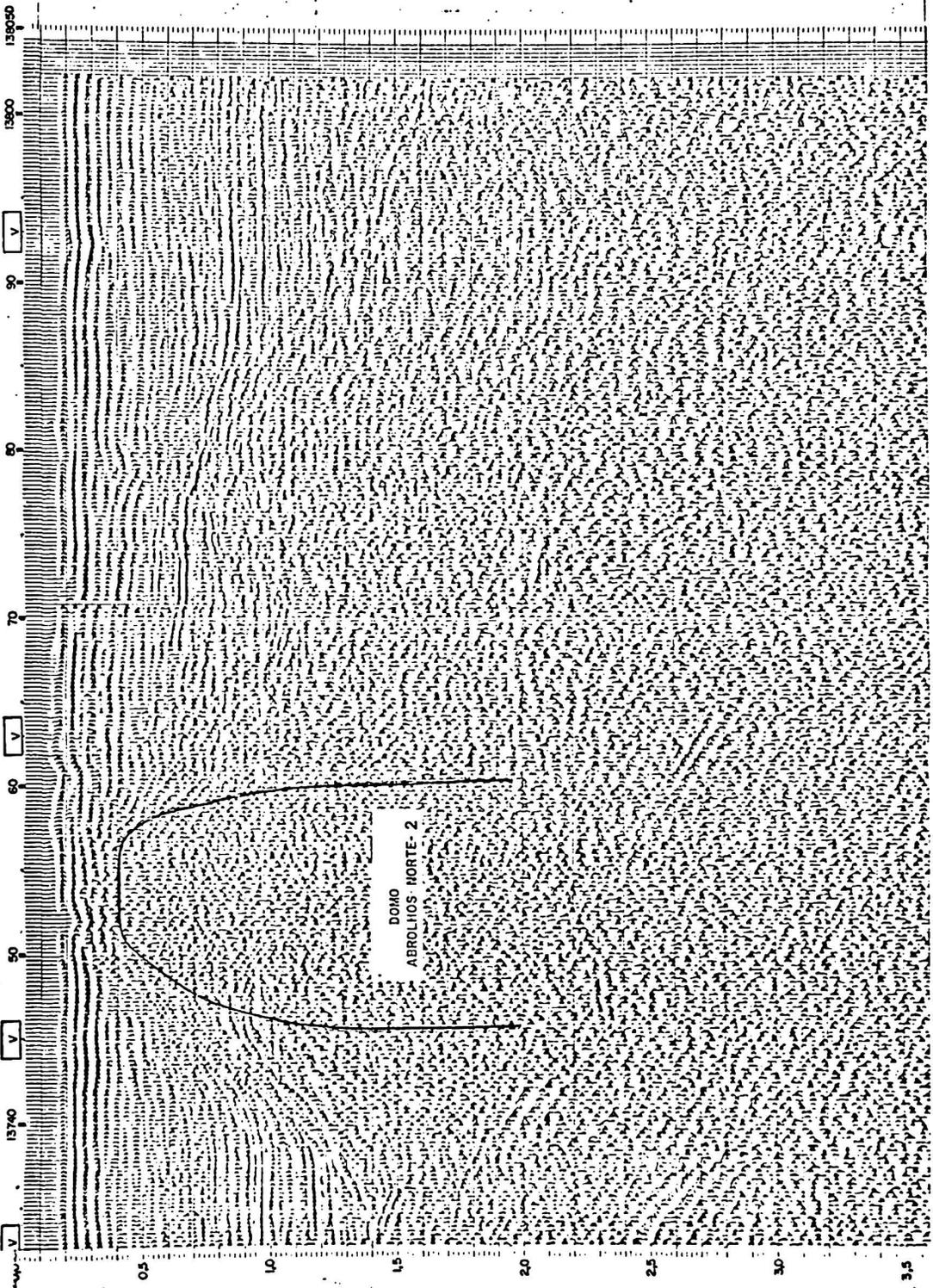
1.5

2.0

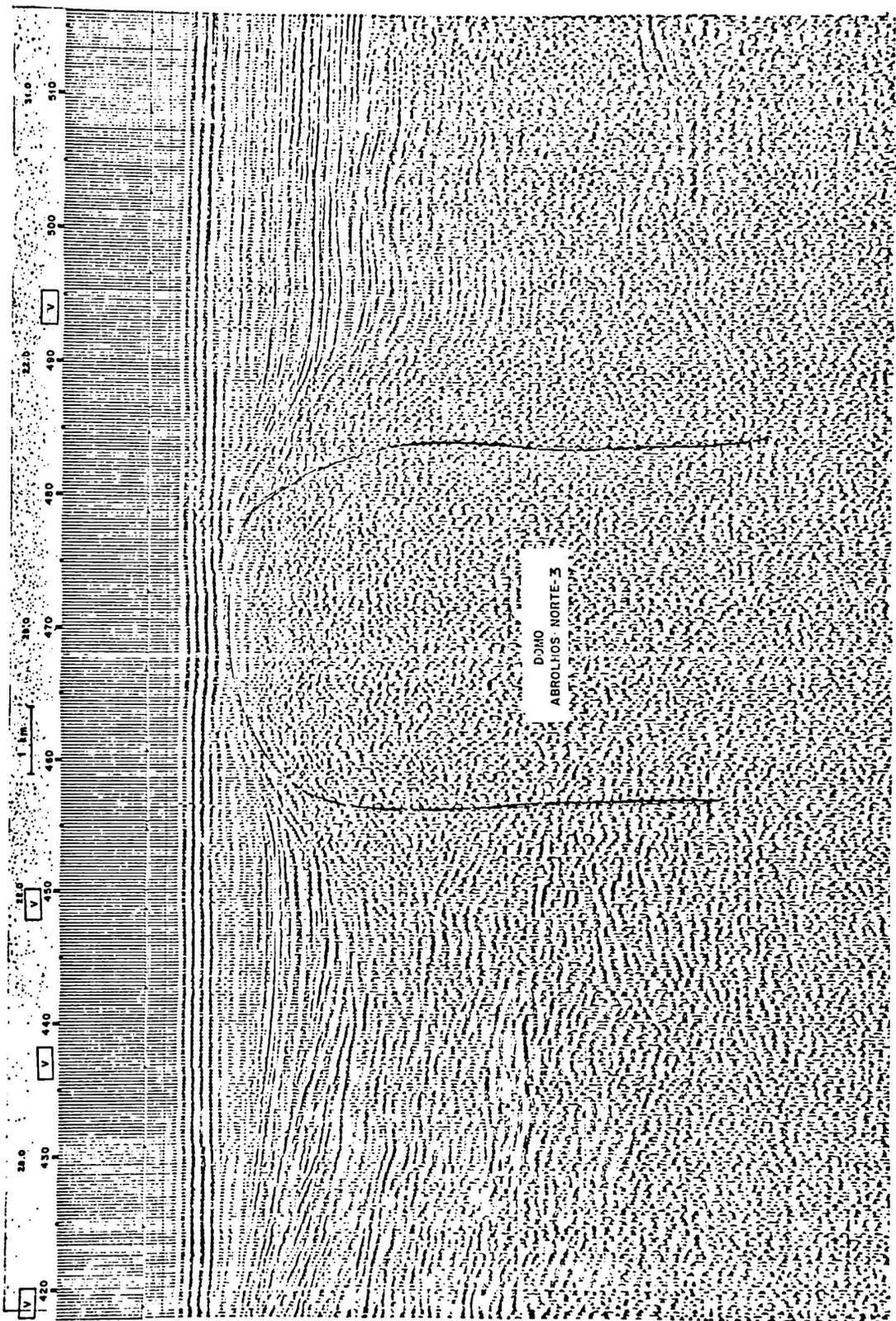
2.5

3.0

3.5



