

# ESTÁGIO EXPLORATÓRIO E PERSPECTIVAS PETROLÍFERAS DA BACIA DO PARNAÍBA

THE PARNAÍBA BASIN:  
EXPLORATORY STAGE AND OIL PERSPECTIVES

Adison Marinho de Oliveira Góes<sup>(1)</sup> João Maria Pinheiro de Souza<sup>(1)</sup>  
Lino Brito Teixeira<sup>(2)</sup>

**RESUMO** - A Bacia do Parnaíba localiza-se na região nordeste ocidental brasileira, ocupando uma área de aproximadamente 600 000 km<sup>2</sup>. Trata-se de uma bacia intracratônica, posicionada entre faixas de dobramentos que bordejam os *cratons* do Guaporé, São Luís e São Francisco. No período entre 1966 e 1975, os esforços exploratórios na bacia foram reduzidos em função do insucesso na identificação de áreas petrolíferas promissoras. Novos esforços exploratórios recomeçaram nos anos 70, quando atividades geofísicas e geológicas foram reiniciadas. Atualmente existem 31 poços exploratórios perfurados na bacia. A estratigrafia é razoavelmente bem conhecida, constata-se com um arcabouço estrutural preliminarmente definido. Geração de hidrocarbonetos e condições de trapeamento foram identificadas. Recentemente, levantamentos geológicos e geofísicos (sensoriamento remoto, aeromagnetometria, geoquímica de superfície e sísmica) vêm sendo executados com o intuito de definir o arcabouço estrutural e um programa de locações para poços exploratórios.

(Originais recebidos em 19.10.89.)

**ABSTRACT** - Located in the western part of northeastern Brazil, the intracratonic Parnaíba Basin covers an area of approximately 600 000 km<sup>2</sup> and is positioned between fold belts bounded by the Guaporé, São Luiz, and São Francisco Cratons. Exploratory activities within the basin were cut back from 1966 through 1975 since no promising petroleum areas had been identified, but geophysical and geological activities were resumed in the seventies. Thirty-one exploratory wells have now been drilled and basin stratigraphy is reasonably well known, although only a preliminary structural framework has been drafted. Hydrocarbon generation and trapping conditions have been identified. Recent geological and geophysical surveys (remote sensing, aeromagnetometry, field geochemistry, and seismic mapping) have been conducted to define the structural framework and to locate areas for a new drilling program.

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

## 1 - INTRODUÇÃO

A Bacia do Parnaíba localiza-se na região nordeste ocidental brasileira, ocupando uma área de aproximadamente 600 000 km<sup>2</sup> (fig. 1). Trata-se de uma bacia intracratônica, posicionada entre faixas de dobramentos que bordejam os *cratons* do Guaporé, São Luís e São Francisco.

Nesta bacia encontram-se sedimentos depositados do Ordoviciano ao Terciário e rochas intrusivas e extrusivas, relacionados a eventos magmáticos de idades jurotriássica e eo-cretácea (fig. 2). A sedimentação principal, e de interesse para petróleo, desenvolveu-se principalmente durante o Paleozóico. Os sedimentos mesozóicos e cenozóicos tem pouca

representatividade, restringindo-se sua ocorrência à área noroeste da bacia. A espessura máxima de rochas encontradas nesta bacia é da ordem de 3 400 m.

O objetivo deste trabalho é mostrar o estágio exploratório atual da Bacia do Parnaíba. Inicialmente será abordada uma retrospectiva histórica das atividades, seguida pelos últimos trabalhos efetuados e avanços na interpretação geológica, culminando com a exposição das perspectivas exploratórias para a bacia.

## 2 - RETROSPECTIVA HISTÓRICA

Os primeiros trabalhos relacionados e dirigidos para a exploração de hidrocar-

- 1 - Divisão de Interpretação (DINTER), Distrito de Exploração do Norte (DENOR), Rodovia Arthur Bernardes, 5511, CEP 68800, Belém, Pará, Brasil.
- 2 - Setor de Interpretação e Exploração das Bacias Ceará e Potiguar (SECEPO), Divisão de Interpretação da Região Norte e Nordeste Equatorial (DIRNOE), Departamento de Exploração (DEPEX), Av. República do Chile, 65, Centro, CEP 20035, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.



Fig. 1 - Mapa de localização.  
Fig. 1 - Location map.

bonetos foram realizados pelo Conselho Nacional do Petróleo - CNP que, no início da década de 50, desenvolveu estudos de geologia de superfície e perfurou dois poços no Estado do Maranhão.

Com a criação da PETROBRÁS, em 1953, iniciou-se uma nova fase de trabalhos exploratórios na bacia. Em uma primeira etapa, no período de 1956 a 1966, foram realizados trabalhos de mapeamento geológico, interpretação fotogeológica, gravimetria, levantamentos localizados de sísmica e a perfuração de 22 poços exploratórios. Nesta investida, alguns indícios de óleo e gás foram detectados. Os trabalhos, interrompidos em 1966, foram reiniciados somente em 1975, através de novas campanhas sísmicas, de aeromagnetometria e perfuração de quatro poços pioneiros.

No início dos anos 80, a Esso e a Anschutz empreenderam campanha exploratória na parte central-noroeste da bacia. No entanto, a mesma foi interrompida após trabalhos de sensoriamento remoto, aeromagnetometria, sísmica e perfuração de um poço pela Esso na região do Arco Ferrer. A PETROBRÁS retornou recentemente à bacia para a perfuração de dois poços, ambos com

