

# PROSPECTOS POTENCIAIS E ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA EXPLORAÇÃO NA BACIA DO AMAZONAS

THE AMAZONAS BASIN: POTENTIAL PROSPECTS AND EXPLORATION PRIORITIES

Carlos Alberto de Oliveira Neves<sup>(1)</sup>

**RESUMO** – A região limitada pelos arcos de Purus e Gurupá, aqui informalmente denominada de Bacia do Amazonas, apresenta prospectos potenciais cretácicos associados a falhas reversas e a lineamentos regionais que, à semelhança dos já testados com sucesso nas áreas de Juruá e Rio Urucu da Bacia do Solimões, constituem a primeira prioridade no seu processo exploratório. Com a análise desenvolvida por Neves *et al.* (1989), aqui parcialmente resumida, pode-se antever a necessidade de aquisição de aproximadamente 6 000 km de linhas sísmicas (reconhecimento e semi-detelhe), cujo objetivo seria o de testar o fechamento e continuidade das anomalias estruturais já mapeadas. Postula-se, também, a longevidade exploratória desta bacia paleozóica, indicando-se que a sua porção leste é propensa a acumular somente gás, enquanto que a sua porção oeste, hidrocarbonetos líquidos e gasosos.

(Originais recebidos em 18.10.89)

**ABSTRACT** – The region bounded by the Purus and Gurupá arches, herein informally designated the Amazonas Basin, contains potential prospects of Early Cretaceous age associated with reverse faults and regional lineaments; like similar prospects that have been successfully tested in the Juruá and Rio Urucu areas of the neighboring Solimões Basin, these constitute the top priority in the basin exploration. An analysis of Neves *et al.* (1989), partially summarized herein, indicates that some 6 000 km of reconnaissance and semi-detailed seismic lines will be needed to test closure and continuity in the structural anomalies now mapped. This Paleozoic basin, whose eastern portion is prone exclusively to gas accumulation and whose western portion is prone to the accumulation of both liquid and gas hydrocarbons, can be expected to have a long exploration life.

(Expanded abstract available at the end of the paper.)

## 1 – INTRODUÇÃO

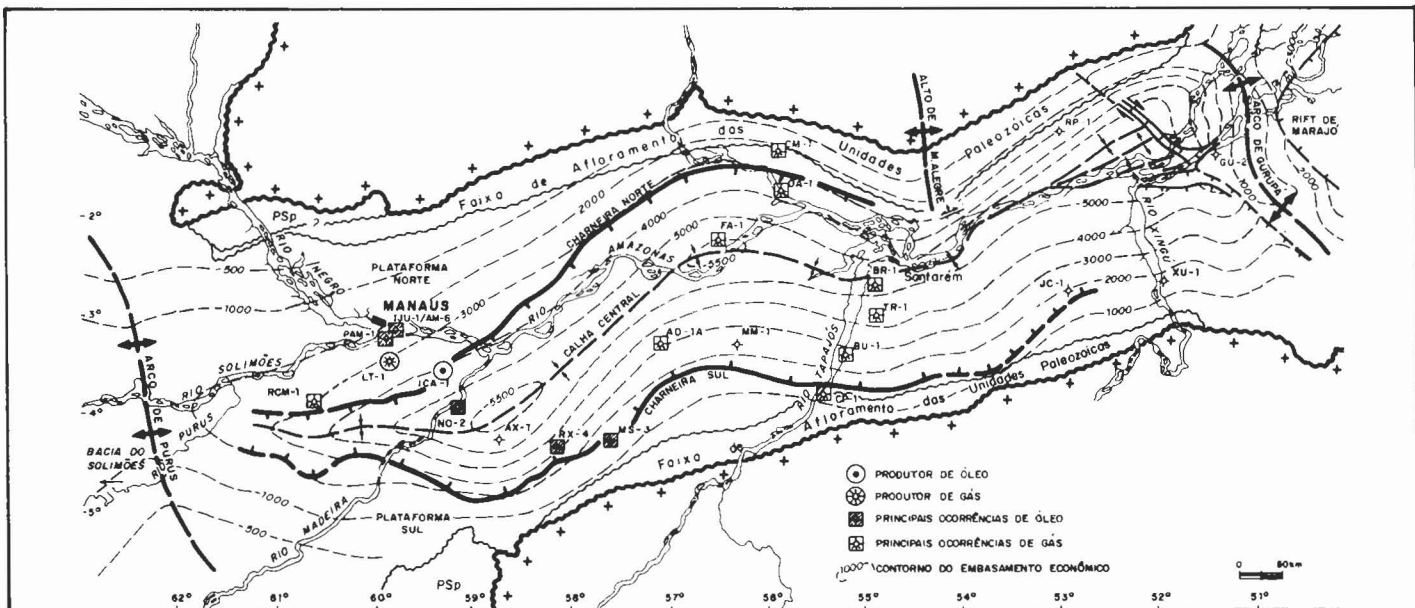
A sinéclise intracontinental da Bacia do Amazonas encontra-se encaixada entre os escudos pré-cambrianos das Guianas, ao norte, e Brasileiro, ao sul, estando limitada a oeste pelo Arco de Purus que a separa da Bacia paleozóica do Solimões e, a leste, pelo Arco de Gurupá que a separa da Bacia mesozóica de Marajó. Sua origem está relacionada à dispersão de esforços no fechamento do ciclo proterozóico brasileiro, com a propagação do *rift* precursor, fazendo-se de leste para oeste, ao longo de antigas linhas de fraqueza do embasamento. Ocupa uma área de aproximadamente 500 000 km<sup>2</sup>, estando preenchida principalmente por rochas paleozóicas e, secundariamente, neocretácicas/terciárias, que apresentam espessuras preservadas

superiores a 4 000 m e 1 000 m, respectivamente.

Seu arcabouço estrutural caracteriza-se por duas amplas plataformas (uma a norte e outra a sul), duas linhas de charneira a elas associadas e uma calha central segmentada nas direções E-W e SW-NE. Tanto em sua borda norte quanto em sua borda sul, afloram rochas de idades siluriana, devoniana, permocarbonífera e localmente proterozóica.

