



ANTEPROJETO SULFETOS NA BACIA DO MARANHÃO

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS MINERAIS

DEGEO/DIGEOM

Julho/76

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO

2 - OBJETIVOS

3 - LOCALIZAÇÃO E ÁREA

4 - GEOLOGIA DA BACIA

4.1 - Generalidades

4.2 - A Sinéclise do Parnaíba

4.3 - Coluna Estratigráfica

4.4 - Evolução Estrutural

4.4.1 - Paleo-estrutura

4.4.2 - Estrutura Atual

5 - JUSTIFICATIVAS

6 - ESPECIFICAÇÕES E METODOLOGIA

6.1 - Etapa I

Ajuntamento dos dados existentes no Projeto Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

6.2 - Etapa II

Interpretação de dados

Confecção de Mapas Integrados (geológicos, geofísicos e geoquímicos)

Mapas de Fácies

Mapas Paleogeográficos

Mapas Paleoclimáticos

Seções Estruturais e Estratigráficas

Estudo dos Poços Existentes.

6.3 - Etapa III

Análise de laboratório dos Poços Existentes

Seleção de Áreas

6.4 - Etapa IV

Relatório Final

- 7 - PRAZO
- 8 - CUSTO
- 9 - ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA SUMÁRIA
- 10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS: I - Cronograma de Execução

II - Estimativa Orçamentária Detalhada.

1 - INTRODUÇÃO

A Bacia Sedimentar do Maranhão, também conhecida como Bacia do Meio-Norte, Bacia do Piauí-Maranhão, ou Bacia do Parnaíba, tem se constituído numa das importantes áreas para prospecção mineral.

Datam de época remota, as pesquisas geológicas aí realizadas, cujos trabalhos visaram objetivos específicos, dirigidos principalmente para petróleo, água subterrânea, carvão e minerais radioativos.

O acervo de dados geológicos sobre a Bacia é bastante significativo, compreendendo levantamentos variados, merecendo destaque os trabalhos de Estudo da Bacia realizados pela PETROBRÁS; Pesquisas para Água Subterrânea com centenas de poços perfurados; Investigações sobre possibilidades econômicas para carvão efetuadas pelo Convênio DNPM/CPRM; Prospecções realizadas pela CNEN para minerais radioativos; Interpretações de imagens de Radar; além de centenas de amostras de rochas analisadas para geoquímica.

O conhecimento geológico da Bacia, resultante das pesquisas referidas, fornece subsídios necessários a uma integração visando o reconhecimento dos traços geológicos condicionadores de mineralizações e delinear os fatores controladores de concentrações residuais e enriquecimento supergênico.

No sentido de efetivação de programas de reconhecimento geoquímico da Bacia do Maranhão, os geólogos Flávio J. Távora e Mário Jorge G. Fonseca, do DNPM, cogitaram a implantação de um projeto relacionado à pesquisa de depósitos de minerais metálicos.

Aos estudos iniciados por esses geólogos, onde foram coletados dados geológicos bastante significativos no que se refere à presença de sulfetos, impõe-se a necessidade de continuidade, objetivando definir modelos geológicos capazes de identificar sítios favoráveis à mineralizações de depósitos estratiformes de cobre, chumbo e zinco e elementos associados.

2 - OBJETIVOS

As ocorrências de depósitos estratiformes de sulfetos já conhecidas na Bacia do Maranhão e o melhor entendimento dos ambientes de deposição das formações e de suas fácies sedimentares subordinadas, presentes em sua coluna estratigráfica, induzem a uma tentativa de se proceder a uma associação de tais condicionamentos aos vários modelos geológicos já estudados em diversas regiões do mundo e comprovadamente portadores de sulfetos metálicos. Objetiva-se assim, à execução de um estudo em toda bacia e em formações que compõem uma porção considerável da coluna que ali ocorre, desde o neo-Siluriano até o Cretáceo (Albiano).

Assim, as várias etapas nas quais se constituem este Anteprojeto, pretendem contribuir para um melhor entendimento geológico e integrado das diversas ocorrências de sulfetos, espalhadas por várias áreas da bacia e dispersas em sua coluna estratigráfica.

3 - LOCALIZAÇÃO E ÁREA

A Bacia do Maranhão (fig. 1), área de interesse do anteprojeto, abrange uma área de 600.000 km² aproximadamente, situada no norte do Brasil ao sudoeste do delta amazônico, compreendida pelas seguintes coordenadas geográficas:

latitude : 4°00' e 10°00'

longitude : 41°00' e 48°00'

Geograficamente, encontra-se no Meio-Norte brasileiro, abrangendo parte dos Estados do Maranhão e Piauí, estendendo-se ainda para os Estados do Ceará, Goiás e Pará.

4 - GEOLOGIA DA BACIA

4.1 - Generalidades

A Bacia do Maranhão constitui um dos três maiores

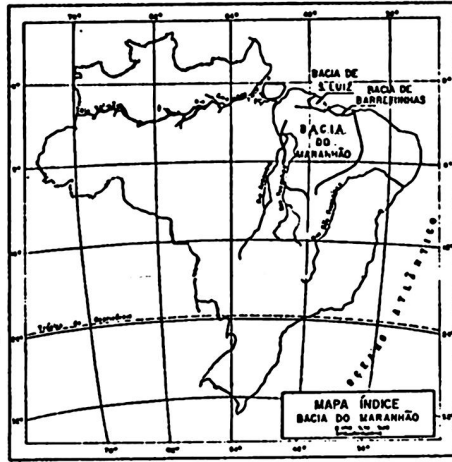


Fig. 1 — Mapa Índice da Bacia do Maranhão.

BACIAS PALEOZOÍCAS

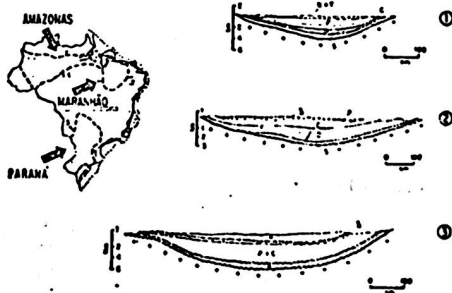


Figura 2.

complexos intracratônicos do Brasil (fig.2), com sedimentos de idades paleozóica, mesozóica e cenozóica, com espessura total de 3.000m onde os sedimentos paleozóicos atingem até 2.500m.