DOMO  
ABROLIOS NORTE-2

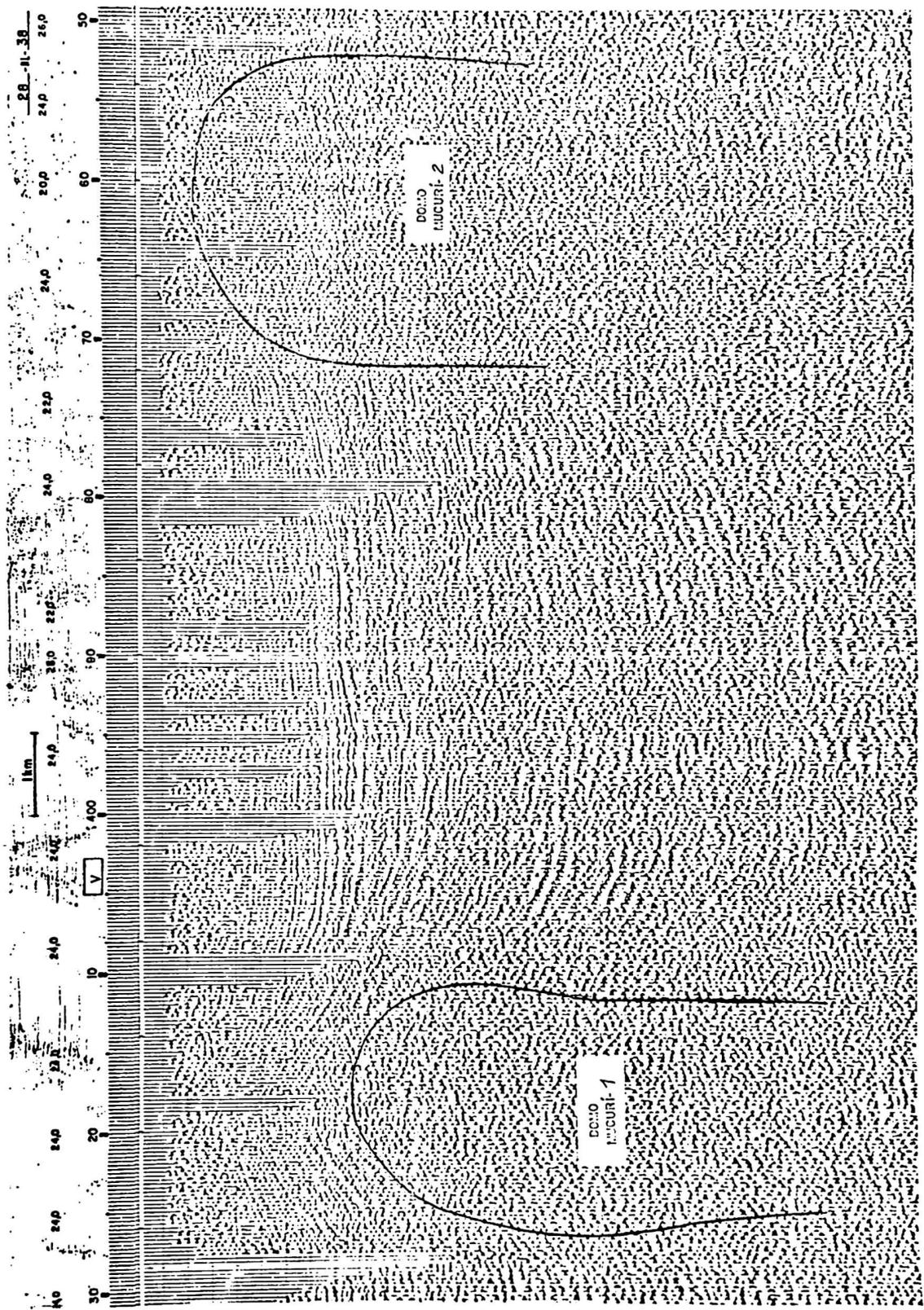


DJHO  
ABROLIOS NORTE-3

20-RL-54  
Paris-I

