

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

- C P R M -

RELATÓRIO DE PESQUISA

DE

SAIS DE POTÁSSIO - SALGEMA


REGIÃO ADJACENTE À ÁREA DE RESERVA NACIONAL

- ESTADO DE SERGIPE -

VOLUME I

JULHO 1972

PHL
012561
2007

 CPRM	SUREMI I. 96 SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório n.º	579-S
N.º de Volumes:	7 v.: 1

Í N D I C E

VOLUME I

	<u>Páginas</u>
I - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
II - <u>HISTÓRICO</u>	3
III - <u>ASPECTOS GEOGRÁFICOS</u>	6
III.I - Fisiografia	6
III.II - Localização e Vias de Acesso	7
III.III - Clima, Vegetação e Hidrografia	9
III.IV - Porto	10
IV - <u>GEOLOGIA DA BACIA SERGIPE-ALAGOAS</u>	13
IV.I - Geologia Regional e Estratigráfica	13
IV.II - Geologia Estrutural	31
IV.III - História Geológica	33
V - <u>GEOLOGIA DA JAZIDA</u>	38
VI - <u>GÊNESE DOS EVAPORITOS</u>	52
VII - <u>RESERVAS</u>	57
VII.I - Reservas de Sais de Potássio	61
VII.II - Reservas de Salgema	63
VII.III - Tabulação das Reservas	
Medidas - Indicadas - Inferidas	64
VIII - <u>ANÁLISE E ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO</u>	71
IX - <u>VIABILIDADE ECONÔMICA</u>	77
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	

VOLUME II

- Anexo 1 - Mapa de Situação - Escala 1:100.000
- Anexo 2 - Mapa Paleogeográfico da ocorrência dos sais so
lúveis - Escala 1:250.000
- Anexo 3 - Quadro Cronoestratigráfico da Bacia Sedimentar
Sergipe-Alagoas
- Anexo 4 - Mapa Gravimétrico - "Bouguer"
Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas
Escala 1:250.000
- Anexo 5 - Zoneamento Geral da Seção Evaporítica - Membros
Ibura e Oiteirinhos, Formação Muribeca em Sergi
pe.
Por: J.C. Fonseca - abril/1972
- Anexo 6 - Identificação e Correlação dos Zoneamentos Estra
tigráficos da seção evaporítica - Formação Muri
beca em Sergipe. Ilustração com perfil gama.
Escala 1:1.000
- Anexo 7 - Colunas litológicas e estratigráficas da seção
com sais solúveis dos poços, nas áreas requeri
das.
Escala 1:1.000
- Anexo 8 - Seção geológica da bacia sedimentar na área dos
sais solúveis.
Escala vertical 1:20.000
Escala horizontal 1:100.000
- Anexo 9 - Seção Estratigráfica dos sais VA-2-SE e FC-1-SE
Escala vertical 1:1.000
Escala horizontal 1:20.000 ✓

- Anexo 10 - Seção estratigráfica dos sais PKC-20-SE e CS1-1-SE
Escala vertical 1:1.000
Escala horizontal 1:20.000
- Anexo 11 - Mapa de Isópacas da seção com sais solúveis e
Contornos Estruturais da base.
Escala 1:50.000
- Anexo 12 - Mapa de isópacas de Salgema - Zonas Inferiores e
Zonas Superiores.
Escala 1:50.000
- Anexo 13 - Mapa de isópacas da seção com carnalita
Zona C2 e Zona C3-2
Escala 1:50.000

VOLUME III

- Anexo 14-1 - Tabela Única de Amostragem e Resultados de Análises (Confeccionada em Abril/Maio/72).
- Anexo 14-2 - Tabela de Teores (%), Fatores, Pesos Atômicos e Moleculares.
- Anexo 14-3 - Relação de Amostras Contínuas para análises químicas.
- Anexo 14-4 - Relação de Amostras Compostas para análise de elementos traços.
- Anexo 14-5 - Resultado de análises espectrográficas semiquantitativas de elementos traços.

VOLUME IV

PERFIS COMPOSTOS DOS POÇOS RELACIONADOS ABAIXO

Anexo 15-1 PKC - 1

Anexo 15-2 PKC - 2

Anexo 15-3	PKC - 3
Anexo 15-4	PKC - 5
Anexo 15-5	PKC - 6
Anexo 15-6	PKC - 7
Anexo 15-7	PKC - 8
Anexo 15-8	PKC - 9
Anexo 15-9	PKC - 10
Anexo 15-10	PKC - 11
Anexo 15-11	PKC - 12
Anexo 15-12	PKC - 13
Anexo 15-13	PKC - 14
Anexo 15-14	PKC - 16
Anexo 15-15	PKC - 18
Anexo 15-16	PKC - 19
Anexo 15-17	PKC - 20
Anexo 15-18	PKC - 21
Anexo 15-19	PKC - 22
Anexo 15-20	PKC - 23
Anexo 15-21	PKC - 24
Anexo 15-22	PKC - 26
Anexo 15-23	SLR - 2
Anexo 15-24	CS1-1-SL
Anexo 15-25	SZ-13-SE
Anexo 15-26	FC-1-SE
Anexo 15-SN	1-JT-1-SE
Anexo 15 "	AG-1-SE
Anexo 15 "	CP-19-SE
Anexo 15 "	1-AN-SE
Anexo 15 "	CPX- 4-SE
Anexo 15 "	AS-1-SE
Anexo 15 "	RCst-1-SE
Anexo 15 "	Bast-1-SE
Anexo 15 "	1-VV-1-SE

Anexo 15-3	PKC - 3
Anexo 15-4	PKC - 5
Anexo 15-5	PKC - 6
Anexo 15-6	PKC - 7
Anexo 15-7	PKC - 8
Anexo 15-8	PKC - 9
Anexo 15-9	PKC - 10
Anexo 15-10	PKC - 11
Anexo 15-11	PKC - 12
Anexo 15-12	PKC - 13
Anexo 15-13	PKC - 14
Anexo 15-14	PKC - 16
Anexo 15-15	PKC - 18
Anexo 15-16	PKC - 19
Anexo 15-17	PKC - 20
Anexo 15-18	PKC - 21
Anexo 15-19	PKC - 22
Anexo 15-20	PKC - 23
Anexo 15-21	PKC - 24
Anexo 15-22	PKC - 26
Anexo 15-23	SLR - 2
Anexo 15-24	CS1-1-SL
Anexo 15-25	SZ-13-SE
Anexo 15-26	FC-1-SE
Anexo 15-SN	1-JT-1-SE
Anexo 15 "	AG-1-SE
Anexo 15 "	CP-19-SE
Anexo 15 "	1-AN-SE
Anexo 15 "	CPX- 4-SE
Anexo 15 "	AS-1-SE
Anexo 15 "	RCst-1-SE
Anexo 15 "	Bast-1-SE
Anexo 15 "	1-VV-1-SE

Anexo 15-SN	To-1A-SE
Anexo 15 "	CP-23-SE
Anexo 15 "	1-FC-1-SE

VOLUME V

Anexo 16 - Coleção de Perfís Eletro-Radioativos

Escala 1:1.000

<u>Poços</u>	<u>Perfis</u>
AG-1-SE	E. Indução Laterolog Sônico Neutrão
AG-2-SE	E. Indução Laterolog Sônico 1 e 2 Gama
AG-3-SE	Laterolog Gama
AG-4-SE	Laterolog Gama-Neutrão
AG-1-SE	E. Indução Laterolog Sônico Gama
AN-1-SE	E. Indução Sônico Densidade-Gama
BD-1A-SE	E. Indução 1,2 e 3 Sônico 1, 2 e 3 Densidade-Gama
CPF-1-SE	Laterolog Sônico Gama-Neutrão
CPU-1-SE	E. Indução Sônico Densidade-Gama

Poços

EM-1-SE

FC-1-SE

JD-1A-SE

LM-1-SE

PKC-25-SE

PL-1-SE

PU-2-SE

PU-3-SE

SEM-1-SE

Perfís

Laterolog
Sônico
Densidade
Gama

Laterolog
Densidade
Gama

Sônico
Densidade-Gama

Laterolog
Sônico
Densidade-Gama

E. Indução
Sônico
Gama

Laterolog
Sônico
Gama

E. Indução
Sônico
Densidade-Gama

Indução
Sônico
Densidade-Gama

Indução
Sônico
Gama

VOLUME V-A

Poços

AS-1-SE

BGst-1-SE

BAst-1-SE

Perfís

Sônico
E. Indução
Gama-Neutrão

Perfil Elétrico
1, 2 e 3
Micro-Perfil
1, 2 e 3
Gama-Neutrão

Gama-Neutrão
Laterolog
E. Indução
Micro-Perfil

<u>Pocos</u>	<u>Perfis</u>
CP-19-SE	E. Indução Sônico
CP-23-SE	Laterolog E. Indução
CP-64-SE	E. Indução
CPX-4-SE	E. Indução Sônico
JT-1-SE	Gama Gama-Neutrão Indução
MR-3-SE	P.E. Micro-Perfil
PU-1-SE	E. Indução 1 e 2 Gama-Neutrão Micro-Perfil
RCst-1-SE	Micro-Perfil Gama-Neutrão E. Indução
TO-1A-SE	Micro-Perfil E. Indução
VV-1-SE	E. Indução Densidade-Gama

VOLUME VI

Anexo 17 - Mapa Geológico de Superfície da Bacia Sedimentar de
Sergipe/Alagoas

Escala 1:1.000.000

Mapa Geológico de Superfície da Bacia Sedimentar de
Sergipe/Alagoas

Escala 1:25.000

Quadrículas 635-3-1

635-3-2

635-3-3

635-3-4

635-4-2

635-4-3

Anexo 18 - Mapa Bouguer - Área de Sergipe

Escala 1:100.000 (Em duas partes) X

- Mapa Estrutural Sísmico

Escala 1:100.000

Quadrículas: 635-3-1

635-3-2

635-3-3

635-3-4

635-4-2

635-4-2

- Mapa Estrutural do Embasamento

Área: Mosqueiro a Pacatuba

Anexo 19 - Mapa Topográfico

Escala 1:25.000

Quadrículas: 635-3-1

635-3-2

635-3-3

635-3-4

635-4-2

635-4-3

X

O presente RELATÓRIO DE PESQUISA DAS JAZIDAS DE SAIS DE POTÁSSIO E SALGEMA, ocorrentes na região adjacente à Á rea de Reserva Nacional, em Sergipe, foi elaborado por equipe da Diretoria de Operações da CPRM, sob a orientação do Responsável Técnico pela Companhia.

Devem ser ressaltadas as valiosas contribuições do D.N.P.M. através da massa de dados do PROJETO POTÁSSIO, e também da PETROBRÁS, que permitiram, a par dos trabalhos próprios da CPRM, em campo e em laboratório, a interpretação e a integração das informações que tornaram possível este trabalho.

A CPRM, ao tempo em que deixa patente seus agradecimentos à colaboração recebida, submete ao D.N.P.M., cumprindo os preceitos do Código de Mineração, este Relatório que consolida, a seu ver, os elementos mineiros necessários à racional interpretação geoeconômica dos depósitos, possibilitando estabelecer parâmetros para o entendimento maior do problema concernente ao aproveitamento integrado dos evaporitos de Sergipe.

JULHO 1972

I - INTRODUÇÃO

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, cumprindo o que estabelece o Código de Mineração, vem apresentar à consideração do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM -, o competente Relatório de Pesquisa referente a 29 áreas outorgadas à pesquisa de sais de potássio e salgema, na região adjacente à Área de Reserva Nacional, definida pelo Decreto nº 61.157, de 16 de agosto de 1967.

A compreensão ampla da problemática técnica, econômica e comercial que cerca as jazidas de sais evaporíticos da região, fundamenta-se na apreciação de todos os parâmetros geológico-estratigráficos e de economia mineral (conjuntura de mercado nacional e internacional), e autoriza a definição das linhas de viabilidade de lavra econômica, como conclusão do presente Relatório.

Os pedidos de pesquisa formulados a esse DNPM foram baseados, fundamentalmente, na reavaliação de dados obtidos pelo PROJETO POTÁSSIO - DNPM, bem como de elementos de superfície da região circunvizinha existentes na PETROBRÁS que, devidamente confrontados, permitiram à CPRM, com segurança, ter patenteadas a continuidade das jazidas de evaporitos de Sergipe, além da área de Reserva Nacional, definindo, assim, uma magnitude de reservas integradas, que possibilitarão ao País a implantação de indústria de fertilizantes potássicos, nos moldes a atender às necessidades domésticas e, talvez, interferir no mercado exterior.

Sendo da máxima importância para a futura lavra dos evaporitos sergipanos, uma precisa definição da extensão, suas possibilidades e integração das reservas, que já foram objeto de anterior licitação pelo Governo Federal, através da CPRM, torna-se absolutamente indispensável sua caracterização

e avaliação mineral, efetuadas ainda pela CPRM, como trabalho complementar ao desenvolvido pelo DNPM através do Projeto Potássio na Área de Reserva Nacional.

Conquanto possam ser apontadas ainda algumas indefi-
nições, as mesmas somente poderão ser levantadas durante a fa
se dos trabalhos de desenvolvimento dos depósitos, embora se
reconheça que o volume de dados já disponíveis para as presen
tes áreas, aliado à extrapolação do conhecimento intensivo e
extensivo da Área de Reserva Nacional, assegura o mesmo condi-
cionamento geológico-estratigráfico, não autorizando, portan
to, outra conotação técnica que não seja a de considerar os e
lementos de definição existentes como suficientes para o equa-
cionamento geoeconômico das referidas jazidas, em termos de
pesquisa mineral.

Dessa forma e pelo exposto ao longo do presente re
latório, julga a CPRM que os dados apresentados, os quais ser
viram de base para o cálculo de reservas, condizem com o que
preceitua o Código de Mineração para o conhecimento de depósi-
tos minerais, em face mesmo da massa de elementos do Projeto
Potássio do DNPM, podendo assim ser cumprido o Artigo 30, alí
nea a, do mesmo Código. ✓

II - HISTÓRICO

Com os trabalhos de desenvolvimento, realizados pela PETROBRÁS, nos campos de Carmópolis, Siririzinho, Riachuelo e Santa Rosa de Lima, foram revelados fatos novos e altamente interessantes acerca da geologia da Bacia de Sergipe.

Inicialmente, os trabalhos de superfície e, posteriormente, os de geofísica, principalmente os levantamentos sismográficos de reflexão e a abertura de poços pioneiros para petróleo, deixaram patente que o afã da busca de óleo trouxe à tona subsídios valiosos sobre a ocorrência local de uma nova riqueza mineral: o POTÁSSIO.

Já em 1964/65, quando a PETROBRÁS perfurava as áreas de Carmópolis e Santa Rosa de Lima, no Membro Ibura, da Formação Muribeca, foram encontrados diversos horizontes de sais de potássio (carnalita e silvinita) e salgema.

A evolução dos conhecimentos obtidos levou o governo, em 16 de agosto de 1967, a constituir, pelo Decreto nº 61.157, uma Área de Reserva Nacional em Sergipe, com 425 km², compreendida entre os paralelos 10°35'12" e 10°42' de latitude de sul e os meridianos 36°55' e 37°15'15" de longitude oeste.

Tal área circunscreve os campos de petróleo de Carmópolis, Siririzinho e parte de Riachuelo, bem como duas áreas distintas, com depósitos de silvinita, denominadas: SANTA ROSA DE LIMA-SIRIRI e TAQUARI-JUREMA-VASSOURAS, as quais estão separadas pelo campo petrolífero de Siririzinho.

Coube ao DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (D.N.P.M.) a exclusividade da pesquisa dessa área, em conformidade com o parágrafo 1º do artigo 2º do Decreto nº 61.157 já mencionado.

No início de 1968, o D.N.P.M. criou o PROJETO POTÁSSIO

SIO, reunindo equipe nacional do mais alto nível, além de assessoria internacional de renome consagrado, fazendo instalar em Aracaju um laboratório para apoio químico.

Os trabalhos do D.N.P.M., que contaram com financiamento substancial do BNDE, foram desenvolvidos em ritmo compatível com o interesse nacional, superando todos os obstáculos, a fim de cumprir o cronograma pré-estabelecido no Plano de Pesquisa aprovado.

Em 19 de maio de 1970, o Chefe do Projeto Potássio apresentou ao Diretor-Geral do D.N.P.M. o seu Relatório Final, resultado do mapeamento geológico detalhado da Área de Reserva Nacional, prospecção geofísica e campanha de sondagem totalizando 23,418 m em 25 locações nas áreas de Vasouras, Taquari, Jurema, Miranda, Santa Rosa de Lima e Siriri.

O Decreto nº 66.455 de 15 de abril de 1970 outorgou à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM - os resultados da pesquisa realizada, computando-os como parte do capital desta Empresa subscrito pela União. Esses resultados, após a incorporação, estão sendo objeto de licitação pública, nas condições estabelecidas pela CPRM, de acordo com o Decreto-Lei de sua constituição.

Desde 1970, mantém a CPRM, em Aracaju - SE, e no seu Escritório do Rio de Janeiro, equipes técnicas e de atividades de laboratório, visando a ampliação dos conhecimentos anteriormente adquiridos, com o objetivo de dirimir quaisquer dúvidas porventura suscitadas durante o processo de pesquisa complementar e licitação, inclusive um trabalho circunstanciado sobre a Análise e Conjuntura nacional e internacional do Mercado do Potássio.

Tal acompanhamento permanente, aliado a novos estudos

dos de detalhe da Área de Reserva Nacional, bem como recentes informações de sub-superfície obtidas pela PETROBRÁS, permitiram definir como sendo do interesse nacional a incorporação de algumas áreas limítrofes, portadoras de depósitos salíferos, à área de Reserva Nacional, para garantir o sucesso de dar ao País uma indústria de porte de fertilizantes de potássio.

Dentro dessa colocação e contemplando tal integração, fez a CPRM 29 pedidos de Pesquisa, para Potássio e Salgema, já devidamente autorizados pelo DNPM, apresentando, agora, os competentes Relatórios de Pesquisa à apreciação desse Departamento.

III - ASPECTOS GEOGRÁFICOS

III.I - Fisiografia

Os depósitos de sais solúveis da bacia sedimentar Sergipe-Alagoas subjazem numa área que engloba as seguintes unidades fisiográficas:

- a) Área Costeira;
- b) Zonas Alagadiças;
- c) Área de lagoas, controladas, provavelmente, por falhamentos;
- d) Taboleiros ocupando a parte central de Sergipe e a maior parte de Alagoas e constituídos por sedimentos da Formação Barreiras, de idade terciária;
- e) Área de terras altas, a sudoeste, na qual folhelhos, arenitos e calcários afloram na parte central e ocidental de Sergipe, formando um relevo ondulado.

Como cidade mais importante, interessando o presente relatório, encontra-se Aracaju, que apresenta como principais feições fisiográficas sua característica de terras baixas com antigas linhas de costa, revelando que as áreas próximas da cidade propriamente dita estiveram cobertas pelo mar epicontinental em tempo geológico recente. Algumas salinas ainda existem próximas à cidade.

No conjunto das áreas investigadas, objeto do presente relatório, o relevo mostra-se moderadamente ondulado, apresentando como formas dominantes morros e platôs, com altitude média da ordem de 100 - 150 m acima do nível do

mar.

III.II - Localização e Vias de Acesso

A faixa continental da Bacia Sergipe-Alagoas, com uma largura média de 20 km, estende-se desde o rio Vaza-Barris, a sudoeste de Aracaju, até aproximadamente 50 km a nordeste de Maceió, numa extensão global de cerca de 350km. Os limites orientais da Bacia, ainda não bem definidos, encontram-se no interior da plataforma continental.

A região estudada no presente relatório, totalmente contida no Estado de Sergipe, tem uma superfície de 45.000 ha, sendo constituída por 3 (três) conjuntos de áreas, que se dispõem tangencialmente à Área de Reserva Nacional nas suas porções setentrional, oriental e meridional, conforme pode ser visto no mapa de situação anexo.

O primeiro conjunto, composto de 12 áreas de 2.000 ha cada uma, nomeadas de A a L, constitui uma faixa de terra de 24.000 ha ao Norte da cidade de Aracaju, distando da mesma cerca de 40 km, totalmente encravada nos municípios de Japaratuba, Siriri e Capela.

O segundo conjunto, formado por 13 áreas de 1.000 ha cada uma, descritas como áreas 1 a 13, constitui uma faixa de 13.000 ha, situada a cerca de 30 km ao nordeste da cidade de Aracaju, na região leste da Área de Reserva Nacional, encravada nos municípios de Japaratuba, Pirambu, Carmópolis e Santo Amaro das Brotas.

O terceiro e último conjunto, formado por 4 áreas de 2.000 ha cada uma, nomeadas de M a P, está situado a cerca de 30 km a nordeste de Aracaju, ao sul da Área de Reserva Nacional, na mesopotâmia dos rios Pomonga e Siriri.

encravado nos municípios de Santo Amaro das Brotas, Rosário do Catete, General Maynard e Pirambu.

A Bacia Sergipe-Alagoas é servida por uma rede de estradas, na sua maioria de terra ou piçarra. Uma rodovia federal asfaltada, BR-101, corre ao longo do eixo da Bacia, conectando as cidades de Aracaju e Maceió, ambas situadas na costa.

A Bacia também é servida por estrada de ferro pertencente à Rede Ferroviária Federal S/A que, inclusive, liga as cidades de Cotinguiba e Carmópolis, situadas na Área de Reserva Nacional, à cidade de Aracaju.

O acesso aos 3 conjuntos das áreas investigadas pode ser feito cumprindo-se os seguintes percursos, a partir de Aracaju:

- para as áreas A a L, viajando-se cerca de 69 km ao longo da rodovia BR-101, ou 67 km ao longo da linha da Rede Ferroviária Federal S/A que liga as cidades de Aracaju a Propriá;
- para as áreas 1 a 13, percorrendo-se 54 km ao longo da rodovia asfaltada BR-101, até ser atingida uma estrada de 2ª categoria, pela qual, viajando-se cerca de 5 km, chega-se à cidade de Japaratinga, e, a partir daí, viajando-se 2,5 km, através da rodovia de 2ª categoria que liga esta cidade à cidade de Pirambu;
- para as áreas M a P, viajando-se 28 km através da rodovia asfaltada BR-101 até Maruim, e daí percorrendo-se 18 km pela estrada de 2ª categoria que une esta cidade à localidade Planta.

Uma vez cumprido os percursos mencionados, cada uma das áreas que constituem os 3 conjuntos estudados pode

ser atingida, usando-se as estradas carroçáveis e caminhos que ligam as sédes das diversas fazendas da região.

III.III - Clima, Vegetação e Hidrografia

Inserre-se a região dentro do condicionamento climático do Nordeste Brasileiro, com seus característicos aspectos de vegetação.

A Bacia compreendida na região litorânea possui média anual de temperatura em torno de 24°C. Com poucas exceções, as variações anuais em torno da média são pequenas, raramente excedendo os 5°C.

O clima dominante na região, segundo Köppen, é do tipo As', com a estação chuvosa estendendo-se de abril a agosto e atingindo seu máximo no mês de junho. A precipitação média anual varia entre 1.000 a 1.800 mm.

A vegetação local no litoral é dominada por extensos coqueirais, apresentando ainda características de mangues nas zonas alagadiças, ao passo que, nas zonas dos tabuleiros, ocorre vegetação do tipo caatinga. Nas encostas dos vales, predominam remanescentes de florestas tropicais, enquanto as várzeas são ocupadas por verdes canaviais.

