

RECURSOS MINERAIS DAS BACIAS SEDIMENTARES. EXEMPLOS BRASILEIROS *

Eng. GERSON FERNANDES

Eng. da Petrobrás

Tivemos a honra de um convite para pronunciar uma palestra na Associação dos Geógrafos Brasileiros sobre os recursos minerais das bacias sedimentares. Como se pode facilmente perceber o assunto é de grande amplitude, mas, procuramos tratá-lo, para quicá, torná-lo mais atraente, principalmente, dentro da realidade nacional, expondo e interpretando os dados geológicos, relativos aos recursos minerais das bacias sedimentares brasileiras, resultantes dos trabalhos de perfuração para petróleo bem como dos que decorrerem das pesquisas geológicas de superfície.

Focalizaremos, assim, os seguintes recursos minerais:

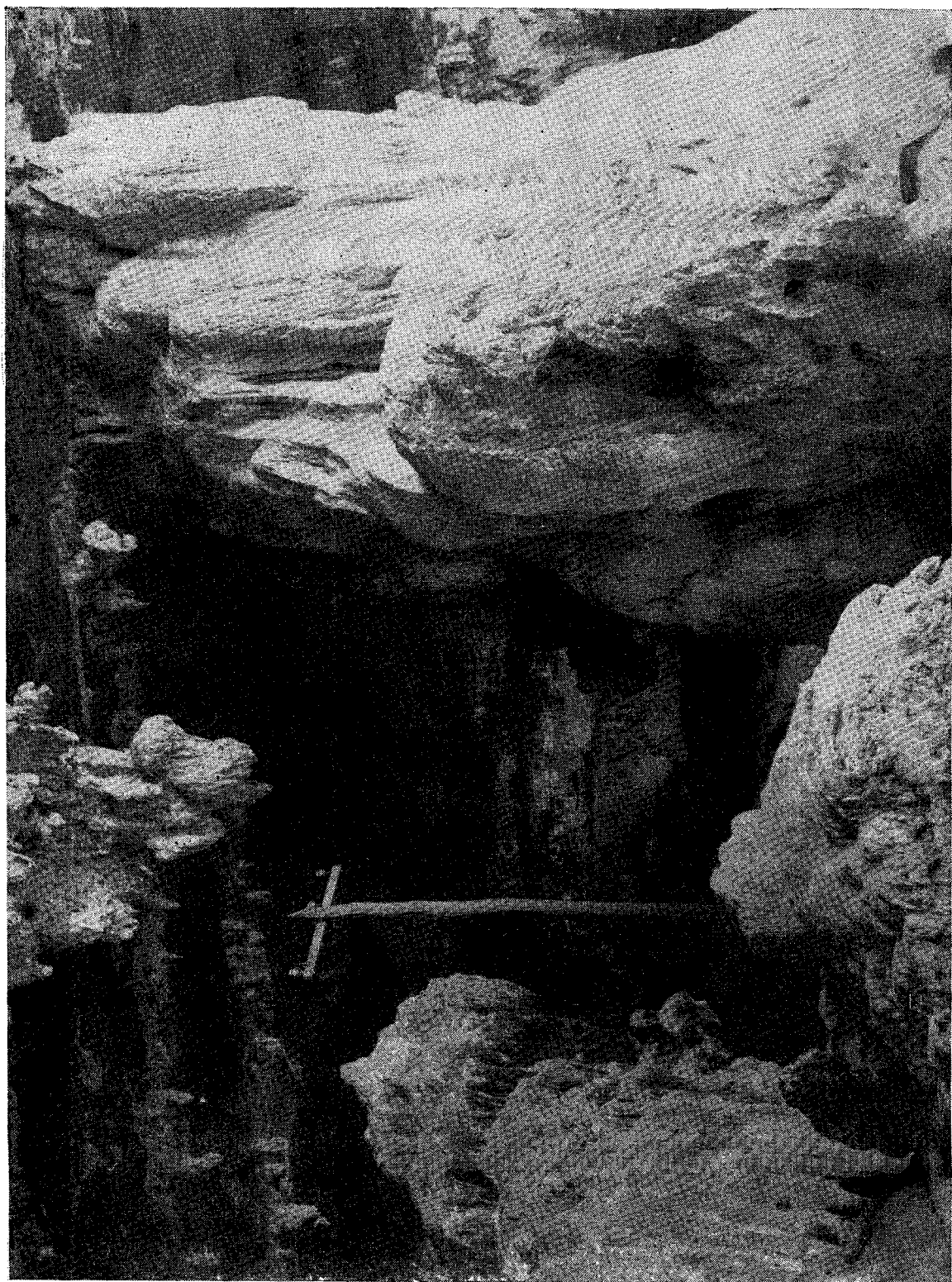
Calcários, dolomita, anidrita e gipsita, baritina, diatomito, pirita, fosforita, água subterrânea, minerais radioativos, sal, carvão, folhelhos e petróleo.

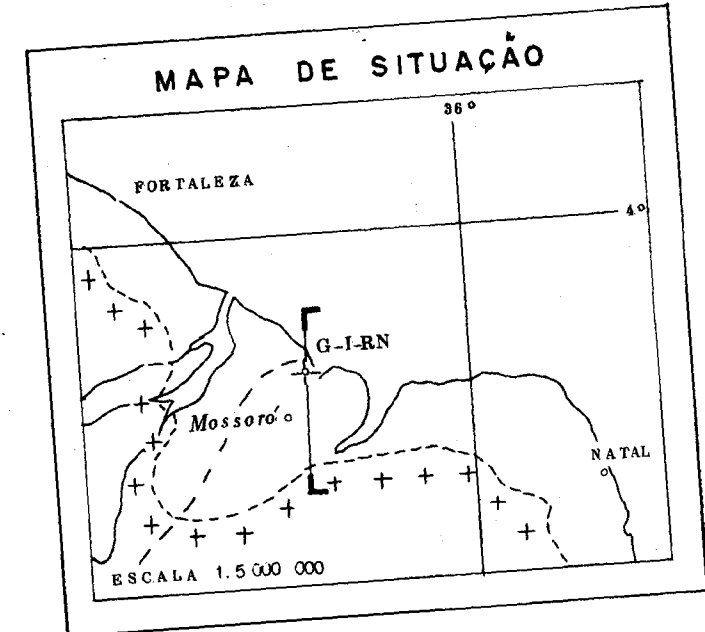
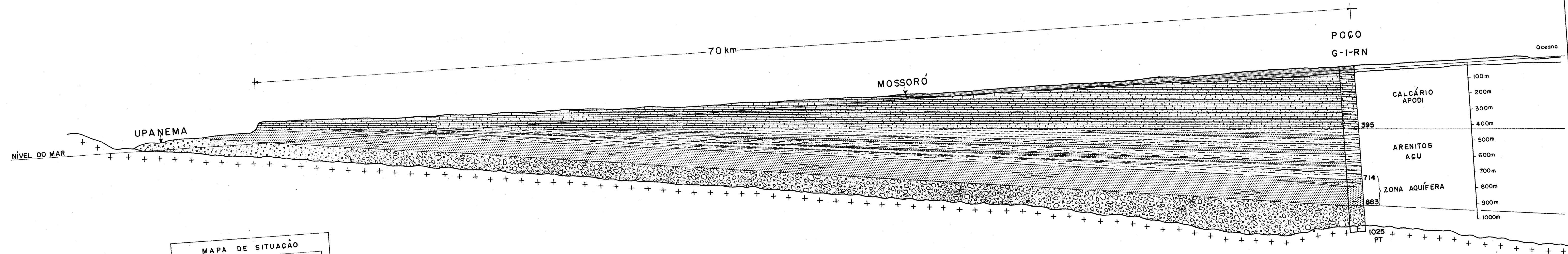
CALCÁRIOS

São rochas constituídas essencialmente de carbonato de cálcio. São encontrados, nos Estados Unidos, nas seqüências sedimentares de todos os períodos geológicos. No Brasil, são encontrados principalmente, nas bacias paleozóicas e cretáceas (Fig. 1). No Amazonas, a bacia carbonífera possui estratos de calcário em toda sua secção, no Médio e Alto Amazonas, cobrindo uma área de mais de 500 000 quilômetros quadrados, que vai da altura de Santarém até as fronteiras peruana e colombiana. Na superfície, essa seqüência está parcialmente recoberta por sedimentos terciários e quaternários. No Médio Amazonas, possantes leitos de calcário foram perfurados na formação Itaituba. Em Nova Olinda, os últimos 120 metros dessa formação são predominantemente de calcário. No rio Tapajós, nas localidades de Paredão e Bom Jardim, encontram-se as mais notáveis exposições dos calcários carboníferos.

Na bacia sedimentar Maranhão-Piauí as ocorrências de calcário parecem não ter importância. Porém, nas áreas cretáceas do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Sergipe são conhecidas possantes secções de calcário, com excepcional significado econômico. O corte geológico que preparamos, passando pelo poço pioneiro G-1-RN, localizado ao norte de Moçoró, dá uma idéia da importância extraordinária do calcário existente na bacia cretácea do Rio Grande do Norte (Fig. 2). Toda

* Conferência realizada em 15-5-1959 no Curso de Elementos de Geologia para Geógrafos, patrocinado pela Associação dos Geógrafos Brasileiros (SRRJ).





PETROBRÁS
DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO

CORTE GEOLÓGICO NORTE SUL DA BACIA SEDIMENTAR DO R.G. DO NORTE

ESCALAS { HORIZONTAL 1:1000 000
VERTICAL 1:10 000

Mostra { 1º) Área e potência da camada de calcário
2º) Zona de arenitos com água subterrânea

Fig. 2 — O corte geológico mostra: 1º) área e potência da camada geológica; 2º) zona de arenitos com água subterrânea.

a chapada do sul de Moçoró é capeada por calcário branco, duro, fossilífero.

A sondagem de Macau, segundo poço perfurado pelo PETROBRÁS nessa bacia, mostrou que êsse calcário torna-se para leste um tanto dolomítico.

Em Pernambuco, os calcários afloram de Olinda à ilha de Itamaracá. Pelo seu conteúdo fossilífero, êsses calcários pertencem ao Cretáceo e ao Paleoceno.

Em Sergipe, os trabalhos de geologia de superfície e de perfuração comprovaram a existência de enormes jazidas de calcário. Aí os calcários afloram nas localidades de Laranjeiras, Socorro, Maruim, Sapucari e Japarutuba. A sua espessura varia entre 150 e 200 metros. No Recôncavo baiano, a noroeste de Alagoinhas, ocorrem bancos isolados de calcários fosfatados, estratigráficamente, situados no tópo da formação Ilhas e estendendo-se por cerca de 25 quilômetros, em 4 alinhamentos distintos.

Outra ocorrência interessante são as “areias calcárias” (calcarenas) encontradas no fundo da baía de Aratu, a qual constitui a matéria-prima da fábrica de cimento Aratu.

Os calcários puros, quando queimados a 898°C , perdem CO_2 e transformam-se em “cal”, largamente empregada em construção civil, na indústria de sabão, fertilizantes, vidros, papel, couros, etc. É provavelmente o produto natural de mais variado emprego. O calcário é a matéria-prima essencial na fabricação do cimento e na siderurgia (Fig. 3).

DOLOMITA

A dolomita pura contém 54,4% de CaCO_3 e 45,6% de MgCO_3 . Os estratos de dolomita e de calcários dolomíticos são muito comuns nos

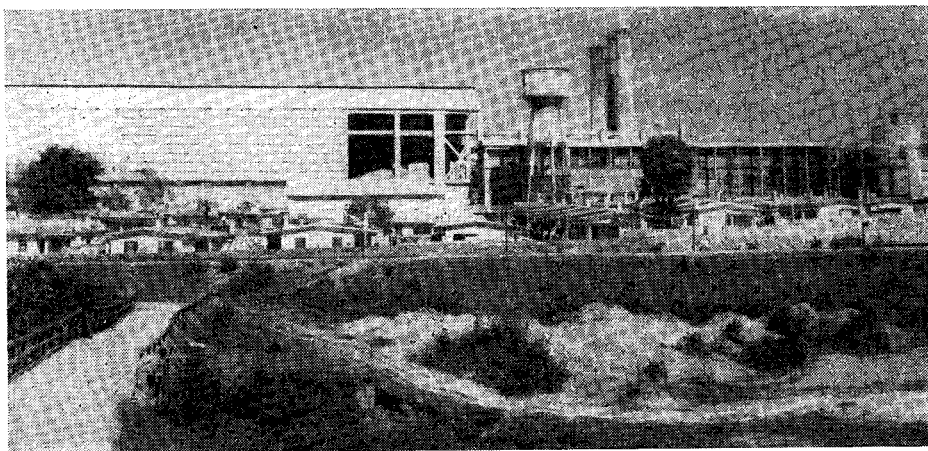


Fig. 3 — Vista parcial da fábrica de cimento da Companhia Portland Itaú, na região de Belo Horizonte, que utiliza o calcário da série Bambuí para o fabrico de cimento

(Foto Tibor Jablonsky do CNG)

depósitos sedimentares. A dolomita é freqüentemente distinguida pelo caráter açucarado de sua textura granular, devido ao arranjo uniforme de cristais romboédricos, e pela sua resistência ao ácido clorídrico diluído. Acredita-se que a dolomita seja mais um produto da alteração dos calcários do que propriamente um produto de depósito sedimentar.