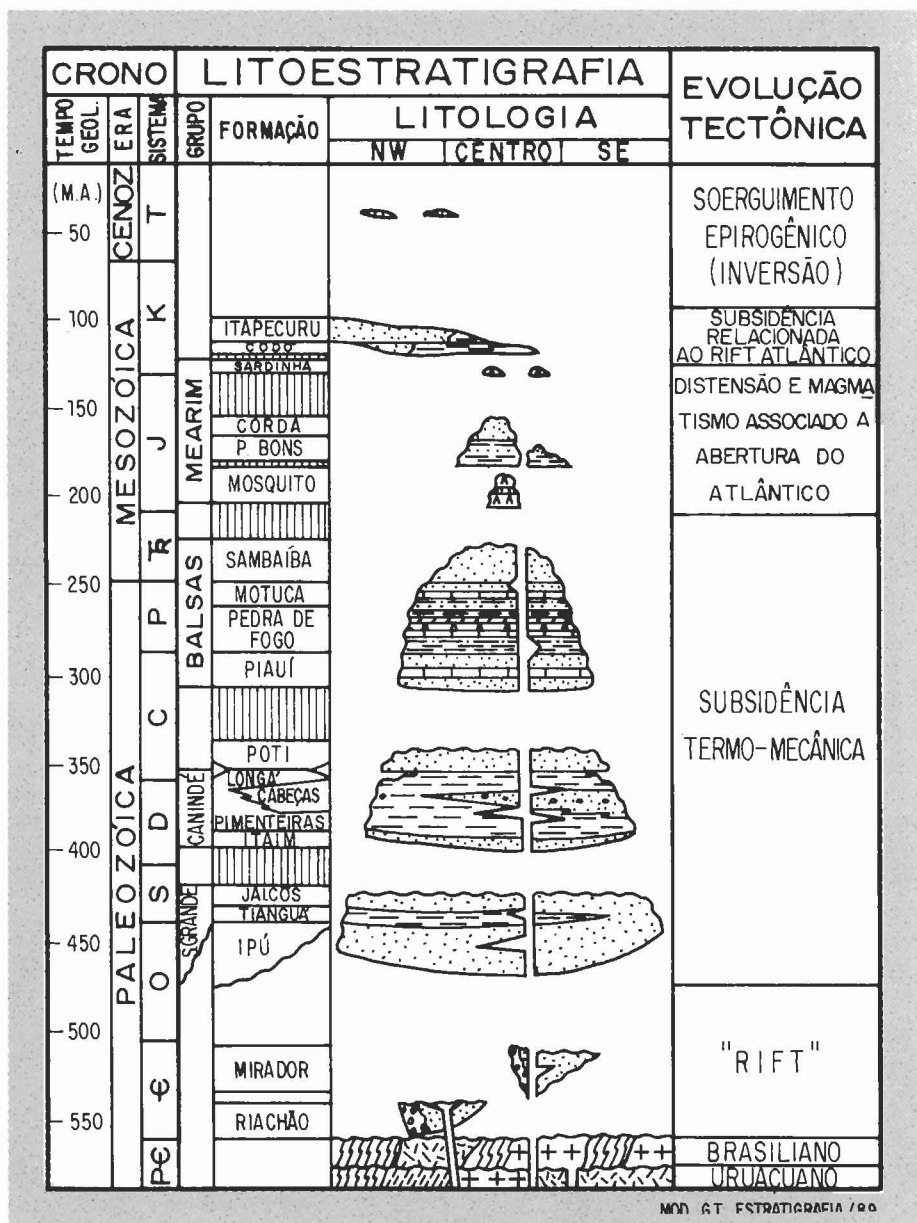


Fig. 2 - Carta crono-litoestratigráfica da Bacia do Parnaíba.  
Fig. 2 - Chrono-lithostratigraphic chart of the Parnaíba Basin.

objetivos de coletar informações geoquímicas.

A partir de 1988, iniciou-se uma nova fase exploratória e os trabalhos iniciais constaram de um levantamento e interpretação sistemática dos dados disponíveis, gerando como consequência um plano global de exploração. O desenvolvimento desta nova fase

exploratória será assunto de alguns itens mostrados neste trabalho.

Dentre os vários indícios de hidrocarbonetos encontrados, o melhor resultado alcançado foi através do poço 2-CP-1-MA, considerado sub-comercial de gás. Nas áreas de Floriano (gás) e Testa Branca (óleo) também foram identificados indícios significativos de hidrocarbonetos.

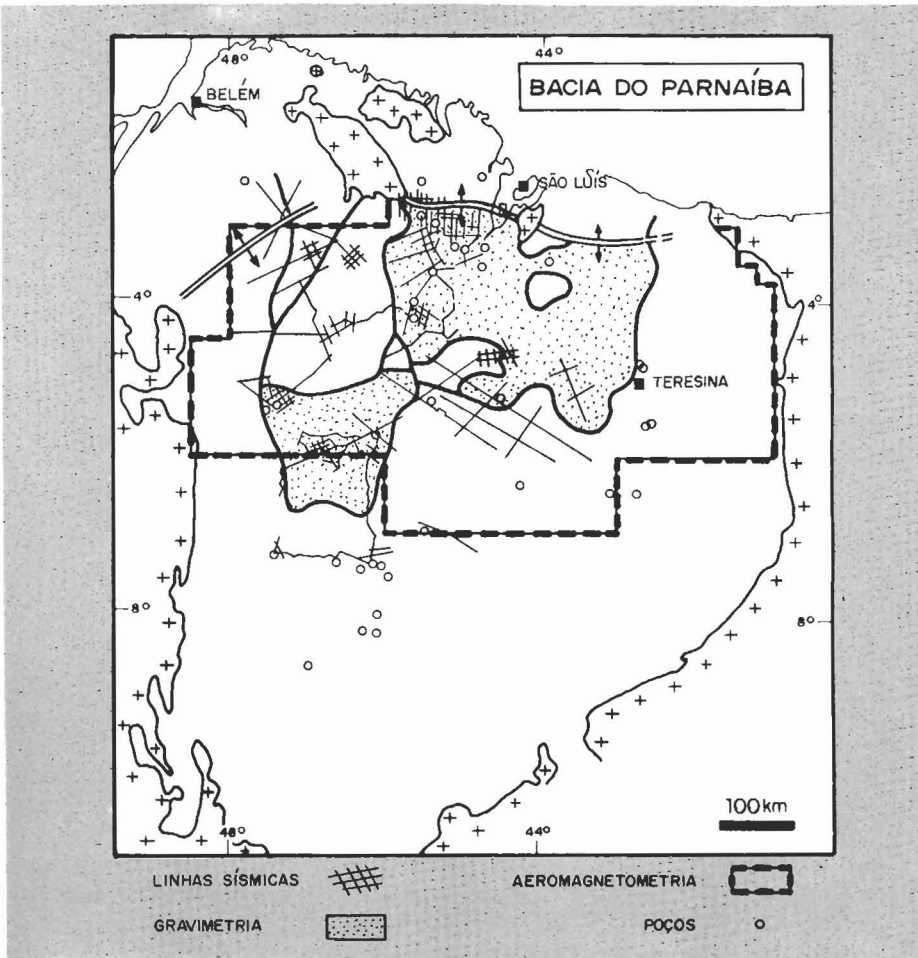


Fig. 3 - Localização da área de aquisição dos dados sísmicos, gravimétricos, aeromagnetométricos e poços.  
 Fig. 3 - Location of wells and of areas of seismic, gravimetric, and aeromagnetometric surveys.

A Bacia do Parnaíba conta hoje com um levantamento de geologia de superfície completo a nível de reconhecimento e semi-detelhe, 8 360 km de perfis gravimétricos, 157 000 km de perfis aeromagnéticos, cerca de 7 800 km de linhas sísmicas (a maioria localizadas) e um total de 36 poços (31 exploratórios), sendo que apenas seis poços foram perfurados com controle sísmico. Os investimentos em valores atualizados atingem US\$ 118 milhões. As figuras 3 e 4 mostram a localização e os períodos de aquisição de dados referidos neste último parágrafo.

### 3 - DESENVOLVIMENTO TECTONO-SEDIMENTAR

O cenário sobre o qual se desenvolveu a sedimentação pós-ordoviciana da Bacia do Parnaíba influenciou de forma marcante as suas primeiras fases deposicionais. Como resultado dos pulsos terminais do ciclo brasileiro (Cambro-Ordoviciano) foram formados *grabens* distribuídos por toda a bacia, com eixos orientados de nordeste a norte (fig. 5). As evidências de suas presenças podem ser