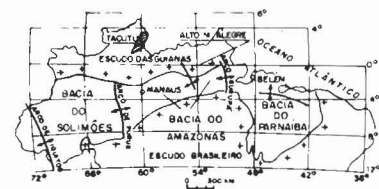
As descobertas significativas de hidrocarbonetos nesta bacia (fig. 1) resumem-se aos poços das áreas do Lago Tucunaré (1-LT-1-AM) e Igarapé Cuia (1-ICA-1-AM), produtores, respectivamente, de gás e óleo (1985). Diversas ocorrências importantes nas quais houve alguma produção foram registradas por

1 - Divisão de Interpretação (DINTER), Distrito de Exploração do Norte (DENOR), Rodovia Arthur Bernardes, 5511, CEP 66800, Belém, Pará, Brasil.



**Fig. 1 - Mapa de localização, arcabouço estrutural simplificado e principais ocorrências de hidrocarbonetos da bacia.**

**Fig. 1 - Location map, simplified structural framework, and main hydrocarbon occurrences in the Amazonas Basin.**

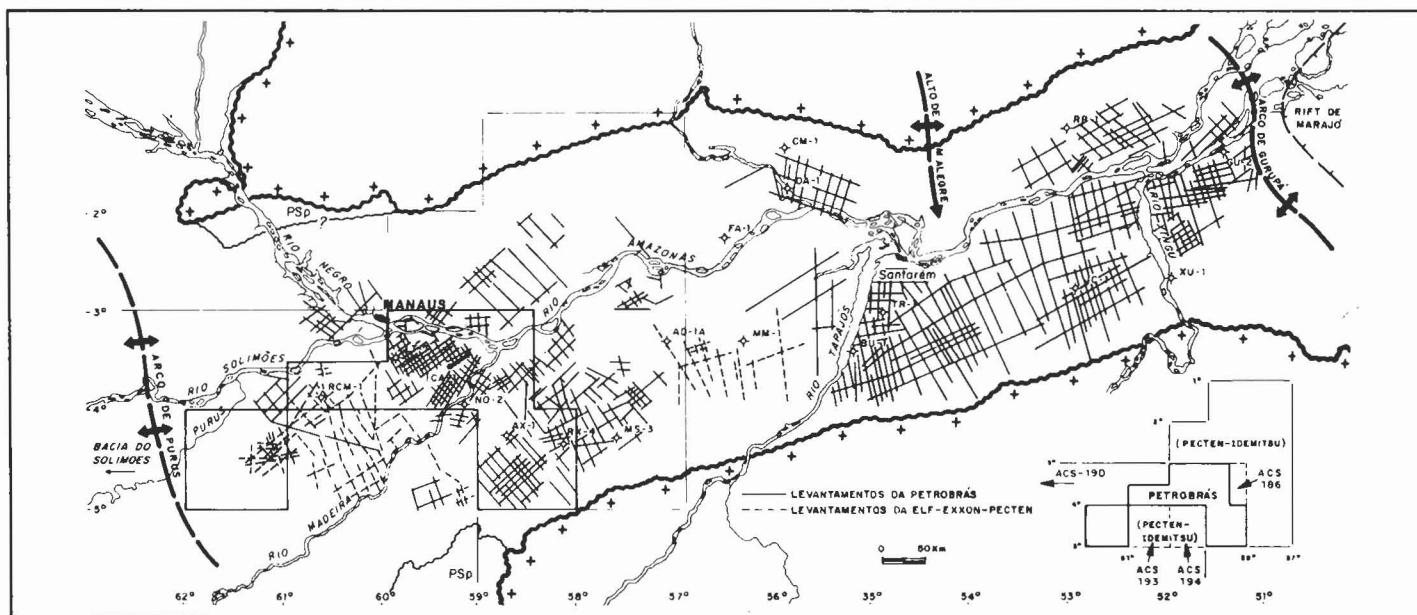


poços das áreas de Cupari, Buiúçu, Tauri, Belterra, Cuminá, Oriximiná, Faro, Andirá, Maués, Rio Abacaxis, Nova Olinda, Autás Mirim e Riacho Castanho Mirim (1-RCM-1-AM, perfurado pela Pecten, no atual meio bloco oeste de pesquisa direta da PETROBRÁS).

Atualmente, boa parte da bacia (20 blocos de 1° x 1°) encontra-se sob regime de contrato de risco. O consórcio Pecten/Idemitsu, de acordo com o cro-

nograma exploratório elaborado, vem realizando durante a fase II (término previsto para junho de 1989) o reconhecimento e detalhe sísmicos nos blocos ACS-190, 193, 194 e 186 (fig. 2). Segundo o programa estabelecido, tal contrato tem final estipulado para meados de 1994, havendo a possibilidade de sua rescisão em dois períodos, (junho de 1989 e 1991). Em meados deste ano, inicia-se a fase de perfuração de poços.

As atividades de perfuração: 200 poços, sendo 90 pioneiros, 58 estratigráficos e 52 especiais; sísmica fluvial: 22 800 km terrestre: 34 600 km e métodos potenciais (gravimetria: 71 000 km e magnetometria: 387 600 km<sup>2</sup>), indicam o baixo índice de amostragem da bacia.



**Fig. 2 - Mapa de localização dos levantamentos sísmicos.**

**Fig. 2 - Location map of seismic surveys.**

# BACIA DO AMAZONAS CARTA ESTRATIGRÁFICA

EIRAS, CAMPOS E NEVES, 1988 (Inédito)