Em Sergipe, na formação Maruim, do Cretáceo Inferior, caracterizada principalmente por calcários dolomíticos e oolíticos, também tem sido encontrada dolomita.

Tem-se dito que a dolomita pode ser usada como substituto da magnesita na manufatura de tijolos refratários.

ANIDRITA E GIPSITA

Gipsita é o sulfato de cálcio hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e a anidrita é o sulfato de cálcio anidro (CaSO_4). Ambos ocorrem em secções sedimentares de evaporitos. A anidrita não tem valor comercial; entretanto, a gipsita é um dos mais importantes minerais não metálicos. Os depósitos sedimentares de anidrita e gipsita, freqüentemente, formam leitos de considerável espessura. Em geral, a gipsita é de granulação fina e de cor branca, caracterizada pela pequena dureza e pequeno peso específico. A anidrita, embora tendo, muitas vezes, a mesma cor e textura, distingue-se da gipsita pela maior dureza e pelo maior peso específico bem como pela clivagem pseudocúbica e resistência ao ácido clorídrico diluído.

Leitos de anidrita e gipsita ocorrem em formações sedimentares de todo o mundo. A anidrita ocorre com a gipsita sobre leitos de sal na Louisiana e no Texas. Leitos de anidrita são também encontrados em Novo México, Oklahoma e Nova Scotia (Canadá). Possantes leitos são encontrados em Carlsbad, Novo México, onde cerca de 400 metros de anidrita ocorrem abaixo de espessa camada de sal. Em geral, os leitos de gipsita são interestratificados com leitos de calcário e folhelhos. Depósitos economicamente exploráveis de gipsita são encontrados no Siluriano, ao norte de Nova York, e no Permiano de Kansas, Texas, Oklahoma e Novo México. São famosos os depósitos terciários de gipsita da bacia de Paris.

É nos evaporitos do Carbonífero (Pensilvaniano Médio) do Amazonas que são encontrados leitos de anidrita e gipsita. Segundo PETRI, pequenas exposições de evaporitos já eram conhecidas, há muito, em afloramentos e nas sondagens antigas. O engenheiro SALUSTIANO DE OLIVEIRA SILVA encontrou em diversos afloramentos de calcários do rio Tapajós pequenas lentes de anidrita. Na sondagem de Campina, localizada à margem do rio Parauari, estado do Amazonas, atravessaram-se 280 metros de sedimentos carboníferos, com a ocorrência de diversas camadas de gipsita intercaladas em calcário. A primeira camada, a mais espessa, possui sete metros de espessura. Também a sondagem de Barreirinhas, realizada à margem do rio Tapajós, alcançou quatro

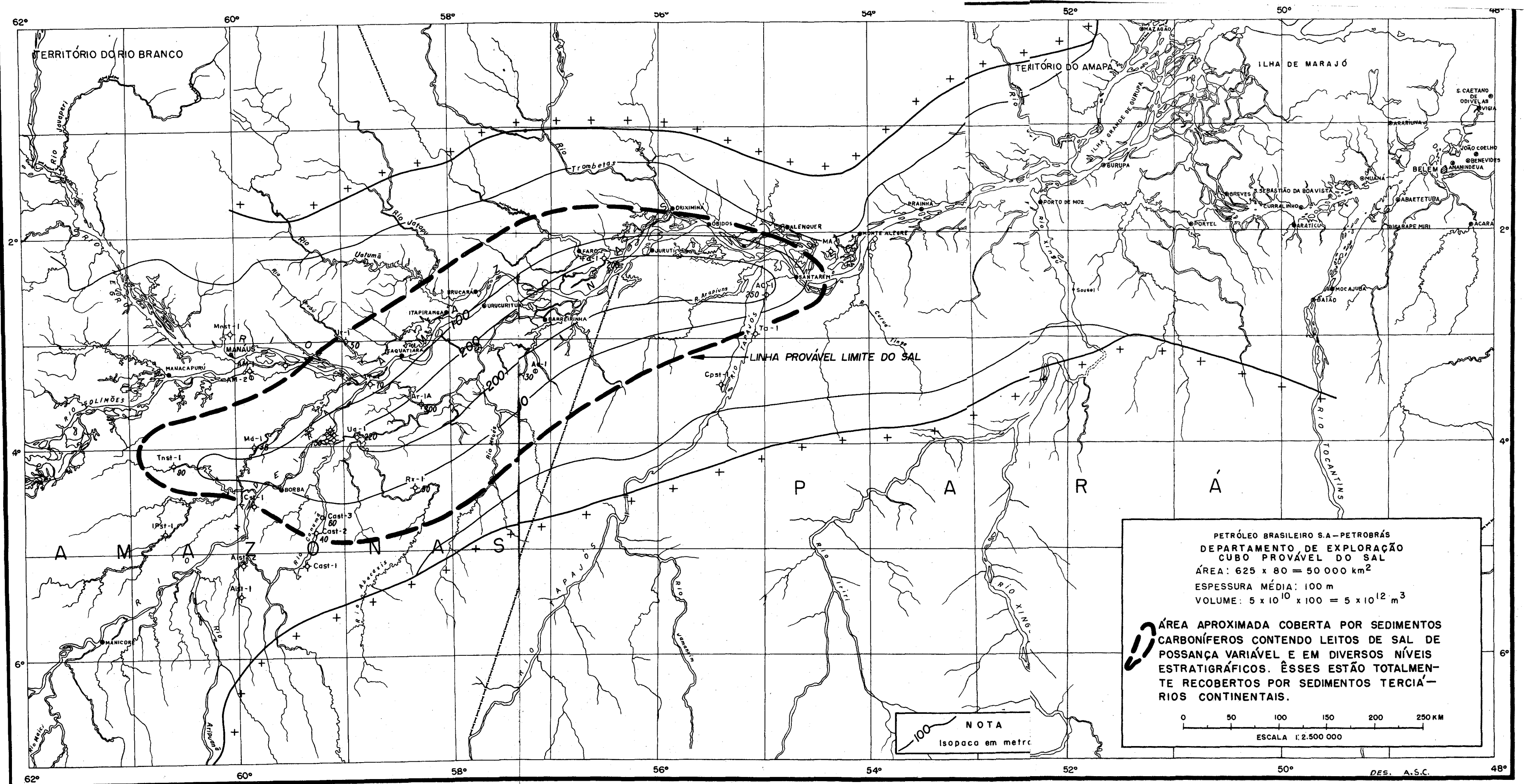
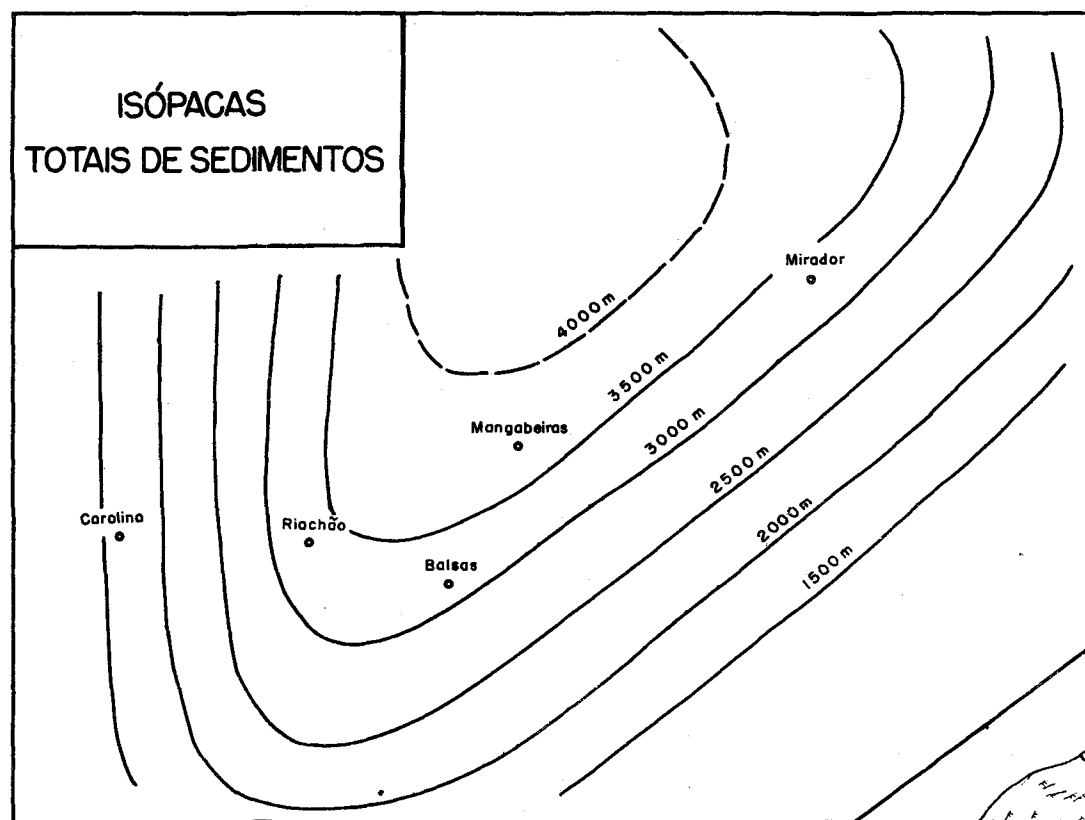


Fig. 4 — Mostra as áreas de ocorrência de sal-gema. A linha 200, por exemplo, indica que ao longo dela pode-se prever a ocorrência de camadas de sal num total aproximado de 200 metros de espessura.



PETROBRÁS

DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO

CORRELAÇÃO GEOLÓGICA PARCIAL ESQUEMÁTICA, EM BLOCO DIAGRAMA,
MOSTRANDO OS LEITOS DE ANIDRITA DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO,
ENTRE OS POÇOS: CI-I, VG-IR, TB-I, Ms-I e Md-I-Ma

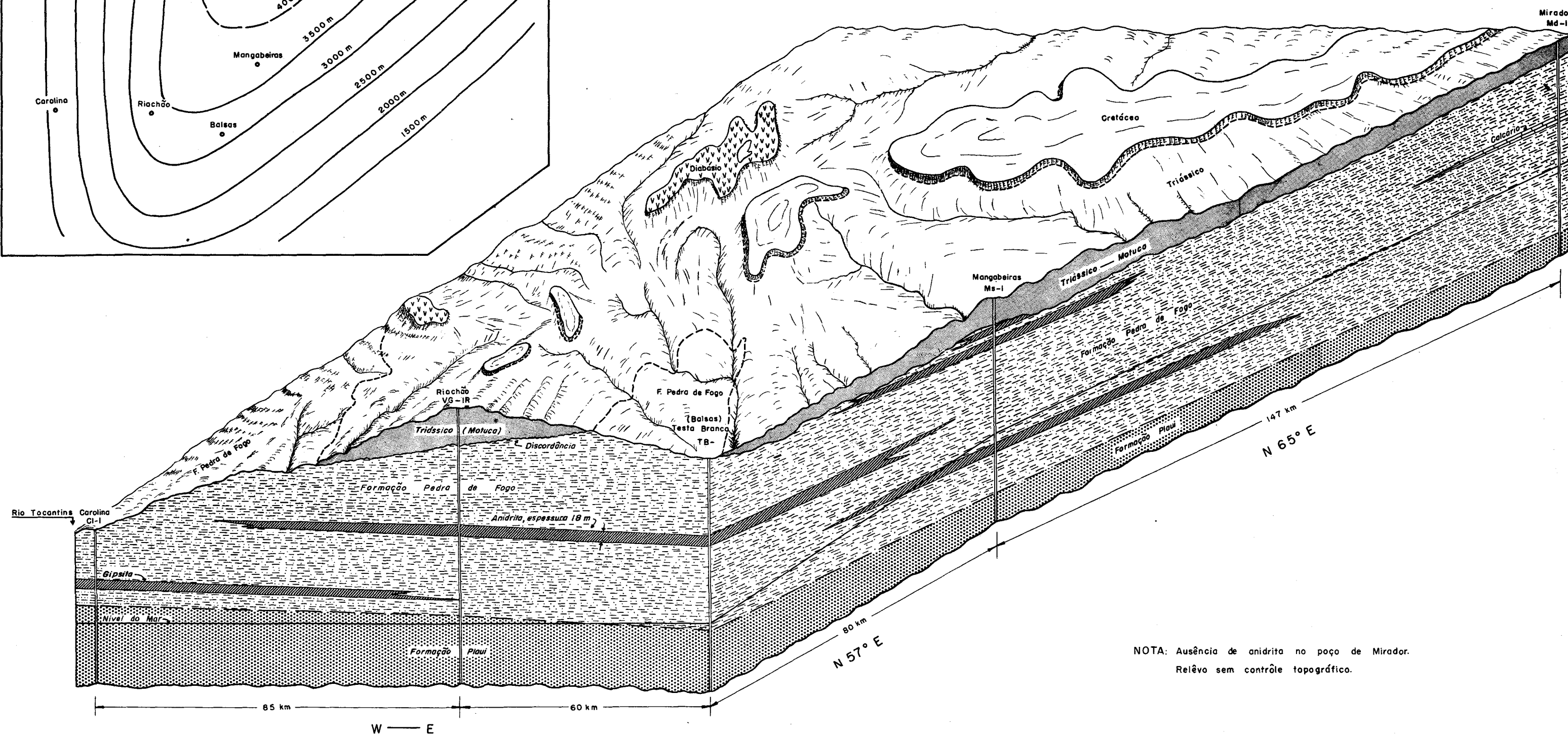


Fig. 5 — O presente bloco-diagrama mostra as áreas e a formação em que ocorrem anidrita e gipsita na Bacia do Maranhão.