O sistema hidrográfico da região estudada é comandado pelos rios Sergipe, Japaratuba e Poxim. Todo o sistema de drenagem é dirigido no sentido oeste-leste com desagüamento no Oceano Atlântico.

Com exceção do rio Sergipe, que permite a franca navegação durante todo o ano, nos seus cursos médio e inferior, os demais só muito restritamente se prestam à navegação, mesmo para embarcações de pequeno porte. Além dos rios mencionados, diversas lagoas se apresentam como fontes.

de abastecimento d'água na região, merecendo citação as lagoas Tiririca, Grande, Jaguaribe e Catu.

III.IV - Porto

A cidade de Aracaju, capital do Estado de Sergipe, situada a cerca de 40 km da região onde subjazem os depósitos salíferos de Sergipe, possui porto próprio, facilmente atingível pela rodovia federal asfaltada, BR-101, e pela via férrea da Rede Ferroviária Federal S/A.

O porto dessa cidade, com sete trapiches para a tracação dos navios, é alcançável por estreito canal, cuja profundidade não excede, geralmente, 3 metros na baixa-mar, permitindo apenas a operação de navios de 4 a 5.000 TDW. Melhorias portuárias, traduzíveis pela construção de terminal marítimo, uma milha avançada além dos atuais trapiches de a tracação, possibilitariam a operação de cargueiros de até 30.000 TDW, permitindo assim maiores facilidades ao escoamento do fertilizante potássico, e, eventualmente, do salgema, a serem produzidos em Sergipe*. A implantação de tal terminal marítimo implicará num investimento da ordem de 5 a 8 milhões de dólares.

Como alternativas possíveis para o escoamento marítimo da produção já mencionada, podem ser incorporados, dentro de um estudo econômico global, os portos de Maceió e Salvador, distando, respectivamente, 280 e 360 km por ferrovia e rodovia asfaltada da região de mineração em Sergipe.

O porto de Maceió, mais próximo, possui molhe de atracação com cerca de 420 metros, sendo ligado à terra por um outro molhe de cerca de 1.200 m de comprimento por 20 metros de largura. Sua linha férrea interna tem comunicação direta com a Rede Ferroviária Federal S/A. As profundidades

mínimas ao longo do molhe-cais variam de 5,2 a 8,2 metros na baixa-mar de sizígia. É possível no mesmo, atualmente, a operação de navios com até 10.000 TDW, vez que esse porto apresenta capacidade operativa ociosa.

O porto de Salvador tem uma extensão de cais num total de 2.070 metros e já possui cais de minério e carvão, com profundidades de 10 metros, bem como de inflamáveis em idênticas condições. Possui ainda esse porto variada gama de guindastes para até 30 toneladas, além de uma cábrea flutuante a vapor, com capacidade de 120 toneladas. Há, no porto, permanentemente, uma draga, com capacidade horária de 300 m³, podendo dragar até 12 metros de profundidade. No momento atual é possível a operação no porto de Salvador de navios com 30.000 TDW.

Antes de um estudo econômico de viabilidade mais aprofundado, é impossível definir qual das três alternativas, a médio e a longo prazo, atende mais ao interesse econômico do empreendimento.

Deve ser lembrado que tal apreciação contemplará, obrigatoriamente, a implantação no porto de Maceió de infraestrutura compatível com a produção e comercialização do salgema produzido pelo grupo Euluz-Dupont. Por outro lado, a utilização do porto de Salvador, geograficamente o mais distante, permitirá o enlace entre o polo petroquímico de Aratú e o complexo salineiro, o que poderá trazer uma componente da maior expressão para a dinâmica do problema.

De qualquer forma, porém, torna-se desde já patente que a viabilidade econômica da movimentação de grandes massas de fertilizantes e salgema terá que contar, obrigatoriamente, com um sistema portuário eficaz, permitindo o carregamento e o transporte em níveis compatíveis com a econo

ma de escala, própria de casos similares, internacionalmente já equacionados.

* Ministério da Marinha - DHN

Roteiro - Brasil

DH1 - 8

1968

IV - GEOLOGIA DA BACIA SERGIPE-ALAGOAS

IV.I - Geologia Regional e Estratigráfica

A geologia regional alcançou um nível razoável de compreensão devido aos mapeamentos geológicos de detalhe, levantamentos geofísicos, sondagens, geologia de subsuperfície, etc., realizados pela Petrobrás, especialmente a partir de 1957, com ênfase especial aos sedimentos das bacias mesozóicas, de interesse para óleo.

A sequência estratigráfica da bacia compreende, além das rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, sedimentos do Paleozóico, do Mesozóico e do Cenozóico (ver quadro cronoestratigráfico - Anexo 3).

1 - Complexo do Embasamento

A litoestratigrafia do Complexo do Embasamento foi definida por levantamentos geológicos realizados no "horst" que separa a faixa sedimentar de Sergipe/Alagoas das Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá.

A geologia da referida área cristalina é bastante complexa, com as suas maiores unidades litológicas, que datam do Pré-Cambriano ao Paleozóico, representadas por:

- 1.1 - Gnaisse do Escudo Brasileiro e Migmatito Paulo Afonso;
- 1.2 - Metassedimentos dos grupos Miaba e Vaza-Barris;
- 1.3 - Intrusivas do Batolito Pernambuco/Alagoas;
- 1.4 - Formação Estância;
- 1.5 - Rochas extrusivas e hipoabissais.

1.1 - Os gnaises são as rochas mais antigas presentes na área e são atribuídos ao Pré-Cambriano Inferior. Petro

graficamente, essas rochas compõem-se de um biotita gnaisse, com bandeamentos róseos ou de coloração cinza-clara com cinza-escuro. Está presente em todo o "horst", tornando-se mais frequente ao sul de Sergipe, norte de Alagoas e em Pernambuco.

Já os migmatitos Paulo Afonso são rochas mistas de gnaisse e granito que se originaram de injeções de rochas ácidas no gnaisse. Estão aflorando na região de Paulo Afonso e próximo às massas intrusivas ácidas;

1.2 - O grupo Miaba é representado pelas rochas existentes entre o gnaisse e a falha de empurrão de Macambira, postas ao redor de uma janela em forma de círculo, em torno da cidade de Itabaiana, em Sergipe. Este grupo foi dividido em três formações, nomeadas pela sequência de deposição: Itabaiana, Jacarecica e Jacoca, representando os depósitos do flanco sul do Geossinclinal de Sergipe, ativo durante o Pré-Cambriano (Médio).

O grupo Vaza-Barris é representado pelo conjunto de rochas, altamente dobradas e foliadas, constituídas de filitos, metagrauvacas, mármores intercalados com clorita, sericitaxisto, metarenitos, metassiltitos e algumas rochas metavulcânicas. É dividido nas seguintes formações, por ordem de antiguidade: Capitão, Palestina, Olhos-d'Água, Frei Paulo e Ribeirópolis.

A área de ocorrência do grupo situa-se, grosso modo, entre os paralelos que passam por Maceió, ao norte, e Aracaju, ao sul. É admitido ser da mesma idade do grupo Miaba; X

- 1.3 - As ocorrências de rochas intrusivas situam-se ao norte do Rio São Francisco e fazem parte de um batolito denominado Batolito de Pernambuco/Alagoas, contemplando localmente rochas do grupo intermediário, com predominância de rochas ácidas. Têm afloramento ocupando a maior área do que o gnaisse e uma idade de 500 a 600 milhões de anos;
- 1.4 - A formação Estância consiste de arenito fino e siltito arenoso, micáceo, vermelho a púrpura e verde - cinzento, com intercalações de ardósia e camadas pouco espessas de conglomerado policomposto. A sua idade é incerta, possivelmente Cambriano ou Siluriano. Repousa em discordância heterogênea sobre o gnaisse e em discordância angular sobre as rochas do grupo Vaza-Barris. Sua área de ocorrência situa-se ao sul do rio Vaza-Barris;
- 1.5 - As rochas básicas ocorrem, em pequenas extensões, em vários pontos do "horst" e não fazem parte do batolito. O diabásio ocorre em Santa Luzia (Sergipe). Já as rochas ácidas aparecem em áreas mais restritas e são representadas por andesito, riolito e riodacito.

2 - Grupo Baixo São Francisco

O Grupo Baixo São Francisco é representado por um pacote de sedimentos não-marinhos que aflora no nordeste de Sergipe e sudeste de Alagoas, desde o vale do rio Japaratuba-Mirim (Sergipe), até o vale do Coruripe (Alagoas), limitado na base pelas rochas do Complexo do Embasamento, e no topo pelos sedimentos euxínicos da formação Muribeca. É divisível em duas grandes unidades, que se destacam por suas características litoestratigráficas. As duas unidades são: inferior-Subgrupo Igreja Nova e superior-Subgrupo ~~Co~~ ruripe.

2.1 - Subgrupo Igreja Nova

O subgrupo se acha melhor exposto nos arredores de Igreja Nova (Alagoas) e representa a unidade basal da coluna sedimentar da bacia, com cerca de 700 m de espessura, situado estratigraficamente entre o embasamento, na parte inferior, e o subgrupo Coruripe, na parte superior. Este subgrupo divide-se em cinco formações, aqui enumeradas pela ordem de deposição.

2.1.1 - Batinga

2.1.2 - Aracaré

2.1.3 - Candeeiro

2.1.4 - Bananeiras

2.1.5 - Serraria

2.1.1 - Formação Batinga

Caracteriza-se, tanto em superfície como em sub-superfície, pela ocorrência de rítmitos sílticos de paraconglomerados e arenitos grosseiros. As litofácies são gradacionais entre si, a mais fina ocupando a parte superior e costumando a mais grosseira predominar na parte inferior da formação. Esta formação se subdivide em três membros:

a) Atalaia

b) Mulungu

c) Boacica

a) O membro Atalaia abrange a seção de clásticos grosseiros (arenitos grosseiros e imaturos, caulínicos, de coloração esbranquiçada) da formação Batinga que ocorre ao sul de Sergipe, assentando-se sobre o embasamento. ~~X~~

- b) O membro Mulungu é constituído por conglomerados de seixos, calhaus, matações de rochas ígneas e metamórficas, de forma e grau de arredondamento variados, caoticamente imersos em matriz siltico-arenosa, de cor cinzenta, com tonalidades cambiantes do esverdeado ao acastanhado. O correm com maior frequência ao sul de Alagoas.
- c) O membro Boacica caracteriza-se pela ocorrência de siltitos laminados - laminações ora muito finas e regulares, assemelhando-se a um varvito, ora irregulares, com estratificação cruzada e frequentes gradações para arenitos e folhelhos. Estão melhor expostos no vale do rio Boacica (Alagoas).

2.1.2 - Formação Aracaré

Abrange toda a seção sedimentar que ocorre sobreposta aos siltitos da formação Batinga e sotoposta aos folhelhos vermelhos da formação Bananeiras, ou aos arenitos da formação Candeeiro. Em geral, a presença de sílex é diagnóstico para o reconhecimento da unidade. Os afloramentos da margem esquerda do rio São Francisco, localizados no morro do Aracaré e na Fazenda Borges, são os mais expressivos. Em superfície, a parte basal da unidade mostra o mais das vezes predominância de folhelhos negros, brilhantes e quebradiços; na parte média há uma zona de picos radioativos; e na parte superior predominam as ocorrências de sílex. É atribuída a estes sedimentos uma idade Permiana.

2.1.3 - Formação Candeeiro

Os sedimentos desta unidade não foram reconhecidos em superfície. A unidade constitui-se de arenito branco.

co e cinza-róseo e avermelhado, fino a médio, com intercalações grosseiras, localmente contendo grânulos e seixos de sílex subangular. Ocorre em superfície ao norte do rio Perucaba até as proximidades de São Miguel dos Campos, em Alagoas. Esta formação corresponde a uma fração da parte superior da "formação Japoatã Inferior". Admite-se para a formação uma idade neojurássica.

2.1.4 - Formação Bananeiras

É constituída de folhelho e argilito vermelhos, acastanhados e arroxeados, mosqueados de verde-claro, sílticos, às vêzes micromicáceos, não apresentando fissilidade. Localmente, foram observados turboglifos e outras marcas de base; e identificadas também possíveis gretas de contração. Os afloramentos desta unidade são visíveis na borda oeste da bacia, na cidade de Muribeca, Sergipe, até o sul da cidade Junqueiro, em Alagoas. Em subsuperfície sua ocorrência é regional, estando ausentes apenas nos altos da bacia que sofreram profunda erosão. As maiores espessuras se acham nas vizinhanças de Carmópolis, em Sergipe; para o norte a unidade se adelgaça. Ao contato inferior da formação corresponde uma proeminente discordância erosional. Já o contato superior é regionalmente intergradacional e bem definido em subsuperfície.

2.1.5 - Formação Serraria

Esta unidade é composta de arenito branco, acinzentado e avermelhado, de granulação média a grosseira, mal a regularmente selecionada (grãos frequentemente subangulares), feldspático, caulínico, localmente conglomerático. O topo da formação apresenta arenitos com fileiras de grânulos

los e cascalhos e numerosas ocorrências de troncos de madeira silicificados. Inclusões ou mesmo camadas de matéria carbonosa são encontradas em associação com os arenitos da formação. É comum a estratificação cruzada, que se pode considerar uma característica da unidade. Os afloramentos da formação se distribuem na borda oeste da bacia, desde a cidade de Muribeca, em Sergipe, até o rio Piauí. Em superfície é geral sua ocorrência, estando ausente apenas nos altos regionais, que sofreram intensa erosão ao fim do Cretáceo Inferior. A julgar pela posição e relações estratigráficas, refere-se uma idade Cretáceo Inferior (ou Jurássico Superior?) para estes sedimentos.

2,2 - Subgrupo Coruripe

É representado pelo pacote sedimentar constituído por clásticos grosseiros afins, com alguns bancos de calcários não marinhos intercalados. A unidade engloba todos os sedimentos compreendidos entre a base da formação Muribeca e o topo da Serraria.

O subgrupo foi dividido em seis formações, comentadas a seguir pela ordem de sedimentação:

2.2.1 - Barra de Itiúba

2.2.2 - Penedo

2.2.3 - Rio Pitanga

2.2.4 - Morro do Chaves

2.2.5 - Coqueiro Seco e

2.2.6 - Ponta Verde

2.2.1 - Formação Barra de Itiúba

É constituída por uma sequência monótona de

fg

folhelhos, com intercalações relativamente delgadas de arenitos, siltitos e calcários.

Em superfície, por motivo da fácil alteração dos folhelhos, são raros os seus afloramentos, a não ser quando intercalados com leitos de arenitos, siltitos ou calcário. Em subsuperfície, a percentagem dos folhelhos parece mais elevada. Os folhelhos são agulhados e lisos, de coloração verde-oliva a negra, em parte calcíferos, podendo conter pequenos nódulos calcários. Os arenitos da unidade são muito finos e bem selecionados, em geral limpos, de coloração clara, variando do cinza ao branco. Os calcários muito duros, podem ser microcristalinos ou coquinas ostracoidais.

As exposições da formação são encontradas desde os vales dos rios Japarutuba e Japarutuba-Mirim, em Sergipe, até os rios Perucaba e Boacica, em Alagoas. A espessura é variável. Em Sergipe ela parece estar truncada por uma discordância eocretácica; a unidade tem espessura relativamente reduzida, não costumando ultrapassar os 500 m. Em Alagoas, onde a sedimentação deve ter sido mais contínua, atinge espessuras da ordem de 2.000 m. A idade da formação de Barra de Itiúba é referida ao Cretáceo Inferior.

2.2.2 - Formação Penedo

É constituída de espessas sequências de leitos de arenitos mal classificados, com intercalações de folhelhos e siltitos. Os arenitos têm coloração branca e cinzenta a amarelada. Grãos de feldspatos alterados para caulim lhes conferem um pontilhado branco característico. Apresentam, em sua maioria, estratificação cruzada. Os folhelhos, placosos e aciculares, em parte micáceos, têm suas cores variadas do verde-claro ao cinza-escuro. Os siltitos, em

geral acinzentados e micáceos, ocorrem em distribuição ir regular através de toda a seção. Localmente, se constata a presença de calcários argilosos e impuros. Esta formação aflora, em áreas descontínuas, desde o vale do rio Japaratuba, em Sergipe, até o vale do rio Coruripe, em Alagoas. A espessura média situa-se em torno de 800 m. A sua idade é atribuída ao Cretáceo Inferior.

2.2.3 - Formação Rio Pitanga

Caracteriza-se pela ocorrência de clásticos grosseiros, predominantemente formados em tálus e leques aluviais. Em geral é formada por conglomerados e brechas policompostos, de coloração esverdeada a avermelhada, brechas muito fechadas, argilosas e normalmente duras.

A formação aflora em faixas descontínuas na borda oeste da Bacia Sergipe/Alagoas, desde Propriá até Muribeca, em Sergipe. Em subsuperfície, ocorrências desta unidade são reconhecidas desde as áreas de Itaporanga e Riachuelo até Taquari, em Sergipe. A sua espessura é bastante variável, com as maiores possanças em torno de 800 m, observadas nas bordas externas do Baixo de Japaratuba, em Sergipe. Em Alagoas ainda não se conhece nenhuma ocorrência desta formação. A sua idade é inferida como sendo do Cretáceo Inferior.

2.2.4 - Formação Morro do Chaves

É caracterizada pela ocorrência de bancos e leitões de calcários e margas coquinóides, em grande parte gredosos, de coloração cinza-clara, branca e rósea. Através da litologia diagnóstica, e em parte predominando sobre

ela, ocorrem leitões de folhelhos castanhos, verdes ou cinzentos, lisos e micromicáceos, em parte calcíferos e sílticos, intercalados com arenitos finos a médios, cinzentos, em geral calcíferos, com ocasionais horizontes grosseiros a conglomeráticos.

Em Sergipe, são conhecidos afloramentos nas vizinhanças das localidades de Muribeca, Visgueiro, no Riacho dos Pilões, perto da cidade de Japoatã e no Morro do Chaves, próximo de Propriá. Em Alagoas, no vale do rio São Miguel e na localidade de Pedreira, a sudeste da cidade de Porto Real de Colégio. Em subsuperfície, a extensão da unidade é regional, sendo conhecida desde a área de Japaratinga, no norte de Alagoas, até a área de Baixa Grande, em Sergipe. Aí a espessura não costuma exceder de 200 m e em Alagoas atinge 1.500 m. A sua idade é Cretáceo Inferior.

2.2.5 - Formação Coqueiro Seco

É constituída de alternâncias monótonas de arenitos, folhelhos e siltitos. Os arenitos possuem granulação fina a média, com níveis grosseiros a conglomeráticos. Há frequentes intercalações sílticas através desses arenitos. Os folhelhos são em geral castanhos, betuminosos a sub-betuminosos, em parte sílticos e muitas vezes laminados, contendo delgadas intercalações de calcário dolomítico castanho cripto a microcristalino. Em virtude das fortes variações faciológicas observadas através da unidade, colocam-se em evidência diferentes tipos litológicos, permitindo a individualização de quatro membros: X

- a) Arambipe
- b) Francês
- c) Roteio e

d) Manguaba

- a) Membro Arambipe - caracteriza-se pela predominância de areias e arenitos de granulação média a grosseira, de grãos subarredondados. A razoável abundância de caulim, em lentes ou disseminado, confere ao membro uma coloração esbranquiçada, que lhe é diagnóstica;
- b) Membro Francês - é caracterizado pela abundância de horizontes de areia grosseira a granular, de fragmentos de quartzo e feldspato alaranjado, intercalados com lentes e bancos de folhelhos castanhos, placosos, sub-betuminosos a betuminosos;
- c) Membro Roteio - é constituído por espessos horizontes de folhelho castanho, localmente associado a lâminas de calcário acastanhado;
- d) Membro Manguaba - caracteriza-se por folhelhos acastanhados, sub-betuminosos a betuminosos, com frequentes intercalações de calcário castanho criptocristalino, laminado, em geral dolomítico, gradando a dolomito, cuja abundância distingue esta unidade. Próximo aos limites superior e inferior existem leitos de arenitos, médios a grosseiros, caulínicos a feldspáticos e mal selecionados.

Os sedimentos da formação Coqueiro Seco são conhecidos da área de Jequiá até Maceió, em Alagoas. As maiores espessuras coincidem com regiões estruturalmente rebaixadas do Graben de Alagoas. Os afloramentos da unidade são frequentes mas denunciam forte ataque de intemperismo, que, em geral, os deixou mal preservados ou transformados em solo. A idade dos sedimentos é considerada Cretáceo Inferior.

2.2.6 - Formação Ponta Verde

É constituída predominantemente de folhelho cinza-esverdeado, acicular. Ocorrem ocasionais e delgadas intercalações silto-arenosas, através de litologia típica e dominante.

Esta formação até agora não foi identificada em afloramento, enquanto que em subsuperfície sua ocorrência se verifica na parte sul do mínimo estrutural de Alagoas, na área compreendida entre as localidades de Pilar, Mal. Deodoro, Maceió e Fernão Velho.

A espessura média varia em torno de 200 m. A sua idade é atribuída ao Cretáceo Inferior.

3 - Formação Muribeca (aptiano)

O termo Muribeca foi a designação dada aos sedimentos aflorantes próximo à cidade homônima, em Sergipe. Posteriormente, correlações errôneas induziram ao equívoco de também incluir na formação Muribeca os evaporitos e rochas associadas. O nome Muribeca ficou posteriormente consagrado dada a importância econômica desta formação como principal produtora de hidrocarbonetos.

Nesta formação ocorre uma fauna pobre de ostracóides não marinhos do genero Cytheridea. Alguns fósseis têm sido observados, representados principalmente por moluscos de peixes, moluscos e restos vegetais carbonizados. A partir desses fósseis, infere-se uma Idade Aptiana para os estratos da unidade.

Na Bacia Sedimentar de Sergipe, a formação é representada pelo conjunto de sedimentos sobrepostos às unidades

des do grupo Baixo São Francisco ou mesmo do complexo cristalino. É uma formação tipicamente de subsuperfície, e depositou-se em ambiente essencialmente evaporítico.

Os membros que constituem esta formação têm contatos concordantes, ao passo que são observadas discordâncias entre os limites superior e inferior da formação.

De uma maneira geral pode-se individualizar dois períodos em que as condições ambientais propiciaram a deposição de evaporitos - anidrita e sais solúveis - na formação Muribeca: evaporitos Paripueira do membro Maceió, mais antigos, e evaporitos Ibura/Oiteirinhos, mais novos.

As ocorrências de sais solúveis do membro Ibura, nos domínios Santa Rosa de Lima, Taquari, Vassouras, Aguilhada, Timbó, Ilha das Flores e Mosqueiro possuem identidade mineralógica e, aparentemente, constituíam uma única bacia salífera.

A formação Muribeca é constituída de folhelhos betuminosos, calcários laminados, evaporitos, arenitos e conglomerados. Segundo a maior ou menor frequência destes tipos litológicos, a unidade pode ser subdividida em cinco membros, a saber:

- a) Membro Maceió - formado por intercalações de arenito cinza-claro e castanho, fino a grosseiro, calcífero, feldspático e folhelho betuminoso castanho, com intercalações de calcário dolomítico castanho.