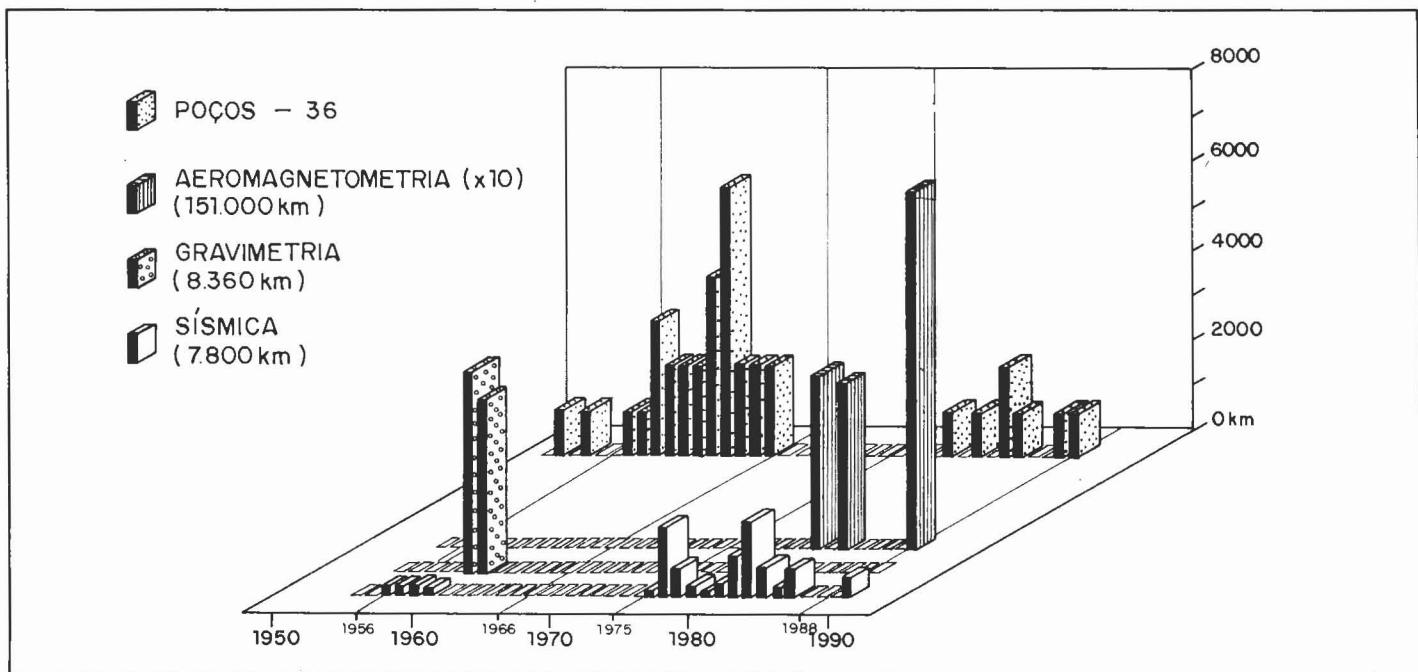
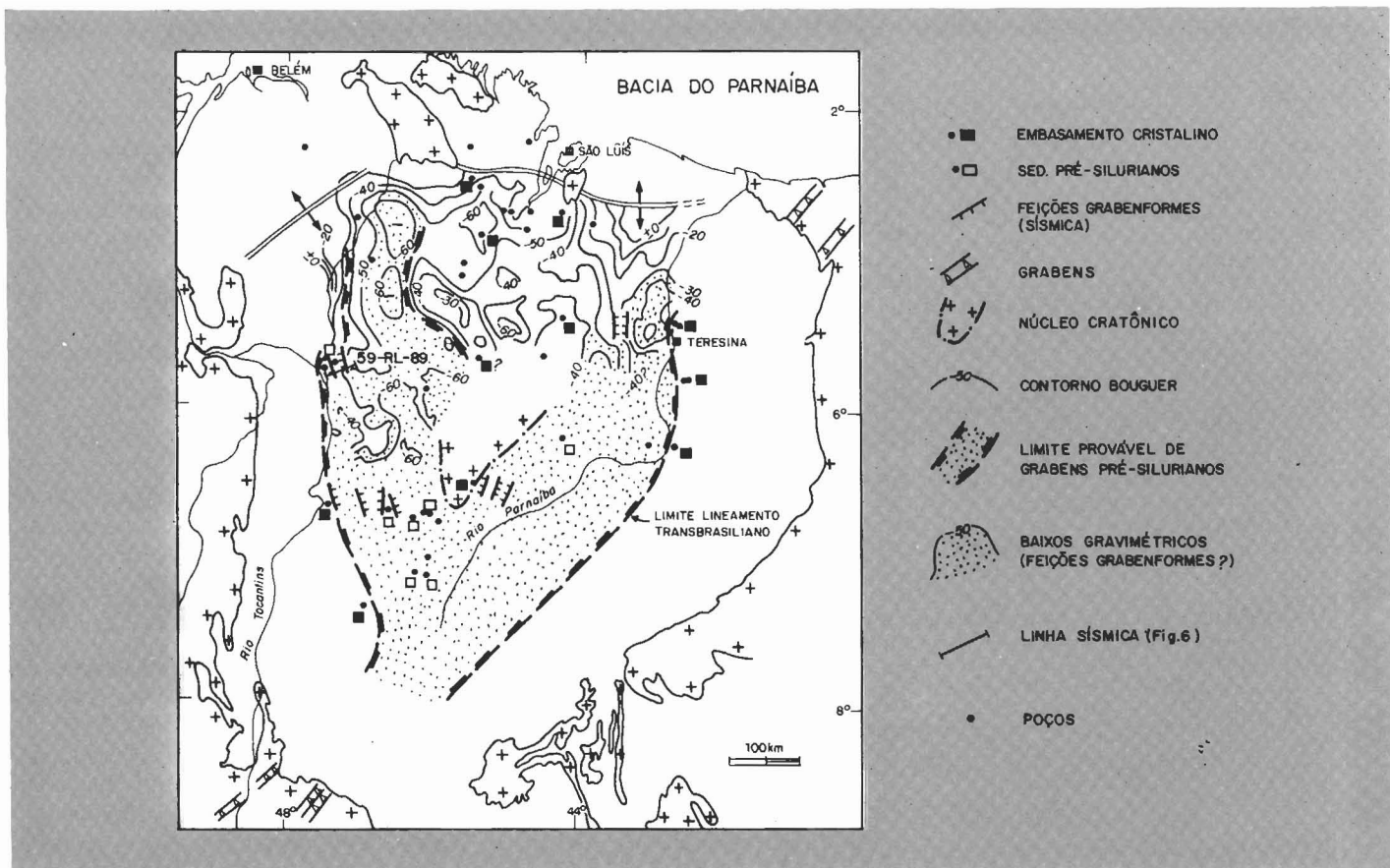
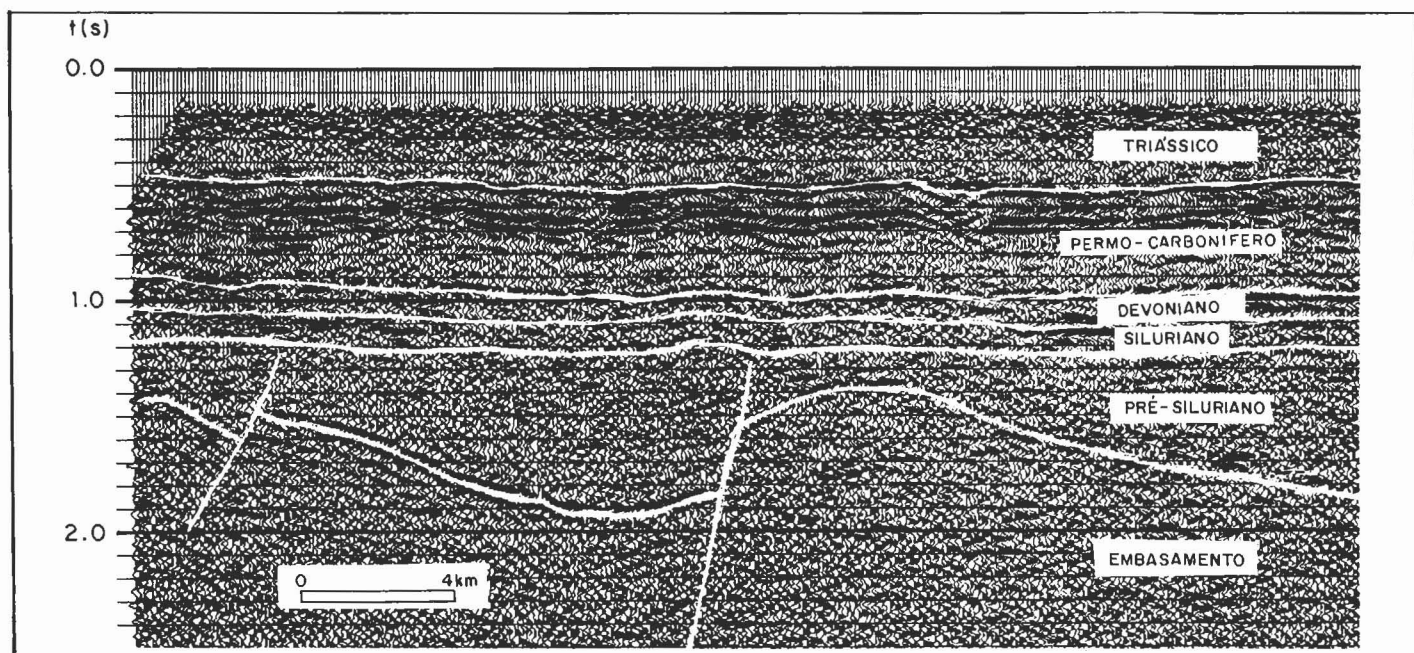


Fig. 4 - Demonstrativo (período versus frequência) da aquisição de dados sísmicos, gravimétricos, aeromagnéticos e poços.  
 Fig. 4 - Histogram (period versus frequency) of wells seismic, gravimetric, and aeromagnetic data.