camadas de gipsita intercaladas em calcários do Carbonífero. Em Nova Olinda, a espessura total de anidrita atravessada é da ordem de 300 metros. Aqui, permitam-me ligeira digressão. O Carbonífero do Amazonas¹ está dividido em três formações (Fig. 4). Na base, assentando discordantemente sobre o Devoniano, encontra-se um arenito de *facies* costeira, sobre o qual se sobrepõe a sequência de calcários e anidritas com ocorrências subordinadas de folhelhos e arenitos; finalmente, na parte superior da secção paleozóica, encontra-se uma sequência de arenitos, siltitos, folhelhos, calcários, sal, anidrita e gipsita. Essas três sequências sedimentares formam as três formações carboníferas do Amazonas: Monte Alegre, Itaituba e Nova Olinda. As anidritas e gipsitas são freqüentemente encontradas na formação Nova Olinda. Segundo o geólogo LUÍS MORALES, a deposição dos evaporitos da formação Nova Olinda foi controlada exclusivamente pelas condições químicas de saturação, solubilidade e alcalinidade das águas e provavelmente, por condições climáticas, nos tempos em que o mar carbonífero, vindo provavelmente do noroeste, cobria todo o vale amazônico.

Nos poços estratigráficos de Manaus e de Autás Mirim, excepcionalmente, a formação Itaituba possui espessos pacotes de anidrita. Todos os poços perfurados no Médio e Alto Amazonas, que atravessaram a seção superior paleozóica (carbonífera), encontraram leitos, relativamente, possantes de anidrita.

Algumas das ocorrências de gipsita nos poços do Amazonas são as seguintes: no poço estratigráfico de Tupanã, os leitos de gipsita foram encontrados nos intervalos 1 030-1 040, 1 320-1 322, 1 473-1 482 e 1 496-1 503 metros. No poço NO-1-Az, de Nova Olinda, foram testemunhados diversos leitos de gipsita branca granulosa, em leitos relativamente delgados, intercalados em calcários e sal. O maior leito foi encontrado no intervalo de 1 903 a 1 905 metros.

No poço estratigráfico de Mamori, localizado a 70 quilômetros ao sul de Manaus, foi atravessado um leito de gipsita branca entre 490-493 metros de profundidade. No de Autás Mirim, a 25 quilômetros a sudeste de Manaus, a gipsita foi perfurada entre 378-400 metros de profundidade. É interessante a ocorrência de grandes cristais de gipsita entre 747-749 metros de profundidade, no corpo intrusivo de diabásio, no poço pioneiro de Urubu, no rio de mesmo nome, afluente da margem esquerda do rio Amazonas.

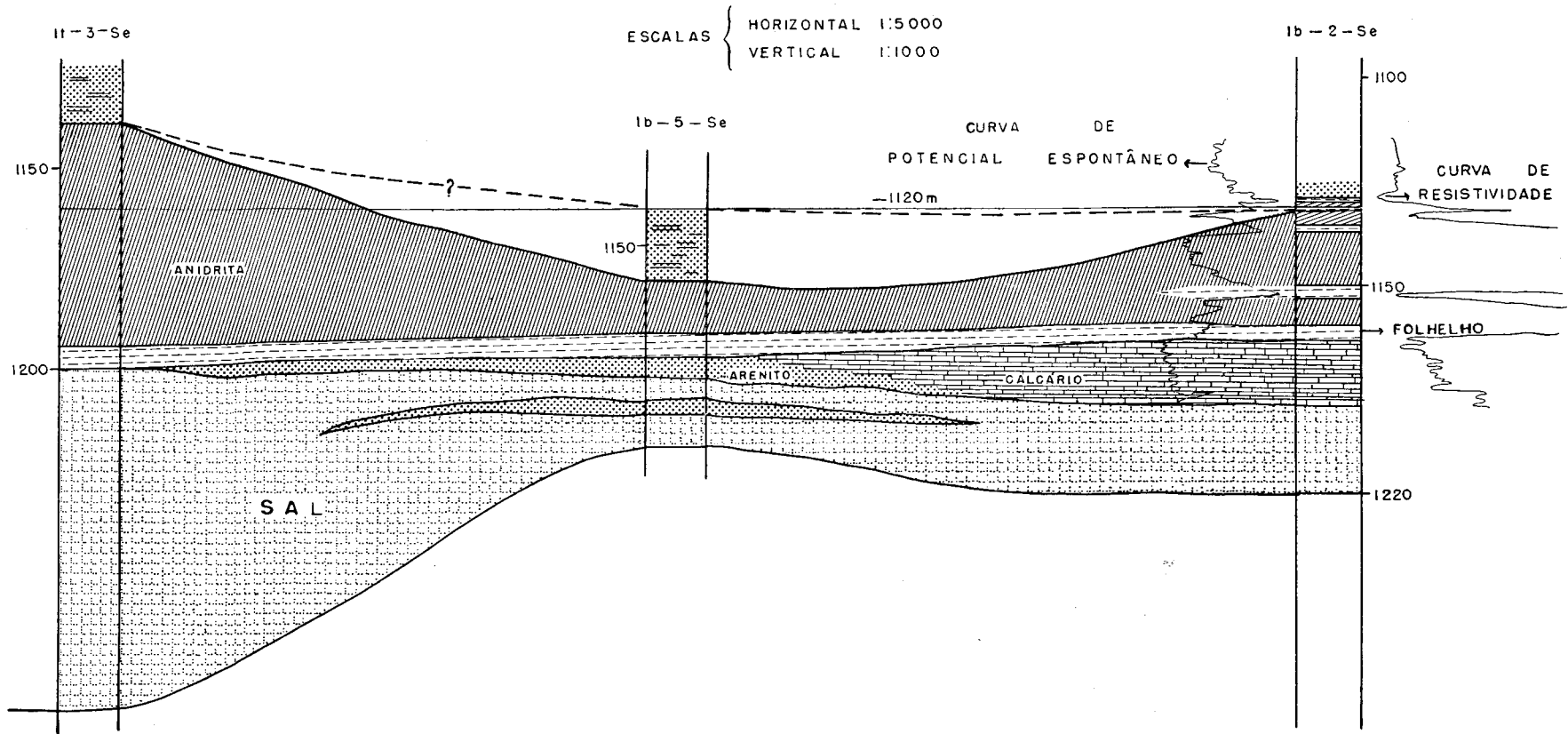
Naturalmente, essa ocorrência explica-se pela injeção do magma basáltico através de um plano de acamamento menos resistente, no caso, um estrato de evaporitos.

Nos poços de Urubu e Trindade, os estratos de gipsita são freqüentemente encontrados em contacto com leitos de sal.

Na bacia sedimentar do Maranhão-Piauí leitos de gipsita de caráter eminentemente lenticular e, portanto, de distribuição horizontal restrita

¹ O cálculo aproximado de sua área é de 156 250 quilômetros quadrados.

PETROBRÁS
DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO
BACIA ALAGOAS — SERGIPE
ÁREA DE COTINGUIBA (SERGIPE)
SECÇÃO GEOLÓGICA PARCIAL



têm sido mencionados na formação Codó, do Cretáceo. As anidritas ocorrem, com os calcários oolíticos e sílex, em diversos níveis estratigráficos da formação permiana Pedra do Fogo, predominantemente, constituída de folhelhos silticos. Na parte ocidental da bacia, nessa mesma formação, menciona-se a ocorrência de gipsita. Recentemente, os geólogos da PROSPEC mapearam a faixa de sedimentos paleozóicos da margem esquerda do Tocantins sem, entretanto, assinalarem a presença de anidrita ou de gipsita. É de se esperar aí o afloramento desses evaporitos uma vez que, no poço de Carolina, perfurado pelo Conselho Nacional do Petróleo, registrou-se a ocorrência de 18 metros de gipsita a cerca de 98 metros de profundidade. Preparamos, em bloco-diagrama, as secções geológicas interessando a formação Pedra do Fogo e parte da formação Piauí para mostrar a distribuição e possança das anidrita e gipsitas da bacia do Maranhão (Fig. 5).

Na coluna geológica do Cretáceo da chapada do Araripe, nos limites dos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, intercalados no calcário Santana ocorrem importantes jazidas de gipsita.

Em Sergipe, na formação Riachuelo, do Cretáceo Inferior, ocorre uma secção de evaporitos, onde a anidrita foi encontrada sobrejacente ao sal-gema (Fig. 6).

A gipsita tem o mais variado uso industrial. Pulverizada pode servir como fertilizante na correção do pH dos solos, para retardar a pega dos cimentos e na indústria química. Calcinada e convenientemente preparada, em mistura com a água, constitui o que se chama gesso.

BARITINA

A baritina tem sido assinalada em diversos pontos do território nacional: em São Paulo, Minas Gerais, Paraíba, no Amazonas e em Camamu. É um sulfato de bário comumente formado por soluções hidrotermais e por metassomatismo, nos calcários. Na Alemanha, a baritina é encontrada em leitos de substituição do calcário, numa seqüência de folhelhos e calcários devônicos fortemente dobrados. Nos Estados Unidos os depósitos eluviais são os mais importantes. O principal estado produtor é Missouri.

A principal jazida de baritina no Brasil encontra-se na Ilha Grande na baía de Camamu, na Bahia. Devido à sua alta densidade e sua propriedade de ser quimicamente inerte é usada largamente na indústria de tintas, de borracha, papel, etc. Nas perfurações para petróleo ela é empregada para dar pêso à lama de sondagem.

DIATOMITO

Diatomito é um depósito constituído de carapaças silicosas e diatomáceas. Espessos leitos de diatomito são encontrados na Califórnia em terrenos terciários. Na costa do Ceará e de Pernambuco

são encontrados depósitos de diatomitos. Sabemos que êsses últimos estão em franca lavra. É interessante observar que no hemisfério sul, entre o paralelo de 40° e o círculo antártico, há 27 milhões de quilômetros quadrados de fundo marinho coberto por depósitos recentes de carapaças de diatomáceas.

O diatomito encontra emprêgo como agente polidor, isolante, meio filtrante de líquidos e para certas misturas de cimento.