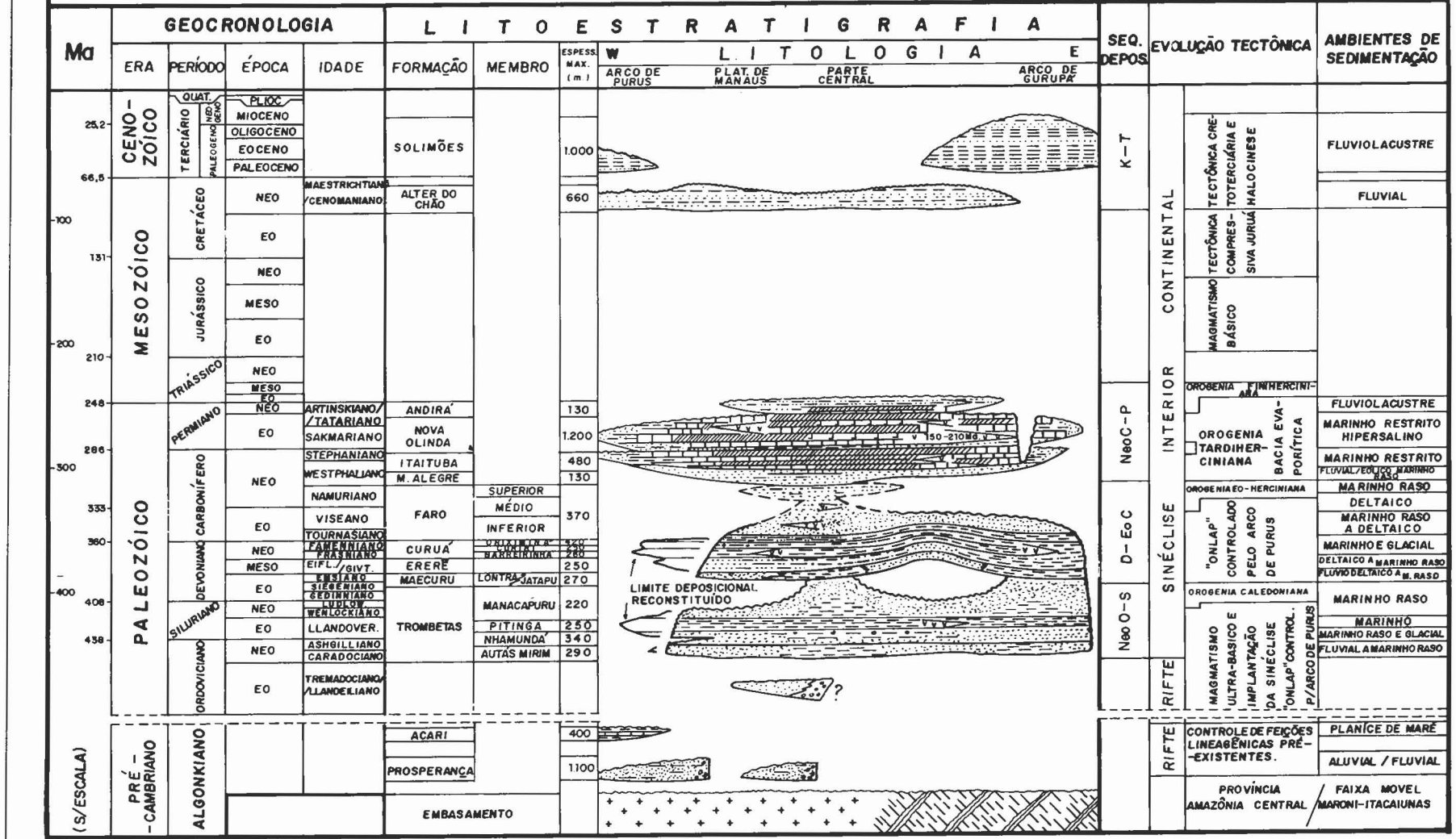


Fig. 3 - Carta estratigráfica da Bacia do Amazonas.  
Fig. 3 - Stratigraphic chart of the Amazonas Basin.