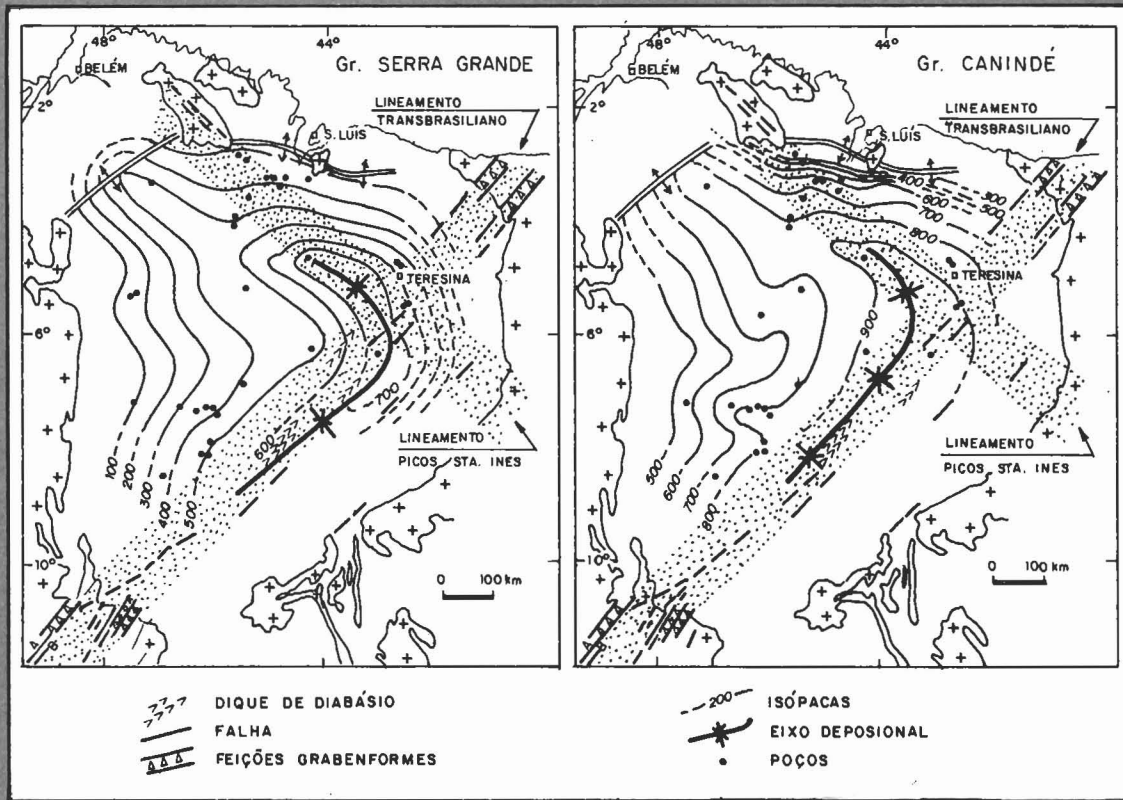


**Fig. 5 – Mapa esquemático das feições grabeniformes precursoras da Bacia do Parnaíba.**  
*Fig. 5 – Schematic map of rifts, precursors of the Parnaíba Basin.*



**Fig. 6 – Seção sísmica 59-RL-89, ilustrando uma feição grabeniforme, precursora da Bacia do Parnaíba.**  
*Fig. 6 – Seismic section 59-RL-89 showing a rift precursor of the Parnaíba Basin.*





**Figs. 7 e 8 – Relacionamento entre os eixos deposicionais dos grupos Serra Grande e Canindé e os lineamentos Transbrasiliano e Picos-Santa Inês, (modificado de Cunha, 1985).**

*Figs. 7 e 8 – Relationship between the depositional axes of the Serra Grande and Canindé group and the Transbrasiliano and Picos-Santa Inês lineaments, (modified from Cunha, 1985).*

observadas através de informações sísmicas (fig. 6), inferências gravimétricas, e confirmadas por dados de poços. Esses *grabens* mostram-se preenchidos por sedimentos imaturos, correlacionáveis tentativamente com os do Grupo Jaibaras e da Formação Monte do Carmo, ambos encontrados em *grabens* e semi-*grabens* localizados a nordeste e sudoeste da Bacia do Parnaíba (Cunha, 1986).

Como resultado da evolução termo-mecânica da área, estabeleceu-se a grande depressão ordoviciano, sobre a qual se depositaram os sedimentos flúvio-deltáicos a marinho raso do Grupo Serra Grande. Nessa época foram depositados os objetivos secundários para a bacia (arenitos das formações Ipú e Jaicós) e os possíveis geradores da Formação

Tiangú. O término da sedimentação Serra Grande é marcada pelos efeitos da Orogenia Caledoniana, resultando em uma discordância de caráter regional.

O prosseguimento dos processos tectônicos, associado a uma já perceptível influência de efeitos flexurais, resultou em uma maior expressão do corpo aquoso, testemunhado pela presença dos sedimentos do Grupo Canindé (Devoniano). Atualmente essa seção é considerada como objetivo principal da bacia, abrangendo os reservatórios das formações Itaim e Cabeças e os potenciais geradores da Formação Pimenteiras.

A análise da distribuição dos sedimentos pertencentes às duas seqüências anteriormente descritas evidenciam uma forte

influência de feições pré-existent (grabens e lineamentos) no processo deposicional. Dentre as mais importantes destacam-se os lineamentos Transbrasiliano (Sobral - Pedro II) e Picos - Santa Inês (figs. 7, 8 e 9).

O encerramento do ciclo deposicional Canindé é marcado por uma notável discordância regional associada aos efeitos da Orogenia Eo-Herciniana (Eo-Carbonífero). Outras evidências desse tectonismo foram reconhecidas principalmente nas porções centrais da bacia, onde foram reconhecidos falhamentos normais e estruturas associadas a falhas reversas (figs. 10 e 11).