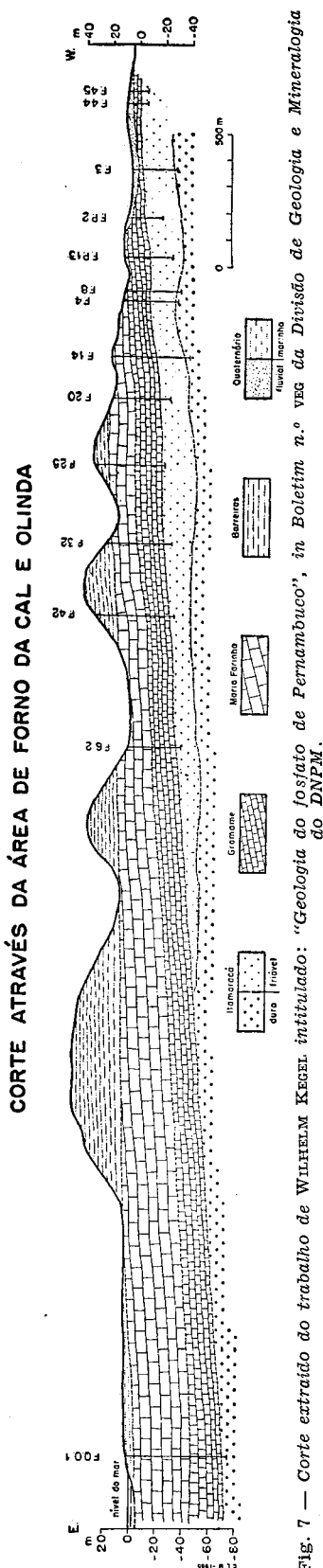
PIRITA

Pirita é um sulfureto de ferro freqüentemente encontrado nos sedimentos argilosos, provávelmente, em resultado de certas reações químicas, em que a matéria orgânica agiria como agente redutor, sobre os sulfatos de ferro. Grande abundância de piritas é observada nos carvões do sul do Brasil. Diz-se que nos portos de embarque do carvão de Santa Catarina existe grande quantidade de moinha rica em piritas de ferro (FeS_2). A pirita de ferro é provávelmente a única fonte de enxôfre de que dispomos para a fabricação de ácido sulfúrico, produto essencial à indústria. É interessante observar que, em 1957, o Brasil consumiu perto de 100 000 toneladas de enxôfre no valor aproximado de Cr\$ 350 000 000,00.

FOSFORITA

Nos Estados Unidos, pequena porcentagem de rocha fosfatada é usada, em seu estado natural, como fertilizante ou como aditivo nos alimentos das aves. Grande quantidade é usada pela indústria química bem como na fabricação de ligas especiais ferro-fosforosas. Na realidade, 90% das rochas fosfatadas produzidas são usadas na preparação de variada gama de fertilizantes.

As rochas fosfatadas são encontradas em depósitos do mais variado caráter e origem. O fosfato de cálcio é um importante constituinte dos ossos e das conchas de muitos animais. Por isso, os depósitos de origem orgânica podem ser ricos em fosfatos. Os depósitos sedimentares de fosfatos são os mais importantes do ponto de vista econômico. O conteúdo de P_2O_5 , nas rochas fosfatadas, pode ser primário ou secundário. Os depósitos fosfatados sedimentares em Idaho, Estados Unidos, na Tunísia, no Marrocos e na Argélia pertencem à primeira classe. Aí os leitos fosfatados são encontrados interestratificados com arenitos, folhelhos e calcários. Em Tennessee, a decomposição por intemperismo de calcários fosfatados do Ordoviciano resultou na formação de depósitos extensos de rocha altamente fosfatada. O fosfato de cálcio é bastante solúvel nas águas meteóricas. Por essa razão, há uma tendência das águas de infiltração no solo lixivarem as rochas fosfatadas encontradas em seu trajeto, depositando o fosfato mais abaixo nos leitos subjacentes. Daí a formação de depósitos secundários de alta concentração em fosfatos em fraturas e em cavidades. Na Flórida, os depósitos fosfatados são



seixos resultantes da decomposição, pelo intemperismo, de calcários fosfatados, e do trabalho de abrasão. As ilhas dos oceanos Índico e Pacífico, que possuem calcários coralinos fosfatados, são importantes fontes produtoras de rochas fosfatadas. Como bem frisou o professor KEGEL, a jazida de fosfato de Pernambuco representa uma das maiores descobertas da riqueza mineral do Brasil nos últimos anos.

Dezenas de milhões de toneladas de rochas fosfatadas foram verificadas no município de Olinda, na costa pernambucana e as jazidas ainda não se encontram delimitadas. Os jazigos de importância econômica a serem ainda encontrados estão intimamente ligados aos fatores geológicos característicos da bacia sedimentar da costa de Pernambuco (Fig. 7).

Segundo o professor KEGEL, as formações sedimentares de Pernambuco constituem um pacote de sedimentos do Paleoceno e do Cretáceo, recobertos, em parte, discordantemente, pela série Barreiras. "Das formações constituintes conhece-se completamente a do calcário Gramane, com 40 metros de espessura e apenas cerca de 35 metros da formação Maria Farinha (calcário). Abaixo da sequência de calcários, ocorre um arenito creme feldspático com *facies* marinha e continental. A jazida de fosfato ocupa exatamente a parte basal da formação Gramane. O teor P_2O_5 é muito variável. A zona fosfatada raramente ultrapassa de 4 metros. O fosfato é constituído de coprólitos e de minerais detríticos além de diversos restos orgânicos como ossos e conchas de moluscos, de ostracodos e de foraminíferos. Ainda segundo o professor KEGEL, o fato de o fosfato existir no interior dos foraminíferos e nos coprólitos parece provar que organismos animais mortos tiveram papel importante na precipitação do fosfato e na formação mes-

ma da jazida de fosfato de Olinda. Em resumo, a jazida de fosfato parece ter origem orgânica, sendo seu depósito, pelo seu caráter,, continental. Jaz em cima do chamado arenito Itamaracá.

Quanto à lavra a céu aberto, nas jazidas de Frágoso e da Cal, existem 45 milhões de toneladas de fosfatos. A maioria da jazida encontra-se acima do nível do mar. O produto beneficiado na usina da Fosforita de Olinda tem de 30 a 35% de P_2O_5 (Fig. 8).

Parece possível encontrarem-se outras jazidas na faixa litorânea do Nordeste, principalmente, na área coberta pela formação Gramane. A mesma possibilidade existe na ilha de Itamaracá.

ÁGUA SUBTERRÂNEA

As águas meteóricas, originadas das chuvas, podem parcialmente infiltrar-se através das camadas superficiais da crosta por meio de seus canais capilares, fissuras e cavidades e, em grande parte, permanecerem armazenadas em certas rochas do subsolo. As "águas conatas" ou de "adesão" são as originadas dos antigos mares em que os depósitos sedimentares se formaram. Não há evidentemente critérios físicos ou químicos para distinção entre uma água de origem meteórica e outra magmática. As águas das chuvas são, entretanto, as mais puras. Graças pois à parte das águas meteóricas penetradas e armazenadas nas rochas porosas da subsuperfície é que os problemas de abastecimento dêste precioso líquido de muitas regiões semi-áridas são resolvidos. Para isso, é necessário a abertura de poços até os horizontes aquíferos. Diversos poços perfurados para petróleo no Brasil têm encontrado excelentes reservatórios de água subterrânea. Os poços de Carolina, no Maranhão, de Gangorra, no Rio Grande do Norte, Tucano, no nordeste da Bahia, são alguns dos exemplos mais notáveis. A secção geológica através do poço G-1-RN (Fig. 2) mostra tipicamente o caso em que os arenitos porosos, expostos na superfície, na região do contacto cristalino da bacia sedimentar, fazem com que seja possível o suprimento e armazenamento em subsuperfície das águas da chuva. É curioso notar que nessa região semi-árida do Nordeste brasileiro, aparentemente, quase todos os poços perfurados para água subterrânea, o foram a noroeste de Moçoró. Pela profundidade a que chegaram, provavelmente, não atingiram os reservatórios principais de água subterrânea. Além disso, a figura mostra claramente as condições de artesianismo sob as quais a água subterrânea dessa região sedimentar se encontra armazenada. O poço de Gangorra foi convenientemente preparado pela PETROBRAS para produção de água doce, ao nível da zona aquífera que se vê no perfil litológico dêsse poço.

Próximo de Tucano, pequena cidade do nordeste baiano, o Conselho Nacional do Petróleo, em 1948, perfurou um poço até o embasamento cristalino. Hoje êle é produtor por surgência de excelente água termal

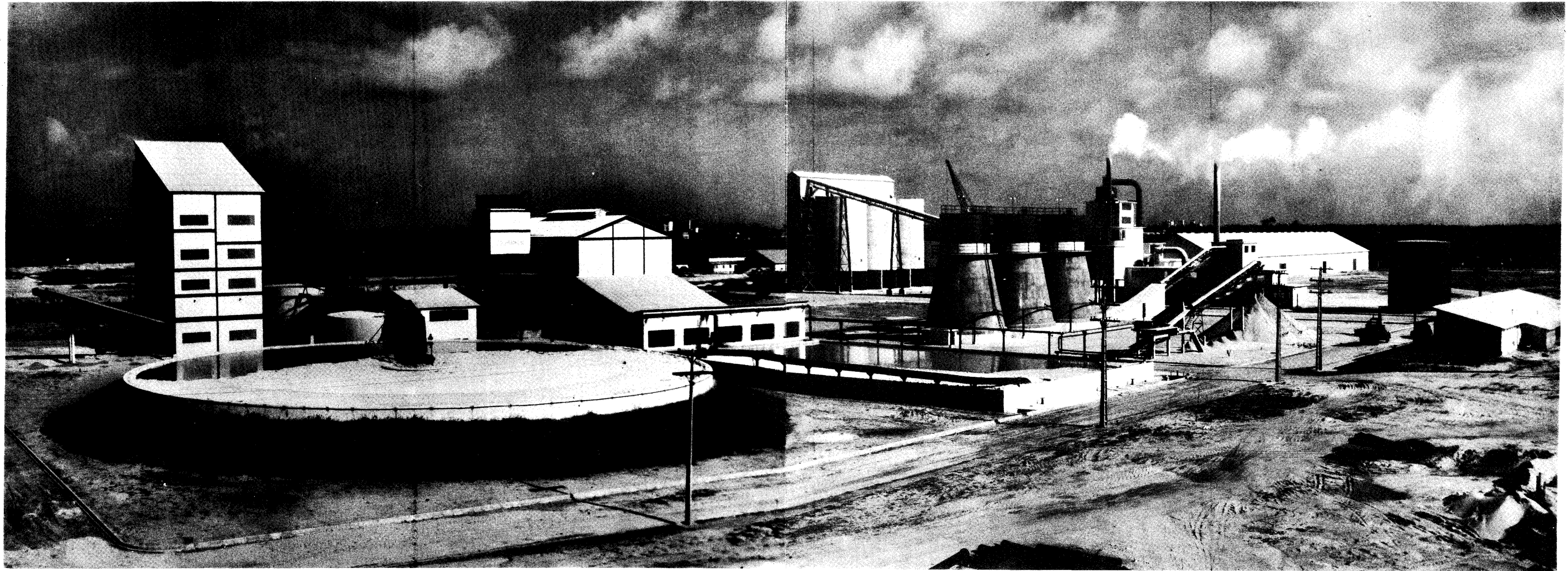


Fig. 8 — Recentemente foram descobertas grandes jazidas de fosforita no litoral de Pernambuco. A fosforita é utilizada na agricultura como elemento fertilizador do solo. A foto ilustra um aspecto da exploração daquele minério pela Fosforita Olinda.

de alto poder medicinal. Em tôrno dêle, segundo informações de colegas, já se ergue pequeno povoado.

No Recôncavo, o mesmo horizonte produtor de petróleo do campo de Água Grande, o arenito Sergi, tem-se revelado também importante reservatório de água subterrânea. Alguns poços já foram perfurados para água, por firma particular, no Recôncavo baiano, com pleno êxito, para abastecimento, principalmente, das usinas de açúcar daquela região. O conhecimento da geologia do Recôncavo possibilitou, em alto grau, o êxito dessas perfurações.

MINERAIS RADIOATIVOS

Por meio dos registros radioativos a raios gama, usualmente, tomados nos poços perfurados na bacia amazônica, verificamos a existência de uma secção de folhelhos devônicos, na base da formação Curuá, tendo, no centro da bacia do Médio Amazonas, uma espessura média de 60 metros, com forte índice de radioatividade. A sua radioatividade é estimada em cerca de 32×10^{-12} rádio-equivalentes por grama. Foram encaminhadas amostras dêsse folhelho aos centros de pesquisa do Rio de Janeiro, mas as análises preliminares parecem não ter indicado nenhuma concentração importante de mineral radioativo. Todavia, a natureza da ocorrência está a exigir, nos afloramentos, no contacto das formações Curuá e Maecuru, maiores investigações.



Fig. 9 — Aspectos das areias monazíticas nas praias do município de Anchieta.

(Foto Tibor Jablonsky do CNG)

Outro mineral radioativo é a monazita. É um fosfato de cério e outros metais contendo 3 a 8% de tório. Os granitos, gnaisses e pegmatitos são as fontes primárias do mineral. Na bacia do Espírito Santo, nas praias do litoral sul da Bahia, ocorrem depósitos de areias monazíticas, tendo-se verificado, segundo os engenheiros AVELINO INÁCIO DE OLIVEIRA e O. LEONARDOS, que algumas das camadas da série Barreiras encerram quantidades consideráveis de monazita, cuja origem DERBY supõe em certos granitos e gnaisses da vizinhança de oeste (Fig. 9).