Ao longo da base do membro ocorre uma boa camada-chave de calcários laminados, com folhelhos, que informalmente é denominada "calcário Mundaú". Através do membro Maceió ocorrem camadas de salgema denominadas "evaporitos Paripueira".

- b) Membro Tabuleiro dos Martins - caracteriza-se pela predominância de folhelho castanho, betuminoso, em parte síltico, com intercalações de calcários castanhos. Registram-se ocasionais desenvolvimentos de arenitos e siltitos.
- c) Membro Carmópolis - é uma unidade essencialmente de clásticos, geralmente grosseiros a mui grosseiros, constituídos de arenitos conglomeráticos a conglomerados policompostos, com matriz argilo-calcífera e intercalações de folhelhos cinza e castanhos escuros, geralmente duros, calcíferos.
- d) Membro Ibura - este membro caracteriza-se por conter a zona de sais solúveis, que se estende por grande parte da bacia. Por sobre esta zona, os sedimentos se classificam por intercalações íntimas e sucessivas de folhelhos cinza a castanho e calcários, tendo de permean camadas de anidritas cinza azuladas, criptocristalinas e associadas a siltitos cinza a cinza escuro, micáceos, calcíferos e alguns arenitos cinza claros a cinzas, finos a ocasionalmente médios, porosidade aparente muito fraca, calcíferos. Localmente, aparece um calcário dolomítico cinza a cinza escuro, creme e castanho, duro, que grada para dolomito. Abaixo da zona salífera aparecem alguns calcários e dolomitos, por vezes associados a Anidrita. A espessura do Ibura está variando entre 150 a 600 m.
- Os horizontes de Anidrita deste membro são formados por Anidrita nodular cimentada por material calco-argiloso, conferindo ao conjunto um aspecto brechóide, caráter que não é exclusivo de camadas de Anidrita, pois é comum nos clásticos de todo o membro Ibura.
- e) Membro Oiteirinhos - neste membro predominam os clásticos

cos finos, representados por folhelhos cinzentos e castanhos, com interlaminações de calcário castanho-claro, e, ainda, intercalações locais de arenitos e siltitos. Me receu citação a identificação de uma camada-guia neste Membro, denominada "Dois Picos", e constituída por folhelho radioativo.

Como a formação Muribeca é a que apresenta maior importância, no que diz respeito ao presente Relatório, daremos a seguir um sumário do seu comportamento estratigráfico.

Ela se estende por grande parte da Bacia Sergipe/Alagoas. Em Sergipe, só estão presentes os sedimentos que constituem a porção superior da formação e em Alagoas acontece justamente o contrário. Os membros Carmópolis e Ibura são os únicos presentes, tanto na parte alagoana como na sergipana. Entretanto, o Ibura em Alagoas ocorre a profundidades pequenas, tendo sido quase que totalmente removido pela erosão. O membro Oiteirinhos, por sua vez, aparece apenas em Sergipe.

A espessura da unidade é extremamente variável, verificando-se em Alagoas as maiores possanças. Espessura média da ordem de 1.000 m são comuns.

O contato inferior é discordante em Sergipe e ao norte de Alagoas, assentando os seus sedimentos sobre estratos mais antigos do sub-grupo Coruripe. Já em Alagoas, na região de Maceió, a formação Muribeca parece estar concordantemente sobreposta aos folhelhos verdes da formação Ponta Verde. O contato superior da unidade é por discordância local em Sergipe, onde a unidade se acha coberta pelos folhelhos marinhos da formação Riachuelo, e nitidamente discordante, em Alagoas, onde os sedimentos da unidade tendem a aflorar, estando as exposições marcadas pela cobertura dos clás

ticos da formação Barreiras.

4 - Grupo Sergipe

Consta das seguintes formações:

4.1 - Formação Riachuelo (Albiano Superior/Albiano Inferior)

Representa uma íntima associação litológica formada por rochas carbonáticas, folhelhos, siltitos e arenitos, sobrepostos aos estratos não marinhos da formação Muribeca e sotopostos às rochas carbonáticas da formação Cotinguiba. A formação Riachuelo estende-se desde o flanco sul do "horst" de Penedo e do Alto Muribeca/Japoatã, em direção ao sul, para além do rio Vaza-Barris, em Sergipe. Ocorre, ainda, no "graben" de Pontal de Coruripe, em Alagoas.

As exposições da unidade se distribuem em Sergipe, numa faixa de cerca de 20 km de largura, entre a área de Ita poranga até o vale do rio Poxim, ao norte de Pacatuba.

A formação tem espessura relativamente uniforme, que oscila em torno de 500 m.

A possança dos seus membros, contudo, é bem variável e irregular. Quatro membros podem ser destacados nesta unidade:

- a) Membro Angico - caracterizado pelos clásticos médios a grosseiros sobrepostos aos sedimentos marinhos da formação Muribeca, e sotopostos, estratigraficamente, ao Membro Taquari. Apresenta arenitos finos a conglomeráticos, intercalados de siltitos, folhelhos e calcários. Os arenitos e siltitos podem apresentar leitos coquinóides, e têm suas conchas semelhantes a Turritella, distri-

buídas em finas camadas regulares.

- b) Membro Taquari - este membro é composto de folhelhos marinhos, intercalados de calcários, que ocorrem, estratigraficamente, sobrepostos ao Membro Angico ou à formação Mu ribeca e sotopostos ao Membro Maruim.

Os calcários são brancos a cinzentos, homogêneos, criptocristalinos e em parte margosos, apresentando, localmente, horizontes algálicos. Os folhelhos são cinzentos, em parte listrados, calcíferos, micromicáceos e físicos. Localmente podem ocorrer inclusões anidriticas. Em superfície estes sedimentos mostram cores amareladas.

- c) Membro Maruim - constituído de calcários colíticos a pisolíticos. Em superfície também se fazem notar os recifes algálicos, uma vez que resistem bem à erosão.
- d) Membro Aguilhada - caracteriza-se por espessa seção de dolomitos sobrepostos aos calcários colíticos e pisolíticos do membro Maruim. Este membro consta, em essência, de dolomito sacaróide, creme a castanho, com intercalações de arenito fino a conglomerático, folhelho verde, cinza ou vermelho, e ocasionais outras de calcários ainda não dolomitizados.

4.2 - Formação Cotinguiba (TURONIANO-SANTONIANO)

A formação caracteriza-se pela predominância de calcários com ocorrência local de clásticos. Esta formação repousa sobre os estratos Riachuelo e é recoberta pelos sedimentos Piaçabuçu, em áreas litorâneas.

De acordo com as variações litológicas observadas, dois membros podem ser individualizados:

- a) Membro Aracaju - formado pelas intercalações de folhelhos

e calcários situados na porção basal da formação Cotinguiba.

- b) Membro Sapucari - constituído por calcários maciços e estratificados.

4.3 - Formação Piacabuçu

Definida pelo conjunto de estratos formados por folhelhos cinzentos a esverdeados, clásticos piritosos, médios a grosseiros, calcários e dolomitos, que ocorrem sobrepostos à seção calcária da formação Cotinguiba.

Dois membros podem ser individualizados nesta unidade:

- a) Membro Calumbi - constituído por folhelhos e argilitos cinzentos e esverdeados.
- b) Membro Marituba - formado por clásticos grosseiros e calçários e dolomitos, em geral piritosos.

5 - Formação Barreiras (Terciário)

É uma formação continental constituída de areias grosseiras e cascalhos quartzosos, geralmente não consolidados, cimentadas por material argiloso de cor variegada, intercaladas com argilas amarelas, avermelhadas, vermelhas, plásticas e não calcíferas.

A formação é superficial e se estende por grande parte da bacia, tendo o seu contato inferior sempre discordante com as diversas formações subjacentes.

6 - Quaternário

Os depósitos quaternários e de origem continental e

litorânea, são informalmente englobados sob a denominação de sedimentos de praia e aluvião.

3 IV.II - Geologia Estrutural

As feições estruturais fundamentais da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas podem ser identificadas no Mapa Gravimétrico "Bouguer" (Anexo nº 4).

Essas feições estruturais são, resumidamente, as seguintes:

Sergipe: a plataforma de Estância, o Baixo do Mosqueiro ... ("graben"), o Alto Regional de Sergipe, o Alto de Siririzinho, o Baixo de Divina Pastora, o Baixo de Japaratuba e o Baixo de São Francisco.

Alagoas: o Alto de Penedo ("Horst"), o Alto de Palmeira Alta e o Baixo de Alagoas ("graben").

O mesmo Mapa Bouguer identifica dois sistemas principais de falhas com eixos grosseiramente ortogonais, com direções gerais SW-NE e NW-SE, os quais foram comprovados e devidamente testados pelos trabalhos realizados pela PETROBRÁS. Estes sistemas são importantíssimos para a definição da configuração geológico-estrutural da Bacia e caracterizam-se por falhas de gravidade de ordem regional e local.

As evidências de falhamentos mais antigas (conglomerados associados a escarpas de falha, discordância e ausência ou aumento de seções), observadas nas sequências Paleozóica e Mesozóica da Bacia, remontam ao início da deposição da formação Pitanga (Wealden). Aparentemente esse tipo de tectônica esteve atuante até o Terciário Superior, principalmente nos bordos nordeste e oeste da Bacia. X

Os principais falhamentos ocorreram entre o andar Santo Amaro e Alagoas (pré-Ibura/Carmópolis), quando então foi definida a configuração regional da estrutura da bacia sedimentar. As atividades tectônicas do Paleozóico até o Jurássico são ainda pouco conhecidas.

Na formação Muribeca as unidades mais atingidas pela tectônica de falhamento foram os membros Maceió e Tabuleiro dos Martins. Os membros Carmópolis, Ibura e Oiteirinhos foram atingidos apenas pelas falhas da borda da bacia e raras falhas que a cruzam transversalmente (Ex.: falha do Rio Betume, NE de Sergipe).

Pode-se distinguir, genericamente, 3 (três) períodos principais de falhamento na Bacia Sergipe/Alagoas: pré-Alagoas médio (pré-Muribeca); Alagoas médio-Albiano (Muribeca-Riachuelo) e Cretáceo Superior-Terciário (Cotinguiba-Piaçabuçu).

Os sedimentos da formação Muribeca na área da Bacia de Sergipe não se encontram cortados por falhas de grande rejeito. As falhas da borda oeste-noroeste (Itaporanga e Rio Betume) constituem exceções. Nos falhamentos pré-Muribeca, por sua vez, estão ausentes os reativamentos significativos, não atingindo, portanto, o topo do membro Carmópolis.

A discordância pré-Muribeca constitui uma feição estrutural das mais importantes da Bacia de Sergipe, não sendo identificada, entretanto, na Bacia de Alagoas.

Importante contribuição à atual conformação estratigráfico-estrutural da bacia, principalmente da sequência salífera, pode ser atribuída aos movimentos halocinéticos.

No capítulo específico da geologia da jazida são tecidas considerações mais detalhadas sobre a geologia estrutural da mesma. ~~X~~

IV.III - História Geológica

O Cretáceo Inferior da bacia de Sergipe-Alagoas, na época pré-aptiana, depois da deposição de sedimentos de idade de Poxim, como de resto nas demais bacias costeiras brasileiras (inclusive suas extensões submarinas, ao longo da costa adjacente), foi caracterizado por movimentação tectônica.

Em Sergipe, uma das direções predominantes das linhas de fraturamento corresponde grosseiramente à linha da costa, enquanto a outra situa-se na direção geral NW-SE.

A Plataforma de Estância e o Alto de Sergipe - ou de Aracaju, como preferem os geólogos da RPNE da Petrobrás - constituíam áreas positivas.

Ao fim da fase diastrófica pré-aptiana, o Alto de Aracaju foi rapidamente invadido pelo mar aptiano, inicialmente com deposição clástica grosseira se processando nos seus paleovales.

Sobre a Plataforma, no processo da transgressão marinha aptiana, sincronicamente com a unidade equivalente ao chamado "folhelho capeador" do Campo de Carmópolis, diretamente sobre as rochas metamórficas, foram depositados os clásticos finos da formação Muribeca. Nas demais partes da bacia a sedimentação se reinicia sobre uma superfície de discordância, de curto hiato, que se prolongou até fins dos tempos iniciais aptianos do Muribeca (definição de superfície). Mas a desnudação da Plataforma de Estância, outra área positiva no extremo sul, continuou até o início do Turoniano.

Entre essas duas áreas positivas pré-aptianas desenvolvia-se a fossa de Mosqueiro.

Na Plataforma de Estância, o mar Turoniano depositou inicialmente conglomerados e arenitos, mudando rapidamente

te o litofacies para os calcários Sapucari que lhes são so brejacentes. Na fossa de Mosqueiro, entretanto, continuava o processo de deposição, em decorrência da continuidade da subsidência de sedimentos clásticos finos (arenitos e folhelhos) através do Maestrichtiano e Paleoceno marinhos, constituindo notável evento na história geológica da bacia. Na área fronteira, na plataforma submarina, os levantamentos sísimos indicam espessuras consideráveis de sedimentos terciários marinhos, tão prolíficos em hidrocarbonetos no Golfo do México.

Na Plataforma de Estância, ao longo da falha de Itaporanga que, de acordo com a geofísica, corresponde mais exatamente a uma zona de falhas, podendo assemelhar-se a uma charneira, ter-se-iam desenvolvido "reefs" potencialmente petrolíferos durante sua invasão pelo mar Turoniano. Nessa Plataforma os sedimentos turonianos assentam-se sobre remanescentes do Grupo Vaza-Barris, cujos representantes litótopos, por sua vez, assentam-se em discordância angular sobre os arenitos grosseiros, vermelhos, da formação Estância, pelo menos na maior parte da área.

Ao norte, a separação das bacias de Sergipe (com deposição marinha pós-Poxim-São Miguel, do Cretáceo Inferior) e Alagoas é imposta pelo Alto de Penedo.

É possível que na fossa tectônica de Japaratuba a subsidência tenha sido progressiva até o Aptiano e a sedimentação tenha sido contínua.

Entre o "horst" de Pacatuba e o Alto de Penedo está o Baixo de São Francisco.

Convém chamar a atenção para o fato de que o tectonismo pré-aptiano foi caracterizado, em toda a bacia, por esforços de tração, do que resultaram falhamentos do tipo norx

mal. Irradiando do Alto de Sergipe e balizado por esses falhamentos, existe um "trend" estrutural que vai de Carmópolis em direção à cidade de Muribeca, já próximo ao contato cristalino.

Um outro "trend" passa logo ao oeste de Quiçamã, Riachuelo e Divina Pastora, marcando com os demais já referidos as áreas geologicamente favoráveis quanto à ocorrência de outros campos de petróleo.

A Bacia Evaporítica de Sergipe, formada em mar epicontinental, está representada esquematicamente no Mapa de Situação (Anexo 1) e o Paleogeográfico (Anexo 2), que mostram os contornos prováveis da bacia salífera aptiana. Há uma bacia interiorana, que se estende de Japaratuba até Santa Rosa de Lima. Esta bacia se comunica com outra que ocupa extensa faixa paralela à costa.

A bacia interna está ligada, possivelmente, pelo menos por um canal estreito e raso à bacia costeira. Não se pode afirmar como se processou a ligação desta bacia maior, costeira, com o oceano. A existência desse canal pode ser atestada pela presença de halita. As dimensões estreitas e rasas do mesmo são indicadas pela presença de sais de potássio e magnésio nos furos da ITATIG e da IBASA em Cotinguiba, assim como no AU-1, PU-1 e diversos dos poços da plataforma continental de Sergipe, furados pela PETROBRÁS.

A água do mar, entrando na bacia costeira, se deslocava rumo à praia em corrente superficial, onde se dava a evaporação. Quando próximo à borda da bacia, a salmoura já densa descia em corrente vertical em busca da zona de igual densidade e, em seguida, deslocava-se no sentido da região mais profunda. Caso não houvesse obstáculo, a salmoura concentrada retornaria ao mar, nele se diluindo. Neste regime de circulação, poderiam se formar pacotes de calcário, dolo

mito ou anidrita que, reduzindo a seção vertical do canal, proporcionaria condições à cristalização da halita na bacia. A redução progressiva da seção do canal, ou o reajustamento crostal, dificultou e até paralizou o retorno da salmoura densa para o mar, em corrente submarina. Deste ponto em di ante, havendo equilíbrio entre o influxo e a evaporação, a salmoura foi se concentrando, chegando ao ponto de depositar espessos pacotes de halita.

A salmoura, existente na bacia interna, já era substancialmente concentrada e quase isenta de calcário e anidrita, os quais ficaram depositados próximo ao canal da bacia costeira.

Na halita basal de Taquari-Vassouras, foram encontrados teores em bromo de 0,0055%, fato encontradiço nas primeiras halitas cristalizadas da água do mar. É possível que a deposição da halita basal seja anterior ao confinamento da bacia costeira e à formação de canal.

Conforme demonstrado pelo perfil de bromo das halitas, predominou preliminarmente um regime de cristalização de salmouras pré-concentradas e posteriormente um regime de cristalizações alternadas, em função de enriquecimentos periódicos da salmoura provocados pela dissolução da halita e por acesso de novas salmouras. O ciclo deposicional evaporítico completo é constituído pela sequência calcário-gipsita-halita-sais de magnésio e potássio-halita-gipsita-calcário, e resulta da evaporação de uma salmoura, cada vez mais concentrada por evaporação até o meio do ciclo, seguindo-se a precipitação em sequência inversa, com a concentração de salmoura decrescendo até atingir o nível inicial.

Em resumo, podem ser destacados os seguintes eventos principais, relacionados com a deposição dos evaporitos. ~~X~~

- a) submergência da bacia Japaratuba-Santa Rosa de Lima e de posição das camadas basais, após a deposição do membro Carmópolis;
- b) individualização das bacias Santa Rosa de Lima e Taquari-Vassouras pela elevação relativa do Alto de Siririzinho, e fluxo de salmoura no sentido Santa Rosa de Lima para Taquari-Vassouras;
- c) controle de deposição pela profundidade do canal;
- d) cristalização em condições normais de evaporação;
- e) sepultamento dos evaporitos no tempo Ibura e arqueamento dos estratos, com a transgressão em progresso; e
- f) ausência de metamorfismo geotermal e regressivo. Metamorfismo por soluções secundárias, externas, de baixo para cima. ~~X~~

V - GEOLOGIA DA JAZIDA

A grande massa de dados obtidos pelo D.N.P.M. - Projeto Potássio e pela PETROBRÁS, na Área de Reserva Nacional e adjacências, possibilitou a definição dos parâmetros geológicos interessando as formações que integram a Bacia Sedimentar de Sergipe, em particular a Formação Muribeca, que encerra os depósitos de evaporitos da região.

Na Área de Reserva Nacional, além de centenas de poços abertos nos campos petrolíferos de Carmópolis e Siririzinho, foram perfurados 40 poços, distribuídos por toda a área, sendo 15 pela PETROBRÁS e 25 pelo Projeto Potássio, estes últimos realizados especificamente para estudo dos depósitos de sais solúveis de Sergipe.

Nas áreas requeridas foram perfurados 25 poços, sendo 3 pelo Projeto Potássio e os restantes pela PETROBRÁS. Destes, 12 revelaram presença de sais solúveis, o que não aconteceu com os demais.

Nas áreas requeridas foram perfurados, além dos poços do Projeto Potássio (PKC-2, PKC-3, PKC-25), 9 poços que apresentam sais solúveis, totalizando 12 poços positivos e 13 negativos (excluindo os poços MR-1 e MR-2 que não foram perfurados face a dificuldades técnicas de perfuração), conforme o quadro apresentado em seguida. Observa-se que nos estudos, além dos poços referidos, foram usados os elementos dos poços próximos às áreas requeridas como CPF-1-SE, PU-3, RCst-1, os CP (Campo Carmópolis) e outros.

Todos os poços positivos do Projeto Potássio, e alguns da PETROBRÁS, foram testemunhados. Os testemunhos foram amostrados e analisados, confeccionados perfis compostos, escala 1:200, com curvas de raios Gama e Neutrão, coluna litológica

ca, descrição de testemunhos e amostras, bem como da coluna esquemática das estruturas, totalizando 26 perfis compostos (Anexos 15).

Deve-se esclarecer que os poços PKC-3 e PKC-2 foram executados pelo Projeto Potássio e o poço FC-1-SE pela PETROBRÁS, todos positivos, fora da Área de Reserva Nacional e encravados nas atuais áreas pesquisadas. Além dos perfis compostos dos poços acima, estão anexados neste Relatório todos os perfis eletro-radioativos, escala 1:1.000, corridos nos poços anteriormente mencionados, inclusive os perfis dos furos situados nas adjacências (Anexo 16).

Os tipos de perfis corridos nos poços são: E-Indução, Laterolog, Sônico/Caliper, Gama/Neutrão, Densidade (gama/gama) com Caliper, Densidade/Gama com Caliper e Dipmeter, variando de poço a poço, dependendo das condições da lama na época em que foram realizados e da finalidade do poço. *f*

Relação dos Poços nas Áreas Pesquisadas

FUROS		PF	Base Muribeca Profundidade m *	Espessura Sais Solúveis m	Espessura Sedimentos não marinhos m **	EMBASAMENTO DOS SAIS SOLÚVEIS
POSITIVO	FC-1	733	694	103	39	PF-M. Carmópolis
	PKC-3	1328	1328	249	-	"
	PKC-2	1063	1063	138	-	"
	AG-1	1935	1397	39	420	1817 m
	AG-2	1333	1333	288	-	PF-M. Carmópolis
	AG-3	1355	1355	84	-	"
	AG-4	1317	1317	262	-	"
	AGN-1	1473	1389	37	84	PF-F. Barra Itiúba
	JD-1A	1548	1520	127	28	PF-F. Bananeiras
	PL-1	1580	1424	115	156	"
	PU-1	1430	1356	184	74	PF-F. Rio Pitanga
	LM-1	1480	1285	161	195	"
NEGATIVO	PKC-25	704	704	0	-	PF-M. Carmópolis
	EM-1	540	465	0	75	PF-F. Penedo
	SEM-1	797	690	0	107	"
	VV-1	2696	1345	0	1351	PF-F. Bananeiras
	MR-3	1277	N.A.	-	-	PF-M. Angico
	BGst-1	2445	1423	0	1010	2433 m
	JT-1	1820	1337	0	483	PF-F. Serraria
	SJst-1	1984	875	0	1068	1943 m
	BD-1A	1543	1502	0	41	PF-F. Barra Itiúba
	CPU-1	1612	1574	0	38	"
	PU-2+	1452	1309	0	121	1430 m
	AN-1	1178	1159	0	0	1159 m
	AS-1	1255	1212	0	0	1212 m

M - Membro

F - Formação

PF - Profundidade Final (assinalada a unidade atingida)

* - Espessura aproximada dos sedimentos marinhos

** - Sedimentos subjacentes perfurados

(+) - Falhado

A Formação Muribeca é tida como a unidade mais importante, sob o ponto de vista econômico, da Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas. Dois dos seus Membros, existentes em Sergipe - Carmópolis e Ibura - contêm grandes reservas de bens minerais. O Membro Carmópolis notabilizou-se por conter reservatórios de hidrocarbonetos e o Membro Ibura por encerrar espessas camadas salíferas, objeto principal deste Relatório.