No Neo-Carbonífero foi retomada a sedimentação com a deposição do Grupo

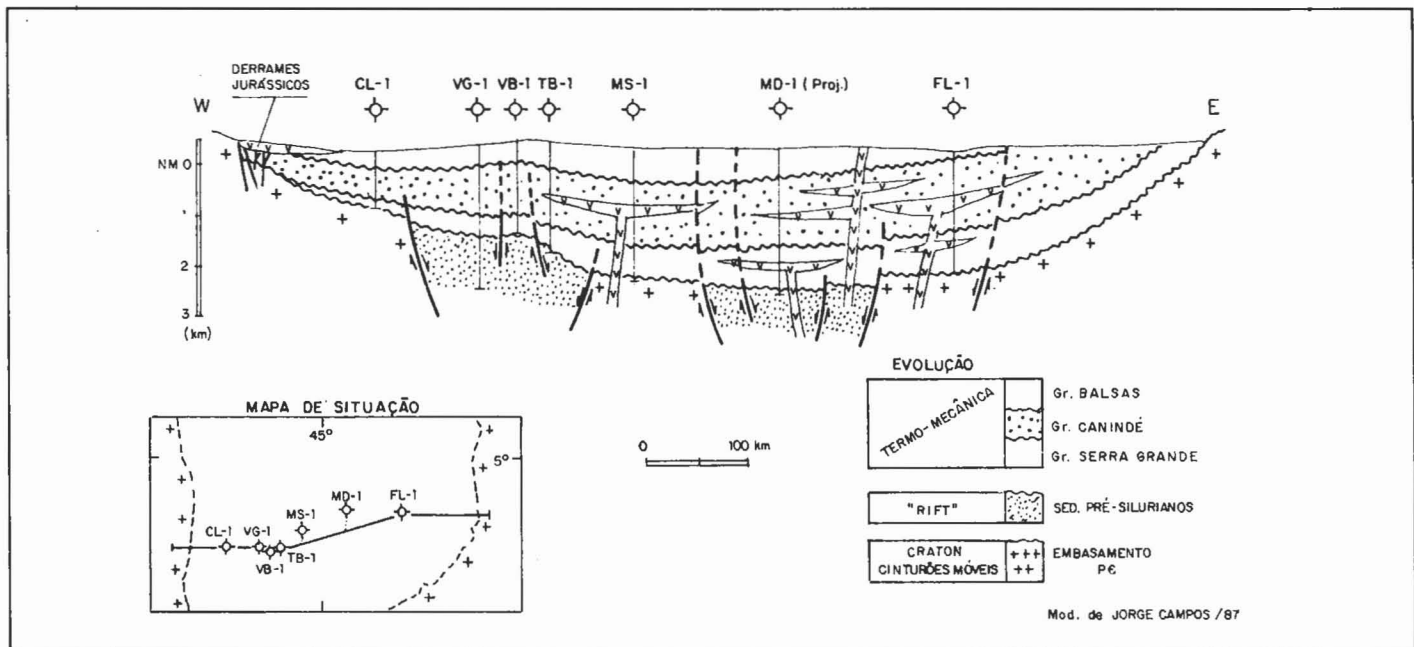


Fig. 9 – Seção geológica leste-oeste.  
 Fig. 9 – East-west geological cross-section.

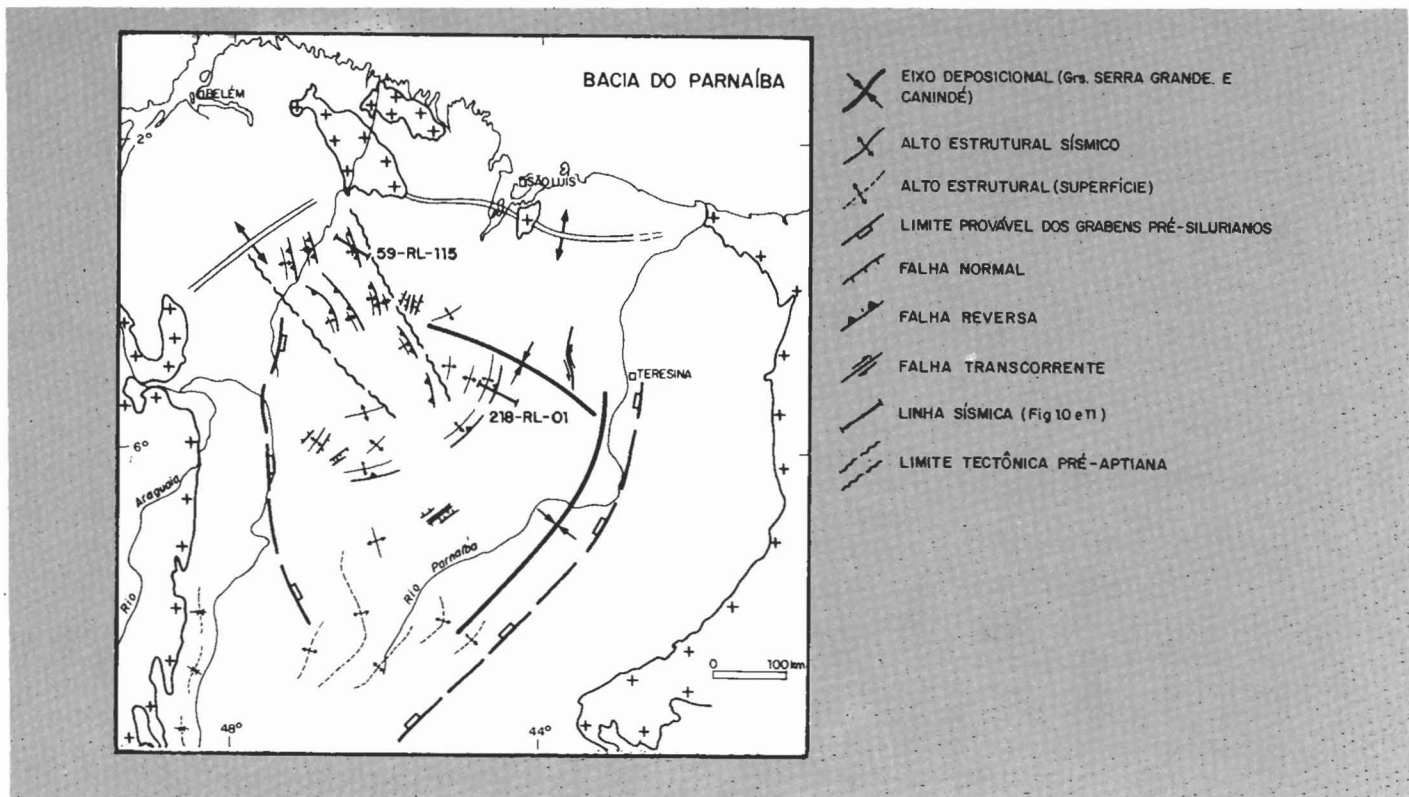


Fig. 10 – Mapa das principais feições estruturais.  
 Fig. 10 – Map of the main structural features.

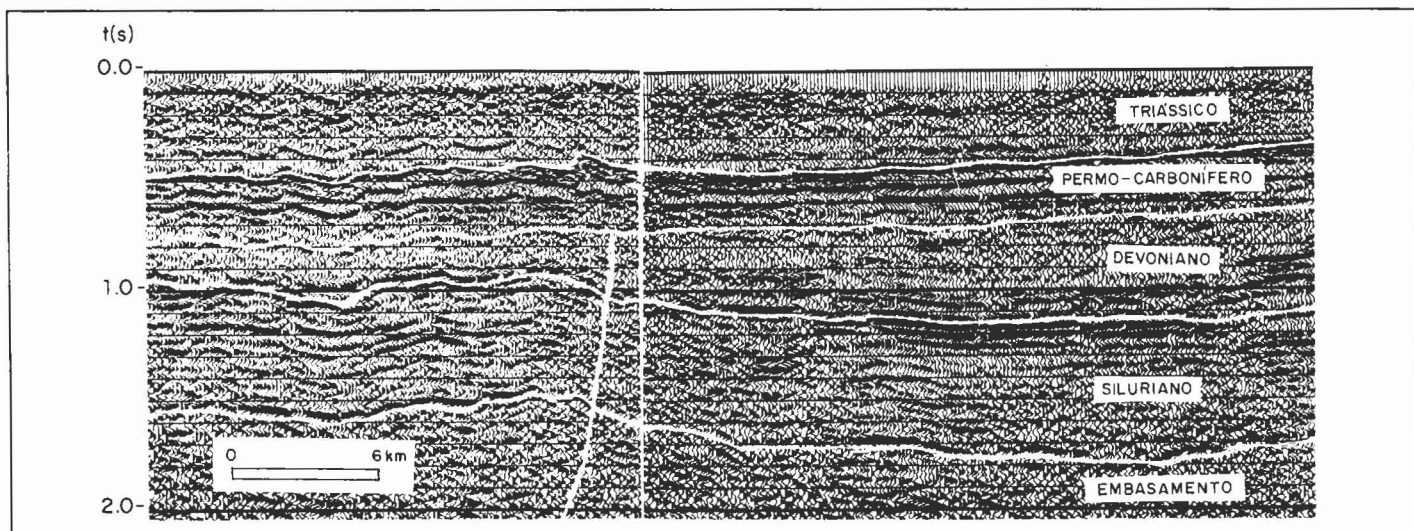


Fig. 11 - Seção sísmica 218-RL-01, ilustrando a tectônica eo-carbonífera.  
 Fig. 11 - Seismic section 218-RL-01 showing Early Carboniferous tectonics.