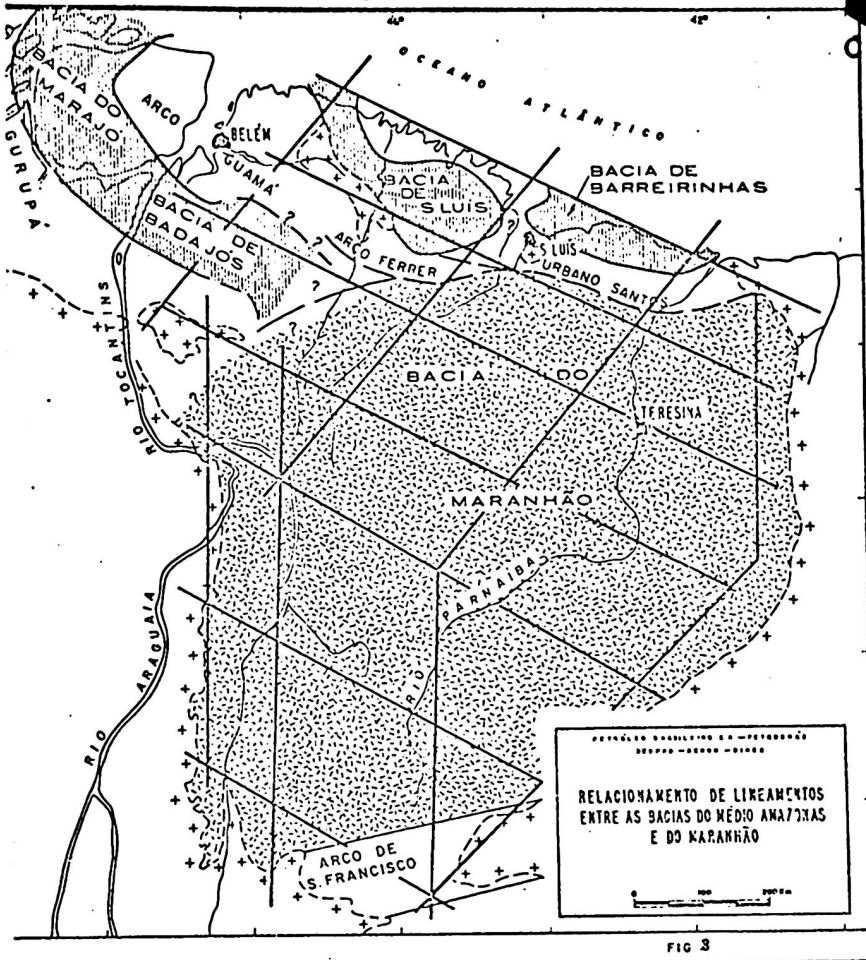
A bacia tem a forma aproximadamente redonda e tem como limite a leste a parte costal do escudo brasileiro, ao sul o arco de São Francisco e a oeste a parte central do escudo brasileiro, o craton Guaporé (Almeida, 1967). A noroeste o arco de Tocantins separa a Bacia do Maranhão da Bacia do Marajó, enquanto que ao norte, próximo ao Atlântico, ocorrem duas bacias - a de São Luiz e a de Barreirinhas, separadas pelo arco Ferrer da Bacia do Maranhão (fig.3).

4.2 - A Sinéclise do Parnaíba

A Bacia paleozóica do Maranhão poderia se classificar como uma sinéclise (Almeida, 1969), bacia do Tipo I (Halbouty et al, 1970), bacia interior (Sloss, 1964), ou autogeosinclínio (Dewey & Bird, 1970), (fig.4).

No início do Fanerozóico, ocorreu na Plataforma Afro-Brasileira o último episódio tecto-orogênico (orogênese Brasiliana-Baikaliana, 550 m.a.) que provocou a inversão dos geossinclínios, caracterizando o estágio de transição paraplaformal para ortoplaformal.

Em consequência, no início do Siluriano, a plataforma já no estágio de ortoplaforma, apresentando-se consolidada e estabilizada, começaram-se a se formar as grandes sinéclises paleozóicas onde se depositaram os primeiros sedimentos de caráter predominantemente geocrático, representados por sedimentos imaturos, arcósios, grauvacas e espessos conglomerados, com intercalações de piroclásticas ácidas, riolitos e basaltos, (fig.5 e 6).



BACIA INTERIOR, CRATÔNICA
TIPO I (KLEMMÉ, 1971)
AUTOGEOSSINCLÍNEO (DEWEY & BIRD, 1970)



Figura 4

Segundo Asmus e Porto (1973) a origem das bacias Paleozóicas não é bem esclarecido por se tratar de um tipo de bacia situada no interior do craton, distante de margens de placas atuais e pretéritas.

Porto (1973) relata que sedimentos de plataforma rasa ou de embaiamento preencheram este tipo de bacia, exibindo estruturas controladas pelo embasamento. Segundo o mesmo autor o tectonismo nessa bacia apresenta-se como exclusivamente do tipo epirogenético, sendo função da sua proximidade em relação ao cinturão móvel.

Contudo, admite que o relacionamento deste tipo de bacia com o mecanismo da tectônica de placa é obstado pela falta de registro de limites de placas anteriores ao Mesozóico.

O mais aceitável é considerar a Bacia do Maranhão como formada por ondulações da litosfera, através do aparecimento de sinéclises a antéclises.

4.3 - Coluna Estratigráfica

De acordo com Mesner & Wooldridge (1964) e Aguiar (1969), a Bacia do Maranhão foi preenchida durante três megaciclos sedimentares relacionados com transgressões e regressões marinhas em consequência dos movimentos tectônicos do estílo epirogenético. Pelas oscilações vagarosas, preponderantemente subsidentes, chegaram a ser acumulados sedimentos de mar raso-epicontinental durante os movimentos transgressivos como também sedimentos continentais nas fases de regressão.

O primeiro megaciclo Siluriano Superior/Devoniano - Carbonífero Superior, é caracterizado por subsidência contínua e um ambiente predominantemente marinho. Inicia-se com os conglomerados e arenitos quartzosos, grosseiros, super maturados ,

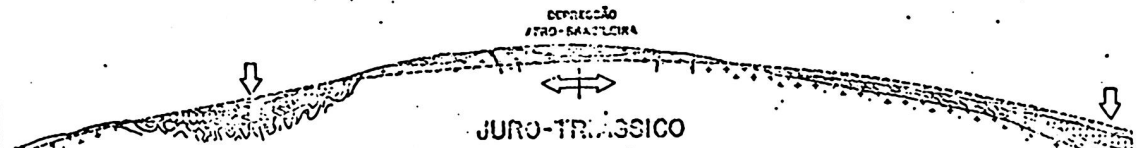


CPRM

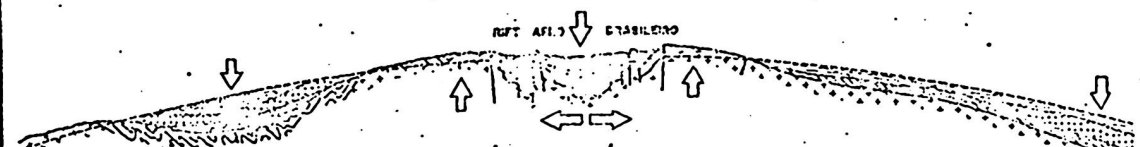
CAMBRO - ORDOVICIANO
 A PARAPLATAFORMA EVOLUI PARA O ESTÁGIO DE CANTOPLATAFORMA, COM ACÚMULO DE DELGADA CAMA SEDIMENTAR COBRINDO GRANDES EXTENSÕES GEOGRÁFICAS.