O tório é elemento essencial na tecnologia da energia nuclear.

Talvez, a mais recente descoberta relativa a minerais radioativos seja a realizada pelo geólogo DON HAYNES, que, examinando testemunhos de sondagem, localizou um horizonte de arenito radioativo em um poço da bacia sedimentar de Tucano, no nordeste da Bahia. Parece-me que o arenito em questão pertence à formação Vermelho, do Cretáceo. Embora o relatório de suas pesquisas ainda esteja inédito, pelas informações que pude colhêr, o achado se reveste de importância porquanto os minerais radioativos do arenito encontram-se, entre os componentes dessa rocha, em caráter primário. Certamente, reconhecimentos cintilométricos, a partir do contacto cristalino, confirmarão ou não o significado econômico da descoberta pela localização e determinação da possança da rocha portadora de minerais radioativos.

SAL

Condições similares de deposição de sal, observada nos dias presentes em diferentes ambientes, existiram no passado, em diversas partes do mundo; no período Permiano da Europa Central, na período Triássico da região das Montanhas Rochosas e no Siluriano a leste da América do Norte e, no Brasil, principalmente, no Carbonífero do Médio Amazonas.

Os depósitos de sal podem formar-se em mares interiores, em lagos, baías fechadas e, em certas condições, em terrenos de regiões áridas.

Teoricamente, a ordem de precipitação dos sais é a seguinte:

Silvita: KCl

Sais complexos de Na, Mg e K

Kieserita: K_2SO_4

Halita: $NaCl$

Anidrita e gipsita ($CaSO_4 \cdot CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Calcário: $CaCO_3$

O sal-gema contém porções de substâncias insolúveis, porém, quase sempre em proporção desprezível. Na maioria dos casos a porcentagem de cloreto de sódio é alta. É muito raro encontrar-se a série completa de sais nos depósitos salíferos. No oeste dos Estados Unidos, nas jazidas de sal, verifica-se que o processo cessou com a deposição da gipsita, quer devido às mudanças climáticas quer devido à diluição das soluções pela invasão da água do mar.

Outros sais solúveis como o nitrato de sódio são excepcionalmente encontrados em largas massas. O único lugar do mundo onde os nitratos são abundantes é o deserto de Atacama no norte do Chile. Seus imensos depósitos, por longo tempo, têm abastecido o mundo.

Além da bacia salífera do Amazonas encontram-se duas outras, uma em Alagoas e outra em Sergipe, na região de Continguiaba, onde foram encontrados leitos de sal à profundidade média de 1 200 metros, em poços perfurados, alguns anos atrás, por companhias privadas.

Nas proximidades de Los Angeles, encontram-se depósitos importantes de colemanita, borato de cálcio, intercalados em sedimentos terciários. É um sal comumente encontrado associado com gipsita e calcários, mas dificilmente poderia ser considerado como resultante do processo de evaporação da água do mar. É provável que sua origem, segundo LINDGREN, esteja relacionada com as águas termais netunianas. De qualquer modo, depósitos marinhos de sais de boro são comumente associados com sais de potássio. Embora não tenham sido encontrados boratos e sais de potássio na bacia salífera amazônica, a sua imensa área de ocorrência de evaporitos induz-nos à certeza da sua descoberta tão cedo esforços sejam dirigidos nesse sentido.

Sabe-se que há uma seqüência padrão nas bacias de evaporitos. Muitas vezes observa-se apenas a precipitação de sulfato de cálcio (gipsita e anidrita) e de cloreto de sódio (halita).

Em Cotinguiaba, Sergipe, não há dúvida acêrca da existência de sais de potássio sob a forma de carnalita. Testemunhos de sal deliquescente de cor avermelhada dos poços da IBASA, segundo o Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe, revelaram cerca de 9 a 13% de cloreto de potássio. Se esse fôsse o teor médio em sal de potássio no sal-gema de Sergipe, haveria, provavelmente, uma reserva da ordem de 33 milhões de toneladas. Uma cifra mais modesta estimaria o cubo da jazida em três milhões de toneladas. Como se verifica pela interpretação geológica que preparamos a jazida de sal pode ainda estender-se para nordeste.

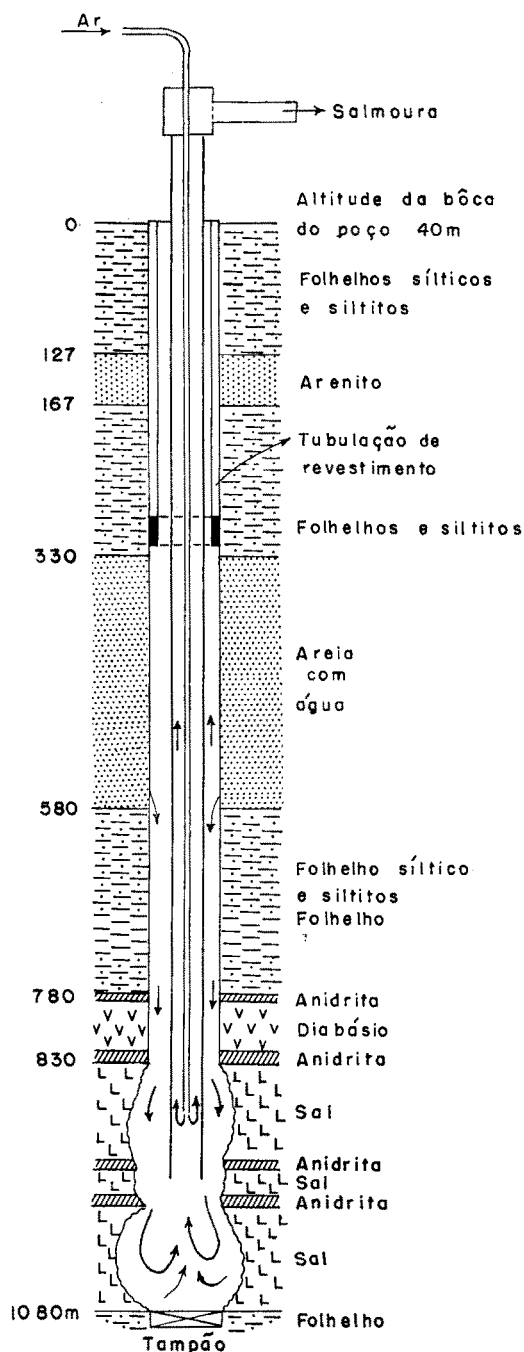
Recentemente, na perfuração dos poços de Paripuera e do aeroporto dos Palmares, em Alagoas, foram encontradas zonas de sal. No primeiro poço, o sal encontra-se interestratificado com folhelhos com espessura global da ordem de 400 metros (Fig. 8).

No Amazonas, há poucos dias, o poço estratigráfico do rio Nhamundá, encontrou a 420 metros de profundidade, um pacote de sal de 50 metros de espessura com intercalações de folhelhos.

O mapa das isópacas dos leitos de sal, tomados como isolito, perfurados na bacia do Médio Amazonas dá uma idéia panorâmica da imensa potencialidade do sal amazônico (Fig. 5).

Em Nova Olinda 6 poços foram perfurados através de leitos de sal na secção superior do Carbonífero. Esses seis poços cobrem uma área de 28 quilômetros quadrados com espessura média de 150 metros.

PETROBRÁS
DEPARTAMENTO DE EXPLORAÇÃO
ESQUEMA DE UMA INSTALAÇÃO A
"AIR-LIFT" PARA MINERAÇÃO DE SAL
(LILLEY)



NOTA: Perfil litológico do Poço NO-1-Az
NOVA OLINDA

Fig. 10 — A injeção do ar provoca, ao nível da fazida de sal, com água que aí se encontra saturada de sal, uma emulsão. A diferença de densidade entre as duas colunas líquidas permite a saída da salmoura.

Nessas condições, é possível que existam perto de dez bilhões de toneladas de sal-gema só na área de Nova Olinda. O poço NO-1-AZ, originariamente, um produtor de óleo, está ainda com três tamanhos de revestimento. O primeiro de 13" da superfície e 169 metros, o segundo de 9" até 1 895 metros e o terceiro de 5" até 2 757 metros. O esquema que figuramos para aproveitamento do sal dêsse poço, pretende indicar uma maneira de utilizar o processo recomendado por LILLY em sua obra *Economic Geology of Mineral Deposits* (Fig. 10).

O Dr. SÍLVIO FRÓIS ABREU em seu trabalho "A pesquisa do potássio nas lamas de sondagem", salienta o fato da necessidade premente, que estamos atravessando, de adubos potássicos, dos quais só em 1957 importamos 88 000 toneladas e, possivelmente, 100 000 toneladas em 1958. Mostra que o sal de potássio é vital na agricultura moderna, para maior rendimento do solo, pois permite, pela assimilação rápida, desenvolvimento adequado das culturas. Depois de frisar que os sais de potássio, comumente encontrados, como a silvita e a carnalita são mais solúveis que o cloreto de sódio (halita), observa que eles se perdem mais facilmente nas operações de tomada e retirada dos testemunhos de sondagem.

Para sua pesquisa qualitativa, nos fluidos de sondagem, o Dr. SÍLVIO recomenda simples ensaio na chama com o líquido filtrado da lama. Verifica-se, efetivamente, que o potássio pode ser detectado facilmente com êsse ensaio mesmo que a diluição seja da ordem de 1:1 000.

Podemos adiantar que uma fórmula presentemente estudada pela PETROBRAS para cooperar na pesquisa de potássio nas secções de sal-gema consiste na preparação e remessa, em pequenos frascos, pelos geólogos de poço, de filtrados da lama, para análise nos institutos de pesquisa. Essa coleta far-se-ia por ocasião da perfuração das zonas de sal.

Existe ainda outra fonte potencial de "sais" nas bacias sedimentares brasileiras. São as águas salgadas contidas nos reservatórios profundos. Revelam-se pelos testes de formação freqüentemente realizados no decorrer das perfurações para petróleo. Uma das maiores ocorrências dessas águas de alta salinidade, cerca de 200 000 ppm, em certos horizontes do cretáceo alagoano, registrou-se no poço Ja-3-A1, na área de Jiquiá (Alagoas). Tôda vez que se manifestar o artesianismo natural nesses reservatórios subterrâneos de água salgada, pela abertura de poços, tem-se extraordinária fonte potencial de sal (halita, silvita, etc.) e mesmo de certos elementos como o iôdo. É essencial o exame permanente do conteúdo salino dessas águas a fim de se fazer a sua avaliação econômica.

CARVÃO

De modo geral, podemos dizer que existem três tipos de carvão: o carvão antracitoso, o carvão betuminoso e o linhito. O antracito ocorre

na Pensilvânia, Estados Unidos, em Welsh, Inglaterra, em diversas províncias chinesas, na região da Sibéria, etc. O carvão do tipo betuminoso encontra-se largamente distribuído por diversos estados da Federação Americana, principalmente, na Pensilvânia, Illinois e Alabama. No Canadá, na China, na Rússia e em quase todos os países da Europa ocorrem jazidas de carvão betuminoso. O linhito é, relativamente, importante na Austrália, Canadá, Checoslováquia e mesmo na Alemanha. Ao longo de toda a cordilheira andina há ocorrências de carvão. A hulha negra ocorre em quase todos os períodos geológicos. Depósitos de carvão do Terciário e do Cretáceo são encontrados no Chile, Peru, Colômbia, Venezuela, México, Nova Zelândia, China, Canadá e Estados Unidos. Como se vê, o carvão mineral tem ampla distribuição geográfica. O país mais bem dotado pela natureza desse combustível é os Estados Unidos da América do Norte.

O carvão do Sul do Brasil é do período Carbonífero, em cuja época se registrou o desenvolvimento excepcional de grandes florestas de criptógamos vasculares. É encontrado na formação Rio Bonito, na parte basal do grupo Guatá. O carvão brasileiro contém alto teor de cinza e é muito rico em piritas. Seu poder calorífico, em consequência, é baixo: de 4 000 a 7 000 calorias. Ocorre nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. As principais jazidas de carvão coqueificável encontram-se em Santa Catarina; os do Rio Grande do Sul aparentemente não possuem essa propriedade. Tem-se dito entretanto que o carvão de Charqueada é adequado à fabricação de coque. No Rio Grande do Sul é o seguinte o panorama atual do carvão (Fig. 11).