Conforme já foi mencionado sumariamente, no capítulo IV do presente trabalho, a Formação Muribeca é caracterizada litologicamente pela interlaminação de folhelhos cinza e castanho-escuro com calcário e dolomito castanho-claro, o que lhe atribui um aspecto varvítico. Por observações feitas em situações semelhantes, pode-se concluir que essa litologia é típica de ambiente evaporítico (mar epicontinental), sofrendo, no entanto, outras influências ambientais ao longo de sua deposição, permitindo a sua divisão em 5 Membros assim nomeados: Maceió, Tabuleiro dos Martins, Carmópolis, Ibura e Oiteirinhos.

No Membro Maceió, apenas existente em Alagoas, ocorrem algumas intercalações de evaporitos, representadas por horizontes de Halita. O Membro Tabuleiro dos Martins, reconhecido naquela Bacia, é constituído de folhelhos cinza-escuro a preto e castanho, betuminosos, interlaminados com calcário dolomítico castanho claro, litologicamente típicos da Formação Muribeca. Estes Membros, possivelmente, foram erodidos ou não depositados na Bacia de Sergipe, restando apenas os Membros Carmópolis, Ibura e Oiteirinhos.

O Membro Carmópolis constitui-se de arenitos e conglomerados depositados nas escarpas de falhas (pré-Muribeca) e em paleorrelevos, parcialmente coincidentes com os baixos estruturais. Este Membro é o reservatório de óleo dos campos petrolíferos de Carmópolis, Siririzinho e Riachuelo. X

Os Membros Ibura e Oiteirinhos, que constituem a seção evaporítica propriamente dita, serão descritos de acordo com o zoneamento detalhado, efetuado pelo Geólogo J. C. Fonseca, da CPRM (Anexo 5). Tal estudo teve por finalidade o detalhamento estratigráfico da seção evaporítica, nomeando as várias zonas dos diversos sais, facilitando assim atuais e futuras identificações e correlações estratigráficas dos mesmos, tarefa que ensejou o cálculo das reservas por zona salina.

Para o zoneamento, foram utilizados todos os dados existentes, tais como perfis compostos de 26 poços (Anexo 15), análises químicas, perfis eletro-radioativos e testemunhos.

Após preparado o zoneamento estratigráfico foi confeccionado um quadro mostrando os intervalos de amostragem e respectivos resultados de análises (Anexo 14-1), no qual foram tabulados os teores médios das principais zonas de Silvinita e de Carnalita com suas correspondentes espessuras.

Também foi preparada uma seção estratigráfica ilustrada com perfil de Raios Gama, na qual foram identificados os zoneamentos dos evaporitos, com base nos elementos disponíveis (Anexo 6).

A seção de sais solúveis pertencente aos Membros Ibura e Oiteirinhos é composta de camadas e/ou zonas de Halita, Silvinita, Carnalita, Taquidrita e algumas zonas de folhelhos. A Silvinita está disposta em camadas, constituídas pela mistura mecânica de cristais de Silvita e Halita. Esta seção ocorre nas sub-bacias de Santa Rosa de Lima e de Taquari-Vassouras, compreendendo partes dos campos petrolíferos de Carmópolis e de Siririzinho, e ainda na de Aguilhada, na área considerada, com espessuras variando entre algumas dezenas a centenas de metros, atingindo um máximo de 466 metros no poço PKC-1-SE, situado próximo à fazenda Taquari, considerado depocentro da sub

bacia de Taquari/Vassouras.

Além dessas sub-bacias ocorrem outras mais profundas, tais como a de Piranhas/Timbó, a de Ilha das Flores e a de Quiçamã/Socorro/Aracaju, todas com intercalações de zonas salinas delgadas, além da de Mosqueiro/Plataforma Continental, com es pessa seção de sais solúveis situada em profundidades superio res a 2.500 metros.

Cumprе assinalar que essas sub-bacias estiveram in tercomunicadas, pelo menos durante o período de deposição dos sais solúveis.

A seção evaporítica foi dividida em 10 ciclos, obedecendo ordem numérica, a partir da base. Estes ciclos, por sua vez, foram subdivididos em zonas designadas pela letra inicial de um ou de dois componentes predominantes e/ou principais, se guidos do número do ciclo correspondente. Vale salientar que embora os ciclos, em geral, possuam na base folhelhos e/ou Halita argilosa, com lamínas de Calcário por vezes associado à Anidrita, não representam forçosamente ciclos deposicionais, tendo em vista que os estudos de bromo efetuados na Halita das di versas zonas salinas indicam apenas concentração sucessiva da salmoura que deu origem aos diversos sais contidos nos ciclos de 1 a 6. Na realidade, poder-se-ia considerar os ciclos de sal como um único e grande ciclo, do qual os ciclos atualmente considerados seriam subciclos. Por outro lado, ciclos tais co mo 1, 9 e 10, poderiam ser subdivididos em subciclos, em virtude da intercalação de folhelho/calcário com Salgema ou Anidrita.

O ciclo 1, representando a seção basal dos evapori tos, contem na base uma sequência de folhelhos com lamínas de Calcário, passando a Calcário e Anidrita, a qual constitui o marco - "marker" - estratigráfico nº 1, denominado M1, base es

tratigráfica dos sais solúveis. Seguem-se intercalações sucessivas de Salgema e folhelho. Esses folhelhos, marcos M2, M3 e M4, apresentam lâminas e finos leitos de Calcário, em geral na parte superior, de características próprias, identificáveis no perfil gama. Na parte superior deste ciclo encontra-se uma seção de Carnalita que por vezes contem, no seu topo e na sua base, delgado leito de Silvinita, possivelmente de origem secundária, a partir da Carnalita.

O ciclo 2 inicia-se com o folhelho, marco M5, de elevada radioatividade, acusada no perfil gama, apresentando também finas intercalações de Calcário na parte superior. Seguem-se uma zona de Salgema e a primeira zona espessa de Carnalita C2, também designada zona espessa de Carnalita Inferior, representada por camadas mal estratificadas de Carnalita vermelha escura, de cristalização grosseira, com intercalações de Salgema laminado. Essa zona de Carnalita, em geral, possui teor médio de potássio superior ao da outra zona espessa de Carnalita C3-2 da seção salina. A zona de Carnalita C2 é dividida em duas subzonas C2-1 e C2-2, sendo a primeira mais rica em potássio e identificável no perfil gama. Localmente, como acontece a nordeste do Campo de Siririzinho, ocorre, na base dessa zona de Carnalita, uma delgada zona de Silvinita S2-1 e, no topo, espessa zona de Silvinita S2-2, também designada "Silvinita Inferior", com cristalização grosseira, possivelmente secundária, a partir da Carnalita.

O ciclo 3 inicia-se com uma seção de folhelho e Halita, zona FH-3, com finas lâminas de Calcário. Segue-se uma seção de Salgema que, localmente, contem uma zona de Carnalita C3-1, identificável nos poços PKC-8 e CP-17. O Salgema dessa seção, em geral, apresenta-se com cristalização grosseira e com disseminações de Carnalita, às vezes com manchas vermelhas, possivelmente resultantes da lixiviação da Carnalita da

zona C3-1. Segue-se a segunda zona espessa de carnalita C3-2, também designada zona espessa de Carnalita Superior, composta de intercalações de Carnalita vermelha, de cristalização grossa, e Salgema laminado. Próximo à base, encontra-se um leito de Salgema, designado marco M6A, sendo frequente, próximo ao topo, uma sub-zona de Taquidrita T3, associada a Carnalita e Halita.

O ciclo 4 inicia-se com uma seção composta por Halita e leitões de argila, com finas lâminas de Calcário e alguma Anidrita. Segue-se uma zona pouco espessa de Carnalita, com intercalações de Halita, tendo, na parte superior do ciclo, a primeira zona espessa de Taquidrita T4, de coloração alaranjada, cristalização grosseira, impura, com intercalações de Carnalita e Halita associadas a lentes de argila.

O ciclo 5 está representado por uma seção inferior de Halita com intercalação de folhelho, incluindo ainda espesso pacote de folhelho, Marco M8, caracterizado no perfil Neutrão por um pico de maior absorção, parcialmente associado a Taquidrita e Carnalita. A Halita e o folhelho apresentam finas lâminas locais de Calcário e Anidrita. Na parte superior do ciclo, encontra-se uma seção de Taquidrita, de ocorrência limitada à área de Vassouras.

O ciclo 6 tem, na base, uma seção de folhelho, Marco M9, Salgema com finas intercalações de Carnalita e Argila, além de finas lâminas locais de Anidrita. Segue-se uma seção composta de intercalações de Carnalita e Salgema, tendo na base uma zona rica de Carnalita, marco M10, também designada "Carnalita Rica". A parte superior do ciclo está representada pela segunda e mais espessa seção de Taquidrita T6, atingindo 100 metros no poço PKC-1-SE. Essa Taquidrita é limpa, clara, translúcida, de cristalização grosseira, apresentando uma camada de Carnalita, marco M11, no meio da seção, e intercalações

de Carnalita na base, denominada sub-zona TC-6.

O ciclo 7 é representado pelas principais zonas de Silvinita, intercaladas com zonas de Salgema. A zona de Silvinita S7-1, da base do ciclo, jaz sobre uma zona C7, de Carnalita/Halita, base do ciclo. A Carnalita apresenta-se, em parte, límpida e translúcida, ocorrência observada somente nessa zona. A Silvinita S7-1, possivelmente, é secundária e decorrente de lixiviação da Carnalita, pelo menos na sua parte inferior. Essa Silvinita se estende na área de Taquari/Vassouras, com espessuras consideráveis, atingindo um máximo de 9 metros. As zonas de Silvinita S7-2 e S7-3 são consideradas como um conjunto único na área de Taquari/Vassouras, vez que sua separação se faz por fina intercalação de Salgema, atingindo, localmente, grande espessura, em torno de 9 metros. Na área de Santa Rosa de Lima estas duas zonas são separadas por espesso pacote de Salgema, sendo duvidosa sua correlação com a área de Taquari/Vassouras. A zona de Silvinita S7-3 se estende na sub-bacia de Santa Rosa de Lima, com espessura da ordem de 6 metros. As zonas de Silvinita, já referidas, em suas áreas principais de ocorrência, apresentam teores elevados, acima de 20% de K_2O . O ciclo 7, na sua parte superior, termina com uma zona de Salgema menos espessa, caracterizada por frequentes lâminas de Halita, de cristalização muito fina, na sub-bacia Taquari/Vassouras.

O ciclo 8 inicia-se com uma seção de Salgema, contendo, na sub-bacia de Santa Rosa de Lima, espessa camada de Anidrita na base. Esta seção, marco M12, é caracterizada pela presença de argila, identificável no perfil radioativo Neutrão, que se estende nas sub-bacias Santa Rosa de Lima e Taquari/Vassouras. O ciclo termina com uma seção de Salgema clara, limpa, não argilosa, a qual, na área de Santa Rosa de Lima, se apresenta espessa e com diversas lâminas contorcidas de Ani

drita. Nesta seção de Salgema foi observada delgada zona de Silvinita S8, apenas no poço PKC-18.

Os ciclos 9 e 10 são mais extensivos em toda a bacia sedimentar.

No ciclo 9, predominam Anidritas que, em geral, mostram leitos com dobramentos enterolíticos - "enterolithic folding". A Anidrita do ciclo 9 apresenta nódulos - "displacively grown nodules" - dispostos em matriz calcífera e argilosa. Também estão presentes intercalações de folhelhos e de calcários. O marco M15 é caracterizado, no perfil gama, por intercalações de Anidrita e folhelho e o marco M16 por Anidrita Espessa, menos impura, com uma intercalação de folhelho laminado. A parte superior do ciclo é representada por uma seção de Salgema, ocorrente apenas nos poços PKC-6 e CPX-5 na sub-bacia de Taquari/Vassouras e nas sub-bacias localizadas a sudeste, fora da área objeto deste Relatório.

No ciclo 10 predominam intercalações de folhelhos e calcários castanhos laminados. Estão presentes duas seções caracterizadas pela presença de Anidrita e Calcário, revelados nos perfis eletro-radioativos e nos testemunhos. A seção do marco M17 contém Anidrita na base e no topo. É designada também 2 Picos de Anidrita. A seção do marco M18 é designada Calcário do topo do Membro Oiteirinhos e apresenta, na base, uma intercalação de Anidrita na sub-bacia de Santa Rosa de Lima, encerrando, assim, os ciclos evaporíticos do topo da Formação Muribeca. Esta Formação, localmente, apresenta erosão na parte superior, indicada pela ausência desse calcário e das Anidritas 2 Picos.

Os ciclos 3 e 4, compreendendo as zonas espessas de Carnalita inferior C3-2 e a de Taquidrita inferior T4, não foram identificados na sub-bacia de Santa Rosa de Lima. A depo

sição destes ciclos deve ter sido controlada por barreira resultante de menor subsidência do alto estrutural de Siririzinho ou pelos Baixos Estruturais de Divina Pastora e de Treme, da referida sub-área, nas quais os poços perfurados PKC-21 e PKC-23 penetraram apenas parte da seção salina.

As maiores espessuras e, conseqüentemente, as maiores reservas das principais zonas de Silvinita e de Carnalita, em geral, estão na sub-bacia de Taquari/Vassouras, posicionadas em menores profundidades. Nesta sub-bacia, ocorre uma faixa de sub-erosão na parte superior dos sais, possivelmente associada à erosão do topo da Formação Muribeca. Esta faixa, disposta na direção norte/nordeste, se estende desde o poço VA-2 até os poços PKC-2 e PKC-3, e, provavelmente, se prolonga até o poço FC-1-SE, situado na área requerida (vide mapas de isópacas, Anexos 11, 12 e 13). Nesta faixa, o topo dos sais é representado por zonas estratigráficas salinas, gradativamente inferiores na direção do mergulho abaixo - "down-dip". Essa sub-erosão limita a área de ocorrência das principais Silvinitas, vez que elas estão posicionadas na parte superior dos sais. Assim, estas Silvinitas provavelmente estão ausentes nas áreas pesquisadas situadas ao norte, o mesmo acontecendo com a zona espessa da Carnalita C3-2 em parte delas (vide seção estratigráfica do Anexo 9).

Outra feição geológica, também de importância econômica, ocorre numa área central, da mesma sub-bacia Taquari/Vassouras, interessando os poços TQ-1, PKC-6 e PKC-7. Nesta área, as duas zonas espessas de Carnalita de expressão econômica estão lixiviadas, remanescendo apenas Halita de cristalização grosseira e com disseminações de Carnalita. No poço CPX-2, localizado próximo ao limite da área referida, somente a zona inferior C2 está lixiviada (vide Anexo 13).

Do estudo feito não foram observadas repetições de

seções ou zonas.

Em geral, há uma compatibilidade entre os mergulhos da seção salina e sua posição estrutural. A seção salina mergulha na direção dos baixos estruturais, onde apresenta maior espessura, analogamente ao que ocorre com os pacotes de sedimentos marinhos.

A tendência normal de uma seção de sais solúveis, confinada e plástica, sob a pressão de enterramento, é fluir no sentido vertical formando Domo ou mesmo Diápiro, feições que não ocorrem nas sub-bacias de Santa Rosa de Lima e Taquari/Vassouras. Na sub-bacia de Aguilhada, as zonas de Carnalita C2 e C3 possuem espessuras anômalas, superiores a 100 metros, nos poços AG-2 e AG-4 (vide Anexos 7, 8, 11 e 13). A base dos sais, nos poços AG-1, AG-2, AG-3 e AG-4, é aproximadamente horizontal e situada em torno de - 1200 metros, ao passo que o topo dos sais, nos mesmos poços, está a - 1119, - 918, - 1164, -973, respectivamente. Constata-se, portanto, uma diferença estrutural no topo dos sais, na área do espessamento (AG-2, AG-4), da ordem de 146 a 246 metros, situação que define uma feição dômica, provavelmente formada pelo fluxo das principais zonas de Carnalita na direção norte.

O poço PU-2, negativo, também situado na sub-bacia de Aguilhada, parece apresentar falha reversa com repetição de uma seção de 270 metros, compreendendo partes das formações Riachuelo e Muribeca, fenômeno único, observado na área estudada.

Os folhelhos dos marcos M2, M3, M4, M5, da seção basal dos sais, estão presentes nas diversas sub-bacias, também constatáveis além do limite de ocorrência dos sais solúveis, a exemplo dos poços da área de Castanhal, R0-61 da área de Riachuelo, FC-1, e CPF-1 de Aguilhada (vide Anexo 7). Provavelmente, durante as transgressões que deram origem ao ciclo, al

gumas barreiras (atuais áreas sem sais solúveis) também foram inundadas. Inicialmente, foram depositados os clásticos em toda a área, e posteriormente foram precipitados os sais nas áreas baixas, atuais sub-bacias salinas.

As deformações estruturais, fortes mergulhos e dobras observadas em certas zonas salinas das sub-bacias parecem ter sido resultantes de fenômenos de dissolução que se processaram junto com a deposição. Assim, nas zonas de Carnalita, as camadas intercaladas de Halita laminada não são deformadas na parte superior e apresentam dobramento e dissolução na parte inferior, fenômeno que aumenta de intensidade no sentido do contato com a camada subjacente de Carnalita. Provavelmente, essas pequenas estruturas, como outras maiores, estão relacionadas com dissoluções e recristalizações do sal subjacente, mais solúvel, e conseqüente colapso do sal sobrejacente menos solúvel.

A zona de Salgema sobrejacente ao marco 12, no topo dos sais, é espessa na sub-bacia de Santa Rosa de Lima, onde ocorrem diversas lâminas de Anidrita que se apresentam muito dobradas em toda a área, enquanto que a zona de Salgema (teto da zona de Silvinita), sotoposta ao mesmo marco, tem estratificação normal e mergulhos pequenos. Na sub-bacia de Taquari/Vassouras, ambas as zonas de Salgema ocorrem com espessuras bem menores, sendo a inferior bem estratificada e horizontalizada. A superior é mal estratificada. Essas deformações da zona superior também são, possivelmente, estruturas de colapso associadas à dissolução precoce.

As Anidritas do ciclo 9 são nodulares, apresentando, em delgados leitos, dobras enterolíticas - "enterolithic folds". Possivelmente estas estruturas são também relacionadas com a deposição e resultantes de crescimento deslocante - "displacive" ✓

growth" - dos cristais de Anidrita em leitos soterrados, mas
ainda não litificados.

VI - GÊNESE DOS EVAPORITOS DE SERGIPE

Mundialmente, são conhecidas sequências salíferas originadas por precipitação a partir da água do mar e subsequentemente capeadas por sedimentos impermeáveis mais recentes. A deposição dos sais ocorre numa área de bacia marinha, parcialmente separada da fonte principal de água através de barreiras físicas. Num clima árido, onde a evaporação excede a precipitação, há um contínuo afluxo de água salgada na bacia restrita. Devido a diferenças de densidade, desenvolvidas dentro da mesma bacia de evaporação, algum fluxo de águas mais fundas para o exterior pode ser estabelecido, porém a restrição do mesmo, através de uma barreira física, resulta no desenvolvimento de um alto conteúdo de sais na bacia.

Numa bacia de grande extensão, a concentração em sais é maior em áreas longe do aporte de água salgada. A deposição dos evaporitos começa nessas áreas, com a precipitação de Anidrita (CaSO_4). Se a concentração da solução continua a crescer, a zona de precipitação de anidrita, gradualmente, recuará, em direção ao ponto de afluxo primário e a halita (Na Cl) precipitar-se-á, nas áreas onde inicialmente houve deposição de Anidrita. Se o equilíbrio entre os fluxos nos sentidos interno e externo, bem como o gradiente de salinidade dentro da bacia, permanecerem relativamente constantes, a anidrita continuará a se depositar em uma determinada área, enquanto a Halita estará sendo continuamente depositada em outra área.

Os sais não precipitados retornarão ao mar numa base contínua. Tempestades que podem ocorrer em climas áridos, embora não afetem seriamente o equilíbrio da bacia, poderão aduzir lamas na área de deposição de sais, daí a ocor-

rência comum de cordões de argila em associação com o Sal. Em condições normais, apenas seções de Halita pura são depositadas.

Caso a salinidade na bacia venha a ser posteriormente aumentada, as zonas de deposição de Anidrita e Halita mover-se-ão mais para perto do ponto de afluxo primário e nas áreas de maior salinidade, mais distantes do ponto de afluxo, os sais de potássio e magnésio, mais solúveis, serão precipitados, ao invés de retornarem ao mar em solução. Esta migração horizontal de zonas de deposição pode, certamente, ser invertida, se outras condicionantes reduzirem a salinidade total da bacia. Desta maneira, quase sempre, alguma sequência de evaporitos pode ter lugar numa dada locação. A sequência vertical, por conseguinte, não é, necessariamente, correlacionada diretamente com a ordem de solubidade crescente dos vários sais, a qual aumenta da Anidrita para a Halita, seguindo-se os sais de magnésio e de potássio.

Conquanto a origem dos jazimentos de Sergipe não possa ser enquadrada totalmente no modelo clássico de formação de depósitos de evaporitos explicitado acima, principalmente pela falta, naquela bacia, da sequência de carbonatos, Anidrita ou Gipsita que geralmente precede a deposição da Halita, o prof. N. C. Wardlaw da Universidade da Calgary, no Canadá, consultado pelo PROJETO POTÁSSIO, apreciando os condicionamentos gerais para formação de evaporitos e detalhando as peculiaridades específicas do problema local, chegou às seguintes conclusões:

Os evaporitos de Sergipe são conspicuamente similares em idade, mineralogia e estrutura àqueles das regiões costeiras do Congo e Gabão, na África.

A taquidrita ($\text{Ca Cl}_2 \cdot 2\text{Mg Cl}_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) é um

mineral pouco encontrado em outros depósitos evaporíticos. Ocorre nas sequências evaporíticas cretácicas de Sergipe em unidades, uma das quais com quase 100 m de espessura. Acredita-se que, em um estágio avançado de evaporação, as salmouras devam ter sido grandemente enriquecidas em Ca Cl_2 e empobrecidas em SO_4 . Salmouras com estas características existem nos dias atuais, nos mares Morto e Vermelho, sugerindo uma interessante analogia.

O Mar Vermelho tem mais de 2.000 m de profundidade e está flanqueado por blocos erguidos, a mais de 3.000 m acima do nível do mar, situação esta que proporciona um sentido centrípeto das "águas de formação" (conatas) em relação ao centro da bacia e um possível enriquecimento em Ca Cl_2 destas águas, fatos que podem explicar o mecanismo de variação na composição das salmouras marinhas.

O posicionamento estrutural pode ser um dos condicionantes da abundância dos depósitos de Faquirita em Sergipe, os quais são pouco frequentes em outros depósitos conhecidos no mundo, com gênese relacionada a bacias intracontinentais extensivas (mares epicontinentais), estáveis tectonicamente, e onde o relevo circundante é relativamente suave. Nesta situação, a influência das "águas de formação", na variação da composição das salmouras marinhas, pode ser significativamente menor do que nas bacias mais profundas, na vizinhança de relevo mais elevado.

Estando correta a hipótese da América do Sul ter se separado da África, iniciando-se tal separação no Jurássico, os evaporitos do Cretáceo Inferi

or da costa do Brasil e do Oeste da África podem ter sido formados num posicionamento estrutural semelhante àquele do Mar Vermelho atual. Todavia, por falta de informações estruturais mais detalhadas, é irrelevante conjecturar se as sequências cretácicas do Brasil e África tenham sido afetadas por falhas, em escala semelhante àsquelas do Mar Vermelho.