B. Geoci. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 4 (1) : 95-103, jan./mar. 1990

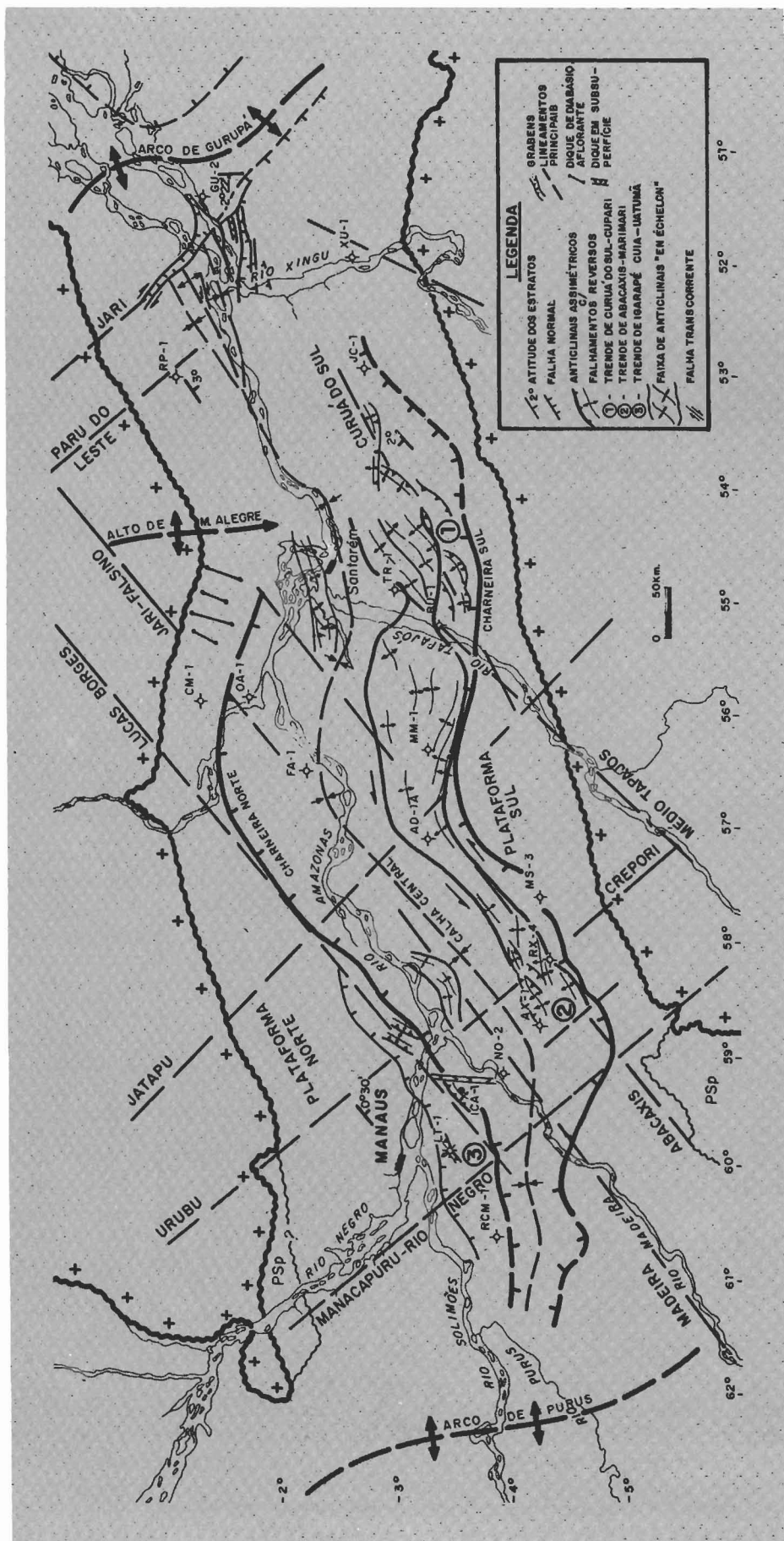
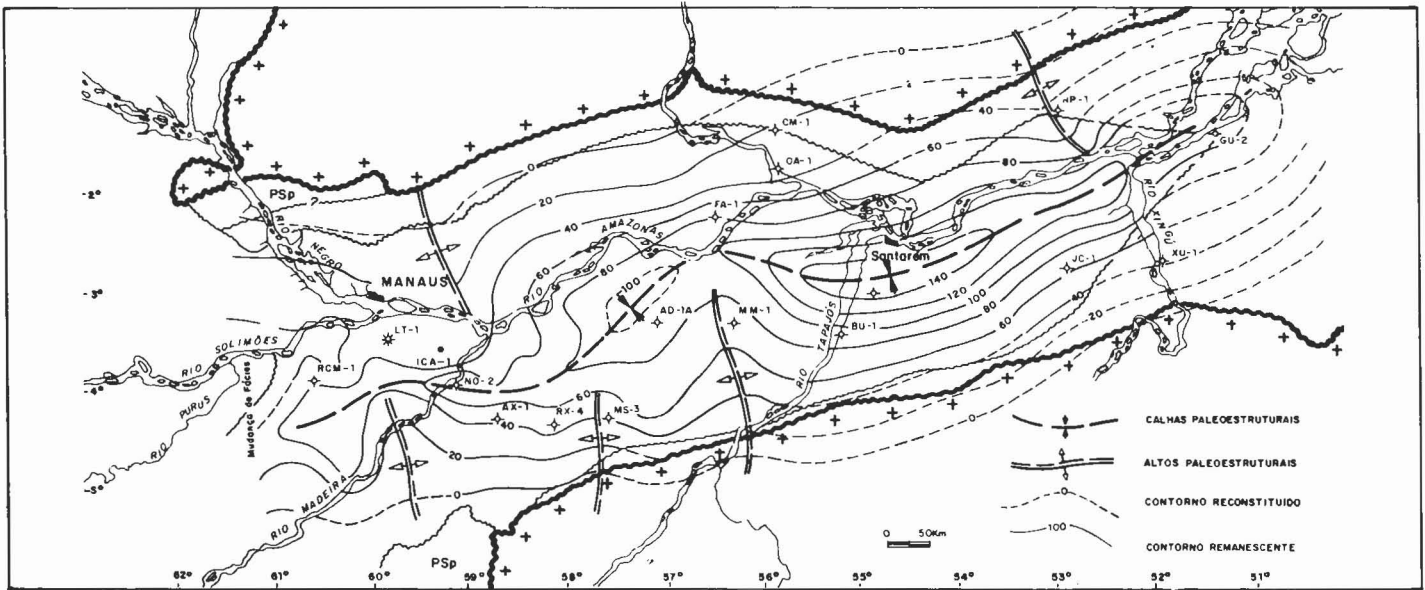


Fig. 4 - Arcabouço estrutural generalizado da bacia.  
 Fig. 4 - Generalized structural framework of the Amazonas Basin.

Quanto à densidade dos levantamentos sísmicos (fig. 2), observa-se que a porção oriental da bacia apresenta maior número de linhas regionais, o que facilita sobremaneira a interpretação de seu arcabouço estrutural e estratigráfico. Por outro lado, extensas áreas alagadas na porção ocidental, assim como boa parte da bacia explorada pelo consórcio anteriormente referido, têm impedido o registro de linhas sísmicas convencionais regionais, o que resulta num maior aglomerado de linhas nos blocos de pesquisa direta da PETROBRÁS, dificultando uma maior integração regional.

## 2 - CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO

Della Fávera (In: Miura *et al.* 1983) introduziu, pela primeira vez na bacia, a metodologia proposta por Vail *et al.* (1977, 1981), abordando com um cunho cronoestratigráfico o pacote de rochas paleozóicas da então denominada Bacia do Médio Amazonas. Tomando-se por base esta metodologia, foi possível agrupar-se o prisma sedimentar fanerozóico em quatro seqüências deposicionais, as quais encontram-se separadas por discordâncias regionais em direção às bordas da bacia e, por vezes, através de suas concordâncias relativas na sua porção central (fig. 3). Estas superfícies representam a ação de episódios orogênicos cíclicos, que afetaram toda a porção setentrional da placa sul-americana e adjacências. Seqüência Neo-ordoviciano/Siluriana composta predominantemente por clásticos fluviais, marinhos e glaciais; seqüência Devoniana/Eo-carbonífera, representada por clásticos de mesma origem que a anterior, englobando, em decorrência da grande transgressão frasniana, os melhores níveis geradores de hidrocarbonetos da bacia; seqüência Neo-carbonífera/Permiana, a qual evoluiu de um sistema de clásticos fluviais, eólicos e marinhos rasos em sua porção basal, para um sistema predominantemente evaporítico e fluvial e lacustre para o seu topo e seqüência Cretácica/Terciária, que compreende os clásticos continentais fluviais e lacustres das formações Alter do Chão e Solimões. Um evento magmático básico datado do



**Fig. 5 - Mapa de isópach da Formação Monte Alegre (Neo-carbonífero).**  
**Fig. 5 - Isopach map of the Monte Alegre Formation (Neo-Carboniferous).**

Juro-triássico e representado por soleiras e diques de diabásio afetou sobremaneira as seqüências paleozóicas.