Jazida de Candiota: sondada;

Jazida de Charqueada: em lavra;

Jazida de Iruí: sondada;

Jazida de Cacequi: a ser sondada em vista do interesse demonstrado pelo governo gaúcho em construir uma usina termoeletrica nos arredores da cidade de Cacequi para servir o sudoeste do estado;

Jazida de São Sepé: em sondagem;

Jazida de Arroio dos Ratos: esgotada;

Jazida do Arroio Leão: em lavra.

Com exceção da jazida de Candiota, todas as outras situam-se no vale do rio Jacuí.

E o carvão do Norte? Em 1955, o professor KEGEL fez uma análise bastante objetiva do carvão do Piauí, a qual nos parece ainda atualizada. Mostrou que o delgado leito de carvão encontrado no furo de sonda de Teresina pertencia à formação Poti, do Carbonífero Inferior (Fig. 12).

Ficou então provado que aí restos vegetais de origem autóctone e alóctone e mesmo delgados leitos de carvão se acham na parte superior da formação Poti, a qual é sobreposta pela formação Piauí, também do Carbonífero. Na época da deposição da formação Poti as condições eram assim favoráveis à formação de carvão. Mas, ao que parece, essas

condições, na área de Teresina, não foram ideais para a formação de camadas de carvão de interesse econômico. No Maranhão, conforme observa meu ilustre colega e amigo, FRANKLIN GOMES, as mesmas condições paleogeográficas para formação de carvão existiram na formação Piauí. Dêse modo, embora as sondagens realizadas no Maranhão para petróleo tenham atravessado a formação Piauí sem vestígio de carvão, a sua ocorrência continua a ser esperada na bacia sedimentar Maranhão-Piauí.

Fala-se muito no carvão do rio Fresco, mas até hoje nenhum afloramento de rocha carbonífera foi observado em seu vale, antes, pelo contrário, parece que os geólogos da PROSPEC acabam de demonstrar que suas rochas são pré-cambrianas, onde não há definitivamente possibilidade de ocorrência de carvão. A análise que segundo dizem, o Instituto Mackenzie de São Paulo realizou com "amostra do carvão do Pará", pela sua composição química, indica tratar-se de carvão cujo tipo é encontrado em Wigan, Lancashire, Inglaterra.

Quanto ao otimismo do engenheiro João BATISTA AQUINO com relação às possibilidades de carvão na bacia amazônica, devemos apenas lembrar que são numerosas as condições naturais necessárias para a formação de carvão. O Dr. WILHELM KEGEL aponta as seguintes: "um clima que favorecesse o crescimento de vegetação exuberante; um relêvo plano, com lagos rasos e pantanais, capazes de acumular matéria vegetal morta; um nível d'água nestes lagos sem grande movimento sazonal, permitindo o crescimento regular da vegetação e cobrindo sempre os restos vegetais mortos; a falta de quantidade abundante de detritos inorgânicos nos rios e lagos, que pudessem contaminar o futuro carvão". Nessas condições, uma bacia sedimentar, eminentemente de *facies* marinha, com espessa secção de evaporitos, reduz ao mínimo as probabilidades de ocorrência de jazidas hulhíferas. É o caso da bacia paleozóica amazônica em sua secção paleozóica. Entretanto, conhecem-se numerosas ocorrências de linhito terciário, no Alto Amazonas, principalmente, no rio Solimões. Mesmo o poço que a PETROBRAS está perfurando no rio Juruá encontrou, intercalados em argilitos terciários, entre 200 e 400 metros de profundidade, numerosos leitos delgados de linhito.

O uso do carvão como fonte de energia, a despeito da concorrência que lhe movem os combustíveis líquidos, tem-se acentuado, ultimamente, para gerar energia elétrica. O emprêgo nobre da maior parte da produção brasileira de carvão está precisamente nas usinas termoelétricas.

O carvão betuminoso é a matéria-prima na fabricação do coque, produto essencial na indústria siderúrgica. O carvão mineral caracteriza-se assim por ser um importante combustível e também por oferecer uma gama extraordinária de subprodutos. Aliás, tem-se ventilado a ocorrência de germânio nos carvões do Sul do Brasil, o que talvez constitua um dos seus mais valiosos subprodutos, dado o elevado custo

dêsse metal raro. O germânio é elemento essencial na fabricação do transistor.

Tendo o carvão sido a principal fonte de energia, apenas recentemente deslocado pelo petróleo, ainda assim, as suas imensas reservas mundiais, fá-lo-ão desempenhar, em futuro próximo, junto à energia termo-nuclear, um papel outra vez relevante. No Brasil, com uma reserva que, provavelmente, não alcança dois bilhões de toneladas a produção de hulha tem sido da ordem de dois milhões de toneladas anuais. Entretanto, as amplas possibilidades do carvão do Sul do Brasil realçadas pelas isópacas do grupo Guatá, do Carbonífero, e pela ocorrência de fragmentos de carvão a 2 400 metros de profundidade (significado apenas geológico) na sondagem de Itacurubi, no Rio Grande do Sul, estão a exigir que, através do Plano Nacional do Carvão, nos lancemos imperiosamente a um plano de pesquisa dêsse combustível no sentido de localizarmos novas reservas.

FOLHELHOS BETUMINOSOS

Nos Estados Unidos, as principais reservas de folhelhos betuminosos estão localizadas nos depósitos terciários do Colorado, Wyoming e Utah. Estima-se que sua reserva corresponda a 500 bilhões de barris de óleo, dos quais 16% podem ser recuperados a um custo que se aproxima daquele do petróleo. Outras ocorrências importantes se encontram na Suécia.

O que distingue fundamentalmente o problema da extração de óleo do folhelho betuminoso do petróleo é exatamente a pesquisa. O óleo do folhelho betuminoso está onde ele se encontra, enquanto, para localizar a jazida de petróleo, são necessárias numerosas tentativas, com métodos geológicos e geofísicos, e de perfurações exploratórias num esforço caracteristicamente indireto. Os investimentos vultosos que então se fazem não são necessários no caso do folhelho betuminoso. No Brasil, dezenas de bilhões de barris de óleo encontram-se no folhelho pirobetuminoso de Irati, numa faixa sedimentar que se estende de São Paulo ao Rio Grande do Sul.

O problema tecnológico da extração de óleo dos folhelhos betuminosos de Irati e de Tremembé está praticamente resolvido. O seu problema comercial será facilmente equacionado dadas as condições peculiares da economia brasileira.

A avaliação técnico-econômica definitiva no processamento aplicável ao folhelho betuminoso do vale do Paraíba foi feita pela PETROBRAS em meados de 1956 com pleno êxito. Mais tarde, em princípios de 1957, experiências básicas, com o sistema contínuo de retortagem, mostraram que os resultados obtidos permitiam uma indústria de extração e refinação do óleo do folhelho do vale do Paraíba. Daí a idéia da construção da Usina Protótipo de Tremembé. O projeto relativo a sua construção encontra-se em fase final de elaboração.



Fig. 11 — Mapa extraído do trabalho de Hannfrit Putzer intitulado: "Camadas de carvão mineral e seu comportamento no sul de Santa Catarina", in Boletim n.º 91 da Divisão de Fomento da Produção Mineral do D.N.P.M.

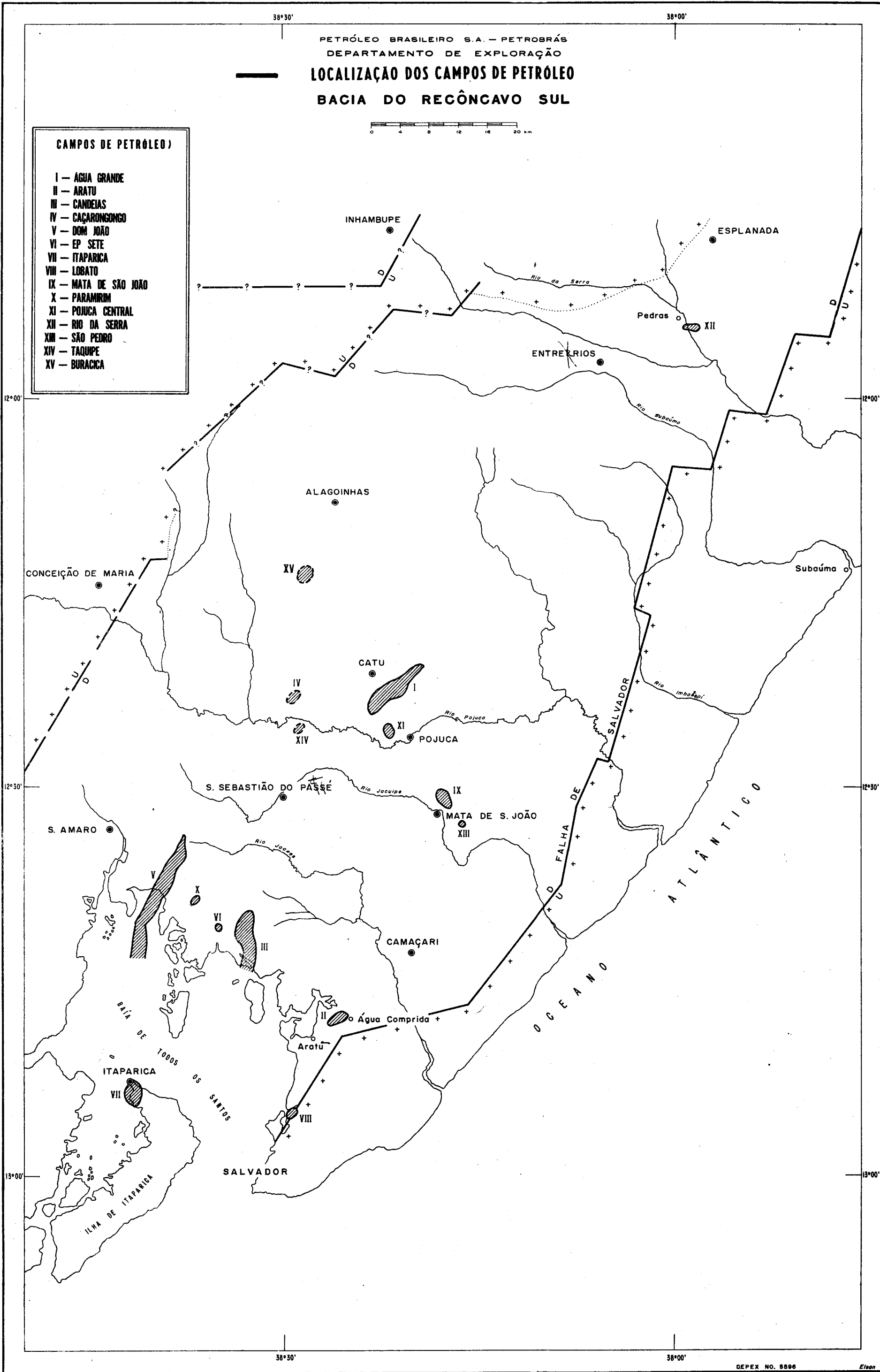


Fig. 13 — Localização dos campos de petróleo.

Ensaio químicos comparativos dos folhelhos betuminosos de Irati, de Tremembé e do Colorado mostram que o folhelho Irati oferece condições similares ao americano. Teor em betume mais elevado, menor umidade, teor apreciável de enxôfre (3 a 4%), fazem também do folhelho Irati um imenso potencial econômico. Talvez seja mesmo possível obter do óleo extraído do Irati a fonte principal de extração de enxôfre para as nossas indústrias.

Em subsuperfície, em Alagoas, há, segundo as sondagens realizadas pela PETROBRÁS, inúmeros horizontes de folhelhos betuminosos interestratificados com arenitos.

No cretáceo do Maranhão há outras áreas de folhelhos betuminosos.

Finalmente, devemos mencionar os depósitos terciários betuminosos, denominados marauitos, existentes ao sul da baía de Camamu. O antigo Serviço Geológico Federal cubou o depósito existente a nordeste de Maraú, achando um volume de marauitos economicamente explorável da ordem de 640 000 toneladas.

PETRÓLEO

O petróleo encontrado em quase tôdas as bacias sedimentares do mundo, tem grande distribuição geográfica e estratigráfica. No Paleozóico, o Carbonífero é o período mais prolífico; dêle procedem cerca de 7% do petróleo produzido no mundo. No Mesozóico, o Cretáceo responde por pouco mais de 18%. Mas é o Terciário que detém a vanguarda da produção mundial de petróleo, com 60% dela.

Em 1957, os Estados Unidos produziram 2 600 000 barris diários de petróleo. Na América do Sul, o mais importante produtor, a Venezuela, que tem a maior produção de arenitos do Terciário, contribuiu com um milhão de barris diários, em 1957.