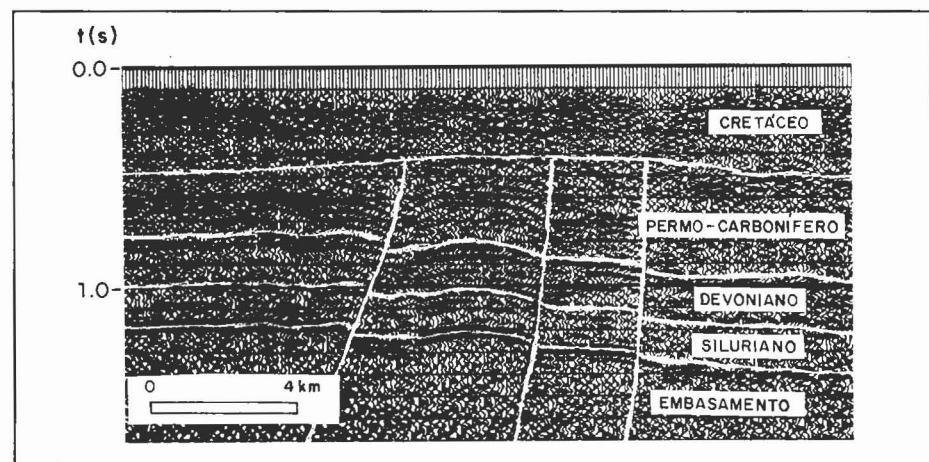


Fig. 12 - Seção sísmica 59-RL-115, ilustrando a tectônica neocomiana.  
 Fig. 12 - Seismic section 59-RL-115 showing Neocomian tectonics.

Balsas. Nessa fase, que se prolonga até o Triássico, nota-se um progressivo processo de desertificação em toda a bacia, acompanhado de um sensível deslocamento dos depocentros para a parte central da área.

Acompanhando os efeitos da separação dos continentes sul-americano e africano, desenvolveu-se na Bacia do Parnaíba um significativo processo magmático intrusivo e extrusivo, seguido

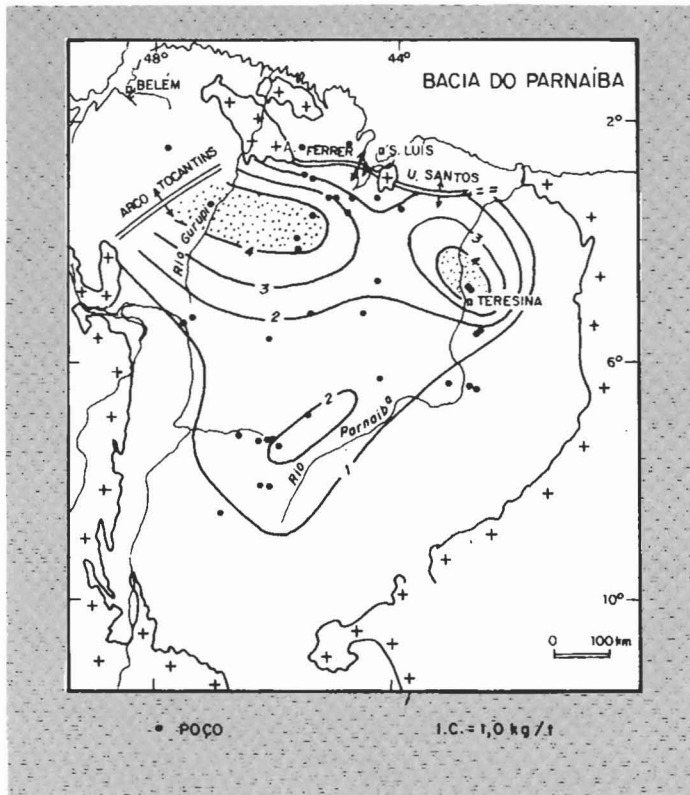
da deposição dos clásticos das formações Pastos Bons e Corda. Nessa época os efeitos térmicos, devido ao calor gerado pelas intrusões, somados aos efeitos naturais de soterramento, causaram a maturação e até senilização dos principais geradores. Uma nova fase de estruturação da bacia pode ser notada através de falhas reversas e dobramentos compressoriais dispostos na direção noroeste, relacionados a eventos tectônicos da idade neocomiana (figs. 10 e 12).

O ciclo sedimentar foi encerrado no Cretáceo com a deposição lacustre a continental das formações Codó/Grajaú e Itapecurú, limitadas à porção norte-noroeste da bacia.

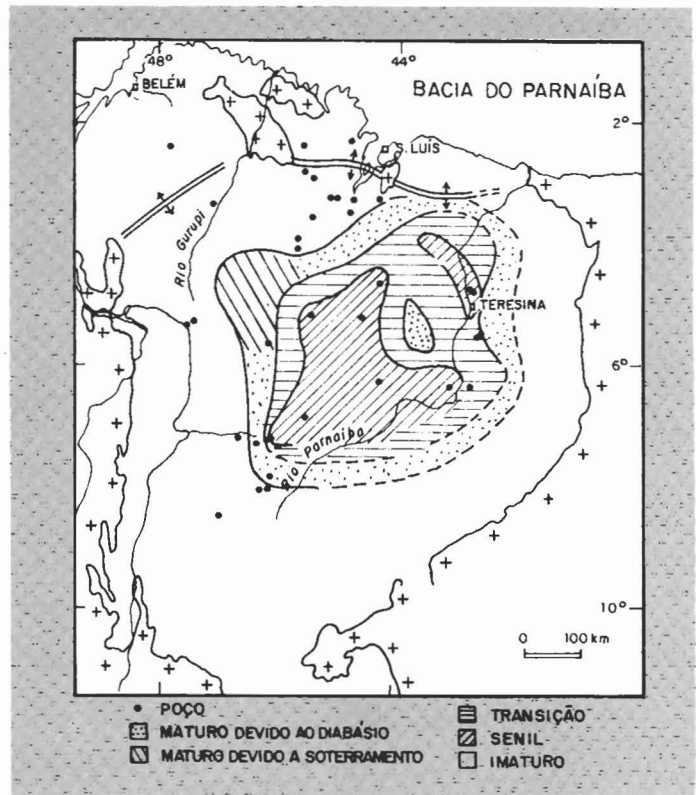
#### 4 - GERAÇÃO, MIGRAÇÃO E ACUMULAÇÃO DE HIDROCARBONETOS

A Formação Pimenteiras é considerada a principal unidade potencialmente geradora de hidrocarbonetos, distribuindo-se amplamente e alcançando espessuras superiores a 500 m. A relativa riqueza orgânica nesta formação é restrita a níveis de radioatividade elevada, atingindo valores de carbono orgânico total residual de até 6% (fig. 13) e isólitais máximas em torno de 60 m. A matéria orgânica predominante é do tipo II e III (Quadros *et al.* 1980, Freitas *et al.* 1984).