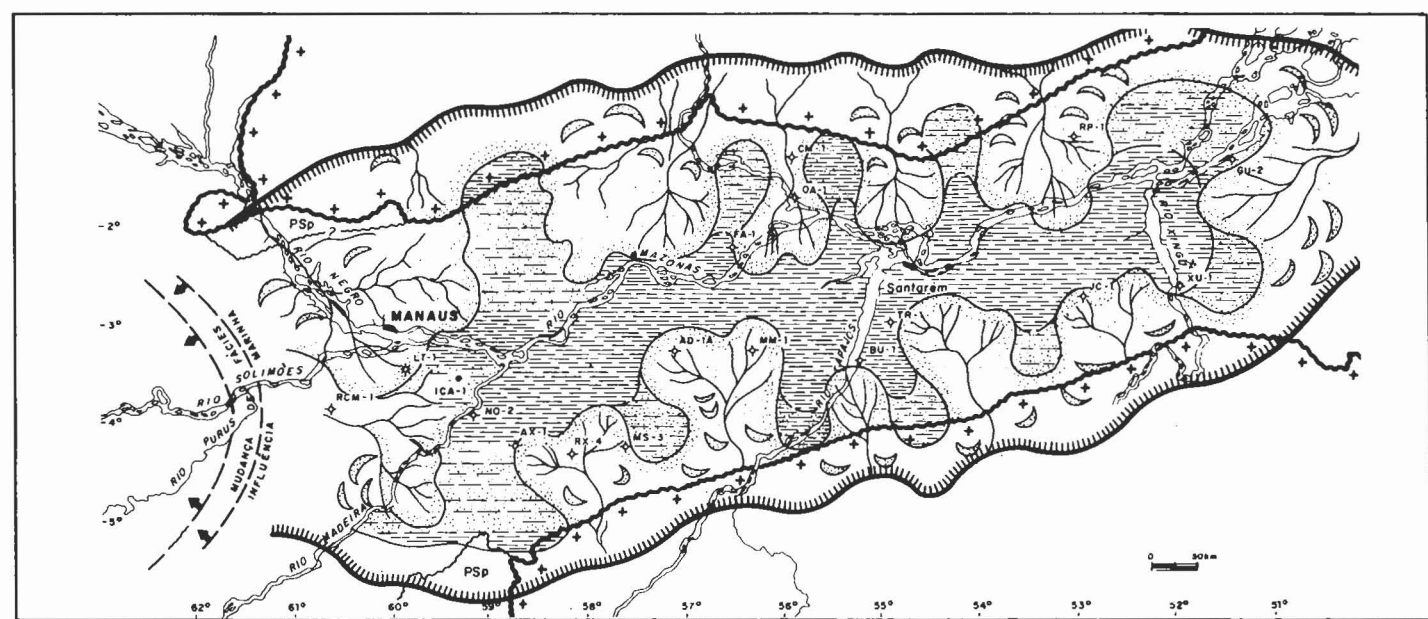
**3 - CONTEXTO ESTRUTURAL**

Na integração da geologia regional com o arcabouço estrutural da Bacia do Amazonas, foi fundamental a análise dos escudos pré-cambrianos aflorantes, suas descontinuidades lito-crono-estruturais e a extensão desses atributos para a bacia (fig. 4). Desta forma, foram mapeadas feições de caráter regional e outras com ocorrências localizadas, as

quais encontram-se relativamente bem expressas nas seções sísmicas e geológicas, relacionadas a seguir: a) *trend* de anticlinais assimétricos eo-cretácicos, na região de Curuá do Sul, associado ao lineamento de mesmo nome; b) *trend* de anticlinais assimétricos eo-cretácicos na região de Abacaxis-Marimari, associado ao lineamento de Abacaxis; c) linha de charneira norte e provável *trend* compressivo eo-cretácico do Igarapé Cuia-Uatumã, associados ao lineamento Lucas Borges; d) faixa de anticlinais terciários *en echelon*, constituindo-se numa feição proeminente em ter-

mos de extensão (450 x 50 km), distribuindo-se desde a região do Rio Tapajós até a de Paraconí; e) estruturas de caráter transtensional a leste (região do Baixo Amazonas), nas proximidades do Arco de Gurupá. Ocorrem em falhas transcorrentes destrais NW, interceptadas por *grabens* e falhas transcorrentes sinistrais E-W.

Estas constatações revelam o controle exercido pelas descontinuidades do embasamento nas estruturas fanerozóicas da bacia. Outro argumento que reforça esta interpretação pode ser vislumbrado



**Fig. 5a - Mapa paleoambiental da Formação Monte Alegre.**  
**Fig. 5a - Paleoenvironmental map of the Monte Alegre Formation.**

quando se associam os mapas gravimétricos e magnetométricos ao do arcabouço indicado anteriormente.

#### 4 - CONTEXTO GEOQUÍMICO E DE RESERVATÓRIOS

A análise geoquímica de toda a seqüência sedimentar da bacia permite classificar os folhelhos radioativos devonianos do Membro Barreirinha (Formação Curuá), como os mais importantes geradores de hidrocarbonetos. Microscopicamente a matéria orgânica é do tipo amorfa, com as análises de pirólise mostrando a equivalência com o tipo II. Os teores de carbono orgânico são bastante elevados, situando-se normalmente entre 3,0 e 8,0%. Os estágios de maturação deste intervalo gerador são apresentados na figura 7, onde se observa a ocorrência de faixas imaturas contra as bordas da bacia (a oeste do Rio Tapajós) e, destes limites em direção à calha central, às faixas matura e senil. As

intrusões de diabásio que ocorrem nas diferentes faixas de maturação desse intervalo modificaram os valores originais de maturação. Assim, conclui-se que a região leste da bacia é propensa à ocorrência de gás, enquanto que a região oeste poderia apresentar tanto hidrocarbonetos líquidos, quanto gasosos.