NEO-PALLOZOÍCO
 INICIA-SE A SEDIMENTAÇÃO NAS GRANDES SINÉCLISES E O ARQUEAMENTO DE VASTA ANTÉCLISE ABRANGENDO A PLATAFORMA DO SÃO FRANCISCO E O NÚCLEO DE CHAILLU.



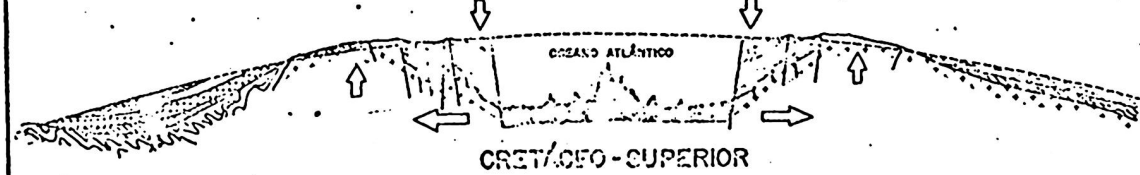
JURO-TRIÁSSICO
 PROSEGUE A SEDIMENTAÇÃO NAS SINÉCLISES DURANTE TUDO O JURÁSSICO. A SUBSIDÊNCIA DO EIXO DA ANTÉCLISE SÃO FRANCISCO - CHAILLU, NO FINAL DO JURÁSSICO, ORIGINA A DEPRESSÃO BRASILEIRA.



CRETÁCEO PRÉ-APTIANO
 A RUPTURA DA CROSTA AO LONGO DE ANTIGOS ALINHAMENTOS ESTRUTURAIS (REATIVAÇÃO WEALDENIANA), FORMA O GRANDE RIFT AFRO-BRASILEIRO, ONDE SE DEPOSITAM SEDIMENTOS TERRÍGENOS CONTINENTAIS.



ALBO-APTIANO
 OCORRE A PRIMEIRA INVASÃO MARINHA, NO INÍCIO DO APTIANO, PROPICIANDO A SEDIMENTAÇÃO EVAPORÍTICA. NO ALBIANO PREDOMINA A SEDIMENTAÇÃO MARINHA TERRÍGENO-CARBONÁTICA, EM AMBIENTE SUJEITO A TRANSRESSÕES E REGRESSÕES OSCILATÓRIAS.



CRETÁCEO-SUPERIOR
 SEPARAÇÃO DEFINITIVA DOS CONTINENTES, NO FINAL DO TURONIANO OU INÍCIO DO SENONIANO. SEDIMENTAÇÃO MARINHA, EM CONDIÇÕES DE MAR ABERTO EM AMBAS AS MARGENS CONTINENTAIS.

EVOLUÇÃO TECTÔNICA ESQUEMÁTICA DAS MARGENS CONTINENTAIS DO BRASIL ORIENTAL E ÁFRICA OCIDENTAL

Figura 6

esbranquiçados da Formação Serra Grande, de ambiente flúvio-lacustre (Siluriano Superior?). No Devoniano Inferior, iniciou-se uma fase de sedimentação marinha, de caráter transgressivo, responsável pela deposição da Formação Pimenteiras, seguida pelos sedimentos da Formação Cabeças (Devoniano Médio). No Devoniano Superior tem início a deposição dos sedimentos da Formação Longá, também marinhos, porém de caráter regressivo, que é sobreposta pela Formação Poti (Carbonífero Inferior) de origem transicional marinha-terrestre, com sedimentos de ambiente parálico, deltáico e flúvio-lacustre.

O segundo megaciclo Carbonífero Superior-Permo/Triássico, caracterizado por movimentos epirogenéticos menos expressivos, predomina ambiente terrestre com limitadas ingressões marinhas. Em clima semi-árido, as camadas vermelhas ("red-bed") e sedimentos químicos, calcários e evaporitos marcam o início da fase geocrática que predominou nas áreas cratônicas durante quase todo o Mesozóico. Separada da Formação Poti por uma discordância angular erosiva, ocorre a Formação basal desse segundo ciclo, Formação Piauí, do Carbonífero Superior. Sobreposta à Formação Piauí, ocorre a Formação Pedra de Fogo, de ambiente de mares restritos, em alternância com um ambiente terrestre. De idade permiano, segue-se a Formação Motuca (arenitos vermelhos, calcários e anidritas), sobreposta concordantemente pela Formação Sambaia (Triássico) de ambiente flúvio-lacustre. Seguem-se os derrames basálticos com intercalações de clásticos e leitos de folhelhos e sílex, unidos no Grupo Mearim (Formações Mosquito e Pastos Bons) de idade Triássico-Jurássico-Cretáceo Inferior? Repousando ora sob a Formação Mosquito, ora sob Pastos Bons, ocorrem os sedimentos clásticos (arenitos, siltitos e folhelhos) da Formação Corda (Jurássico?).