Um processo diferente de enriquecimento em cálcio tem sido sugerido para as salmouras do Mar Morto, onde o SO_4 parece ter sido reduzido, talvez por ação bacteriana, deixando um excesso de cálcio na solução. Um tal processo pode dar origem à carência de $Ca SO_4$ e também ao enriquecimento nos evaporitos.

O bromo na Halita e o bromo e o rubídio na Carnalita, nos depósitos de Sergipe, indicam que eles se cristalizaram de salmouras marinhas. Alguma Halita e Carnalita contêm mais bromo do que o típico para um depósito marinho, indicando um processo de enriquecimento. O bromo está também concentrado em relação ao cloro no Mar Morto, num aspecto raro que é um ponto de similaridade físico-química com os depósitos de Sergipe.

A Silvita é anormalmente baixa em bromo e alta em rubídio, quando comparada com a Silvita primária, daí a hipótese de ter sido derivada da Carnalita, por lixiviação.

O aumento muito regular de bromo e constância de estrôncio, através da zona de Taquidrita superior, podem somente ter se localizado onde a cristalização não foi interrompida por súbitos influxos

de águas marinhas e onde os cristais não estiveram sujeitos à dissolução posterior ou alteração diagnética.

Nesse estágio de deposição, a bacia deve ter sido completamente fechada aos influxos, e 100 m de espessura de Taquidrita podem ter se cristalizado a partir de pouco mais de 200 m de espessura de salmoura saturada em Taquidrita. Para que as camadas de Taquidrita tenham sido preservadas foi necessário a não exposição à atmosfera, durante e após sua deposição.

Embora a teorização da gênese dos evaporitos de Sergipe possa ser enriquecida por outras colocações similares às já mencionadas, qualquer efetiva conclusão só poderá ser aceita, sem maiores reservas, após um conhecimento detalhado da estrutura geológica interessando a bacia salífera e suas áreas tangenciais, principalmente na plataforma continental, permitindo a definição de eventos que influíram, fundamentalmente, nos parâmetros geológicos que condicionaram a físico-química de formação dos depósitos.

Presentemente, a PETROBRÁS, D.N.P.M. e CPRM, com a colaboração do Ministério da Marinha - D.H.N e CNPq estão empenhados num estudo global de um projeto denominado "Reconhecimento da Margem Continental Brasileira" que, entre outros subsídios valiosos, permitirá um melhor conhecimento dessas feições geológicas condicionantes que, conquanto ainda um tanto obscuras, não interferem com a viabilidade econômica da lavra do jazimento. ✕

VII - RESERVAS

A locação em mapa de todos os poços perfurados na Bacia Sedimentar de Sergipe, positivos e negativos com relação à presença de horizontes salíferos, permitiu o posicionamento da linha limite de ocorrência dos sais.

Da análise desse mapa, depreende-se a pretérita ocorrência de sub-bacias, intercomunicadas por canais, evidenciáveis pelo estrangulamento das diversas áreas de ocorrência de sais solúveis, indicando que os depósitos de Sais de Potássio e Salgema, objeto do presente Relatório, representam um prolongamento natural dos depósitos da Área de Reserva Nacional, e se constituem, lato sensu, numa única jazida de vaporitos jacente naquela Bacia Sedimentar.

Face a esse posicionamento, os elementos de definição já obtidos para o Relatório do PROJETO POTÁSSIO, aliados à grande massa de dados da PETROBRÁS para a Bacia, inclusive com a perfuração de 23 poços dentro das 29 áreas requeridas, permitiram, com segurança admissível, o cálculo das reservas, guardando-se a mesma linha filosófica adotada para o PROJETO POTÁSSIO.

Afora os elementos obtidos diretamente, houve complementação de informações através da utilização das áreas de influência de inúmeros furos exteriores aos polígonos das áreas de pesquisa e que serviram para inferência de limites de deposição e fechamentos laterais dos depósitos, imprescindíveis ao cálculo das reservas.

A interpretação de todos os elementos informativos, diretos e indiretos, permitiu a confecção dos mapas de isópacas, abaixo relacionados, resultantes da compatibilização global de todos os parâmetros expostos nos capítulos IV e V.

Anexo 11 - mapas de isópacas da seção de sais solúveis e contornos estruturais da base da seção, com intervalo de contorno de 100 m;

Anexo 12 - mapas de isópacas da seção de Salgema, contemplando o conjunto das zonas inferiores e o conjunto das zonas superiores, com intervalo de contorno de 20 m;

Anexo 13 - mapa de isópacas das zonas de Carnalita C2 e C3-2, com intervalo de contorno de 20m.

A observação dos Anexos 11, 12 e 13 mostra, de uma maneira geral, que as isópacas de valor zero das camadas estudadas praticamente coincidem com a linha limite de ocorrência dos sais, razão pela qual as mesmas foram tomadas como coincidentes, para efeito de cálculo, exceção dos casos em que tais isópacas foram determinadas pelas perfurações.

Nas áreas ao norte da cidade de Siriri, ocorre Salgema, tanto dos ciclos inferiores de sais solúveis, denominados "zonas inferiores", como dos ciclos superiores, por sua vez descritos como "zonas superiores".

No conjunto das áreas ao norte dos poços PKC-2 e PKC-3, ocorrem as duas zonas de Carnalita C2 e C3-2, bem como Salgema das zonas inferiores.

No conjunto das áreas 6 a 13, estão presentes as duas zonas de Carnalita C-2 e C3-2, juntamente com delgadas camadas de Salgema.

No conjunto de áreas M-N-O-P ocorrem as duas zonas de Carnalita C2 e C3-2 e espessa camada de Salgema, revelada através do poço LM-1-SE, de seção salina anômala. A seção de Salgema deste poço apresenta uma intercalação de delgadas camadas de Carnalita e Silvinita, contendo ainda Carnalita na

base, fatos que tornam difícil a correlação com o poço próximo, PU-1-SE, de sequência salina normal.

A seção de Salgema intercalada entre as duas zonas C2 e C3-2 de Carnalita, embora espessa, não foi computada no cálculo das reservas. Tal fato decorreu da constatação efetuada nos testemunhos dos poços do PROJETO POTÁSSIO, onde, em caso semelhante, o Salgema apresenta-se recristalizado, com disseminações de Carnalita, provenientes da lixiviação da zona de Carnalita C3-1 (vide ZONEAMENTO, ANEXO 5), tornando-o assim pouco significativo como bem mineral economicamente lavrável.

Cumprе assinalar também que na área D, apesar de ocorrerem a zona inferior de Silvinita S2-2, do poço PKC-2, e a zona inferior de Taquidrita T₄, correlacionável com a existente no poço PKC-3, as mesmas não foram computadas para o cálculo das reservas.

As outras zonas de Carnalita e Salgema da sequência evaporítica, ocorrentes nas áreas estudadas, por serem delgadas e/ou intercaladas com outros sais, não foram consideradas, por segurança, no presente cálculo das reservas.

No conjunto das áreas ao norte da Área de Reserva Nacional, foram calculadas as reservas totais, ou seja, as contidas dentro dos limites da isópaca de zero metros.

Nos conjuntos das áreas nomeadas de l a l3 e de M a P, respectivamente, os depósitos salinos apresentam formas anômalas, semelhantes a bolsões, dômicos na área de Aguilhada, com isópaca zero, em geral não bem definida, possivelmente situada próxima à linha limite de ocorrência dos sais. Nessos dois últimos conjuntos de áreas, foram calculadas reservas parciais, ou seja, as contidas dentro dos limites da isópaca de 20 m, que engloba grandes espessuras, dada a geome

tria local, embora se admita que, fora dos limites dessa isó

aca, ainda exista Carnalita.

Pela experiência e interpretação dos dados adquiri
dos dos poços, testemunhos e perfis de densidade Gama-Gama,
na Área de Reserva Nacional, admitiu-se, no presente caso, u
ma densidade média fixa de 2,1 para o Salgema e densidades
médias variáveis para as zonas de Carnalita, levando-se em
consideração os perfis de densidade e o teor de Carnalita ou
de K_2O contido, vez que as zonas desse último mineral encerra
ram leitos de Halita, provocando variações na sua densidade.

No PROJETO POTÁSSIO, os teores de K_2O foram determini
nados pela análise de testemunhos da zona de Carnalita e/ou
pelos valores obtidos dos perfis Gama, em unidades API, corri
rigidas para a densidade da lama e diâmetro do poço na hora
da perfilagem. O cálculo indireto dos teores, usando-se os
perfis radioativos, foi realizado com o emprego de CARTA EM
PÍRICA, construída pela Schlumberger, a qual permite corri
reções dos valores obtidos diretamente dos perfis, em unidade
des API, para linearidade, peso de lama de perfuração, anotado
do no cabeçalho dos perfis, e diâmetro do poço, obtido do
perfil Caliper. De posse do valor corrigido, em unidades
API, e usando-se na mesma carta o fator de transformação corri
respondente, obtem-se % de K_2O contido.

Comparando-se os teores obtidos a partir dos testemunh
os e a partir dos perfis Gama, nas zonas de Silvinita, obse
servou-se que são aproximadamente iguais, com diferenças em
torno de 5%. Nas zonas de Carnalita foram verificadas difere
renças maiores, chegando por vezes até 25%. Neste caso, o
teor calculado pelo perfil Gama é superior ao obtido pela a
nálise dos testemunhos, em virtude da perda de parte da Carna
nalita, por deliquescência, durante a amostragem, fenômeno
que não ocorre com a Halita, por ser muito menos solúvel. V

sando contornar tal dificuldade, antes do corte da amostra para análise química os testemunhos são decapados para eliminar o excesso de Halita, na periferia da área de corte. Essa limpeza nem sempre é total, em consequência das cavidades mais profundas, oriundas da dissolução dos cristais de Carnalita.

Do exposto, conclui-se que, nas zonas de Carnalita, os teores obtidos pelos perfis Gama são mais reais que os determinados por análise química dos testemunhos, embora, em poço não testemunhado, se desconheça os teores dos resíduos insolúveis, somente determináveis por análise química.

As reservas foram calculadas por zonas salíferas.

O exame cuidadoso dos mapas de isópacas permitiu de terminar as áreas de interesse e respectivas espessuras médias para o bloqueio das reservas correspondentes e a seguir apresentadas.

VII.I - Reservas de Sais de Potássio
- Carnalita -

<u>Áreas A a L</u>	<u>Zona C2</u>	<u>Zona C3-2</u>
Área em 10^6 m ²	29,50	6,50
Espessura média em m	27,85	35,00
Volume em 10^6 m ³	823,50	227,00
Densidade	1,77	1,80
Reservas em 10^6 t	1456,50	408,00
Teor de K ₂ O contido-%	10,00	9,00
Equivalente em K ₂ O contido em 10^6 t	145,60	36,70

Sub-Total: Reservas de CARNALITA nas Zonas C2 e C3-2 -
1864,50 X 10⁶ toneladas

Equivalente em K₂O contido - 182,30 X 10⁶ toneladas

<u>Áreas M a P</u>	<u>Zona C2</u>	<u>Zona C3-2</u>
Área em 10 ⁶ m ²	4,50	3,30
Espessura média em m	35,00	30,00
Volume em 10 ⁶ m ³	157,00	99,00
Densidade	1,87	1,93
Reservas em 10 ⁶ t	294,00	191,00
Teor de K ₂ O contido-%	7,00	6,00
Equivalente em K ₂ O contido em 10 ⁶ t	20,60	11,40

Sub-total: Reservas de CARNALITA nas Zonas C-2 e C3-2 -
485,00 X 10⁶ toneladas

Equivalente em K₂O contido - 32,04 X 10⁶ toneladas

<u>Áreas 1 a 13</u>	<u>Zona C2</u>	<u>Zona C3-2</u>
Área em 10 ⁶ m ²	12,50	12,30
Espessura média em m	68,40	72,35
Volume em 10 ⁶ m ³	855,00	890,00
Densidade	1,83	1,83
Reservas em 10 ⁶ t	1.563,00	1.628,00
Teor de K ₂ O contido-%	8,00	8,00
Equivalente em K ₂ O contido em 10 ⁶ t	125,04	130,24

Sub-total: Reservas de Carnalita nas Zonas C2 e C3-2 -
3.191,00 X 10 ⁶ toneladas
Equivalente em K ₂ O contido 255,10 X 10 ⁶ toneladas

RESERVAS TOTAIS DE CARNALITA 5.540,50 X 10 ⁶ toneladas
Equivalente em K ₂ O contido 469,62 X 10 ⁶ toneladas

VII.II - Reservas de Salgema

<u>Áreas A - L</u>	<u>Zonas Inferiores</u>	<u>Zonas Superiores</u>
Área em 10 ⁶ m ²	28,30	7,00
Espessura média em m	45,00	80,00
Volume em 10 ⁶ m ³	1.032,30	560,00
Densidade	2,10	2,10
Reservas em 10 ⁶ t	2.168,00	1.176,00

Sub-total das Reservas nas Zonas Inferiores e Superiores -
3.344,00 X 10 ⁶ toneladas

<u>Áreas M - P</u>	<u>Zonas Inferiores</u>	<u>Zonas Superiores</u>
Área em 10 ⁶ m ²	8,30	12,50
Espessura média em m	29,64	33,20
Volumes em 10 ⁶ m ³	246,00	415,00
Densidade	2,10	2,10
Reservas em 10 ⁶ t	516,00	871,00

Sub-total das Reservas nas Zonas Inferiores e Superiores-	1.387,00 X 10 ⁶ toneladas
---	--------------------------------------

<u>Áreas 1 a 13</u>	<u>Zonas Inferiores</u>
Áreas em 10 ⁶ m ²	11,00
Espessura média em m	15,45
Volume em 10 ⁶ m ³	170,00
Densidade	2,10
Reservas em 10 ⁶ t	358,00

Sub-total das Reservas nas Zonas Inferiores	358,00 X 10 ⁶ toneladas
---	------------------------------------

RESERVA TOTAL DE SALGEMA	5.088,90 X 10 ⁶ toneladas
--------------------------------	--------------------------------------

VII.III - Tabulação das Reservas: Medidas-Indicadas-Inferidas

A fim de atender ao Código de Mineração, no que preceitua o artigo 26, item h do seu Regulamento, deve-se ainda proceder à especificação das reservas obtidas.

As reservas assim quantificadas confirmam a potencialidade da Bacia Sedimentar, possibilitando, por outro lado, pelo tipo e gênese dos jazimentos, a obtenção de um grau de precisão compatível com a sistemática de pesquisa adotada para a conceituação das reservas medidas e indicadas. Para uma maior segurança e visando cobrir eventuais riscos geológicos, apenas 40% do total calculado foi considerado como re~~y~~.

serva medida, enquanto o restante pôde ser caracterizado co
mo reserva indicada.

Foram ainda calculadas as reservas inferidas, tabu
lando-se todos os resultados, por área requerida, conforme
explicitado nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5. ✓

RESERVAS DE SAIS DE POTÁSSIO
CARNALITA
ZONA C2

Tabela 1

Referência	Área 10 ⁶ m ²		Espessura média (m)		Volume 10 ⁶ m ³		RESERVAS 10 ⁶ t				Teor médio % K ₂ O	K ₂ O contido 10 ⁶ t
	Med+Ind	Inf	Med+Ind	Inf	Med+Ind	Inf	Med	Ind	Inf	Total		
Área A - DNPM 808.584/72	6,0	-	30,0	-	180,0	-	-	318,0	-	318,0	10	31,8
Área B - DNPM 808.585/72	3,5	-	27,0	-	94,5	-	-	167,0	-	167,0	10	16,7
Área C - DNPM 808.586/72	1,0	-	15,0	-	15,0	-	-	26,5	-	26,5	10	2,6
Área D - DNPM 808.587/72	8,0	-	27,0	-	216,0	-	152,8	229,2	-	382,0	10	38,2
Área E - DNPM 808.588/72	7,0	-	30,0	-	210,0	-	148,8	223,2	-	372,0	10	37,2
Área F - DNPM 808.589/72	4,0	-	27,0	-	108,0	-	76,4	114,6	-	191,0	10	19,1
TOTAL ZONA C2	29,5	-	-	-	823,5	-	378,0	1078,5	-	1456,5	-	145,6

ZONA C3-2

Área D - DNPM 808.587/72	6,5	-	35,0	-	227,0	-	163,2	244,8	-	408,0	9	36,7
TOTAL ZONAS C2 + C3-2	36,0	-	-	-	1050,5	-	541,2	1323,3	-	1864,5	-	182,3

Observações:

1. Foi considerada a densidade 1,77 para a Zona C2 e 1,80 para a Zona C3-2;
2. Para o cálculo das reservas inferidas foi tomada a espessura média de 5m, como medida de segurança;
3. Os teores em K₂O contido foram calculados com base nos perfis elétricos e radioativos (GAMA e CALIPER) e peso da lama de perfuração.

RESERVAS DE SAIS DE POTÁSSIO

CARNALITA

ZONA C2

Tabela 2:

Referência	Área 10 ⁶ m ²		Espessura Média (m)		Volume 10 ⁶ m ³		RESERVAS 10 ⁶ t				Teor Médio % K ₂ O	K ₂ O Contido 10 ⁶ t
	Med+Ind	Inf	Med+Ind	Inf	Med+Ind	Inf	Med	Ind	Inf	Total		
Área M - DNPM 810.995/72 ..		8,0		5,0		40,0	-		74,8	74,8	6	4,48
Área N - DNPM 810.996/72 ..	2,0	8,0	35,0	5,0	70,0	40,0	52,4	78,6	74,8	205,8	7	14,40
Área O - DNPM 810.997/72 ..	2,5	8,5	35,0	5,0	87,0	42,5	65,2	97,8	79,5	242,5	7	16,97
Área P - DNPM 810.998/72 ..	-	8,0	-	5,0	-	40,0	-	-	74,8	74,8	6	4,48
TOTAL ZONA C2	4,5	32,5	-	-	157,0	162,5	117,6	176,4	303,9	597,9	-	40,33

ZONA C3-2

Área M - DNPM 810.995/72 ..	-	8,0	-	5,0	-	40,0	-	-	77,2	77,2	5	3,86
Área N - DNPM 810.996/72 ..	1,3	12,0	30,0	5,0	39,0	60,0	30,0	45,0	115,8	190,8	6	11,48
Área O - DNPM 810.997/72 ..	2,0	10,0	30,0	5,0	60,0	50,0	46,4	69,6	96,6	212,5	6	12,75
Área P - DNPM 810.997/72 ..	-	6,0	-	5,0	-	30,0	-	-	57,9	57,9	5	2,90
TOTAL ZONA C3-2	3,3	36,0	-	-	99,0	180,0	76,4	114,6	347,4	538,4	-	30,99
TOTAL ZONA C2 e C3-2	7,8	68,5	-	-	256,0	342,5	194,0	291,0	651,3	1136,3	-	71,32

OBSEVAÇÕES: Mesmas observações da Tabela 1, adotando-se a densidade 1,87 para ZONA C2 e 1,93 para ZONA C3-2.

RESERVAS DE CARNALITA

ZONA C 2

Tabela 3

Referência	Área 10 ⁶ m ²		Espessura Média (m)		Volume 10 ⁶ m ³		RESERVAS 10 ⁶ t				Teor Médio % K ₂ O	K ₂ O Contido 10 ⁶ t
	Med+Ind	Inf	Med+Ind	Inf	Med+Ind	Inf	Med	Ind	Inf	Total		
Área 6 - DNPM 808.858/72	-	3,0	-	5,0	-	15,0	-	-	27,4	27,4	6	1,64
Área 7 - DNPM 808.859/72	-	7,0	-	5,0	-	35,0	-	-	64,0	64,0	6	3,84
Área 8 - DNPM 808.860/72	-	8,0	-	5,0	-	40,0	-	-	73,2	73,2	6	4,39
Área 9 - DNPM 808.861/72	2,0	4,5	40,0	5,0	80,0	22,5	58,4	87,6	41,2	187,2	8	14,97
Área 10 - DNPM 808.862/72	3,5	4,0	70,0	5,0	245,0	20,0	179,2	268,8	36,6	484,6	8	38,76
Área 11 - DNPM 808.863/72	3,0	3,0	85,0	5,0	255,0	15,0	186,4	279,6	27,4	493,4	8	39,47
Área 12 - DNPM 808.864/72	2,5	4,0	80,0	5,0	200,0	20,0	146,4	219,6	36,6	402,6	8	32,20
Área 13 - DNPM 808.865/72	1,5	4,0	50,0	5,0	75,0	20,0	54,8	82,2	36,6	173,6	8	13,88
TOTAL ZONA C 2	12,5	37,5	-	-	855,0	187,5	625,2	937,8	343,0	1906,0	-	149,15

ZONA C3-2

Área 6 - DNPM 808.858/72	-	3,0	-	5,0	-	15,0	-	-	27,4	27,4	6	1,64
Área 7 - DNPM 808.859/72	-	8,0	-	5,0	-	40,0	-	-	73,2	73,2	6	4,39
Área 8 - DNPM 808.860/72	-	8,0	-	5,0	-	40,0	-	-	73,2	73,2	6	4,39
Área 9 - DNPM 808.861/72	2,0	5,0	50,0	5,0	100,0	25,0	73,2	109,8	45,7	228,7	8	18,30
Área 10 - DNPM 808.862/72	4,0	4,0	100,0	5,0	400,0	20,0	292,8	439,2	36,6	768,6	8	61,48
Área 11 - DNPM 808.863/72	4,0	3,0	80,0	5,0	320,0	15,0	234,0	351,0	27,4	612,4	8	49,00
Área 12 - DNPM 808.864/72	2,3	4,0	30,0	5,0	70,0	20,0	51,2	76,8	36,6	164,6	8	13,16
Área 13 - DNPM 808.865/72	-	6,0	-	5,0	-	30,0	-	-	54,9	54,9	6	3,29
TOTAL ZONA C3-2	12,3	41,0	-	-	890,0	205,0	651,2	976,8	375,0	2003,0	-	155,65
TOTAL ZONA C2 e C3-2	24,8	78,5	-	-	1745,0	392,5	1276,4	1914,6	718,0	3909,0	-	304,80

Obs: Mesmas da Tabela 1. Densidade considerada 1,83.