Quando à correlação óleo versus rocha geradora observa-se uma nítida diferença composicional entre o Membro Barreirinha e as unidades sobrejacentes, possibilitando a afirmação de que os óleos não foram gerados naquelas seqüências mais rasas. O mesmo, entretanto, não pode ser estendido às formações subjacentes (principalmente os folhelhos silurianos Pitanga).

Uma característica importante desta bacia diz respeito à freqüente ocorrência de óleo e gás nos arenitos das seqüências devoniana/eo-carbonífera e neo-

carbonífera/permiana. Destas seqüências, as mais representativas localizam-se na base desta última (Formação Monte Alegre). Segundo Della Fávera (In: Miura *et al.* 1983) e Costa (1984), esta unidade litoestratigráfica ilustra, através de suas fácies, um amplo sistema continental desértico em sua base (*wadi*, campo de dunas eólicas), passando progressivamente a marinho para o topo (*sabkha* marginal, deltas e *shoal massifs*). Distribuem-se de maneira uniforme por toda a extensão da bacia, alcançando em seu depocentro espessuras de até 140 m (fig. 5). O mapa paleoambiental da figura 5a permite o reconhecimento de áreas-fontes localizadas, tanto na borda norte, quanto nas bordas sul e leste da bacia, com as fácies distais deste sistema ocorrendo na sua região axial.

Segundo Pedro de Cesero - informação verbal a Della Fávera - (In: Miura *et al.* 1983) e Costa (1984), dentre outros, os reservatórios Monte Alegre apresentam

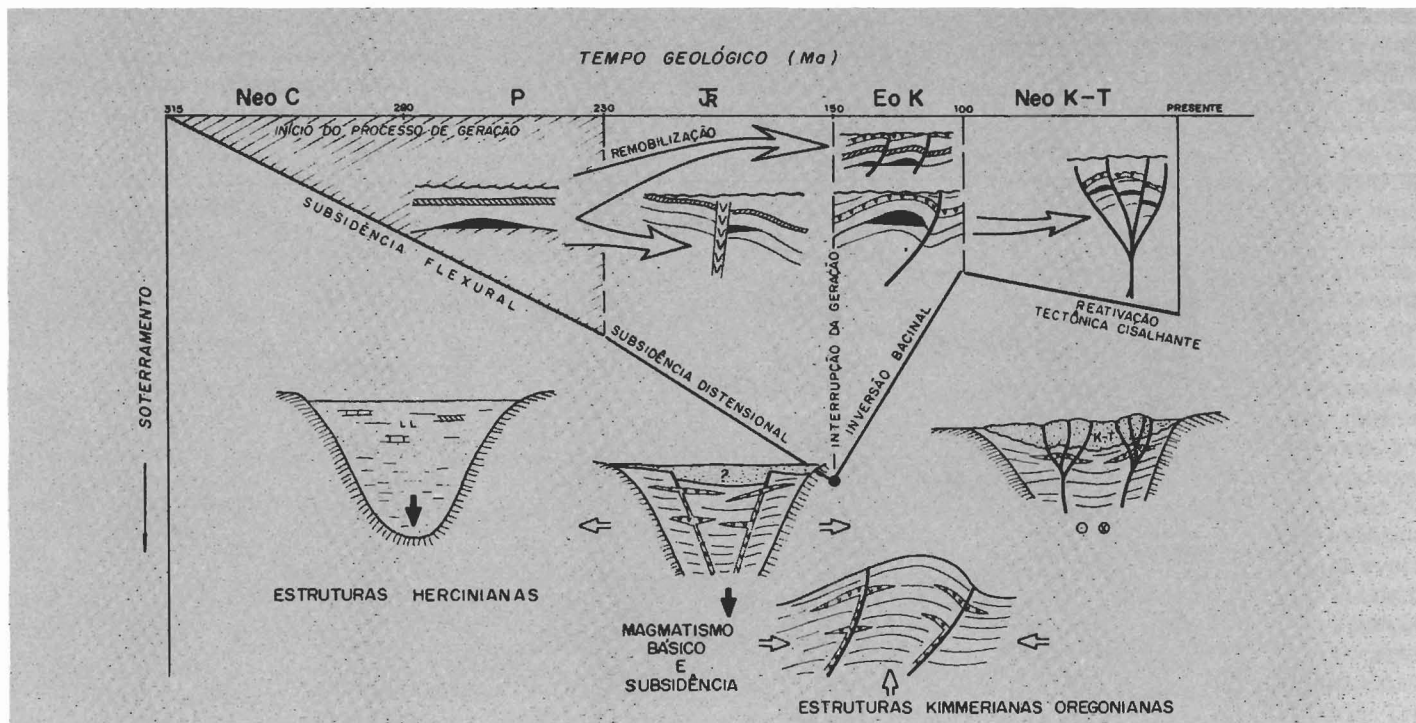


Fig. 6 - Diagrama esquemático ilustrando a evolução dos processos de geração, migração e acumulação de hidrocarbonetos, associada às fases principais de estruturação da bacia.

Fig. 6 - Schematic diagram illustrating evolution of hydrocarbon generation, migration, and accumulation processes, associated with main phases of basin structuring.

porosidades quase que exclusivamente de natureza secundária. Os maiores valores já detectados (20%) ocorrem, de uma maneira geral, em direção às linhas de charneira norte e sul, enquanto que os mais baixos concentram-se na porção central da bacia.

## 5 - PROSPECTOS POTENCIAIS E ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA EXPLORAÇÃO

Trabalhos anteriores (Rodrigues In: Miura *et al.* 1983, dentre outros) indicam o início do processo de geração para os folhelhos devonianos Barreirinha, entre o Neo-Carbonífero (310 Ma) e o Neo-Permiano (245 Ma) para as faixas de maturação onde os mesmos encontram-se, hoje, senis e maduros, respectivamente. A interrupção deste processo, segundo estes mesmos autores, pode ter ocorrido durante o Neo-Jurássico/Eo-Cretáceo (fig. 6).

Segundo Neves *et al.* (1989), as fases principais de estruturação da bacia estão relacionadas às orogêneses Herciniana (Neo-Devoniano ao Eo-Carbonífero, Eo-Permiano e Permo-Triássico) e Kimmeriana tardia/Oregoniana (Eo-Cretáceo).