Nos Estados Unidos, no período de 1946 a 1951, foram acrescentadas às reservas de petróleo 23 bilhões de barris. Entretanto, em 1958, as reservas estimadas eram apenas de 30 bilhões. Ainda de 1946 a 1951, no Oriente Médio, com a perfuração de 400 poços, adicionaram-se mais 28 bilhões de barris às reservas. Observe-se que nesse período nos Estados Unidos foram perfurados nada menos que 199 000 poços. No Oriente Médio, as perspectivas de crescimento das reservas são promissoras, pois não estão limitadas por fatores geológicos e sim por questões de transporte, refino e, principalmente, políticos. Cerca de 60% das reservas de petróleo do mundo encontram-se no Oriente Médio. No Paleozóico do Saara, a França já conta com reservas recuperáveis da ordem de um bilhão de barris.

Quanto à produtividade dos poços, em 1950, era de 240 barris por poço, na Venezuela, de 5 000 barris, no Oriente Médio, e de apenas 12 barris nos Estados Unidos.

No Brasil, temos três bacias paleozóicas: a do Sul do Brasil, a do Maranhão-Piauí e a do Amazonas. Suas áreas possivelmente petrolíferas somam perto de três milhões de quilômetros quadrados. Temos duas bacias sedimentares cretáceas importantes: a do Recôncavo, única província produtora de petróleo no Brasil e a de Alagoas-Sergipe (Fig. 13).

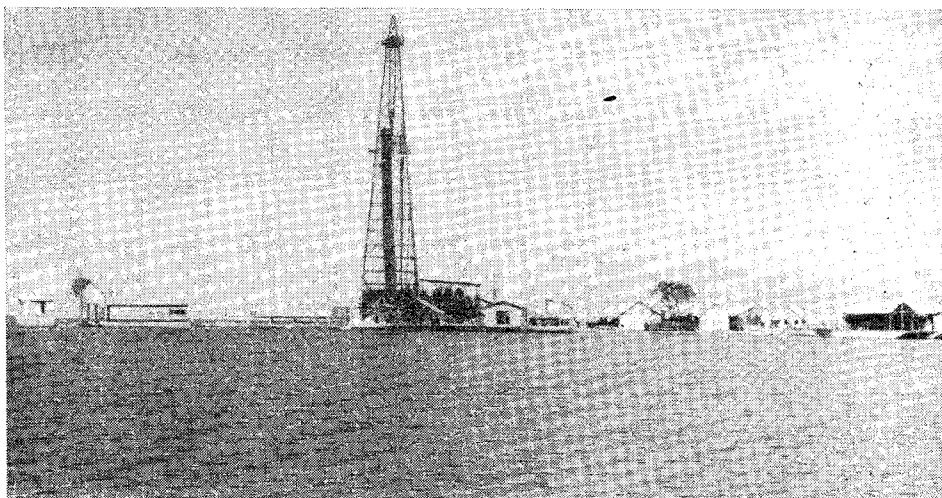


Fig. 14 — *Perfuração de um poço pela "Petrobrás" em Santarém, à margem do Amazonas, com o torre de perfuração em primeiro plano.*

(Foto Tibor Jablonsky do CNG)

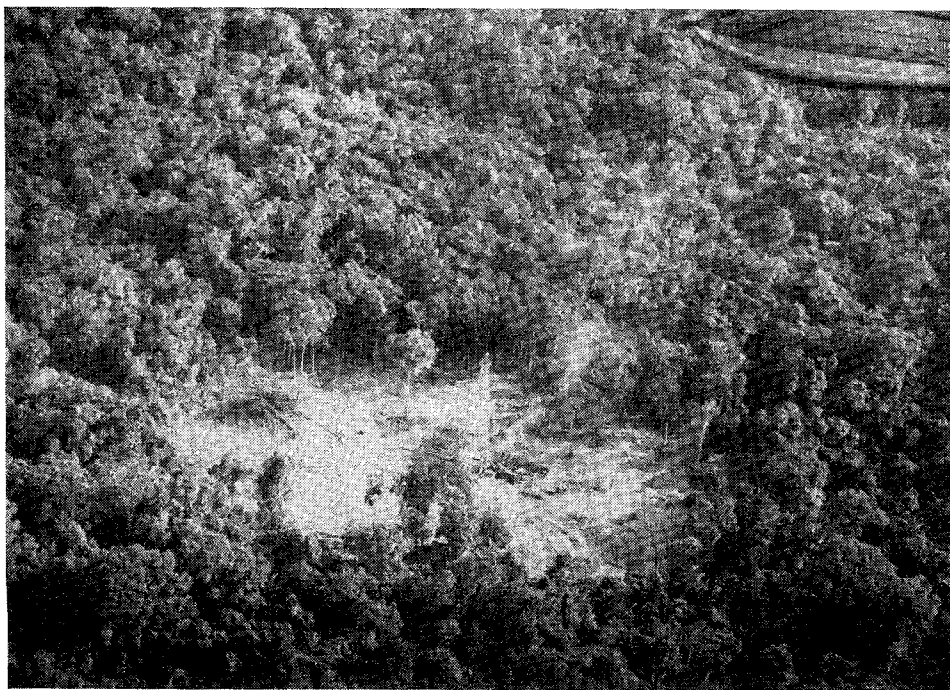


Fig. 15 — *Depois de comprovada a existência de petróleo no Amazonas, com a perfuração do poço de Nova Olinda, a "Petrobrás" redobrou seus esforços, em perfurações, nessa região. Na foto vemos a vista da área da perfuração do poço de Urariá em plena selva amazônica.*

(Foto gentileza da "Petrobrás")

No Recôncavo, só os campos de Água Grande e Dom João possuem *in situ* mais de um bilhão de barris de petróleo.

Em 1959, a produtividade mais elevada dos campos do Recôncavo registrou-se em Água Grande com 670 barris por poço.

No Recôncavo, temos ainda os seguintes campos: Candeias, Mata, Itaparica, Pojuca, Paramirim, Pedras e Lobato. Dêsses campos ainda se encontram em desenvolvimento os seguintes: Água Grande, Candeias e Dom João. O maior produtor é o campo de Água Grande, com cerca de 40 000 barris diários.

A área de Alagoas se nos afigura promissora. Os poços pioneiros de Jiquiá e rio São Francisco revelaram zonas de óleo. Através de provas de produção estão sendo realizadas as avaliações dessas zonas (Figs. 14 e 15).

Em Nova Olinda, dois poços subcomerciais de óleo e 4 secos foram abertos a uma profundidade média de 2 800 metros. As sondagens mostraram, em definitivo, o caráter lenticular dos reservatórios e a história de produção dos poços confirmaram-no. Por outro lado, as perfurações que a PETROBRÁS executou no Médio Amazonas contribuíram decisivamente para elucidação da história geológica da bacia, ainda em marcha, e permitiram selecionar as áreas de maiores possibilidades petrolíferas. Em Autás Mirim, a poucos quilômetros a sudeste de Manaus, à margem do rio Amazonas, perfurou-se um poço no qual, a cerca de 1 250 metros de profundidade, a broca atravessou um arenito saturado de óleo, com dez metros de espessura. Entretanto, análises posteriores de laboratório mostraram que a sua permeabilidade não lhe permitiria nenhuma produção de óleo. Depois de Nova Olinda essa é realmente a primeira descoberta de óleo de significação geológica a se fazer na bacia amazônica. É importante observar que o arenito petrolífero, descoberto no poço de Autás Mirim, pertence à mesma formação devônica em que se encontrou o primeiro óleo amazonense em Nova Olinda.

Os problemas exploratórios das nossas bacias sedimentares apresentam aspectos técnicos peculiares a cada uma delas. Porém, é possível estabelecer-se diferença capital entre a exploração das bacias paleozóicas e a das bacias cretácicas. Os geólogos sabem que os sedimentos paleozóicos no Brasil foram cortados por intrusivas basálticas, as quais, na bacia do Paraná, sob forma efusiva, deixaram uma cobertura imensa de basalto de São Paulo ao Rio Grande do Sul cobrindo mais de 70% da área sedimentar do Sul do Brasil. Nas áreas das bacias paleozóicas, quer nas encobertas pelas extrusivas, quer nas simplesmente cortadas pelas intrusivas, ou então por espessos mantos de sedimentos pouco consolidados do Terciário (Amazonas), os métodos geofísicos têm encontrado dificuldades intransponíveis na resolução das estruturas petrolíferas.

No Recôncavo baiano, até bem pouco tempo, a maior dificuldade à prospecção geofísica pelo método sísmico residia exatamente na

cobertura de sedimentos arenosos da série Barreiras, do Plioceno. Parece que essa barreira está felizmente superada, no Recôncavo. Por isso, prevê-se, próximamente, um ritmo de novas descobertas de petróleo aí ainda mais acentuado. De agosto de 1957 até hoje foram feitas as seguintes novas descobertas de petróleo pelos poços pioneiros perfurados no Recôncavo:

Poço Ja-1-Ba	— em São Pedro	— óleo;
Poço DJX-1-Ba	— na baía de Todos os Santos	— óleo;
Poço DJX-2-Ba	— " " " " " "	— óleo;
Poço DJX-3-Ba	— " " " " " "	— óleo;
Poço PL-1-Ba	— em Pau Lavrado	— óleo;
Poço EP-7-Ba	— oeste de Candeias	— óleo;
Poço Tq-1-Ba	— em Taquipe	— óleo;
Poço Cs-1-Ba	— Caçarongongo	— óleo;
Poço IX-1-Ba	— oeste de Itaparica	— gás;
Poço Ba-2-Ba	— Buracica	— óleo.

Do exposto, verificamos que os resultados positivos desses pioneiros, principalmente, daqueles que nos oferecem maiores perspectivas de desenvolvimento de novas reservas, como os de Pau Lavrado, os perfurados na baía de Todos os Santos, o de Taquipe, o de Caçarongongo e o de Buracica, nos permitem estimar para a área provada total em perspectiva uma reserva *in situ* que se aproxima de dois bilhões de barris.

Só com a manutenção de pressão, em fins de 1958, esperava-se uma recuperação da ordem de 500 milhões de barris. Mas a tecnologia moderna de recuperação de reservas encontra-se em franco progresso, podendo-se esperar que ela nos proporcione os meios para elevar os índices de recuperação até mesmo a um ideal de 90%.

QUADRO N.º 1

	1955	1956	1957	1958
Produção anual (barris).....	2 021 900	4 058 704	10 106 269	18 922 738
Total de poços efetivamente em produção.....	111	121	145	196
Total de poços de óleo existentes.	287	319	367	447
Reserva recuperável com manutenção de pressão (barris).....	173,6x10 ⁶	311,4x10 ⁶	418,6x10 ⁶	480x10 ⁶
Reserva <i>in situ</i>	—	—	—	—

Estamos perfeitamente convencidos de que o petróleo nacional, com o índice de produção atual de 70 000 barris diários e as reservas referidas, constitui indubitavelmente a mais importante riqueza mineral em extração em nosso país.

SUMMARY

The matter is of a great amplitude, so the author intended to put it into the rational reality showing and explaining the geological data as the result of perforations and surface searches.

On this purpose, he studied the following mineral resources.

Limestones — They are found in United States in the sedimentary sequences of all geological periods: they are observed in Brazil in paleozoic and cretaceous basin (Amazonas carboniferous basin and Rio Grande do Norte, Pernambuco and Sergipe cretaceous basin, occurring on Recôncavo Baiano in isolated massive beds).

They are formed by calcium carbonate and when they are burnt they changed into lime; they are used in civil construction and in different industries; it is the essential raw-material in the cement fabrication and iron industry.

Dolomite — It is common in sedimentary deposits, and it has been found in the inferior cretaceous formation of Sergipe.

By the granulous texture and resistance to the dilute acid chloride it can be used as the substitute of magnesite in the manufacturing of refractory bricks.

Anhydrite and gypsum — They occur on sedimentary formations of all world making considerable thick beds. There are anhydrite and gypsum beds in Brazil in Amazonas carboniferous evaporites Maranhão-Piauí sedimentary basin and in cretaceous border of Ceará, Pernambuco and Piauí States.

Economical exploiting of gypsum deposits are found in silurian North New York, and Kansas, Texas, Oklahoma and New Mexico permian. Tertiary deposits are also notable in Paris basin.

Anhydrite has sometimes the same colour and gypsum texture, but it can be noticed its difference by the greater hardness and specific weight. While anhydrite has no commercial value gypsum is one of the most important no metallic mineral. When it is pulverized it can be employed as fertilizer to improve soils pH; it becomes plaster when it is burnt and prepared.

Barite — Barium sulphate is formed in limestone, it has been found in different places of our territory: São Paulo, Minas Gerais, Paraíba and Amazonas, but the most important deposit is situated in Camamu bay. It is also found in German and United States where the alluvial deposits are the most important.