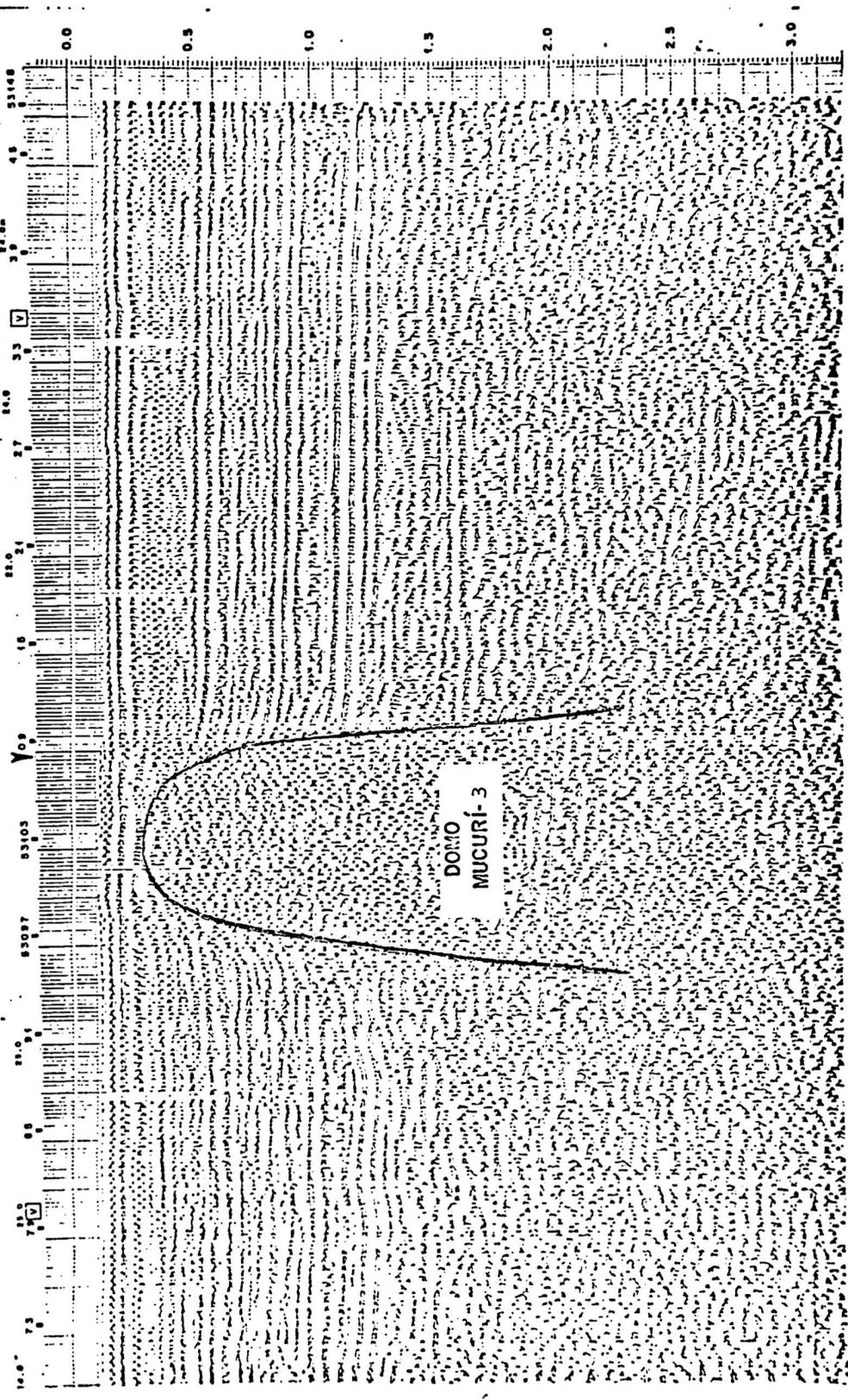
ANEXO - 6

SEÇÕES SÍSMICAS MOSTRANDO OS DOMOS DE SAL DA PRO-  