Tomando-se como base a associação das fases descritas anteriormente com os grandes lineamentos da bacia, identificados por Cordani *et al.* (1984), dentre outros, descrevem-se a seguir os prospectos prioritários para exploração na bacia.

### 5.1 - Área de Curuá do Sul-Cupari

*Trend* eocretáceo de anticlinais assimétricos associados a falhas reversas, implantado ao longo do lineamento de Curuá do Sul. Localiza-se na faixa onde os geradores apresentam-se senilizados devido ao efeito das intrusivas básicas. Estende-se por 170 km na

direção SW-NE, constituído por estruturas de até 20 km<sup>2</sup> de área, e relevo estrutural de até 50m. Existe a possibilidade destas anomalias terem sofrido reativação tectônica terciária, pondo em risco a preservação das prováveis acumulações. Atualmente, já foi iniciado o processo de teste exploratório nessa região (fig. 7).

### 5.2 - Área de Abacaxis-Marimari

A existência de *trends* estruturais encontra-se vinculada à efetivação do programa sísmico já aprovado na área. Anticlinais assimétricos eo-cretáceos e pré-permianos associados a falhas reversas situam-se ao longo da porção sul do lineamento de Abacaxis. No caso dos primeiros, pode-se esperar que a reativação tectônica terciária os tenha afetado, devendo ser considerado no risco exploratório. Situam-se numa faixa onde os geradores apresentam-se no

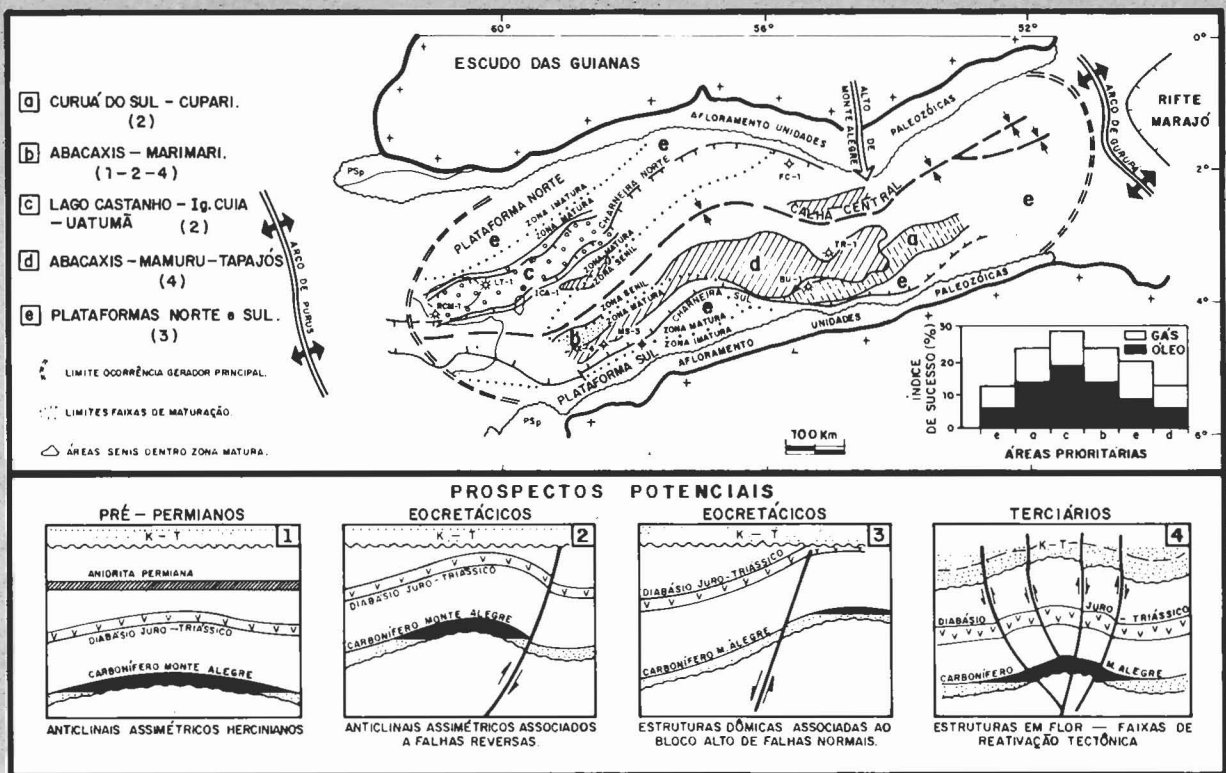


Fig. 7 - Áreas prioritárias para exploração.  
 Fig. 7 - Exploration priorities of the Amazonas Basin.

estágio maduro. A ocorrência de óleo no poço 1-RX-4-AM (34° API) corrobora essa interpretação. Com o levantamento sísmico existente, pode-se esperar estruturas com área superior a 10 km<sup>2</sup> e relevo estrutural de até 45 m.

### 5.3 – Área do Lago Castanho-Igarapé Cuia-Uatumã

*Trend* de estruturas eo-cretácicas como no caso anterior, estendendo-se por aproximadamente 200 km. Até as proximidades da inflexão para oeste da linha de charneira norte, este *trend* encontra-se associado ao lineamento Lucas Borges, não tendo sido afetado pelo tectonismo terciário. Encontra-se dentro de uma ampla faixa onde as geradoras estão na fase madura, exceção feita ao seu extremo sudoeste, onde elas encontram-se senilizadas pela ação do diabásio. Corroborando o primeiro caso (faixa madura), cita-se o produtor de óleo 1-ICA-1-AM (produziu de dezembro de 1985 a maio de 1986, cerca de 25 000 bbl de óleo de 42° API). A ocorrência de gás do 1-RCM-1-AM ilustra o segundo caso. A possibilidade de lavagem hidrodinâmica de seus reservatórios/acumulações, dependerá da magnitude do ângulo de mergulho das estruturas prospectáveis contra o mergulho regional na área.