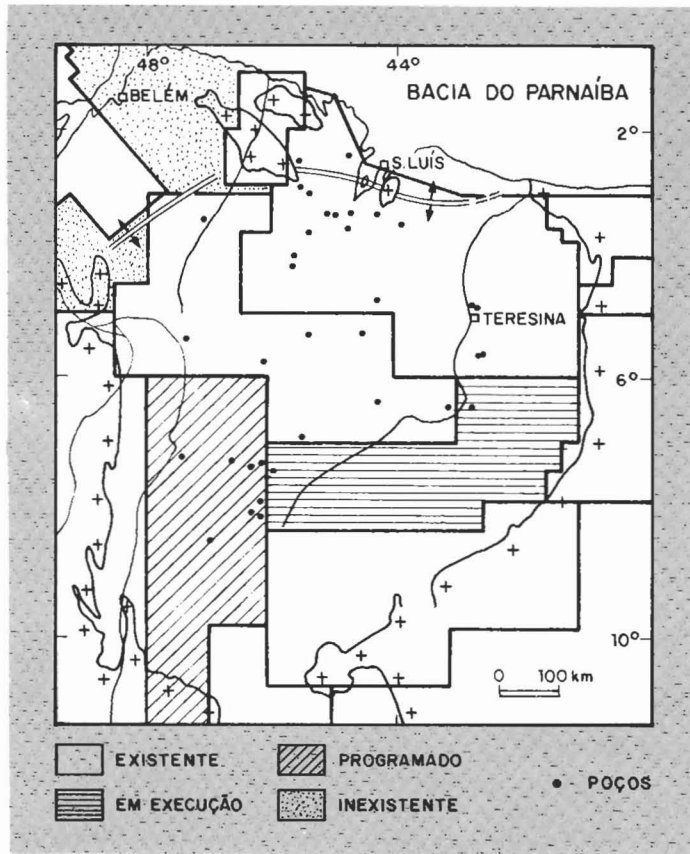
Apesar do pequeno volume de informações, interpretou-se que a maturação dos geradores Pimenteiras foi deflagrada a partir de processos de soterramento e fortemente influenciada pelos efeitos térmicos das intrusivas jurotriássicas (fig. 14). As formações Longá e Tianguá podem vir a ser consideradas geradoras secundárias. No entanto, os poucos dados disponíveis não permitem uma avaliação mais criteriosa.



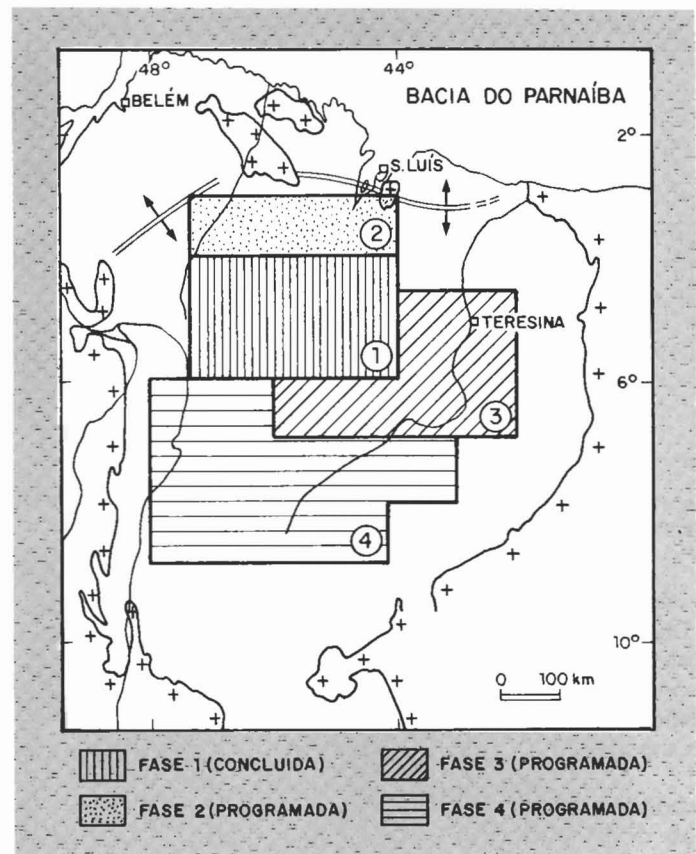
**Fig. 13 - Mapa de carbono orgânico total residual dos folhelhos radioativos da Formação Pimenteiras.**  
*Fig. 13 - Residual total organic carbon map of radioactive shales of the Pimenteiras Formation.*



**Fig. 14 - Mapa de maturação da Formação Pimenteiras.**  
*Fig. 14 - Maturation map of the Pimenteiras Formation.*



**Fig. 15 - Programa aeromagnetométrico.**  
*Fig. 15 - Aeromagnetic survey program.*



**Fig. 16 - Programa geoquímico de superfície.**  
*Fig. 16 - Field geochemical survey program.*



Para os objetivos principais: reservatórios do Grupo Canindé (formações Cabeças, Itaim, e corpos lenticulares da Formação Pimenteiras), o processo de migração fica bastante facilitado devido ao contato direto com os principais geradores. As duas fases de estruturação mais significativas da bacia (Eo-Carbonífero ou Neocomiana) precederam ou são concomitantes aos processos de geração e migração, em grande parte da área explorável.

## 5 - PERSPECTIVAS EXPLORATÓRIAS

Apesar dos 40 anos de exploração na Bacia do Parnaíba, pouco se conhece atualmente de suas reais potencialidades. Para desenvolver um avanço no processo exploratório empreende-se, a partir de 1988, uma nova fase de levantamentos regionais, levando-se em consideração a vasta extensão da área a ser investigada e o atual estágio dos conhecimentos. Com o objetivo de conhecer o arcabouço estrutural da bacia e identificar grandes feições de interesse para hidrocarbonetos, foi proposto um plano para integração de todas as informações disponíveis com as provenientes de novos levantamentos. Dentro dessa filosofia foram propostas as seguintes medidas:

- sensoriamento remoto - cobertura total da bacia, inicialmente na escala 1:500.000 (concluída), com detalhamento para as regiões de maior interesse (em execução);
- métodos potenciais - complementação da cobertura aeromagnetométrica (em execução) (fig. 15). Levantamentos gravimétricos e magnetométricos acompanhando os levantamentos sísmicos regionais;
- geoquímica de superfície - estudos em escala regional divididos em quatro fases (70% da bacia). A primeira fase foi concluída com bons resultados, cobrindo uma área de cerca de 90 000 km<sup>2</sup>. As fases seguintes serão executadas a partir de 1990 (fig. 16);
- sísmica - levantamento regional com aproximadamente 6 200 km, abrangendo a área mais prospectável da bacia (fig. 17).