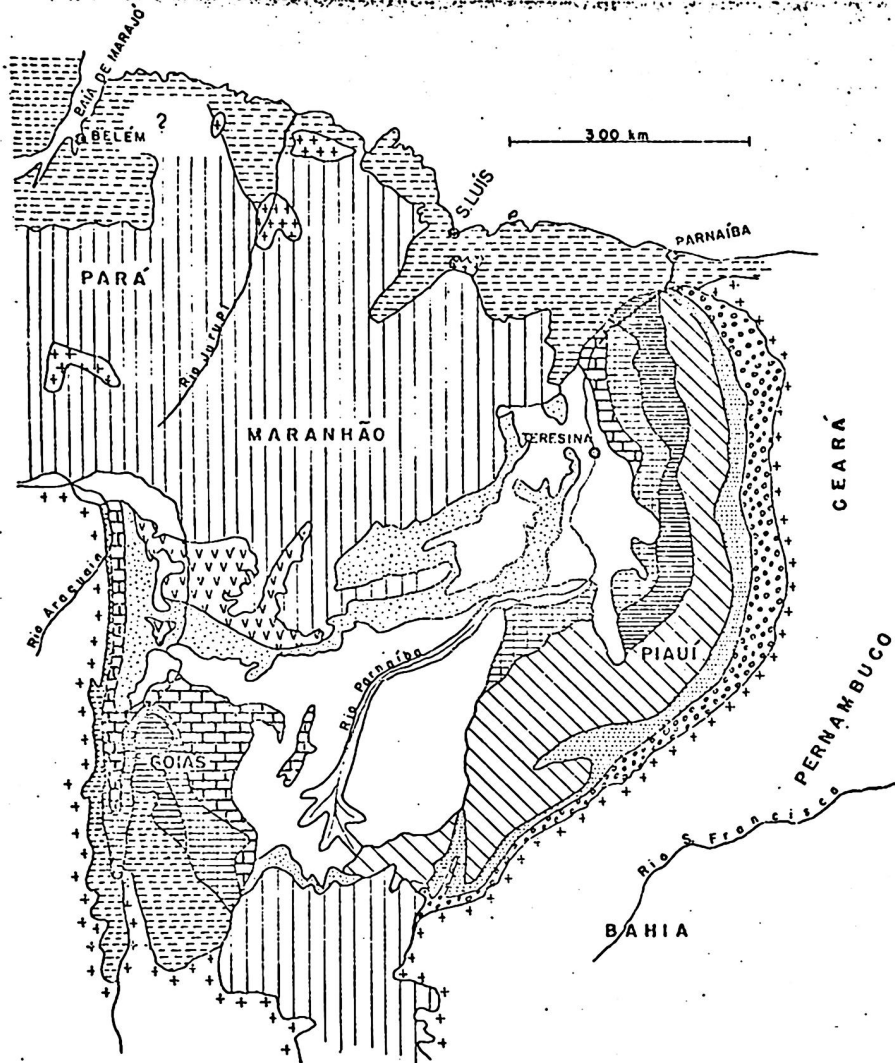
O terceiro megaciclo sedimentar, que se iniciou no Cretáceo, seus sedimentos basais ocorrem em contato ora com sequências paleozóicas, ora com sequências pré-cambrianas, evidenciando assim movimentos tectônicos, responsáveis pelo levantamento do arco Ferrer-Urbano Santos, causando erosão dos sedimentos paleo-mesozóicos. Os sedimentos basais (pré-Codó) de ambiente lacustre-fluvial, são sobrepostos discordantemente pelos sedimentos transgressivos e regressivos marinhos da Formação Codó (Aptiano). Esses sedimentos são representados por conglomerado de regressão seguido por clásticos finos, folhelhos verde-preto de ambiente transicional nerítico-lacustre sob condições euxínicas. Seguem-se formados sob condições de bacias isoladas do mar depósitos químicos (calcários e sulfatos). No topo da unidade ocorrem sedimentos de ambiente paludal e planície de maré. A Formação Codó é sobreposta concordantemente pelos sedimentos flúvio-lacustre da Formação Itapecuru, de idade aptiana, capeada por sedimentos não consolidados cenozóicos.

Uma representação esquemática da coluna estratigráfica da Bacia do Maranhão, com considerações detalhadas sobre a litologia das unidades, é apresentada na fig.7, segundo Aguiar G. Antunes (1971). A distribuição dessas unidades na Bacia é esquematizada segundo Mesner e Wooldrige (1964) na fig.8. A fig.9 mostra seção geológica segundo Megel (1956).

4.4 - Evolução Estrutural

4.4.1 - Paleoestrutura

A Bacia do Maranhão se originou (Aguiar, 1971), pela subsidência do craton ao longo de três eixos principais, conforme se observa na fig.10:



- | | | | |
|--|--|--|-------------------------|
| | Barreiras (inclusive Pirabas e Depósitos Cenozóicos) | | Poti |
| | Corda, Codó e Itapicuru | | Longá |
| | Basalto | | Cabeças |
| | Pastos Bons e Sambaíba | | Picos <i>Pimenteira</i> |
| | Pedra de Fogo e Motuca | | Serra Grande e Itaim |
| | Piauí | | Embasamento Cristalino |

8. Bacia sedimentar do Parnaíba. (Modificado de Mesner e Wooldrigo, 1964.)

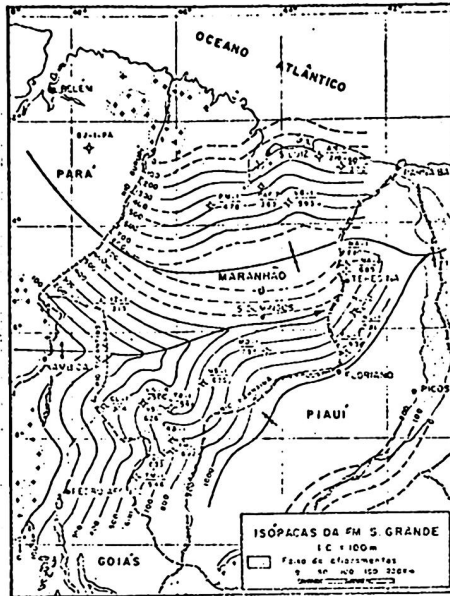


Fig.10— Isopacas da Formação Serra Grande, mostrando o arco Xambioá-Teresina.

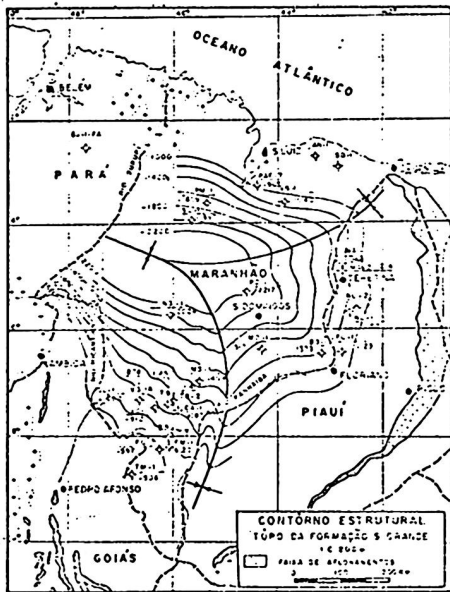


Fig. 11. Contorno estrutural do topo da Formação Serra Grande.