RESERVAS DE SALGEMA

(Zonas Inferiores e Superiores)

Tabela 4

Referência	Área 10 ⁶ m ²		Espessura Média (m)		Volume 10 ⁶ m ³		RESERVAS 10 ⁶ t				Zona
	Med+Ind	Inf	Med+Ind	Inf	Med+Ind	Inf	Med	Ind	Inf	Total	
Área A - DNPM 808.584/72	5,5	-	22,6	-	124,3	-	104,4	156,6	-	261,0	I
Área B - DNPM 808.585/72	2,5	-	12,0	-	30,0	-	25,2	37,8	-	63,0	I
Área C - DNPM 808.586/72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Área D - DNPM 808.587/72	7,3	-	30,0	-	219,0	-	184,0	276,0	-	460,0	I
Área E - DNPM 808.588/72	6,0	-	16,5	-	99,0	-	83,2	124,8	-	208,0	I
Área F - DNPM 808.589/72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Área G - DNPM 808.590/72	7,0	-	80,0	-	560,0	-	470,4	705,6	-	1176,0	I
	7,0	-	80,0	-	560,0	-	470,4	705,6	-	1176,0	S
Área H - DNPM 808.591/72	-	3,0	-	5,0	-	15,0	-	-	31,5	31,5	I
Área I - DNPM 808.592/72	-	2,0	-	5,0	-	10,0	-	-	21,0	21,0	I
Área J - DNPM 808.850/72	-	0,5	-	5,0	-	2,5	-	-	5,2	5,2	I
Área K - DNPM 808.851/72	-	2,0	-	5,0	-	10,0	-	-	21,0	21,0	I
Área L - DNPM 808.852/72	-	2,0	-	5,0	-	10,0	-	-	21,0	21,0	I
Subtotal	35,3	9,5	-	-	1592,3	47,5	1337,6	2006,4	99,7	3443,7	
Área M - DNPM 810.994/72	1,3	6,0	20,0	5,0	26,0	30,0	21,6	32,4	63,0	117,0	I
	3,0	10,0	20,0	5,0	60,0	50,0	50,4	75,6	105,0	231,0	S
Área N - DNPM 810.995/72	3,0	10,0	20,0	5,0	60,0	50,0	50,4	75,6	105,0	231,0	I
	4,0	10,0	20,0	5,0	80,0	50,0	67,2	100,8	105,0	273,0	S
Área O - DNPM 810.996/72	4,0	8,0	40,0	5,0	160,0	40,0	134,4	201,6	82,0	418,0	I
	5,5	10,0	50,0	5,0	275,0	50,0	230,8	346,2	105,0	682,0	S
Área P - DNPM 810.997/72	-	6,0	-	5,0	-	30,0	-	-	63,0	63,0	I
Subtotal	20,8	60,0	-	-	661,0	300,0	554,8	832,2	628,0	2015,0	
Área 01 - DNPM 808.853/72	-	0,5	-	5,0	-	2,5	-	-	5,2	5,2	I
Área 02 - DNPM 808.854/72	-	0,5	-	5,0	-	2,5	-	-	5,2	5,2	I
Área 03 - DNPM 808.855/72	-	0,5	-	5,0	-	2,5	-	-	5,2	5,2	I
Área 04 - DNPM 808.856/72	-	1,0	-	5,0	-	5,0	-	-	10,5	10,5	I
Área 05 - DNPM 808.857/72	-	2,0	-	5,0	-	10,0	-	-	21,0	21,0	I
Área 06 - DNPM 808.858/72	-	2,0	-	5,0	-	10,0	-	-	21,0	21,0	I
Área 07 - DNPM 808.859/72	-	3,0	-	5,0	-	15,0	-	-	31,5	31,5	I
Área 08 - DNPM 808.860/72	-	3,0	-	5,0	-	15,0	-	-	31,5	31,5	I
Área 09 - DNPM 808.861/72	-	3,0	-	5,0	-	15,0	-	-	31,5	31,5	I
Área 10 - DNPM 808.862/72	-	4,0	-	5,0	-	20,0	-	-	42,0	42,0	I
Área 11 - DNPM 808.863/72	3,0	4,0	10,0	5,0	30,0	20,0	-	63,0	42,0	105,0	I
Área 12 - DNPM 808.864/72	4,0	5,0	15,0	5,0	60,0	25,0	-	126,0	52,5	178,5	I
Área 13 - DNPM 808.865/72	4,0	5,0	20,0	5,0	80,0	25,0	67,2	100,8	52,5	220,5	I
Subtotal	11,0	33,5	-	-	170,0	167,5	67,2	289,8	351,6	708,6	
RESERVA TOTAL	67,1	103,0	-	-	2423,3	515,0	1959,6	3128,4	1079,3	6167,3	

Obs: Mesmas da Tabela 1, sendo que nesta, a densidade considerada foi 2,1.

I - Zona Inferior
S - Zona Superior

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DE OPERAÇÕES

TOTALIZAÇÃO DAS RESERVAS DA
REGIÃO ADJACENTE À ÁREA DE RESERVA NACIONAL

Tabela 5

REFERÊNCIA	RESERVAS DE SAIS DE POTÁSSIO-CARNALITA						RESERVAS DE SALGEMA		
	10 ⁶ t						10 ⁶ t		
	MEDIDA	EM K ₂ O	INDICADA	EM K ₂ O	INFERIDA	EM K ₂ O	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA
Área A - DNPM 808.584/72	-	-	318,0	31,80	-	-	104,4	156,6	-
Área B - DNPM 808.585/72	-	-	167,0	16,70	-	-	25,2	37,8	-
Área C - DNPM 808.586/72	-	-	26,5	2,60	-	-	-	-	-
Área D - DNPM 808.587/72	316,0	29,95	474,0	45,00	-	-	184,0	276,0	-
Área E - DNPM 808.588/72	148,8	14,88	223,2	22,32	-	-	83,2	124,8	-
Área F - DNPM 808.589/72	76,4	7,60	114,6	11,46	-	-	-	-	-
Área G - DNPM 808.590/72	-	-	-	-	-	-	940,8	1.411,2	-
Área H - DNPM 808.591/72	-	-	-	-	-	-	-	-	31,5
Área I - DNPM 808.592/72	-	-	-	-	-	-	-	-	21,0
Área J - DNPM 808.850/72	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2
Área K - DNPM 808.851/72	-	-	-	-	-	-	-	-	21,0
Área L - DNPM 808.852/72	-	-	-	-	-	-	-	-	21,0
S U B T O T A L	541,2	52,43	1.323,3	129,88	-	-	1.337,6	2.006,4	99,7
Área M - DNPM 810.994/72	-	-	-	-	152,0	8,34	72,0	108,0	168,0
Área N - DNPM 810.995/72	82,4	5,47	123,6	8,20	190,6	12,18	117,6	176,4	210,0
Área O - DNPM 810.996/72	111,6	7,34	167,4	11,03	176,0	11,35	365,2	547,8	187,0
Área P - DNPM 810.997/72	-	-	-	-	132,7	7,38	-	-	63,0
S U B T O T A L	194,0	12,81	291,0	19,23	651,3	39,25	554,8	832,2	628,0
Área 01 - DNPM 808.853/72	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2
Área 02 - DNPM 808.854/72	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2
Área 03 - DNPM 808.855/72	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2
Área 04 - DNPM 808.856/72	-	-	-	-	-	-	-	-	10,5
Área 05 - DNPM 808.857/72	-	-	-	-	-	-	-	-	21,0
Área 06 - DNPM 808.858/72	-	-	-	-	54,8	3,28	-	-	21,0
Área 07 - DNPM 808.859/72	-	-	-	-	137,2	8,23	-	-	31,5
Área 08 - DNPM 808.860/72	-	-	-	-	146,4	8,78	-	-	31,5
Área 09 - DNPM 808.861/72	131,6	10,53	197,4	15,78	86,9	6,95	-	-	31,5
Área 10 - DNPM 808.862/72	472,0	37,75	708,0	56,65	73,2	5,86	-	-	42,0
Área 11 - DNPM 808.863/72	420,4	33,63	630,6	50,41	54,8	4,38	-	63,0	42,0
Área 12 - DNPM 808.864/72	197,6	15,80	296,4	23,71	73,2	5,86	-	126,0	52,5
Área 13 - DNPM 808.865/72	54,8	4,38	82,2	6,57	91,5	6,22	67,2	100,8	52,5
S U B T O T A L	1.276,4	102,09	1.914,6	153,12	718,0	49,56	67,2	269,8	351,6
RESERVAS TOTAIS	2.011,6	167,33	3.528,9	302,23	1.369,3	88,81	1.959,6	3.128,4	1.079,3

T O T A I S G E R A I S:

RESERVA DE CARNALITA: 6.909,8 x 10⁶ toneladas
Equivalente em K₂O Contido: 558,43 x 10⁶ toneladas
RESERVA DE SALGEMA: 6.167,3 x 10⁶ toneladas

Handwritten signature

VIII - ANÁLISES E ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO

A sistemática das análises químicas das amostras dos testemunhos baseou-se na utilização de ESPECTROFOTÔMETRO DE ABSORÇÃO ATOMICA PERKIN - ELMER 303, além de turbidímetro, potenciômetro e equipamentos para dosagens via úmida, instalados em laboratório especializado em Aracaju, interessando os elementos seguintes: Na - K - Mg - Ca - Cl - SO₄-H₂O - RI e, ainda, dosagens especiais para Br.

Os teores encontrados foram balanceados iônicamente. Nos trabalhos de desenvolvimento deverá ser determinada a umidade nas amostras de Carnalita e Taquidrita, o que não foi executado por se desconhecer a temperatura limite entre a evaporação da umidade e a de água de constituição e, especialmente, de começo de alteração da amostra. Dada a pouca frequência de carbonatos nos intervalos potássicos, foi omitida a dosagem de CO₂. Esta prática é corrente em estudos congêneres.

A título de confirmação dos resultados de análise, entre outros procedimentos, foram efetuados estudos comparativos entre os teores obtidos por análise química, com os resultados oriundos da análise do conjunto dos perfis elétrico-radioativos GAMA, CALIPER e Densidade da Lama. Sabe-se que a SCHLUMBERGER também mandou executar estudos similares no exterior (SISTEMA LOG SINERGÉTICO). Os resultados foram confirmados com grande aproximação, indicando que, para efeito de pesquisa e/ou desenvolvimento de jazida deste tipo, este método é plenamente satisfatório.

Desta maneira, foi adotado pela CPRM, para as áreas novas, em face do conhecimento anterior, o método de determinação dos teores das áreas pesquisadas, com base

na técnica referida, dos perfis radioativos raios Gama, cujos valores obtidos são devidamente corrigidos em função do diâmetro dos poços observados no perfil Caliper e a densidade de lama, no momento de perfilagem.

Ainda durante os trabalhos do PROJETO POTÁSSIO o BATTELLE Memorial Institute foi encarregado de efetuar análise espectrográfica semi-quantitativa para elementos menores em uma amostra composta de testemunhos da sequência salífera. Os resultados obtidos, em alguns casos interessantes, não foram porém plenamente confirmados por amostragem melhor selecionada e de dosagens específicas, realizada em 25 amostras encaminhadas aos laboratórios do United States Geological Survey pela CPRM, conforme Boletins parciais de Análises anexos.

Algumas análises específicas, visando frequentemente solução de problemas genéticos, foram realizados, em testemunhos, pelo Prof. N. C. Wardlaw, Professor de Geologia da Universidade de Calgary, Alberta, Canadá.

Por sua vez, o BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE, Columbus Laboratories, Ohio, Estados Unidos, baseado em experiências feitas visando determinar a viabilidade técnica de separar e recuperar os constituintes primários de Taquidrita minerada por solução, conclui:

1. A separação dos constituintes $Mg Cl_2$ e $Ca Cl_2$ da Taquidrita por um processo envolvendo evaporação e cristalização é tecnicamente viável;
2. O produto $Mg Cl_2$, hidratado, das experiências da Taquidrita foi enriquecido em magnésio até um ponto em que a relação Mg/Ca fosse aumentada de 1,2 na Taquidrita da amostra, para um produto rico em magnésio numa relação Mg/Ca acima de 14, formado por sucessivas recristaliza

- ções. Acredita-se que o enriquecimento em Mg possa ser possível com menor número de recristalizações se as operações forem conduzidas em escala maior;
3. As análises espectrográficas de massa do produto enriquecido em magnésio revelam que substâncias não contaminantes presentes não impossibilitam o uso do produto parcialmente desidratado para processamento futuro, visando a extração do magnésio metálico;
 4. O cloreto de cálcio produzido terá suficiente pureza para o uso industrial, inclusive em construção de autoestradas;
 5. O Na Cl associado, porventura existente no depósito de Taquidrita, tem tendência a não se dissolver nas soluções próximas ao ponto de saturação relativo à Taquidrita. Se a dissolução do Cl Na ocorrer numa proporção maior, pode ser cristalizado a partir da solução original, antes mesmo da cristalização dos cloretos de cálcio e magnésio;
 6. Quando a cristalização da fração $Mg Cl_2$ é conduzida numa temperatura em torno de $35^{\circ}C$, o produto é enriquecido com constituinte de K Cl porventura contido no depósito de Taquidrita. Quando são usadas temperaturas de cristalização tão altas quanto $75^{\circ}C$, a relação K/Mg nos cristais formados é apreciavelmente reduzida.

Um estudo preliminar da economicidade do processamento para recuperar $Mg Cl_2 \cdot 1,25 H_2O$, $Ca Cl_2 \cdot 2 H_2O$, MgO e Br da Taquidrita minerada por solução, conclui pela sua viabilidade.

O mesmo Instituto sugere ainda que se faça um estudo experimental de separação e purificação dos produtos acima enumerados em grande escala, partindo-se de usina pi

loto, levando-se ainda em conta a possibilidade de se usar a evaporação solar. Deve-se dar atenção aos aspectos técnicos e econômicos de mineração por solução, ao estudo de mercado, bem como escolha dos diferentes tipos de células eletrolíticas porventura a serem utilizadas no processamento.

O HAZEN RESEARCH Inc. foi também encarregado de estudar amostras representativas do depósito de Taquidrita-Carnalita, chegando à conclusão seguinte: "Os estudos preliminares mostram que a separação de sais de uma salmoura produzida por mineração por solução de um depósito de Taquidrita-Carnalita é tecnicamente viável. Todavia, há necessidade de trabalhos adicionais para determinar todas as vias possíveis que possam melhorar a recuperação e pureza dos produtos".

Recomenda o HAZEN que estudos de laboratórios posteriores sejam feitos, cobrindo os seguintes objetivos:

1. Estudo da relação Carnalita/Taquidrita e o melhor procedimento para a decomposição "ótima" da mistura obtida;
2. Desenvolvimento de estudos acerca do processo de cristalização sob o ponto de vista do tamanho do grão cristalizado, de maneira a aperfeiçoar a separação sólido-líquido;
3. Avaliação da recuperação posterior, dos valores de magnésio, da salmoura de cloreto de cálcio;
4. Estudo da água de lixiviação dos sólidos cristalizados produzidos, de modo a aprimorar a pureza do fluxo de cloreto de magnésio;
5. Estudo do grau de recristalização da Bischofita, para determinar se a mesma, em produto final, poderá atingir

a especificação da célula eletrolítica de alimentação para produção do magnésio metálico.

Uma vez completados os estudos acima, uma avaliação econômica deve ser feita para estabelecer se o processo justifica o teste em escala de planta piloto.

O Salgema obtido, de alta pureza, poderá ser utilizado com sucesso como matéria prima para a indústria de soda cáustica, barrilha e vinílicos polimerizados. Frize-se que, no caso de produção de soda cáustica (processo Solvay) e barrilha, as necessidades de calcário de alto teor CO_3Ca poderão ser satisfeitas, localmente, pelo Membro Maruíã da Formação Riachuelo, em afloramentos ocorrentes nas áreas requeridas.

Considerando que as novas áreas, objeto do presente relatório, se integram no contexto global da mesma bacia evaporítica, os resultados e recomendações para as mesmas são análogos aos obtidos para a Área de Reserva Nacional.

De qualquer forma, conforme será demonstrado no estudo de viabilidade econômica, o potássio, cuja tecnologia de produção já é demais conhecida, será o elemento nobre que, em última análise, poderá definir a lavra dos depósitos, embora reconheça-se que o elenco de outros elementos associados, principalmente Salgema, possa influir ponderavelmente no sucesso do empreendimento.

Considerando os resultados obtidos nas novas áreas e consoante ao planejamento integrado para a lavra, em Grupamento Mineiro, incluindo a Jazida da Área de Reserva Nacional, será possível o estabelecimento de limites operacionais que permitam a integração dessas novas áreas na economia de escala do aproveitamento da sequência salífera de Sergipe, sem perder de vista a necessidade de se ter

magnitude de reserva que possa autorizar o pesado investimento preconizado, além da exigência dinâmica da indústria de mineração de contar com razoável acervo mineiro, para sua segurança e longevidade industriais. ✓

IX - ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Como visto anteriormente, as áreas de pesquisa objeto do presente relatório são portadoras, principalmente, de depósitos de Carnalita, Silvinita e Salgema.

A lavra desses jazimentos permitirá a obtenção de sais potássicos e magnesianos, como produtos fundamentais, além de Salgema e outros como subprodutos e/ou coprodutos.

Confrontando-se as diversas alternativas, inclusive de avanços tecnológicos, que podem se apresentar a partir da fixação do panorama atual do setor mineral brasileiro e suas correlações com as possibilidades dos evaporitos de Sergipe, verifica-se que a conjuntura do fertilizante potássico é que definirá, em última análise, a viabilidade de lavra daqueles depósitos salíferos, aceitando-se desde já que o processamento de Salgema poderá influir decisivamente no equacionamento final do problema.

A viabilidade dessa assertiva é reforçada quando se verifica que uma fonte doméstica de fertilizante potássico, além de qualquer posicionamento econômico-industrial, é um sustentáculo à livre e justa expansão de nossa economia agrícola, constituindo-se por si só um implemento básico ao nosso progresso econômico-social, tornando-se dessa forma um imperativo de segurança nacional.

A análise do posicionamento do produto frente ao mercado internacional revela que esse fertilizante apresenta características de superprodução, que deverão perdurar pelo menos até 1975.

O crescimento pouco ordenado da produção mundial de potássio fez com que o aviltamento de preços chegasse, em 1969, a um estado de "dumping" jamais atingido por esse ferti

lizante, conforme revela a curva do mercado.

Para uma idéia mais precisa, pode-se verificar que na década 50/60 o preço internacional desceu de 72 dólares por tonelada de potássio (K) para cerca de 47 dólares, isto a preços constantes de 1968, apresentando assim um declínio global, no período, de 34,7%.

No intervalo de 60/70, durante cerca de 2/3 do mesmo, o preço manteve-se relativamente estável, e até com ligeiras tendências de alta. A partir de 1966 (início da grande produção das minas canadenses) o preço sofreu uma queda abrupta, caindo do valor anterior de 47 dólares (1966), para cerca de 23, em 1969, ou seja, uma redução de 50% em 4 anos.

Em 1970/71, o preço sofreu ligeira alta, porém a previsão, até 1975, é de manutenção do atual "status", salvo novos acordos entre os grandes produtores, entrada de novos fornecedores no mercado e/ou descoberta episódica de nova e excepcional jazida.

Frize-se ainda que o período 1970/71 foi marcado pelos eventos: grande expansão da produção de Israel e a entrada do Congo-Brazaville no mercado mundial de potássio, a par da maior produção dos países do Leste.

A produção mundial atual está estimada presentemente em 18 milhões de toneladas de K_2O contido, sendo esperado que até o ano 2.000 haja possibilidade de, no mínimo, duplicar. Hipóteses mais otimistas julgam possível que até aquela época a produção esteja próxima a cinco vezes a atual.

A tabela a seguir explicita, em números, a evolução da produção mundial, por países, no período 1960/1969. Pela mesma é possível verificar que a atual superprodução mundial de potássio é devida, em sua maior parte, à grande expansão, levada a cabo no período de 64/69, pelo Canadá e U.R.S.S. ✍

PRODUÇÃO MUNDIAL DE POTÁSSIO COMERCIAL

(1.000 toneladas curtas em K₂O equivalente)

P A Í S E S	1960	1967	1968	1969	Oscilação 1967-1969
1) <u>América do Norte</u>					
Canadá	-	2.383	2.918	3.146	+ 32%
Est. Unidos	2.393	3.299	2.722	2.804	- 15%
2) <u>Europa</u>					
França	1.580	2.136	2.047	2.134	Estável
Alemanha Oriental	1.666	2.432	2.527	2.535	Estável
Alemanha Ocidental	1.978	2.712	2.823	2.853	Estável
Itália	26	270	298	309	-
Espanha	265	629	679	617	-
URSS	1.084	3.161	3.439	3.505	+ 10.8%
3) <u>Ásia</u>					
Israel	83	331	403	408	-
T O T A L	9.075	17.353	17.856	18.311	-

Ao lado do surgimento do Canadá e da expansão da produção soviética, a produção dos Estados Unidos vem apresentando um incremento negativo, com ligeiro declínio, entre 1966/1968 (- 18%); a Alemanha Ocidental e a Oriental, bem como a França, mantêm sua posição no panorama mundial, situando-se entre os 6 primeiros produtores.

Israel, apesar de ter perdido o mercado da Europa Oriental, após o conflito com o Egito, em 1967, pretende aumentar a capacidade de produção para atingir 1,2 milhões de tone

ladas em 1971/72, visando alcançar outras áreas de compensação do mercado internacional.

O mercado mundial, a partir de 1971, contou com a participação da Austrália, do Congo Brazaville (1,5 milhões t/ano de KCl) e do Reino Unido, com capacidade instalada de cerca de 1,5 milhões de t/ano de KCl.

Da análise dessa conjuntura depreende-se, com relativa segurança, que o surgimento de uma nova indústria de fertilizantes potássicos, em qualquer região do globo, em termos atuais, só será possível caso a mesma conte com um mercado cativo que a permita produzir em escala econômica.

Sem sombra de dúvidas, tais condições de mercado existem no Brasil, ficando o equacionamento final do problema na dependência de custos competitivos do binômio Produção/Transporte para colocar o produto ao alcance da agricultura, embora seja imprescindível reconhecer que a questão também envolve aspectos estratégicos de interesse de segurança para o desenvolvimento econômico do País.

Considerando-se que todo o fertilizante potássico consumido no Brasil é importado, sua demanda aparente se identifica com o fluxo da importação desse bem mineral.

As figuras 1 e 2, em anexo, mostram, respectivamente, uma imagem da evolução da importação brasileira de cloreto de potássio (muriato) e os incrementos anuais da importação de fertilizantes potássicos industriais do País, do valor absoluto dessa importação e do preço unitário CIF - Brasil, possibilitando visualizar o comportamento desses diversos itens no compasso do nosso progresso industrial.

Da análise de toda a documentação mencionada - permitindo um diagnóstico conjuntural do consumo de potássio no Brasil - fica evidenciado que a demanda brasileira comporta

se como um crescente contínuo, o qual deverá ainda prosseguir e acentuar-se pelos próximos anos, em virtude mesmo da grande expansão do País.

Medidas governamentais diretas ou indiretas de estímulo à agricultura tais como a criação do Proterra, Prodoeste, Provale, Plano Nacional de Irrigação, Política de Preços Agrícolas Mínimos, Expansão da Fronteira Agrícola, Corredores de Exportação, etc., tendem a manter o crescimento desse setor primário da economia, em níveis pelo menos compatíveis com o progresso nacional.

Frize-se aqui que o intensivo e extensivo uso do potássio como fertilizante acompanha a evolução do setor, desde que não há substituto para o mesmo na sua importante função de macronutriente ao lado do fosfato.

O Quadro a seguir demonstra o quanto é ainda incipiente o consumo de fertilizantes no Brasil, de uma maneira global, consequência lógica da ausência no País de fontes de produção de potássio e fosfato e do baixo nível tecnológico da nossa Agricultura.

Áreas Cultivadas (1.000 ha)

CULTURA	NORDESTE (1)		CENTRO-SUL (2)		SUL (3)	
	ÁREA ADUBADA	TOTAL	ÁREA ADUBADA	TOTAL	ÁREA ADUBADA	TOTAL
Algodão	-	448	636	1.212	-	-
Arroz	-	17	250	1.010	191	383
Batata	-	-	88	88	-	61
Café	-	-	1.000	2.000	-	-
Cana-de-Açúcar	146	365	300	756	-	53
Feijão	-	372	28	285	27	274
Fumo	-	14	-	-	115	115
Mandioca	-	185	5	104	13	274
Milho	-	443	1.800	3.600	500	1.670
Trigo e Soja	-	-	250	583	757	1.314
T O T A L	146	2.581	4.357	9.638	1.603	4.144

(1) Estimativa referente ao ano de 1968.