### 5.4 – Área da Plataforma Norte

Situa-se numa ampla faixa geoquimicamente madura e imatura. As estruturas dômicas (bloco alto de falhas normais) são geralmente de idade eo-cretácica, apresentando distribuição aleatória. Comumente apresentam áreas variando de 5 a 10 km<sup>2</sup> e relevo estrutural da ordem de 20 m. Encontra-se sujeita à lavagem hidrodinâmica de seus reservatórios, como sugerido pelos poços 1-LT-1-AM e 1-FC-1-PA.

### 5.5 – Área da Plataforma Sul

Localiza-se numa estreita faixa geoquimicamente imatura (a oeste), madura (centro) e senil (a leste). Constitui-se

numa feição regional de menor expressão em área. As estruturas (idade, distribuição e dimensões) são semelhantes às da Plataforma Norte. A ocorrência de óleo do poço 1-MS-3-AM (44° API) serve de exemplo para a área onde as geradoras estão na fase madura.

### 5.6 – Área de Abacaxis-Mamuru-Tapajós

Faixa de reativação tectônica terciária com anticlinais escalonados, orientada segundo os lineamentos de Abacaxis e Médio Tapajós, dentre outros. Encontra-se tanto no intervalo de geração de hidrocarbonetos líquidos (em direção à região oeste) quanto no de gás (em direção à região leste). O poço 1-TR-1-PA ilustra muito bem essa situação na região do Baixo Amazonas. O caráter rúptil observado nas seções sísmicas e a provável remobilização de hidrocarbonetos porventura trapeados classificam esta região como de médio a elevado risco exploratório.

### 5.7 – Área de Mamuru

Nesta área pode-se também observar a ocorrência de uma anomalia estrutural de origem compressiva e de idade eo-cretácica, necessitando-se de linhas sísmicas adicionais para caracterizar seu fechamento e continuidade. Ponderando-se os parâmetros exploratórios - rocha geradora, rocha reservatório, migração, capeamento e trapa - além de considerar a expectativa de fluidos, obtiveram-se os índices de sucesso esperados para cada área/prospecto selecionada (fig. 7).

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise desenvolvida, sugere-se o seguinte roteiro exploratório para a bacia:

- continuar a programação sísmica na região de Curuá do Sul-Cupari (borda sul da região do Baixo Amazonas), objetivando testes exploratórios imediatos;

- efetivar os programas já aprovados para as áreas de Abacaxis-Marimari (1 227 km) e SW do Igarapé Cuia (550 km), nesta ordem;
- realizar semi-detulhe sísmico nas áreas de Lago Castanho e Uatumã (cerca de 1 000 km e de 500 km, respectivamente);
- programar linhas de reconhecimento e semi-detulhe sísmicos nas bordas norte e sul (cerca de 2 500 km). Como parte das primeiras, atirar algumas com alcance suficiente para amostrar um tempo de até 5 s, objetivando a identificação de estruturas profundas (prospectos eo-paleozóicos).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORDANI, Umberto G. *Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS / CENPES / SINTEP, 1984. 70 p. (Série: Ciência-Técnica-Petróleo. Seção: Exploração de petróleo. Publicação n. 15).
- COSTA, Maria das Graças Feitosa da. *Fácies deposicionais e ambiente de sedimentação da Formação Monte Alegre (Neo-Carbonífero) na área de Auto-Mirim e adjacências - Bacia do Médio Amazonas*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1984. (Tese de Mestrado).
- MIURA, Kazumi *et al.* *Reavaliação das possibilidades petrolíferas da Bacia do Médio Amazonas: Relatório do grupo de trabalho*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/DEPEX, 1983. 50 p. (Relatório interno 103-00604).
- NEVES, Carlos Alberto de Oliveira, CAMPOS, Jorge Nelson dos Prazeres, ARANA, Jairo, TEIXEIRA, Lino Brito, RODRIGUES, René, TRIGILIS, Jorge Alberto. *Integração geológica e exploratória da Bacia do Amazonas*. Manaus: PETROBRÁS/DENOC, 1989. 113 p. (Relatório interno 131-07338).



## EXPANDED ABSTRACT

*Lying between the Pre-Cambrian shields of Guiana, to the north, and of Brazil, to the south, the Amazonas Paleozoic intracontinental syncline covers an area of 500 000 km<sup>2</sup> and displays a sedimentary thickness of over 5 000 m. Its origin is related to stress distribution at the close of the Brazilian Proterozoic cycle, with the precursor rift propagating from east to west along ancient lines of weakness in the basement.*

*Structural, stratigraphic, and geochemical analyses have been used to characterize hydrocarbon generation, migration, and accumulation in this sedimentary area. An examination of depositional sequences using paleogeographic and paleostructural maps reveals that the sedimentary prism of this basin is chronostratigraphically correlated with equivalent depositional sequences in basins of northern Brazil and northwestern Africa.*

*The basic structural framework is represented by a northern and a southern*

*platform, regionally bounded by two hinge lines. Its central trough, segmented E-W and SW-NE, reflects the existence of discontinuities in the basement, which determined the conditions of deposition of the Paleozoic and Cretaceous-Tertiary sequences. A tendency for the eastern region to uplift and the western to subside, observed as from the Early Carboniferous, was determinant in the distribution and greater concentration of basic intrusive rocks in the Devonian-Early Carboniferous sequence of the eastern region. Periods of Caledonian, Hercinian, Oregonian/Kimmerian, and Andean orogeny, responsible for the compressional style of the most prospectable structures in the basin, have been identified in the structural and stratigraphic framework.*

*Generation of Devonian radioactive shales commenced between the Neo-Carboniferous and the Early Permian, resulting in present-day senile and mature stages of maturation,*

*respectively. Final generation may have taken place during the Early Cretaceous, at the time where a regional compressional event characteristic of this period prompted basin uplifting.*

*The geochemical map of the basin indicates that the eastern region is prone only to gas accumulation, while the western region is prone both to liquid and gas accumulations.*

*Early Cretaceous asymmetrical anticlinal trends associated with reverse faults and regional lineaments have been chosen as the top exploration priority, owing to their similarities with the trends successfully tested in the Juruá (gas field) and Urucu (gas, condensate, and oil field) areas of the neighboring Solimões Basin. Further research will require some 5 800 km of seismic lines, of which 1 700 have already been approved. Analysis suggests that the basin will have a long exploratory life.*