- um a partir da área de Marajó com direção SE, infletindo para leste a partir do centro do Estado do Maranhão, em direção ao sul do Tianguá (Ceará). Este eixo, provavelmente foi responsável pela ligação entre essa bacia e a Bacia Amazônica.
- outro eixo de direção SE passando próximo a Santa Filomena e Floriano, segundo o qual a Bacia do Maranhão se ligava a Bacia do Paraná.
- um terceiro eixo deveria existir, partindo de Tianguá, com direção NE, através do Estado do Ceará. A bacia provavelmente se ligava ao mar através das áreas de Marajó e costa do Ceará.

Os dois eixos principais de subsidência eram separados pelo arco Xambioá-Teresina, o qual manteve ativo até a de posição da Formação Motuca.

4.4.2 - Estrutura Atual

Além do levantamento epirogenético do bordo leste da bacia, as intrusões ígneas e tectonismo associado, contribuíram para a modificação dos elementos paleo-estruturais da bacia (fig.11).

De acordo com Aguiar (1971), a área centro-norte da bacia foi menos afetada; os bordos leste, sudeste e sudoeste foram mais levantados; e, praticamente, desapareceu o arco Xambioá.

5 - JUSTIFICATIVAS

No Relatório da Diretoria do DNPM (1955, 56 e 57), Bol. nº 104, referindo-se à presença de Carvão na Bacia do Ma

ranhão, são feitas citações à níveis mineralizados em pirita , registrados entre as profundidades 195 a 205m, no furo P-121, Teresina.

Paiva, G. e Miranda, J. (1937), analisando o furo P-125 até a profundidade final de 565, 85m, fazem ampla referência à presença de folhelhos negros fétidos contendo concreções piritosas.

Kegel, W. (1955) em suas Notas Preliminares e Estudos sobre o Carvão no Piauí, Bol. nº 92, DNPM, baseando-se em estudos de detalhes do furo P-125, reconhece a presença de um grande ciclo de sedimentação marinha que teve início no Devoniano Inferior (Formações Serra Grande e Pimenteiras) continuou no Devoniano Médio (Formação Cabeças) e Superior (Formação Longá) e encerrou-se no Carbonífero Inferior (Formação Poti) onde são frequentes e predominantes os folhelhos carbonosos com pirita disseminada.

Nos estudos mais recentes efetuados pelo Convênio DNPM/CPRM, para o Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba concentrados predominantemente, no flanco leste da Bacia, pela descrição dos testemunhos (fichas de campo e de análise de laboratório), são registradas diversas zonas contendo nódulos e disseminações de pirita, como também outros tipos de sulfetos sob a forma de calcopirita e galena disseminados, nos sedimentos das Formações Poti e Piauí.

Entretanto, dada a finalidade específica do projeto, não foi efetuada nenhuma verificação da existência ou não de sequência metalogenética através de medições e determinações estratigráficas dos horizontes ou zonas, onde ocorrem esses sulfetos.

Cruz et alii (1972), em testemunhos de sondagens, identificou cristais de calcopirita em arenitos feldspáticos-carbonáticos da Formação Poti, nas regiões de Miguel Alves, Celho Neto e Uruçui (PI).

Farina (1975) faz referências a teores anômalos em arsênio (2.000 ppm) em sedimentos da Formação Cabeças, interpretando como devido à presença de arseno/pirita. Refere-se também à presença de galena em arenitos da Formação Pedra de Fogo, próximo ao contato com a Formação Motuca (região de Mon senhor Gil).

Em amostras de calha de sondagens para água subterrânea, detectou-se a presença de cristais de esfalerita associada à pirita em folhelhos com calcários e gipsita, da Formação Codó, na região de Graça Aranha e D. Pedro (MA), (Farina, 1975).

Pesquisa realizada pelo geólogo Flávio J. Távora, em poços perfurados pela PETROBRÁS, no flanco oeste da Bacia, através de espectrografia de emissão, forneceu as seguintes in formações:

ELEMENTO	VALOR (ppm)	LITOLOGIA
Pb	1.500	Folhelhos carbonosos da Formação Longá.
	300	Dolomitos da Formação Pedra de Fogo.
	150	Folhelhos negros da Formação <u>Pi</u> mentadeiras.
Zn	3.000	Contato Folhelho/Arenito da Formação <u>Pi</u> mentadeiras.
Cu	150	Folhelhos da Formação Longá

Em diálogo mantido com o referido geólogo foi sugerido que procedesse tomadas de amostras em intervalos bem menores na tentativa de se localizar horizontes ou zonas mineralizadas, como também usar como método de análise, absorção atômica, por se tratar de um método que apresenta uma bem melhor sensibilidade para Pb, Zn e Cu.

O desenvolvimento recente dos estudos metalogenéticos vem contribuindo de maneira crescente à explicação singeneticista de formação de depósitos estratiformes sedimentares de metais básicos (Pb, Cu, Zn, V e U), sobretudo com a constatação de que entre as jazidas de sulfetos de importância mundial encontram-se algumas de origem singenética, tais como a de cobre do Kupferschiefer da Alemanha, as de chumbo e zinco da Alta Silésia, Polônia, parte dos depósitos do cinturão cuprífero da Rodésia, e o cobre e zinco dos depósitos do Mississippi Valley, nos Estados Unidos, detentor das maiores reservas do mundo.

Isto tem aumentado grandemente o interesse pelo estudo dos sedimentos como portadores de depósitos de minerais metálicos e em consequência novos depósitos têm sido descobertos e inúmeros trabalhos de prospecção e pesquisa vêm sendo realizados ultimamente em muitas regiões do globo, como por exemplo, na África (Zâmbia e Zaire), União Soviética (Udokan na Sibéria Oriental, Kazakhstan Central e Tien Shan Central), Polônia e Estados Unidos (nordeste de Michigan).

No condizente à produção, é digno de nota que 30% de todos os minérios de chumbo e zinco extraído nos países capitalistas e 30% do cobre obtido no mundo, são relativos à jazidas estratiformes sedimentares (Gorzhevski & Kozerenko e Renfro, 1974 respectivamente). Outros metais merecem destaque como

urânio e vanádio, como também os sub-produtos Ag, Au, Ni, Cd, Pt, Pd, etc.).

Segundo Smirnov (1972), depósitos sedimentares estratiformes podem mostrar evidências de origem singenética como também epigenética, cujas mineralizações se formaram em mais de um estágio, desenvolvendo-se durante ou após a formação da rocha hospedeira.

Routhier (1963) definiu três categorias gerais para as mineralizações de origem química ou bioquímica em rochas sedimentares:

- a) Mineralizações em depósitos clásticos grosseiros (conglomerados, arenitos e arcósios), muitas vezes de cores avermelhada (red-beds): urânio associado a V e Cu e cobre, chumbo e prata podendo conter algum Zn;
- b) Mineralizações em folhelhos carbonosos ou betuminosos: pirita, cobre, chumbo, zinco, urânio, vanádio e sulfato (às vezes com enxofre);
- c) Mineralizações em rochas carbonatadas dolomíticas: zinco, chumbo, magnesita, barita, fluorita, fosfato e urânio.