(2) Estudo elaborado pela Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA - T. 13/70 - refere-se ao ano de 1969.

(3) Estimativa referente ao ano de 1968.

FONTE: Perspectivas da Indústria de Fertilizantes no Brasil - Paulo Vieira Belotti - 1970.

Sabe-se ainda que o Norte, Nordeste e Centro Oeste, objeto dos concentrados esforços do Governo Federal para o desenvolvimento, ainda não possuem consumo sequer significativo de fertilizantes.

A mesma fonte do Quadro anterior fornece os dados a baixo, baseados em projeções feitas por Técnicos do Tennessee Valley Authority - TVA -, para os anos de 1975 e 1980. ✕

Brasil - Estimativa do Consumo de Fertilizantes

(Em 1.000 toneladas)

Ano	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	TOTAL
1975	515	646	371	1.532
1980	942	931	514	2.387

FONTE: Perspectivas de Fertilizantes no Brasil
Paulo Belotti - 1970.

Vale a pena repetir a mesma projeção para o potássio, dentro dos mesmos índices, considerando, porém, que em 1970 a importação já atingiu o equivalente a 300.000 t de K₂O contido.

Ano	1970	300.000 t K ₂ O
Ano	1975	420.000 t K ₂ O
Ano	1980	590.000 t K ₂ O

A Figura 3, em anexo, permite visualizar tal projeção para o Brasil, contemplando, ainda, estimativas de crescimento a 10 e 15% ao ano, respectivamente.

Mesmo considerando-se que a importação em 1970 sofreu incremento além do normal esperado, devido a processos de estocagens e/ou face ao estímulo da queda de preços ter permitido em anos anteriores uma maior utilização do produto, o fato serve apenas para trazer à tona os problemas de demanda contida.

Um argumento que poderia ser aduzido contra o aproveitamento do potássio brasileiro seria a vantagem de importar a preços aviltados, vigentes. Em contrapartida, com o esperado alívio da pressão do mercado internacional a médio prazo, não teríamos incorporado à nossa constelação industrial u

ma fonte permanente e altamente significativa de produção doméstica de potássio.

Tal colocação se fortalece em termos de Segurança Nacional, considerando o elenco de outros produtos recuperáveis, tais como o bromo, o magnésio, e o Salgema derivados das mesmas jazidas, interessados no mesmo método de lavra e todos possíveis geradores de novas indústrias.

Por outro lado, um mercado cativo modestamente previsível de 600.000 t de K_2O /ano ou 1.000.000 t de KCl /ano, em 1980, permite desde já partir para uma indústria de porte.

Das oito maiores firmas produtoras canadenses apenas duas estão autorizadas a comercializar o equivalente a mais de 400.000 t de K_2O /ano contido e quatro das mesmas só têm autorização para produzir entre 250 a 300.000 t de K_2O /ano contido, refletindo a complexidade da conjuntura do potássio, de atividade dirigida pelo governo daquele País.

Considerando as atuais condições internacionais de produção e a possibilidade de fretes de retorno, é possível prever a colocação do potássio sergipano, "grade standard" de 60% de K_2O (muriato), CIF Santos, a cerca de US\$ 40.00/tonelada.

Apenas para reforçar as possibilidades de desenvolvimento do mercado brasileiro de potássio, convém salientar que nosso consumo é 12 vezes menor que o dos EUA e, em 1969/70, apesar da relativa estabilidade do mercado, o consumo da Europa Ocidental aumentou em 6%.

Ainda segundo dados obtidos, para implantação de indústria nacional, um ótimo econômico poderia ser encontrado em torno do equivalente de 500.000 t/ano de K_2O contido, o que, à luz das estatísticas disponíveis, é aceitável no caso brasileiro. ~~X~~

A ênfase dada ao problema de mercado reflete a preocupação da CPRM na industrialização do jazimento, vez que suas possibilidades comerciais são tão importantes quanto a qualificação e quantificação das reservas disponíveis.

Por outro lado, deve estar sempre presente que a lavra conjunta das jazidas ora consideradas e daquelas da Área de Reserva Nacional deverá ser planejada globalmente para uma única unidade de mineração, configurando, assim, um Grupamento Mineiro, como definido no Art. 53 do Código de Mineração.

Os planos de lavra, compatibilizados, deverão permitir um aproveitamento racional dos depósitos, impedindo que, em nome de uma rentabilidade fracionária, a curto prazo, e dentro da disputa de um mesmo mercado, grupos competidores efetuem lavra predatória que, tornando o conjunto de jazidas inviável, acarrete prejuízos incalculáveis ao interesse nacional.

Enquanto aguarda a aprovação do presente relatório, por parte do DNPM, prosseguirá a CPRM nos estudos básicos que permitam definir o método ou métodos de lavra consentâneos com a importância do problema, para toda a província salífera sergipana.

À luz das informações já disponíveis, dois métodos de lavra são preconizados para a área: lavra subterrânea convencional e lavra por solução. Cada método, por sua vez, comporta múltiplas alternativas, as quais dependem, entre outras, das seguintes variáveis: natureza dos minerais, profundidade, disposição estrutural, espessuras das camadas, comportamento mecânico do minério e de suas encaixantes, gradiente térmico, além das características hidrodinâmicas da sequência salífera.

Pelo método de lavra subterrânea, através do sistema de câmaras e pilares, e de acordo com o condicionamento existente nos evaporitos da Área de Reserva Nacional, torna-se necessário, primeiramente, executar a fase de desenvolvimento da jazida, com a abertura de pelo menos um poço (shaft), que consiste numa escavação com o diâmetro de aproximadamente sete metros até uma profundidade da ordem de mil metros. Esse poço permitiria o acesso às camadas de interesse à lavra, dando condições para que, a partir dele, sejam desenvolvidas galerias de nível, de onde seria extraído o minério com auxílio de equipamento mecânico. O poço daria também condições para a movimentação de pessoal, equipamentos e materiais, permitindo por outro lado o acesso à instalação dos condutos de luz e força e, provavelmente, refrigeração, além de transporte vertical, até a superfície, do minério desmontado nas frentes de trabalhos.

Na escavação do poço (shaft), as condições hidrodinâmicas dos horizontes a serem atravessados poderão exigir congelamento artificial e posterior vedação e revestimento. O dimensionamento das câmaras e pilares, por outro lado, poderá sofrer a influência da natureza das camadas imediatamente sotopostas ou superpostas, em função principalmente do comportamento mecânico das rochas e do lençol de água subterrânea.

A experiência internacional na mineração de tais tipos de depósitos, pelo método de câmaras e pilares, revela que as camadas mais rasas, em torno de 500 metros, podem ser minerais com uma recuperação da ordem de 50 a 60%. A profundidades da ordem de 1.000 metros, entretanto, os sais potássicos têm tendência à fluidez e, sob tais condições, a recuperação, provavelmente, estará situada entre 25 a 35%, embora possa cair a níveis de recuperação até da ordem de 20%.

A implantação de uma usina com capacidade de produção de 300 mil toneladas/ano de K_2O exigirá um investimento em torno de 80 milhões de dólares, acrescendo-se a esta quantia cerca de 15 milhões de dólares para o "shaft", galerias de reconhecimento, pesquisas adicionais e desenvolvimento.

Considerando o custo de aquisição dos resultados da pesquisa, o total do capital a aplicar, até o início da operação plena do complexo mina-superfície-terminal marítimo, deverá ser da ordem de 110 milhões de dólares.

O método de lavra por solução consiste na perfuração de poços tubulares com sondas rotativas, até a zona minerável. Através dessas perfurações tubulares são levadas ao horizonte de interesse econômico duas a três linhas de tubos com diâmetros compatíveis. No espaço anular entre as tubulações e o revestimento do poço é circulado óleo. Um dos tubos é utilizado para a injeção de água doce e o outro para a extração da salmoura resultante da dissolução dos sais. O terceiro tubo seria usado para controle e medidas de fundo de poço.

A salmoura obtida por esse processo deixa em profundidade uma cavidade incipiente. A tendência da água doce é dissolver os sais solúveis na direção vertical, originando uma cavidade cilíndrica de diâmetro estreito e de grande dimensão vertical. Havendo necessidade de aproveitamento dos sais existentes na dimensão horizontal, utiliza-se a chamada "solução controlada", através do emprego de nível de fluido menos denso que a água, por exemplo, óleo. Esse fluido flutua na parte superior da cavidade, envolvendo seu teto, evitando e controlando assim a dissolução dos sais nesse local. Dessa maneira a cavidade cresce obrigatoriamente no seu sentido lateral. Essa cavidade deve sempre ser conservada cheia de salmoura com o objetivo de proteger o teto. Em razão da dissolu

ção lenta dos sais, a produção de salmouras com concentração operacional exige que a taxa de circulação (injeção/extração) seja permanentemente mantida sob controle. A grande dificuldade do sistema é fixar o diâmetro "crítico" da cavidade, do qual depende a economicidade e a segurança do processo. O controle vertical de dimensão da cavidade é feito pela manipulação dos tubos e retirado do nível do fluido leve existente. Normalmente, a vida operacional de cada furo varia de 9 (nove) a 18 (dezoito) meses, devendo a produção poço/ano atingir, teoricamente, cerca de 100 mil toneladas de KCl.

Levada a salmoura até a superfície através de um dos tubos, a mesma é purificada e evaporada. Desta forma, pode-se obter o sal em forma mais concentrada.

Dependendo da natureza da salmoura e dos produtos finais desejados, as soluções podem receber complexos e variados tratamentos físico-químicos, inclusive eletrólise e fundição (material metálico).

O método de lavra por solução, além de permitir a demarcação industrial, em prazo mais curto, de investimentos mineiros iniciais um pouco mais suaves, introduz no sistema uma componente altamente importante, qual seja a flexibilidade operacional, parâmetro desejável em face da natureza variável dos evaporitos aproveitáveis, intercalações sucessivas na mesma vertical, comportamento estrutural dos mesmos e extensão lateral dos depósitos.

No caso de Sergipe, as salmouras poderão ser concentradas também por evaporação solar, dependendo a aplicabilidade deste processo dos resultados de estudos experimentais a serem conduzidos por ocasião do desenvolvimento dos depósitos.

Em princípio, pelo método de lavra por solução, pode

rão ser extraídos tanto os minerais de potássio como os de magnésio, além do Salgema. São empregados em todo o mundo processos tecnológicos diversos, os quais dependem do mineral a ser dissolvido, do tratamento necessário e dos produtos finais desejados.

A escolha de um determinado método dependerá previamente de testes-piloto e da definição específica de sua economicidade. Novas tecnologias foram desenvolvidas e patenteadas. Muitas delas ainda não sofreram o teste definitivo para sua utilização econômica em larga escala.

Um método descoberto recentemente e de aplicabilidade ideal em Sergipe parece ser o da dissolução da Carnalita com a extração simultânea de potássio, magnésio e outros associados, patenteado pelo técnico americano Kenneth J. Kutz. O método consta essencialmente da introdução, pelo poço aberto, de água, na camada de Carnalita, promovendo a lixiviação do $Mg Cl_2$ da própria Carnalita, formando assim uma cavidade no corpo da camada. A lixiviação do $Mg Cl_2$ deixa o KCl, menos solúvel, como uma polpa no fundo do poço. O KCl é então removido através da coluna de tubos do poço, em suspensão na solução saturada-salmoura de $Mg Cl_2$. A separação das fases sólida (KCl) e líquida ($Mg Cl_2$) é feita por decantação e/ou centrifugação. Caso essa tecnologia seja viável, abre-se novo campo para o aproveitamento das extensas reservas de Carnalita, diminuindo a ordem de grandeza dos investimentos pré-operacionais e de produção, além da economia de tempo.

Pelo exposto, caracterizado o montante do investimento para a operação do complexo mina-superfície-terminal marítimo, para um nível de produção equivalente a 500.000 de K_2O contido, e sabendo-se que o preço estimado atual de importação CIF-Santos oscila em torno de 40 dólares por tonelada de KCl, o frete Mina-Santos em 7 dólares por tonelada e ainda

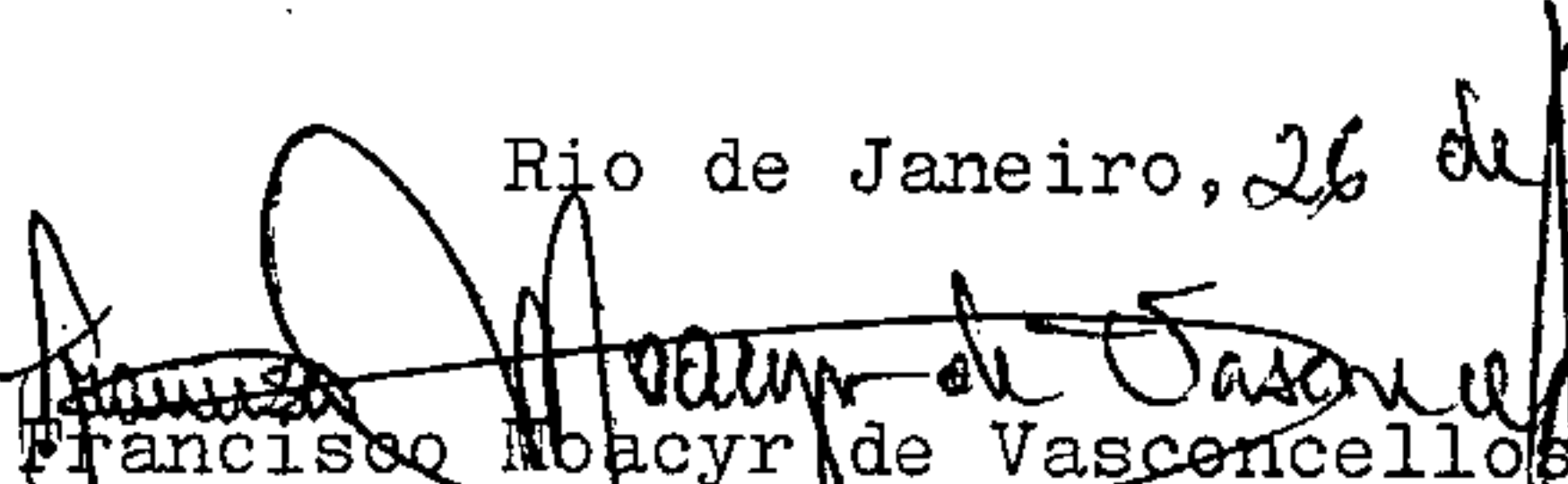
que o custo de extração "boca de mina" (inclusive depreciação do equipamento e remuneração do investimento) fixar-se-á, na dependência do plano de lavra adotado, em torno de 14 a 18 dólares por tonelada de KCl, haverá a possibilidade de uma economia de 15 a 19 dólares. Tal quantia deverá fazer face ao custo de beneficiamento - conforme o método de lavra variará de 4 a 1 dólares/tonelada de KCl -, amortização do capital e lucro industrial, não se computando aí a possibilidade de recuperação e comercialização de subprodutos e/ou coprodutos, como o Salgema, de custo de lavra desprezível. Essas considerações permitem inferir uma configuração de viabilidade econômica ao empreendimento, mesmo em termos competitivos com os preços vigentes no mercado internacional.

Os índices resultantes da investigação da avaliação do empreendimento, em face dos níveis de produção previstos, são os normalmente encontrados para indústria de grande porte, especialmente de mineração, sendo suficientes para despertar o interesse de grupos idôneos e capazes.

Pode-se resumir que, em termos de mercado cativo, existe viabilidade econômica para extração e comercialização dos sais solúveis de Sergipe, ficando porém sua viabilidade técnica na dependência de elaboração de plano de lavra integrado.

Julgamos, assim, ter demonstrado a exequibilidade e econômica da lavra e do empreendimento, por qualquer dos métodos de lavra preconizados, mormente considerando a excepcional vantagem que significará a garantia do mercado doméstico, em contínua expansão.

Rio de Janeiro, 26 de julho de 1972.


Francisco Moacyr de Vasconcelos

Engenheiro de minas e civil - CREA 526 D, 2ª Região
Responsável Técnico

VOLUME I - APENDICEINFORMAÇÕES SOBRE ELEMENTOS MENORES
NOS EVAPORITOS DE SERGIPE

Durante a execução do "Projeto Potássio", o "BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE" de Columbus-Ohio - EE.UU., e o "HAZEN RESEARCH INC." de GOLDEN-COLORADO - EE.UU., foram contratados para efetuar um estudo de recuperação e aproveitamento econômico dos depósitos de Taquidrita da sequência evaporítica de Sergipe.

O programa do Instituto Battelle teve como objetivos a exequibilidade e custos de obtenção de cloreto de magnésio purificado e sub-produtos, a partir da Taquidrita.

Foi preparada uma amostra composta, na sede do Projeto Potássio em Aracaju-SE, a partir de amostras contínuas da parte superior da zona de Taquidrita superior (T6) nos poços PKC-1, PKC-6, PKC-7, PKC-10. Essa amostra composta, após mistura e quarteamentos, foi subdividida em 3 frações de aproximadamente 15 Kg, as quais foram cuidadosamente acondicionadas. Uma foi enviada ao Instituto Battelle e outra à HAZEN.

O Instituto Battelle apresentou relatório, no qual incluiu duas tabelas com resultados de análises de elementos traços. O Hazen também apresentou relatório, mas não realizou análises dos elementos menores.

As referidas tabelas do Battelle, anexo nº 1, contém os resultados das análises espectrográficas de massa ("Mass spectrographic analysis") de 68 elementos traços, na amostra original e em amostras de produtos recristalizados. Em ambas as tabelas os teores são em ppm (partes por milhão = g/t).

Nos resultados de análise da amostra original ("head sample"), notam-se alguns elementos ou metais nobres de valor comercial elevado, com os seguintes teores:

Ouro	3,0 ppm	Platina	0,3 ppm	Germânio	60,0 ppm
Prata	1,0 ppm	Paládio	7,0 ppm	Lantânio	6,0 ppm
		Ródio	2,0 ppm	Césio	6,0 ppm
		Rutênio	5,0 ppm		
Európio	2,0 ppm	Irídio	0,2 ppm		
Gadolínio	6,0 ppm	Ósmio	0,2 ppm		

Observa-se que estes valores, segundo o método de análise utilizado, podem ser consideravelmente inferiores ou superiores aos valores reais. Embora alguns valores sejam relativamente altos, o Instituto Battelle cita na pag. nº 12 do relatório, textualmente: "The other minor elements do not appear to be present in sufficient quantity to consider recovering them". Excetu-se o Bromo.

Não existiam outras análises para efeito de confrontação de resultados. No relatório de Robert Hite (Observações Pertinentes ao Projeto Potássio), encontra-se uma tabela de resultados de análises espectrográficas, realizadas em 3 amostras isoladas de Carnalita e Taquidrita pelo USGS, em Denver-Colorado. Apenas foram detetados doze elementos comuns, sem interesse para o caso. Também o Relatório de Norman Wardlaw (Unusual Marine Evaporites...) com base em amostras locais (não contínuas) da secção de sais do poço PKC-10, contém análises de Bromo, Rubídio e Estrôncio em quase toda coluna. Este último estudo visou objetivos genéticos, não possuindo, contudo, análises de outros elementos traços.

Em novembro/71, três amostras locais (não contínuas) de Taquidrita foram analisadas pelo USGS em Denver-Colora-

do, pelos métodos "Semi-Quantitative Spectrographic", Absorção Atômica, e "Fire Assay Spectrographic". Os resultados da análise de elementos traços foram negativos.

Recentemente, em junho/72, foram preparadas, em Aracaju-SE, 25 amostras compostas representativas das zonas, em geral espessas, de Taquidrita e de Carnalita, de alguns poços do Projeto Potássio (PKC-1, PKC-6, PKC-7, PKC-8, PKC-9, PKC-10, PKC-11, PKC-18), distribuídos na antiga área de "Reserva Nacional" - (Vide tabela, anexo nº 6). Observa-se que as amostras compostas nºs. 1 e 2 do PKC-1, nº 1 do PKC-6, nº 1 do PKC-7 e nº 1 do PKC-10 abrangem propositadamente todos os intervalos dos quais foi obtida a amostra composta analisada pelo Instituto Battelle.

As vinte e cinco amostras foram levadas ao USGS em Denver-Colorado e analisadas pelos métodos: "Semi-Quantitative Spectrographic", "Fire Assay ... Spectrographic", Absorção Atômica (AA), "Fire Assay ... AA". Os resultados de análise são apresentados em anexo.

Inicialmente, em junho/72, as amostras foram analisadas pelo método espectrográfico semi-quantitativo. Os resultados (anexo nº 14-5 do Relatório), em geral, foram negativos, mas observa-se que este método não é suficientemente sensível para determinação de ouro (10 ppm limite inferior) e de outros elementos. Além dos elementos comuns, foram detetados alguns outros elementos como segue:

Lantânio 50 ppm, na Amostra nº 2 do PKC-8 (Folhelho/Taquidrita)
 Ytérbio 20 ppm, na mesma Amostra
 Escândio 10 ppm, na mesma Amostra
 Lítio 500 ppm, na Amostra nº 1 do PKC-11 (Taquidrita).

Também em algumas amostras foi detetado Gadolínio com 10 a 15 ppm, Índio com 10 a 30 ppm. O Estrôncio ocorre com 3000 a 5000 ppm em várias amostras e o Rubídio com 300 ppm na a

mostra nº 2 do PKC-8. O Cério não foi analisado e o Césio não foi detetado (limite inferior elevado de 500 ppm) assim como o Germanio (limite inferior não anotado).

A seguir, em julho/72, as amostras foram analisadas pelo método "Fire Assay ... Spectrographic" (anexo nº 3). Os seguintes elementos do grupo da Platina não foram detetados dentro dos limites de determinação (entre parênteses): Platina (0.005 ppm), Paládio (0.002 ppm), Ródio (0.002 ppm), Rutênio (0.100 ppm), Irídio (0.050 ppm). O elemento Ósmio não foi analisado.

Em seguida, em fins de julho e início de agosto/72, as amostras foram analisadas para ouro, pelos métodos de Absorção Atômica (AA), e Fire Assay ... AA. Os resultados, em geral, foram positivos (anexos nºs. 4 e 5). A tabela (anexo nº 6) contém, além do intervalo de profundidade e espessura das amostras, a respectiva designação da zona salina ("Zoneamento dos Evaporitos") - J.C. Fonseca, Abril/72) e os resultados de análise. Nesta tabela pode-se observar e comparar os teores resultantes dos métodos de análises. Pelo método de Absorção Atômica (AA), em amostras não queimadas ("Not Roasted Samples"), não foi detetado ouro, acima do limite (0.02 ppm). Este fato sugere ausência de ouro, sob forma solúvel, nos sais. Pelo mesmo método, mas com amostras queimadas ("Roasted Samples"), foram detetados valores variáveis entre 0,22 e 3,20 ppm (g/t), indicando presença de ouro nativo ou compostos de ouro (sulfeto, telureto, etc...), sob forma de partículas. Possivelmente essas partículas são encapsuladas ou associadas com substâncias tais como Carbono e seus compostos, que dificultam ou impedem a "digestão" da mesma pelo ácido bromídrico (H Br). A prévia queima da amostra ("Roasted Sample") elimina essas substâncias permitindo a quebra do agregado.