Due its high density it is chemically inert, it is used in ink, rubber and paper industrie, etc.

Distom — Distoms thick beds can be found in California tertiary territories. There are deposits in Pernambuco and Ceará coasts in plain exploitation.

It is used as polisher agent, to isolate and to philter liquids and for some cement mixture.

Pyrite — Iron sulphuret is found in clay sediments and can be noticed in South Brazil coast in profusion.

Probably it is the only brim-stone deposit to make sulphuric acid we have; it is an essential industry product.

Phospharite — Phosphorated rocks are identified in very peculiar and variable deposits. As Prof. KECEL thinks and from whom the author adds various considerations, that many phosphorated rocks were noticed in Pernambuco coast. Although the deposits are not yet delimited they represent one of the biggest mineral richness discovery of Brazil nowadays.

Ground water — There is no physical or chemical method to distinguish between meteoric and igneous origin water; however, rains water are purer than soil or adhesion water.

In Brazil, ground water reservoirs have been discovered in several petroleum perforations and are kept and preserved water on porous rocks, many problems of supplying water in various semi-arid regions are solved. Carolina (MA), Cangorra (RN), and Tucano (BA) perforations are examples. Recôncavo Baiano is an important ground water reservatory; there were some perforations with success for regional supplying sugar industry.

Radioactive minerals — They are noticed in Amazonas basin perforation where was identified the existence of a devonian shales section with great index of radioactivity.

There is another radioactive mineral — monazite — it is found in a considerable quantity in monazite sands deposits in Espírito Santo basin and in south of Bahia beaches. After naming thorium, essential element in nuclear technology he refers to a new discovery of the geologist DON HAYNES about radioactive sandstone horizon in Ne of Bahia.

Salt — The author after giving the salt conditions deposition and showing the theoretical order of its precipitations, he cites the places where we can be met the principal deposits. He chiefly notices colemanite deposits near Los Angeles and in Brazil, besides Amazonas salt basin he names one in Alagoas and other in Sergipe, where there is no doubt the existence of potassium salts in carnallian form.

After emphasizing potassium salts as a "silvita" and carnallian are more soluble than sodium chloride (halite). He explains they are vital to modern agriculture for improvement of soil; they allow the development of cultivation by quick assimilation.

He refers yet to another salt deposits in Brazilian sedimentary basins — the salt water in deep reservoirs found in petroleum perforations; one of the biggest occurrence of this water was registered in Alagoas but it is necessary the continuous examination of its salt content in order to make its economical valuation.

Coal — At first the author gives the occurrence areas for three kinds of coal (anthracite, bituminous and lignite coal), going after to the Brazilian coal that occurs on Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná and São Paulo States. He looks over the property of each one and gives the distribution of deposits, he passes to Piauí coal and refers to Prof. KECEL analysis done at 1955.

He thinks about the possibility of coal in Amazonica basin and remembers that the natural conditions for its formation are numerous.

He looks at the different coal employment stating that the greatest part of our production is in the electric-therms factory although the concurrence of liquids combustible; he refers to bituminous coal as raw-material in cialbetar fabrication and possible "german" occurrence on south Brazil coals that perhaps will be one of the most valuable sub-product.

The author considers that as the coal has been the chief energy source, only put a side nowadays by petroleum, however its enormous reserves in the world will make it to perform

again an important place near thermnuclear energy which needs we go to a search way on purpose to find out new reserves.

Oil shale — Remembering that the distinction of extraction problem between shale and petroleum oil it is its searching. The author goes on giving the United States principal reserves and its evaluation. He shows too the Brazil case where there is a sedimentary belt covering from São Paulo to Rio Grande do Sul where the problem is almost solved and its commercial one is being considered carefully; he examines this shale potential he tells that perhaps it will be possible to get from the oil that has been taken out the principal sulphur sources for our industries.

He refers also to the experiences made in Paraíba valley and to the horizon that appears in Alagoas, Maranhão and South Camamu.

Petroleum — The author states that petroleum is found in almost all world sedimentary basins, he looks at all Venezuela and United States reserves going after to Brazil where he shows three basins: the South, Maranhão, Piauí and Amazonas whose petroleum areas it is calculated about 3.000.000 km². He refers yet two important cretaceous basins: Alagoas, Sergipe and Recôncavo, this one as the only petroleum productive region in Brazil that we think is promising. Looking at the new discoveries in this region the author says that they can give big reserves.

He explains about Nova Olinda perforations trying to show the geological history of paleozoic and cretaceous basin, noticing us that each one of them has a peculiar technical aspect.

He finishes concluding that national petroleum with present index of productivity and existent reserves is the most important mineral richness in Brazil.

RÉSUMÉ

En admettant l'amplitude du sujet l'auteur se restreint à la réalité nationale. Les données géologiques de son exposé sont le résultat de perforations et de recherches en superficie.

Calcaires — Aux États-Unis ils se trouvent dans les séries sédimentaires des périodes géologiques. Au Brésil, ils sont observés dans les bassins paléozoïques et crétacés (bassin carbonifère de l'Amazonie et bassin crétacé du Rio Grande do Norte, Pernambuco et Sergipe, il y a des occurrences dans des bancs isolés du Recôncavo Baiano. Constitués de carbonate de calcium, ils se transforment en chaux dès qu'ils sont brûlés. Ils sont employés dans les constructions civiles et les différentes industries; c'est la matière-première essentielle à la fabrication du ciment et à la sidérurgie.

Dolomite — Commune aux dépôts sédimentaires, on l'a rencontre en Sergipe, dans la formation du Crétacé inférieur.

Par sa texture granulaire et par sa résistance à l'acide chlorhydrique dilué elle peut substituer la magnésite dans la manufacture des briques réfractaires.

Anhydrite et gypse — La gypsité et l'anhydrite sont rencontrées dans les formations du monde entier, en des lits d'importante épaisseur.

Au Brésil, on les trouve dans le Carbonifère de l'Amazonie, au bassin sédimentaire du Maranhão-Piauí et au crétacé qui limite les États du Ceará, Pernambuco et Piauí.

Des dépôts économiquement explorables de gypsité peuvent être rencontrées au Silurien, au nord de New York, et au Permien de Kansas, Texas, Oklahoma et au Mexique. Les dépôts tertiaires du bassin de Paris sont remarquables.

L'anhydrite, qui a souvent la même couleur et la même texture que la gypsité, se distingue par sa plus grande dureté et son plus grand poids spécifique. Si l'anhydrite n'a pas de valeur commerciale, la gypsité est un des plus importants minéraux non métalliques. Son emploi dans l'industrie est des plus variés. Pulvérisée elle peut servir comme fertilisant et pour corriger le pH des sols; calcinée et préparée elle constitue le plâtre.

Barytine — Sulfate de barium formé dans des calcaires on les a signalé à São Paulo, Minas Gerais, Paraíba et Amazonas, son plus importante dépôt se rencontre dans la baie de Camamu, à Bahia. L'Allemagne et les États-Unis, ceux-ci avec les dépôts alluviaux les plus importants du monde, les possèdent également.

Elle est largement employée dans l'industrie des couleurs, du caoutchouc et du papier, etc., à cause de sa haute densité et sa propriété d'être chimiquement inerte.

Diatomite — Il y a, en Californie, dans les terrains du tertiaire, des lits très épais de diatomite. Au Brésil, on trouve des dépôts au Ceará et en Pernambuco. Ces dépôts sont en exploration.

La diatomite est employée comme agent polisseur, comme isolant, comme filtre pour les liquides et dans certains mélanges du ciment.

Pyrite — La pyrite est du sulfure de fer rencontrée dans les sédiments argilleux, elle existe en abondance dans les charbons du Brésil méridional.

C'est, probablement, l'unique source de soufre que le pays possède pour la fabrication de l'acide sulfurique, produit indispensable à l'industrie.

Phosphorite — Les roches phosphorées se trouvent dans des dépôts de caractère et d'origine les plus variés.

Il en existe en grande quantité à la côte de l'État de Pernambuco. Bien que son étendue n'ait pas encore été déterminée, le Prof. KÉGER considère sa découverte comme un des faits les plus importants de ces dernières années, dans le domaine de la richesse minérale du Brésil.

L'eau souterraine — Il n'y a pas un criterium physique ou chimique pour distinguer les eaux d'origine météorologique de celles magmatiques. Cependant les eaux de pluie sont plus pures que les autres.

En faisant, au Brésil, des perforations pour le pétrole on a rencontré des réservoirs d'eau souterraine et c'est grâce à ces eaux infiltrées et emmagasinées dans les roches poreuses, que, dans les régions semi-arides du Brésil, on a résolu les problèmes de ravitaillement. Les puits de Carolina (Maranhão), de Cangorra (Rio Grande do Norte et de Tucano (Bahia) en sont des exemples. Le "Recôncavo Baiano" c'est révélé un important réservoir d'eau souterraine; quelques puits ont été déjà percés, avec succès, et se destinent aux industries de sucre de la région.

Minerais radioactifs — Ceux-ci ont été enregistrés dans les puits du bassin amazonique, où on a constaté l'existence d'indices très accentués de radioactivité dans les terrains dévonians.

Un autre minéral radioactif cité par l'auteur est la monazite, que se trouve en quantité considérable, dans les sables monazitiques du littoral de l'État de Espírito Santo et dans celui du sud de Bahia.

Après avoir parlé du thorium, élément essentiel de la technologie nucléaire il rappelle la récente découverte du géologue, DON HAYNES, dans le nord-est de l'État de Bahia, dans un horizon de grès-radioactif.

Sel — Après avoir donné les conditions de dépôt du sel, il cite les zones où il se concentre. Il parle des dépôts de "colemanite", aux approches de Los Angeles. On le trouve, au Brésil, en Amazonie, Alagoas et en Sergipe.

Il nous dit que les sels de potassium sont d'intérêt vitaux pour l'agriculture moderne.

Il y a encore une autre source de sels dans les bassins sédimentaires — les eaux salées des réservoirs profonds, révélées au cours des perforations du pétrole. Une des plus grandes occurrences de ces eaux a été constatée en Alagoas, mais l'examen permanent de son contenu salin est nécessaire à son évaluation économique.

Charbon — L'auteur parle d'abord des zones d'occurrence des trois types de charbon (l'antracite, le charbon bitumineux et le lignite) puis il commente le cas brésilien où le charbon apparaît au Rio Grande do Sul, à Santa Catarina, au Paraná et à São Paulo.

Il analyse les propriétés des uns et des autres, passe à la distribution des gisements, traite du charbon du Piauí, en faisant une référence aux études du Prof. KECZEL, réalisés en 1955.

Il cite, ensuite, les possibilités du charbon dans le bassin amazonique en rappelant les nombreuses conditions naturelles pour sa formation. Il affirme que la plupart de notre production se trouve dans les industries thermo-electriques, puis il parle du charbon bitumineux, matière-première de l'industrie du coke et de la possible occurrence du germanium dans les charbons du sud du Brésil, ce qui, peut — être, constituera un de ses plus précieux sous-produits.

Il considère le charbon une des importantes sources d'énergie à peine supplantée par le pétrole. Même ainsi, les grandes réserves mondiales du charbon joueront toujours un grand rôle par rapport à l'énergie thermo-nucléaire, ce qui exige un plan d'enquête pour localiser d'autres sources.

Folhelhos bitumineux — Il étudie les principales réserves des États-Unis et celles du Brésil qui s'étendent de São Paulo à Rio Grande do Sul. L'auteur analyse la résistance des dépôts et envisage les possibilités d'extraire de l'huile le soufre nécessaire aux industries du pays.

Il parle des expériences de la vallée du Paraíba, Alagoas, Maranhão et au sud de Camamu.

Pétrole — Après avoir affirmé que le pétrole se rencontre dans tous les bassins sédimentaires du monde, l'auteur examine sa production et ses réserves aux États-Unis, au Venezuela et surtout au Brésil, qui présente trois bassins: celui du sud, celui du Maranhão-Piauí, celui de l'Amazonas dans une étendue de trois millions de kilomètres carrés. Il cite encore deux bassins crétaques importants: Alagoas et Sergipe, et celui du Recôncavo, l'unique qui nous présente de grandes promesses. En analysant des nouvelles découvertes il affirme qu'elles permettent d'être optimiste. Il parle ensuite des recherches à Nova Olinda, donne des aperçus sur l'histoire géologique du bassin de l'Amazonie moyen, montre les différences entre l'exploration des bassins paléogéographiques et des bassins crétaqués et de leurs aspects techniques.

Il conclut en affirmant que le pétrole national avec sa production actuelle et ses réserves est la plus importante des richesses minérales du Brésil.