VINCIA DE MUCURI



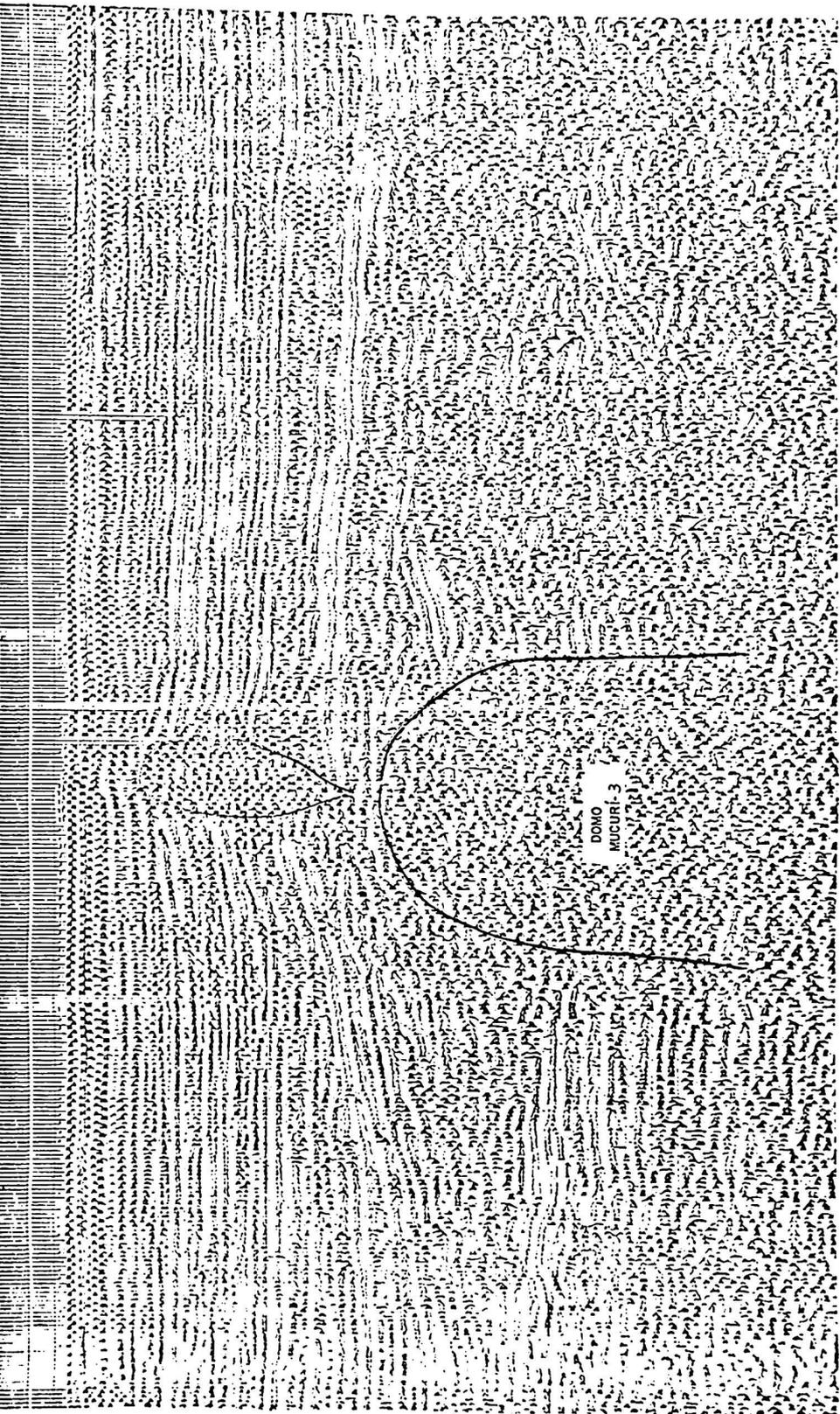
77.4

1 km



1 km

220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700 720 740 760 780 800 820 840 860 880 900 920 940 960 980 1000



DOMO  
MUCURI-3