Essa classificação é abordada também em trabalhos de Renfro (1974), Guilloux e Pelissonier (1974) e Nicolini (1970). Lombard cita clásticos grosseiros, clásticos finos, colóides, sedimentos argilo-calcários, dolomitos e evaporitos.

A Bacia do Maranhão apresenta a coluna estratigráfica mais completa das bacias sedimentares do país, tendo sido preenchida durante o paleozóico e mesozóico com sedimentos de origem marinha e continental de até 3.000m de espessura.

Apresentando litologia e condições faciológicas diversificadas são conhecidos espessos horizontes cujo ambiente de sedimentação se prestaria à acumulação de sulfetos.

Conforme já referido, a sequência paleozóica abrange dois ciclos de sedimentação, o primeiro representado pelas formações Serra Grande, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti e, o segundo ciclo, compreende as formações Piauí, Pedra de Fogo e Motuca e os sedimentos do Grupo Mearim.

Dentro dessa sequência paleozóica, o primeiro ciclo caracteriza-se pela predominância de sedimentos clásticos, iniciados por conglomerados continentais que passam logo para fácies marinha transgressiva dominante, terminando com sedimentos regressivos deltaicos e continentais. A ausência de sedimentação de origem química e/ou bioquímica, com dominância de sedimentos clásticos, restringe a possibilidade de mineralizações de cobre ao tipo "red-bed" singenético sedimentar ou supergênico, a exemplo dos modelos Udokan, Dzhezkazgan e Priural'ye.

Estas mineralizações apresentam-se litologicamente constituídas por arenitos sílticos vermelhos, às vezes conglomeráticos de ambiente lacustre aluvial, arenitos sílticos de caráter deltaico aluvial e siltitos-carbonáticos marinhos costeiros (Feoktistov & Kochin). Os depósitos de cobre singenético de Udokan e Dzhezkazgan são relativos à regiões dobradas, cujos dobramentos parecem ter sido responsáveis também pela formação de depósitos do tipo epigenético. No modelo Priural'ye, as rochas não se apresentam tectonicamente perturbadas.

Guilloux e Pelissonnier (1974) referem-se que as séries sedimentares encaixantes de depósitos de sulfetos metálicos estratiformes são tabulares, submetidas a uma tectônica de

falhas normais, sem deformações plásticas de importância, mesmo quando sua idade é muito antiga. Porém, esses mesmos autores citam exceções importantes como os depósitos do Shaba e da Zambia, onde existem verdadeiros acavalgamentos, desenvolvidos a partir de falhas.

Outra expectativa de mineralizações na sequência ora examinada, seria para jazimentos de urânio e cobre associados a vanádio, segundo o modelo geral apresentado por Gabelman (1971), cujo ambiente de sedimentação pode ser dos tipos: aluvial, lacustre, eluvial, litoral, lagunar e marinho costeiro. Tratam-se portanto, de sedimentos clásticos continentais e marinhos marginais, depositados sob condições flúvio-deltáicas. As rochas hospedeiras desses jazimentos são depósitos clásticos de paleo-canais e em geral essas mineralizações ocorrem no contato grosseiro-fino.

Shelley, R.C. (1970), referindo-se à origem das barras ("Shoestring bars"), cita o cinturão de cobre de Zambia, como um exemplo de areias de litoral separando dois ambientes, onde pirita, calcopirita, bornita e calcosita ocorrem tanto nas areias fluviais como em arenitos, folhelhos e dolomitos marinhos.

As formações paleozóicas do primeiro ciclo, na Bacia do Maranhão apresentam portanto, características litológicas e sedimentológicas semelhantes às dos modelos acima referidos. Convém também mencionar a presença de mineralizações uraníferas em Viçosa (CE) em sedimentos da Formação Serra Grande, porém sem valor econômico (Farina, 1975). Na região de São Miguel do Tapuio (PI), existem ocorrências de urânio associado a fosfato nos arenitos da Formação Pimenteiras.

Dentro do mesmo ciclo sedimentar, a fácies de folhe

lhos marinhos negros existente em diversos níveis, nas Forma
ções Pimenteiras e Longá, de caráter betuminoso e piritoso, su
gere a aplicação do modelo Kupferschiefer, para investigações
de mineralizações de cobre, chumbo, zinco e prata.

Porém, a aplicação desse modelo às formações Pimen
teiras e Longá, poderia ser prejudicada devido à ausência de
rochas carbonáticas e evaporitos. Contudo, segundo Farina
(1975) ocorrem lâminas de gipsita na Formação Longá, na região
de Canto do Buriti (PI).

Entretanto, o modelo White Pine, no Canadá, as mine
ralizações de cobre não estão associadas à evaporitos e são re
presentadas por siltitos cinza e folhelhos pretos intercalados
com arenitos, de ambiente marinho costeiro com deltas, lagunas
e pântanos (Boyle, 1968).

O segundo ciclo sedimentar paleozóico-mesozóico, re
presentado pelas formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca, Sam-
baiba, Pastos Bons e Corda, apresentam marcantes variações li
tológicas e ambientais. Segundo Farina (1975), a potencialida-
de de mineralizações estratiformes de chumbo, zinco, cobre ,
urânio, prata, fluorita e vanádio, prenuncia-se como bastante
promissora, destacando-se o condicionamento evaporítico presen
te nas formações.

Como modelos conhecidos aplicáveis a esta sequência
pode-se citar o modelo Kupferschiefer e Tien Shan Central.

O modelo Tien Shan Central, segundo Asanaliyev apli
ca-se às mineralizações de chumbo e zinco associadas a dolomi
tos, calcários dolomíticos e calcários, relacionados à presen
ça de evaporitos. O ambiente de deposição é marinho de água
rasa, incluindo baías, golfos e partes marginais de bacias sa

linas.

No terceiro ciclo sedimentar da bacia, que teve início provavelmente no Cretáceo, merece destaque a Formação Codó, constituída por folhelhos, calcários betuminosos com lentes de gipsita, margas e anidritas, de natureza marinha restrta.

Segundo Farina (1975) a Formação Codó, apresenta-se como significativamente prospectiva, já que seus condicionamentos sedimentológicos e litológicos coadunam-se muito bem com os modelos Kupferschiefer e Tien Shan Central, permitindo prognosticar-se favorabilidade para sulfetos de metais básicos.