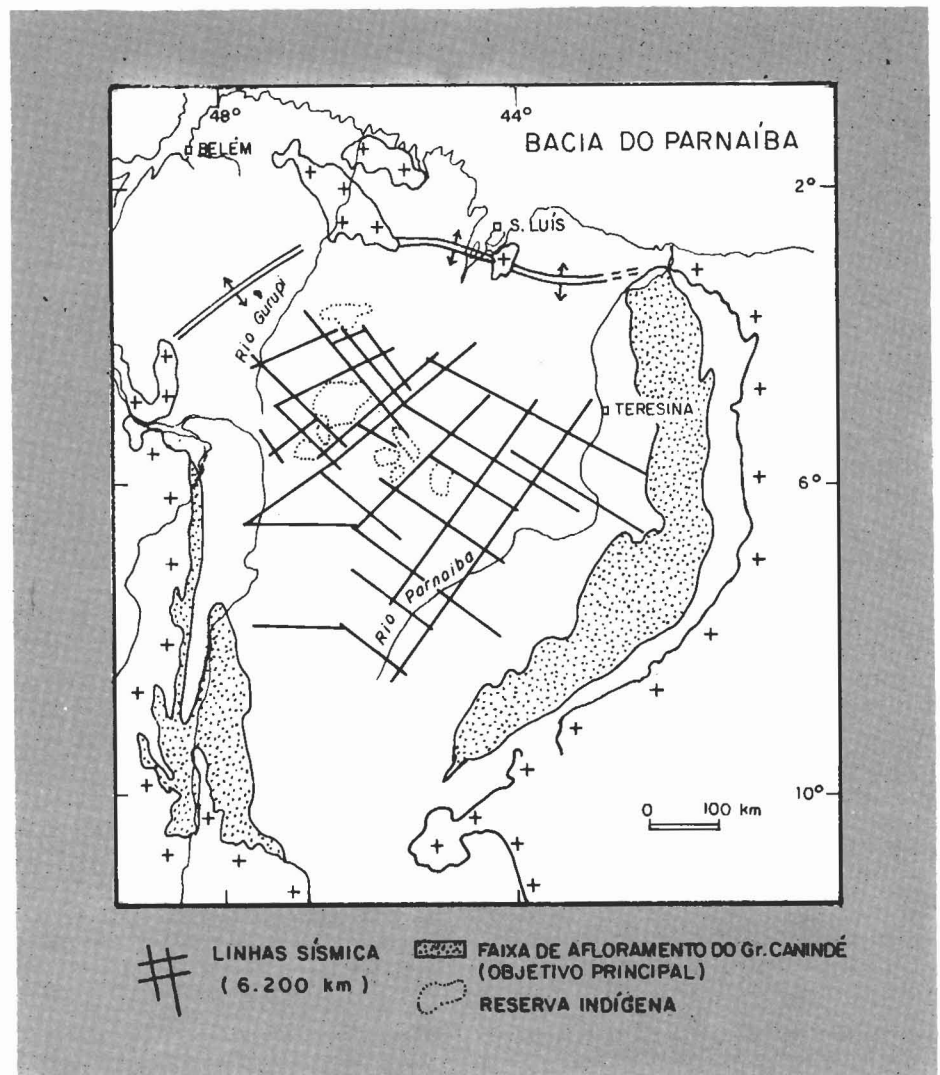


Fig. 17 - Programa sísmico regional.  
Fig. 17 - Regional seismic survey program.

Uma melhor avaliação deverá surgir do desenvolvimento dessas atividades, associadas posteriormente a levantamentos sísmicos mais localizados e a perfuração de novos poços pioneiros.

## 6 - CONCLUSÕES

A Bacia do Parnaíba encontra-se em um estágio exploratório preliminar. Os dados existentes permitem um razoável conhecimento de sua estratigrafia, porém o seu arcabouço estrutural é pouco conhecido, dificultando uma avaliação mais criteriosa da bacia e particularmente dos poços. As informações disponíveis indicam que ela possui as condições básicas para a ocorrência de acumulações de hidrocarbonetos (reservatório, geração, migração e trapecamento).

A sua grande extensão, associada ao estágio dos conhecimentos direcionam a exploração para trabalhos de caráter

regional. Uma melhor avaliação da real potencialidade da área só poderá ser realizada após o término da fase de homogeneização e levantamento de dados regionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUNHA, F. M. B. *Evolução paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1986. (Tese de Mestrado).
- FREITAS, E. L., MARQUES, L. F. S. P., CAPUTO, M. V. *Avaliação geoquímica da Bacia do Parnaíba*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES/DIVEX, 1984. (Relatório interno).
- QUADROS, L. P. CUNHA, F. M. B., PORTO, R. *Avaliação geoquímica e morfoestrutural da bacia do Maranhão*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES/SUPEP, 1980. (Relatório interno).

## EXPANDED ABSTRACT

Located in the western part of northeastern Brazil, the intracratonic Parnaíba Basin covers an area of approximately 600 000 km<sup>2</sup> and is positioned between fold belts bounded by the Guaporé, São Luiz, and São Francisco Cratons. Although basin stratigraphy has been relatively well studied, knowledge of its structural framework is still in extremely preliminary phases, reflecting the paucity and irregularity of data collected so far.

Exploratory efforts so far have included a complete geological field survey (reconnaissance and semi-detail); gravimetric and aeromagnetometric profiles covering 22% and 50% of the basin, respectively; some 7 800 km of seismic lines (most localized); and the drilling of thirty-six wells (thirty-one exploratory), of which only six involved the use of seismic control.

This basin contains sediments deposited from the Ordovician to the Tertiary as well as intrusive and extrusive rocks related to Jurotrassic and Early Cretaceous magmatic events. Key petroleum related sediments were deposited chiefly during the Paleozoic over three major depositional cycles separated by broad regional discordances. There is a limited occurrence of Mesozoic and Cenozoic sediments, restricted to the northwestern portion of the basin and displaying a maximum thickness of 800 m. Maximum rock thickness for the basin is around 3 400 m.

The origin and development of the Parnaíba Basin is related to the final pulses of the Brasiliano Cycle (Cambro-Ordovician). In response to the pattern of forces active in the region where the basin was later to develop, grabens were formed, trending

preferentially northeast-southwest or north-south.

The thermomechanical evolution of the area, favored the development of a major Ordovician depression over which the fluvial and deltaic to shallow marine sediments of the Serra Grande Group were deposited. The end of sedimentation during this first major depositional cycle is marked by the effects of Caledonian orogeny, resulting in a regional discordance.

The second major depositional cycle is represented by the Canindé Group, of Devonian age. Currently considered the principal basin target, this section encompasses reservoirs in the Itaim and Cabeças formations as well as potential source rock in the Pimenteiras Formation. The relative organic richness of the latter formation is limited to high levels of radioactivity, reaching residual total organic carbon contents of up to 6%. The close of the cycle is marked by a notable regional discordance associated with the effects of the Early Hercinian orogeny, bringing about the appearance of normal faults and structures associated with reverse faults.

A sediment distribution analysis of the two sequences described above reveals the strong influence of pre-existing features (grabens and lineaments) on the depositional process. Two important lineaments can be characterized: the Transbrasiliano (Sobral-Pedro II) and the Picos-Santa Inês.

Sedimentation resumed with the deposition of the Balsas Group (third major depositional cycle) during the Neo-Carboniferous. Extending until the Triassic, this phase is characterized by a progressive process of desert formation

throughout the basin, simultaneous with an appreciable displacement of depocenters to the central part of the area.

Accompanying the effects of the separation of the South American and African continents, the Parnaíba Basin underwent a significant process of intrusive and extrusive magmatism, followed by the deposition of the clastics of the Pastos Bons and Corda formations. At that time, the thermal effects brought by intrusion-generated heat, together with natural burial effects, led to the maturation, and sometimes to the senescence, of main source rocks. A new phase of basin structural formation can be noted in the reverse faults and compressional folds related to tectonic events of Neocomian age. The sedimentary cycle came to an end in the Cretaceous with the lacustrine continental deposition of the Codó, Grajaú, and Itapecurú formations, restricted to the north-northwestern portion of the basin.

An analysis of available data indicates that exploration activities in the Parnaíba Basin are still in preliminary stages, despite a forty-year history. The basin does, however, display the basic conditions for the occurrence of hydrocarbon accumulations.

To overcome the problem of insufficient data, a new phase of regional surveys was launched in 1988, aimed mainly at the definition of the structural framework of the basin and at identification of main hydrocarbon trapping structures. The broad exploration program now underway as a result includes remote sensing, supplementation of aeromagnetometric and gravimetric coverage, field geochemistry, and seismic surveys. It is hoped that these data will provide a better assessment of the basin and its potential.