Os resultados pelo método Fire Assay ... AA apresentam valores menos constantes, e variáveis entre L (0,05) e

2,50 ppm, alcançando o valor isolado de 14,00 ppm na amostra nº 4 (zona de Carnalita C3-2, com 60 m de espessura) do poço PKC-8. Observa-se que neste método a amostra é fundida, com auxílio de fundentes, antes da solubilização em ácido. As amostras foram secadas à temperatura de 95° C, antes da pesagem.

Comparando-se os resultados dos dois métodos, observa-se que em geral não há equidade de valores, mas pelo contrário discrepâncias, a exemplo: 14,00 - 0,62, L (0,05) - 2,70, L (0,05) - 2,00. A ocorrência de Ouro em forma de partículas disseminadas na amostra explicaria estatisticamente essas variações. Durante a tomada de pequenas amostras para análise, a partir da amostra original, uma partícula maior em uma das pequenas amostras ocasionaria resultados discrepantes.

Estes resultados parecem indicar, de fato, a presença de Ouro em diversas zonas salinas de Carnalita e Taquidritas nas sub-bacias evaporíticas de Taquari-Vassouras e Santa Rosa de Lima, no Estado de Sergipe. Torna-se necessário determinar os teores reais, forma de ocorrência, associação e sua distribuição vertical, através de um detalhado e extenso programa de amostragem e análises específicas para o Ouro, e outros elementos traços valiosos. A Carnalita, e, especialmente, a Taquidrita, são muito deliquescentes. Cuidados e técnicas especiais deverão ser tomados no laboratório durante a manipulação e análise das amostras. Algumas recomendações foram apresentadas por A.P. Marranzino (Advisor for Geochemical Laboratories, do USGS) através do memorando nº 89/72 de 17 de agosto de 1972 (anexo nº 7).

Na amostragem adotada em Aracaju-SE, as amostras de sais deliquescentes, como a Taquidrita e Carnalita, são triturados sob o sol, condição onde os sais secam e permanecem secos, com recristalização da película de salmoura em volta dos grãos e cristais. Em dias nublados ou de chuva, utiliza-se uma estufa simples de lâmpadas com grades em diferentes posições e temperatu

ras. Seca-se a amostra a temperaturas em torno de 40 a 60° C a fim de evitar perda de água de cristalização dos sais. Logo após a preparação da amostra, a mesma é colocada em frascos de boca esmerilhada, a qual é parafinada.

Fácil se torna aquilatar a importância econômica da presença do Ouro na Bacia Evaporítica, desde que as investigações sistemáticas a serem realizadas conduzam a resultados médios concordantes com os obtidos nas amostras consideradas.

Rio, Agosto de 1972.

TABLE 2. MASS SPECTROGRAPHIC ANALYSIS OF MINOR ELEMENTS IN COMPOSITE HEAD SAMPLE OF TACHYHYDRITE ORE^(a)

Element	Parts Per Million By Weight	Element	Parts Per Million By Weight	Element	Parts Per Million By Weight
Li	1	Rb	10	Gd	6
Be	0.05	x Sr	600	Tb	1
B	30	Y	0.5	Dy	3
F	1	Nb	2	Ho	1
Al	100	Mo	10	Er	3
Si	700	x Ru	5	Tm	1
P	2	x Rh	2	Yb	1
S	300	x Pd	7	Lu	1
Sc	2	Ag	1	Hf	1
Ti	15	Cd	6	Ta	3
V	10	In	6	W	0.3
Cr	5	Sn	6	Re	0.6
Mn	100	Sb	4	x Os	0.2
Fe	500	Te	2	x Ir	0.2
Co	5	I	0.6	x Pt	0.3
Ni	10	x Cs	6	x Au	3
Cu	15	Ba	4	Hg	0.4
Zn	15	x La	6	Tl	0.2
x Ga	6	Ce	1	Pb	4
x Ge	60	Pr	1	Bi	1
As	100	Nd	1	Th	0.4
Se	10	Sm	1	U	0.1
x Br	2000,	x Eu	2		

(a) Maximum values detected.

TABLE 4. MASS SPECTROGRAPHIC ANALYSES OF SAMPLES FROM EXPERIMENT 7
IN PARTS PER MILLION BY WEIGHT (a, b)

Element	Sample Designation (c)				Element	Sample Designation			
	A	B	C	D		A	B	C	D
Li	1	0.01	0.004	0.03	Y	0.5	0.3	0.3	ND
Be	0.05	0.02	0.02	ND ^(d)	Zr	ND	0.3	0.3	ND
B	30	1	0.1	0.3	Nb	2	0.5	0.5	ND
F	1	1	1	ND	Mo	10	1	1	ND
Al	100	4	1	2	x Ru	5	5	5	ND
Si	700	10	1	ND	x Rh	2	2	2	ND
P	2	0.5	0.2	ND	x Pd	7	4	4	ND
S	300	3	1	2	Ag	1	4	4	ND
K	high	high	high	300	Cd	6	6	6	ND
Ca	high	3000	200	high	In	6	2	2	ND
Na	high	high	high	600	Sn	6	6	6	ND
Sc	2	2	0.7	ND	Sb	4	4	4	ND
Ti	15	20	20	40	Te	2	0.6	0.6	ND
V	10	3	1	1	I	0.6	0.2	0.2	ND
Cr	5	15	5	ND	x Cs	6	0.6	0.6	ND
Mn	100	20	10	50	Ba	4	1	2	3
Fe	500	20	4	ND	x La	6	2	0.3	ND
Co	5	15	5	ND	Ce	1	1	1	ND
Ni	10	25	5	ND	Pr	1	1	1	ND
Cu	15	15	15	ND	Nd	1	2	1	ND
Zn	15	3	3	ND	Sm	1	1	1	ND
x Ga	6	0.6	0.6	ND	x Eu	2	1	1	ND
x Ge	60	60	60	ND	Gd	6	3	3	ND

TABLE 4. Continued

Element	Sample Designation (c)				Element	Sample Designation			
	A	B	C	D		A	B	C	D
As	100	40	4	100	Tb	1	1	1	ND
Se	10	20	20	ND	Dy	3	1	1	ND
x Br	2000	500	300	300	Ho	1	0.3	0.3	ND
Rb	10	100	100	2	Tm	1	0.3	0.3	ND
x Sr	600	100	15	1000	Lu	1	1	1	ND
Er	3	1	1	ND	Ta	3	1	1	ND
Yb	1	0.3	0.3	ND	Re	0.6	1	1	ND
Hf	1	1	1	ND	x Ir	0.2	1	1	ND
W	0.3	0.3	0.3	ND	x Au	3	1	1	ND
x Os	0.2	0.2	0.2	ND	Tl	0.2	3	3	ND
x Pt	0.3	1	1	ND	Bi	1	1	1	ND
Hg	0.4	0.4	0.4	ND	U	0.1	0.1	0.1	ND
Pb	4	4	4	2					
Th	0.4	0.1	0.1	ND					

(a) Head sample analysis repeated from Table 2 for comparison purposes.

(b) Maximum values detected.

(c) A = head sample of tachyhydrite ore

B = singly recrystallized product (not shown in Table 3)

C = doubly recrystallized product (shown in Table 3)

D = crystals formed by crystallizing mother liquor from 35 C crystallization at 75 C.

(d) ND = not determined.

Table 1 presents the measured results of the chemical analyses for major elements as well as a calculated head analyses based on the compositions of the individual core samples provided by the DNPM. The first and second determination agree with each other within about 4 percent for most components and these are within reasonable agreement with the calculated head analysis.

A material balance made on the ionic species shown in the second column of Table 1 indicated that the composite sample had the following approximate molecular composition: NaCl - 5 percent, KCl - 1.5 percent, $MgCl_2$ - 36 percent, $CaCl_2$ - 21.3 percent, Na_2SO_4 - 0.2 percent, and H_2O - 35.8 percent.*

Table 2 presents the analysis for the minor elements in the composite sample. It should be noted that about 2000 parts per million (ppm) bromine is present. This is comparable to the bromine content of the contained solids in brines which are known to have been worked for their bromine values. For example: the Michigan brines contained 500 to 3000 parts per million (ppm), Searles Lake, California, contains about 850 ppm, and the Dead Sea (the richest known source) contains about 5600 ppm of bromine.⁽¹³⁾

The other minor elements do not appear to be present in sufficient quantity to consider recovering them.

Mineralogical Characterization

The mineralogical character of the composite sample was determined microscopically. It was estimated that the sample contained 82 to 87 percent tachyhydrite ($CaCl_2 \cdot 2MgCl_2 \cdot 12H_2O$), 8 to 12 percent carnallite ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$), 3 to 5 percent sylvite (KCl), and 2 to 4 percent halite (NaCl).

The calculated mineral composition closely agrees with the microscopic analysis. A molecular balance based on the results of the chemical analyses was made. It was estimated from this balance that the composite sample contained about 89 percent tachyhydrite, 5 percent carnallite, 1 percent sylvite, and 5 percent halite.

* H_2O determined by difference in all cases.

6-29-72

Spec. Sheet

	AMOSTRAS	Cs (500)	Li (200)	Rb (2)
1	BFZ-059	N (500)	L (200)	2
2	060		N (200)	2
3	061			2
4	062			2
5	063			70
6	064			70
7	065			30
8	066		L (200)	15
9	067		N (200)	2
10	068			2
11	069			3
12	070			20
13	071			5
14	072			300
15	073			70
16	074			15
17	075			50
18	076			30
19	077		L (200)	30
20	078		N (200)	7
21	079			N (2)
22	080			↓
23	081		500	↓
24	082		N (200)	10
25	083		↓	15

Ge - más fin
Germanic

Im	VH1	n(10)
Indio	Samples	ppm
	6	10
	7	L (5)
	15	30
	19	L (5)

Ga	Samples	ppm
Gallio	6	L (10)
	7	L (10)
	15	15
	16	L (10)
	19	10
	<u>19</u>	<u>15</u>

Requester: A.P. MARRANZINO

FIELD SERVICES SECTION

Page No. 1 of 2

Analysts: R.R. Carlson

FIRE ASSAY

Film No. 10-18A

Spec.: E. Cooley

AA: _____

			FIRE ASSAY---AA		FIRE ASSAY----SPECTROGRAPHIC				
					7/7/72	7/7/72	7/7/72	7/7/72	7/7/72
HM <u>4038</u>			32	32	32	32	32	32	32
			1	8	15	22	29	36	50
Field No.	Tag No.	Sample Weight	Au ppm	Ag ppm	Pt ppm	Pd ppm	Rh ppm	Ru ppm	Ir ppm
1-PKC-1ET	BFZ 059	15.0g			N(0.005)	N(0.002)	N(0.002)	N(0.100)	N(0.050)
2	060								
3	061								
4	062								
5	063								
6	064								
7	065								
8	066								
1-PKC-6ET	067								
2	068								
1-PKC-7ET	069								
2	070								
1-PKC-8ET	071								
2	072								
3	073								
4	074								
5	075								
6	076								
1-PKC-9ET	077								
2	078								
1-PKC-10ET	079								
2	080								
1-PKC-11ET	081								
1-PKC-12ET	082								

ANEXO 3 a

Appendice

Element Au Requisition Number 4038
 Sample Weight 10.0g Requestor P.P.M
 Volume 10.0 ML Analyst M.A. Lisboa
 Method A.A. 103 Received _____ Completed _____

Not Roasted

Roasted

Number		SAMPLE	ppm Reported	Number			ppm Reported
659	N(.02)	1-PKC-1 ET		3.0			
60	N(.02)	2		.96			
61	N(.02)	3		2.0 ¹			
62	N(.02)	4		.60			
62	N(.02)	5		2.7 ²			
64	N(.02)	6		.90			
65	N(.02)	7		.28			
66	N(.02)	8		.40			
67	N(.02)	1-PKC-6 ET		2.0 ²			
68	N(.02)	2		1.6 ²			
69	N(.02)	1-PKC-7 ET		1.8 ²			
70	N(.02)	2		.30			
71	N(.02)	1-PKC-8 ET		.22			
72	N(.02)	2		.38			
73	N(.02)	3		.90			
74	N(.02)	4		.62			
75	N(.02)	5		1.1			
76	N(.02)	6		.92			
77	N(.02)	1-PKC-9 ET		.74			
78	N(.02)	2		.30			
79	N(.02)	1-PKC-10 ET		3.2 ⁰			
80	N(.02)	2		1.6 ⁰			
81	N(.02)	1-PKC-11 ET		2.8 ⁰			
82	N(.02)	1-PKC-12 ET		3.0 ⁰			
83	N(.02)	2		.76			

Remarks

FM 4038 - Au results (File per APM)

Method... AA 7-25-72 Apendice

ANEXO 4 b

10) Placed in hot oven at 700°C for 2 hrs

10g samples in old crucibles

Solids dissolved in H₂O and boiled to dryness then digested in hot HBr for 2 hrs

Samples	AU-PPM
BF2 054	3.0
60	.96
61	2.0
62	.6
63	2.7
64	.9
65	.28
66	.40
Note: The samples swelled 67	2.0
and turn out from the 68	1.6
crucibles and melted 69	1.8
70	.3
71	.22
72	.38
73	.90
74	.62
75	1.1
76	.92
77	.74
78	.30
79	3.2
80	1.6
81	2.8
82	3.0
83	.76

2º) The samples were not roasted. 10 g sam-
ple was used. The normal procedure
was followed.

Samples	PPM Au
BF2 059	N (.02)
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	
75	
76	
77	
78	
79	
80	
81	
82	
83	

Requester: R.P. [unclear]

FIELD SERVICE

Page 1 2

Analysts: R.R. Carlson

FIRE ASSAY

Film No. _____

Spec.: _____

AA: R.R. Carlson

HM 4038

FIRE ASSAY---AA

FIRE ASSAY---SPECTROGRAPHIC

Field No.	Tag No.	Date	Sample Weight	FIRE ASSAY---AA		FIRE ASSAY---SPECTROGRAPHIC				
				Au ppm	Ag ppm	Pt ppm	Pd ppm	Rh ppm	Ru ppm	Ir ppm
		8/2/72		32	32	32	32	32	32	32
				i	8	15	22	29	35	50
1-PKC-1 E.T.	BFZ 059		15.0g	2.5	✓					
2	060			0.05						
3	061			0.05						
4	062			0.05						
5	063			L(0.05)						
6	064		15.0	0.05						
7	065		3.0	0.55	✓					
8	066		15.0	0.05						
1-PKC-6 E.T.	067			L(0.05)						
2	068			0.10						
1-PKC-7 E.T.	069			0.25	✓					
2	070			0.05						
1-PKC-8 E.T.	071			0.05						
2	072			0.05						
3	073			0.90	✓					
4	074			14	✓					
5	075			L(0.05)						
6	076			0.10						
1-PKC-9 E.T.	077			L(0.05)						
2	078			0.05						
1-PKC-10 E.T.	079			0.45	✓					
2	080			0.20	✓					
1-PKC-11 E.T.	081			0.10						
1-PKC-18 E.T.	082			0.55	✓					

Appendix
ANEXO 5 a

C.P.R.M.
EVAPORITOS DE SERGIPE

Apêndice
ANEXO 6

Relação de Amostras Compostas para Análises de Elementos Traços - e Resultados de Análises

POÇOS	NÚMERO AMOSTRA EL. TRAÇOS	INTERVALO PROFUNDIDADE	ESPESSURA	NÚMERO AMOSTRAS CONTÍNUAS DO INTERVALO	ZONAS SALINAS - ZONEAMENTO POR J. C. FONSECA (Abril/72)	RESULTADOS DE ANÁLISES EM ppm - (µg/t)																
						FIRE ASSAY ... AA	AA - ABSORÇÃO ATÔMICA		FIRE ASSAY ... SPECT.	SEMI - QUANTITATIVE SPECTROGRAPHIC												
							Roasted	Not Roasted		Ag (0,5)	Au (10)	V (10)	Cd (20)	Ce (500)	Cs (?)							
							Au (0.05)	Au (0.02)		Pt (.005) Au (.10)	Pd (.002) Rh Os	W (50)	La (20)	Sc (5)	Y (10)	Sr (100)	Ga (10)	In (10)	Rb (2)	Li (200)		
PKC-1	1 ET	736 - 743 I.B.	8	48 a 54	C7, T6	2.50	3.00	N(0.02)														
	2 ET	738 - 776 I.B.		55 a 70	T6	0.05	0.96	"														
	3 ET	743 - 782	39	85 a 92	T6	0.05	2.00	"														
	4 ET	782 - 837	55	93 a 105	T6	0.05	0.60	"														
	5 ET	837 - 900	63	106 a 116	C6, H5	L (0.05)	2.70	"														
	6 ET	900 - 947	47	117 a 125	T4, H4	0.05	0.90	"														
	7 ET	947 - 997	50	126 a 136	C3-2	0.55	0.28	"														
	8 ET	1037 - 1086	49	145 a 155	C2	0.05	0.40	"														
PKC-6	1 ET	560 - 563 I.B.	3	40 a 52	C7, T6	L (0.05)	2.00	"														
	2 ET	563 - 607	44	70 a 77	T6	0.10	1.60	"														
PKC-7	1 ET	471 - 474 I.B.	3	90 a 95	C7, T6	0.25	1.80	"														
	2 ET	474 - 500	26	96 a 103 109 a 114	C6, F5	0.05	0.30	"														
PKC-8	1 ET	432 - 464	32	1 a 10	C6, H6	0.05	0.22	"														
	2 ET	464 - 490	26	11 a 16	F6, T5, F5	0.05	0.38	"														
	3 ET	490 - 548	58	17 a 31	T4, H4	0.90	0.90	"														
	4 ET	548 - 608	60	32 a 48	C3-2	14.00	0.62	"														
	5 ET	608 - 660	42	49 a 59	H3-2, C3-1, H3-1	L (0.05)	1.10	"														
	6 ET	660 - 716	66	60 a 76	C2, SC1	0.10	0.92	"														
PKC-9	1 ET	600 - 640	40	30 a 42	H6, T4, C3-2	L (0.05)	0.74	"														
	2 ET	673 - 706	33	16 a 21 47 a 55	C2	0.05	0.30	"														
PKC-10	1 ET	600 - 692 I.B.	12	21 a 37	C7, T6	0.45	3.20	"														
	2 ET	692 - 744	52	52 a 63	T6	0.20	1.60	"														
PKC-11	1 ET	380 - 415	35	30 a 38	T6	0.10	2.00	"														500
PKC-18	1 ET	777 - 830	53	71 a 102	T6	0.55	3.00	"														
	2 ET	830 - 850	20	103 a 107	C2	0.05	0.76	"														

Apêndice
ANEXO 6



United States Department of the Interior

GEOLOGICAL SURVEY

No. 89/72

August 17, 1972

M E M O R A N D U M

TO : Director of Operations
C. P. R. M.

THRU : S. A. Stanin, Chief of Party *SAS*
U. S. Geological Survey

FROM : A. P. Marranzino *A. P. Marranzino*
Advisor for Geochemical Laboratories

SUBJECT : Analyses of Samples from the Area
of Aracaju.

Persuant to conversations with LAMIN and the geologist the following is suggested:

1. Collect new samples from some or near-by locations.
2. Seal the sample in a new plastic bag upon collection.
3. Weigh the entire sample within 6 hours of collection.
4. Split sample using precautions to keep as dry as possible.
5. Send 1/2 split to mineral identification.
6. Send 1/2 split to chemical laboratory.
7. Hand prepare split for chemical analysis for gold.
8. As soon as sample has been prepared - weigh 10 aliquots. Dry 5 at 100° C and analyze for gold. Deep freeze 5 for further study.

Page two.

August 17, 1972

9. Remaining sample should be split half to be frozen and half to be dried at 100° C and placed in a dessicator.
10. Review all 5 results from all samples and determine course of action.

Previous work indicates that anomalous gold is present and verification in needed.

A handwritten signature in cursive script, appearing to be 'J.M.', is located in the center of the page.

BIBLIOGRAFIA

- CORDER, W.C. - Investigation of technology and economics for recovery of magnesium, compounds from a Brazilian tachydrite deposit. Battelle Memorial Institute, Relat. inédito para o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Columbus, feb. 1970, 33 p.
- FERNANDES, GERSON A. - A geologia de subsuperfície indica o novo parâmetro para futuras descobertas de óleo em Sergipe. PETROBRÁS, Coletânea de Relat. de Exploração, Rio de Janeiro, 2 (4): 111-135, 1967.
- HADZERIGA, PABLO - Recovery of salts from a tachydrite - carnalite deposit. HAZEN RESEARCH, INC., Relat. inédito para o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, Indiana, sept. 1970, 32 p.
- HITE, ROBERT J. - Recommendations and observations pertaining to Projecto Potássio, State of Sergipe, Brazil, USGS, Relat. Inédito, Denver, 1968.
- HUMPHREY, F.L. e ALLARD, G.O. - Geologia da área do domo de Itabaiana (Sergipe). Rio de Janeiro, PETROBRÁS, Div. Docum. Técn. e Patentes, 1969, 157 p. (em português e inglês).
- LEITE, A. de S. WIRZ - Estudo dos depósitos salíferos da Reserva Nacional de sais de potássio e Salgema, Carmópolis. PETROBRÁS-DIREX, Relat. inédito, Aracaju, RPNE nº 659, mar. 1969.
- OJEDA, H.A. - Considerações geológicas das seções média e basal da Formação Muribeca na Bacia de Sergipe. PETROBRÁS - DIREX, Relat. inédito, Aracaju, RPNE nº 542, fev. 1968.
- OLIVATTI, O. e PELAGI, P.R. - Projeto Muribeca. PETROBRÁS - DIREX, Relat. inédito, Aracaju, RPNE nº 671, agosto 1970 ✓

PETROBRÁS - Cópia da coleção de perfís eletro-radioativos dos poços existentes nas Áreas de Pesquisa. Inédito, Rio de Janeiro.

PETROBRÁS - Mapas geológicos da Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas. Inédito, Rio de Janeiro (escalas 1:100.000 e 1:25.000).

PETROBRÁS - Mapas sísmico-estruturais de reflexão e refração. Inédito, Rio de Janeiro.

PETROBRÁS - Mapas topográficos das quadrículas 635-3-1; 635-3-2; 635-3-3; 635-3-4; 635-4-2; 635-4-3. Inéditos, Rio de Janeiro. (escala 1:25.000).

RICHTER, A.J. - Geologia do "horst" que separa as Bacias do Recôncavo-Tucano e Alagoas - Sergipe - PETROBRÁS, Coletânea de Relat. Técn., Rio de Janeiro, II (4); 167-177, 1967.

SCHALLER, H. - Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe-Alagoas. PETROBRÁS, Bol. Técnico, Rio de Janeiro, 12 (1): 21-86, 1969.

TEIXEIRA, A.A. e SALDANHA, L.A.R. - Bacia salífera aptiana de Sergipe-Alagoas. PETROBRÁS, Bol. Técnico, 11 (2), 1968.

WARDLAW, N.C. - Syn-sedimentary folds and associated structures in cretaceous salt deposits, of Sergipe, Brazil. Dep. Geol. Univ. Calgary, Relat. inédito, Alberta (Canadá), 1971.

WARDLAW, N.C. - Unusual marine evaporites with salts of calcium and magnesium chloride in cretaceous basin's of Sergipe, Brazil. Econ. Geol., 67 (2): 156-167, 1972.