Entre outros condicionamentos favoráveis às mineralizações na Formação Codó, são enfatizados por Farina (1975) os seguintes:

- a) ambiente marinho de águas rasas associado a ambientes lagunares, bacias salinas, etc.;
- b) caráter litológico típico de ambiente redutor;
- c) ocorrência de evaporitos sobrepostos a níveis de sedimentos pelíticos e carbonáticos com abundante matéria orgânica;
- d) posicionamento do nível redutor na base da série transgressiva;
- e) sequência positiva pouco oscilante; e
- f) presença de sulfetos de ferro e de chumbo.

6 - ESPECIFICAÇÕES E METODOLOGIA

O Anteprojeto se desenvolverá de acordo com a sistemática abaixo relacionada, compreendendo quatro etapas, cujo tempo de duração é previsto conforme cronograma em anexo.

6.1 - Etapa I

Ajuntamento dos dados já existentes no Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba (Compilação, Mapas-Base, Bibliografia, etc.), complementando-se o que for necessário com vistas à pesquisa de sulfetos.

6.2 - Etapa II

Interpretação destes dados, incluindo a confecção de mapas integrados (Geológicos, Geofísicos e Geoquímicos), de Fácies, Paleogeográficos, Paleoclimáticos e Seções Estruturais e Estratigráficas, que também ainda não tenham sido elaboradas pelo Projeto Global. Muitos dos dados para a elaboração dos mapas e seções acima, serão obtidos dos poços já perfurados na Bacia, para água, carvão, urânio, óleo, etc.

6.3 - Etapa III

Como resultado das interpretações resultantes da etapa anterior, serão selecionadas áreas que compreendam feições estratigráficas e/ou estruturais que sugiram a presença na coluna estratigráfica de um ou mais dos modelos geológicos favoráveis à ocorrência de sulfetos.

Os poços já perfurados situados nessas áreas, terão suas amostras analisadas naqueles intervalos específicos onde se espera esteja presente o condicionamento geológico favorável.

Em caso de não existir furos em tais áreas, serão sugeridas novas locações que abrangerão uma etapa subsequente a este projeto.

6.4 - Etapa IV

Compreende a confecção do Relatório Final, visando a integração de todos os dados resultantes dos estudos efetuados com o objetivo de caracterizar regional e localmente sítios onde ocorram as mineralizações dos sulfetos metálicos que possam estar presentes na coluna, desde o Neo-Siluriano até o Albiano.

7 - PRAZO

É previsto o prazo de 18 meses para a execução do projeto "SULFETOS NA BACIA DO MARANHÃO". A programação referente à sondagens será definida posteriormente, em função dos dados obtidos.

8 - ESTIMATIVA DE CUSTO

Os custos previstos para a execução da presente pesquisa estão orçados em Cr\$ 10.068.534,00

9 - ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA SUMÁRIA

I - DESPESAS COM PESSOAL	C\$	3.284.532,00
II - MATERIAIS	C\$	350.000,00
III - SERVIÇOS	C\$	70.000,00
IV - DESPESAS APROPRIADAS		
IV.1 - de pessoal	C\$	405.553,00
IV.2 - veículos terrestres	C\$	7.756,00
IV.3 - laboratório - LAMIN	C\$	1.200.500,00
IV.4 - CECAR	C\$	20.000,00
IV.5 - SEPRO	C\$	10.000,00
IV.6 - convênio CPRM/PETROBRÁS	C\$	100.000,00
V - DESPESAS EVENTUAIS	C\$	544.834,00
VI - CUSTO DIRETO	C\$	5.993.175,00
VII - CUSTO INDIRETO (40%)	C\$	2.397.270,00
VIII - CUSTO DE EXECUÇÃO	C\$	8.390.445,00
IX - TAXA DE ADMINISTRAÇÃO (20%)	C\$	1.678.089,00
X - CUSTO TOTAL	C\$	10.068.534,00

Observação: Nesta estimativa orçamentária:

- Estão computados os reajustes salariais de 40%;
- Não foi calculada taxa anual de inflação;
- Não foram computadas as despesas relacionadas à sondagens.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.

ATIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E COMILAÇÃO DE DADOS	█																	
ESTUDO DE POÇOS - PERFIS COMPOSTOS		█	█	█	█													
CONFECCÃO DE MAPAS-BASE (FOTOINTERPRETAÇÃO)			█	█	█	█	█											
CONFECCÃO DE SECÇÕES ESTRATIGRAF. - ESTRUTURAS			█	█	█	█	█											
INTERPRETAÇÃO GEOFÍSICA			█	█	█	█	█											
CONFECCÃO DE MAPAS						█	█	█										
TRABALHOS DE CAMPO - COLETA DE SEDIM. CORR. E ROCHAS.							█	█										
COLETA AMOSTRAS DE TESTEMUNHOS E CALHA							█	█										
LABORATÓRIO								█	█	█	█	█	█					
PROCESSAMENTO DE DADOS										█	█	█	█					
INTERPRETAÇÃO GEOQUÍMICA											█	█	█					
ETAPA III - RELATÓRIO FINAL																		█



CPRM

ANEXO I.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, G.A., 1969 - Bacia do Maranhão, Geologia e Possibilidades de Petróleo - PETROBRÁS ; Rel. nº 371; 1969.
- AGUIAR, G.A., 1971 - Revisão Geológica da Bacia do Maranhão; XXV Cong. Bras. Geol.; São Paulo, 1971.
- ASANALIYEV, U., 1974 - Some Aspects of the Stratiform Ore Deposits of the Copperbelt and their Genetic Significance - Centenaire De La Société de Belgique Gisements Stratiformes Et Province Cuprifères; Liege, 1974.
- ASMUS, H.E e Porto, R. - Classificação das Bacias Sedimentares Brasileiras Segundo a Tectônica de Placas - XXVI Congr. Bras. Geol.; Belém; 1972.
- BOYLE, R.W., 1968 - Silver in Sedimentary Rock; In: The Geochemistry of silver and its deposits. Geol. Survey of Canada; 1968.
- CPRM, 1972 - Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba; Convênio DNPM/CPRM; Relatório Final das Etapas II e III; Recife ; 1975.
- CRUZ, W.B., et alii; 1972 - Projeto Carvão - Relatório Final Etapa I . DNPM/CPRM; Relat. Inédito; Recife; 1972.
- FARINA, M., 1975 - Prognóstico Metalogenético de Sequências Sedimentares do Nordeste do Brasil; CPRM/SUREG-RE; VII Simpósio de Geol. do NE; Fortaleza; 1975.
- GUILLOUX, L. et Pelissonier, H.; 1974 - Les Gisements du Schistes, Marmes et grès Cuprifères. In Gisements Stratiformes et Provinces Cuprifères. Centenaire de La Soc. Geol. de Belgique; Liège; 1974.

LENZ, R., 1976 - Possibilidades Carboníferas da Bacia do Paranaíba; DNPM; Relatório Inédito.

NICOLINI, P., 1970 - Géologie des Concentrations Minérales Stratiformes; Gauthier - Villares; Paris; 1970.

RENFRO, A. R., 1974 - Genesis of Evaporite - Associated Stratiform Metaliferous Deposits - A Sabkha Process; Economic Geology, v. 69; 1974.

SMIRNOV, V.I., 1972 - The Time Factor of Stratiform Deposits - International Geology Review; v. 14; nº 10; out., 1972.

ROUTHIER, P.; 1963 - Les Gisements Métallifères, géologie et Principes de Recherche. Paris; Masson et Cia. Editeurs ; 1963.

VINE, J. E. Tourtelot, E.B., 1970 - Geochemistry of Black Shales - A Summary Report - Econ. Geol.; v. 65.

ANEXO II

ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA DETALHADA DO PROJETO
SULFETOS NA BACIA DO MARANHÃO

I - DESPESAS COM PESSOAL

I.1 - Pessoal de Geologia

01 Geólogo Chefe do Projeto (nível 74)	
- Salário Cr\$ 15.057,00 x 18 meses.....	Cr\$ 271.026,00
- Encargos Sociais (60%)	Cr\$ 162.615,00
- 100 Diárias Cat. C-3 (Cr\$ 752,85) x	
18 meses	Cr\$ 75.285,00
- Encargos sobre diárias	Cr\$ 31.619,00
01 Geólogo com experiência em bacias se dimentares (nível 81)	
- Salário Cr\$ 21.184,00 x 18 meses	Cr\$ 381.326,00
- Encargos Sociais (60%)	Cr\$ 228.795,00
- 100 Diárias Cat. C-3 (Cr\$ 1.059,00) x	
18 meses	Cr\$ 52.950,00
- Encargos sobre diárias	Cr\$ 19.059,00
01 Geoquímico (nível 71)	
- Salário Cr\$ 13.003,30 x 3 meses	Cr\$ 39.009,00
- Encargos Sociais (60%)	Cr\$ 23.405,00

- 20 Diárias Cat. C-3 (Cr\$ 650,10)	x	
2 meses	Cr\$	13.002,00
- Encargos sobre diárias	Cr\$	7.411,00
03 Geólogos (nível 71)		
- Salário Cr\$ 13.003,20 x 18 meses	x	
06	Cr\$	702.172,00
- Encargos Sociais (60%)	Cr\$	421.303,00
- 120 Diárias Cat. C-3 (Cr\$ 650,10)	x	
18 meses x 06	Cr\$	234.000,00
- Encargos sobre diárias	Cr\$	93.558,00

I.2 - Pessoal de Apoio

06 Técnicos de mineração (nível 43)		
- Salário Cr\$ 3.318,00 x 04 meses	x	
06	Cr\$	79.632,00
- Encargos Sociais (60%)	Cr\$	47.779,00
- 120 Diárias Cat. C-3 (Cr\$ 165,90)	x	
04 meses x 06	Cr\$	119.448,00
- Encargos sobre diárias	Cr\$	47.779,00
02 Motoristas (nível 31)		
- Salário Cr\$ 1.716,00 x 04 meses x 04	Cr\$	13.728,00
- Encargos Sociais (60%)	Cr\$	8.236,00
- 120 Diárias Cat. C-3 (Cr\$ 85,80)	x	
04 meses x 04	Cr\$	20.592,00
- Encargos sobre diárias	Cr\$	8.236,00
02 Desenhistas (nível 37)		
- Salário Cr\$ 2.473,80 x 12 meses x 02	Cr\$	59.371,00
- Encargos Sociais (60%)	Cr\$	35.622,00
02 Datilógrafos (nível 27)		
- Salário Cr\$ 1.520,40 x 18 meses x 02	Cr\$	54.734,00

- Encargos Sociais (60%).....	Cr\$	32.840,00
 II - MATERIAIS		
II.1 - Material de consumo	Cr\$	30.000,00
II.2 - Material de expediente e desenho	Cr\$	40.000,00
II.3 - Materiais Diversos	Cr\$	80.000,00
II.4 - Combustíveis e Lubrificantes	Cr\$	200.000,00
 III - SERVIÇOS		
III.1 - Serviços Gráficos, preparação de bases cartográficas, etc.	Cr\$	40.000,00
III.2 - Serventes-braçais	Cr\$	30.000,00
 IV - DESPESAS APROPRIADAS		
IV.1 - Pessoal		
Coordenação e Supervisão Técnica		
01 Geólogo (nível 80)		
- Salário Cr\$ 20.176,80 x 18 meses ..	Cr\$	363.182,00
- 30 Diárias Cat. C-3 (Cr\$ 1.008,84)	Cr\$	30.265,00
- Encargos sobre diárias	Cr\$	12.106,00
 IV.2 - Veículos Terrestres		
02 Jeeps Toyota a Cr\$ 70.000,00 (de preciação a 2,77% durante 2 meses	Cr\$	7.756,00
 IV.3 - Laboratório - LAMIN		
- Análises Ambiental (500 amostras a Cr\$ 910,00)	Cr\$	455.000,00
- Análise Espectrográfica Semi-quantitativa para 30 elementos (2000 amostras a Cr\$ 210,00)	Cr\$	420.000,00



- Análises p/ Absorção Atômica (para Pb, Zn, Cu, Ag e Au para 3000 amostras a Cr\$ 56,00)	Cr\$	168.000,00
- Análises Palinológicas (250 amostras a Cr\$ 560,00)	Cr\$	140.000,00
- Análises Calcográficas (50 amostras a Cr\$ 350,00)	Cr\$	17.500,00
IV.4 - CECAR	Cr\$	20.000,00
IV.5 - SEPRO	Cr\$	10.000,00
IV.6 - Despesas Apropriadas Convênio CPRM/PETROBRÁS	Cr\$	100.000,00
SUB-TOTAL : Cr\$ 5.448.341,00		
V - DESPESAS EVENTUAIS (10%)	Cr\$	544.834,00
VI - CUSTO DIRETO	Cr\$	5.993.175,00
VII - CUSTO INDIRETO (40%)	Cr\$	2.397.270,00
VIII - CUSTO DE EXECUÇÃO	Cr\$	8.390.445,00
IX - TAXA DE ADMINISTRAÇÃO (20%)	Cr\$	1.678.089,00
X - CUSTO TOTAL	Cr\$	10.068.534,00