

## ALGUNS ASPECTOS GEOLÓGICOS DO LINEAMENTO PIRAPEMAS

José Eduardo Rodrigues  
Chan Chiang Liu  
Instituto de Pesquisas Espaciais  
Ministério da Ciência e Tecnologia  
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

Fernando Pellon de Miranda  
PETROBRÁS/CENPES  
Cidade Universitária - Quadra 7 - Ilha do Fundão  
21910 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil

### RESUMO

Observando-se as imagens LANDSAT e os mosaicos de radar do nordeste do Estado de Maranhão é possível identificar uma grande quantidade de lineamentos fotogeológicos, que podem ser agrupados em seis "trends" principais: N45W, N30W, N20E, N60E, N70E e N50E. Este último, merece especial atenção, pois todos os seus componentes concentram-se em uma única faixa que se estende desde o interflúvio Mearim/Itapicuru, nas proximidades da cidade de Pirapemas, até as vizinhanças do litoral, onde desaparece sob o campo de dunas denominado Lençóis Maranhenses, numa extensão total de cerca de 200km. Em seu trecho mais próximo do litoral, esta faixa, aqui denominada Lineamento Pirapemas, atua como uma divisora de águas entre duas áreas com padrões de drenagem significativamente distintos. Dados geológicos de diversas fontes sugerem o relacionamento deste lineamento com episódios tectônicos que teriam influenciado a sedimentação e a estruturação na área da bacia de Barreirinhas.

### ABSTRACT

In LANDSAT and radar images of the Northeast of Maranhão State, numerous lineaments can be perceived and grouped into six main systems by their directions: N45°W, N30°W, N20°E, N70°E, N60°E and N50°E. Special attention is directed to the latter, of which lineaments are concentrated in a belt, so denominated Pirapemas Lineament Belt. This lineament belt runs from the interfluvium between Mearim and Itapicuru hydrographic basins, with an extension of about 200 kilometers, until Maranhão coastal region, where it is masked by the sand dunes denominated Lençóis Maranhenses. From coast landward 70 kilometers, this lineament belt clearly separates the coastal region into two areas with quite different drainage pattern, in spite of the lithological homogeneity. With the comparison of the available tectonic maps, it shows that the Barreirinhas sedimentary basin seems to be affected by the presence of this lineament belt.

### 1. INTRODUÇÃO

O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES) da Petrobras, vêm desenvolvendo um trabalho de cooperação técnica que visa a avaliação da história tectônica da margem equatorial brasileira, baseada na análise dos lineamentos fotogeológicos identificados em imagens LANDSAT e mosaicos de radar.

Na primeira fase desse projeto, cujos resultados finais em breve deverão estar publicados, foi enfocada a região das bacias sedimentares de Barreirinhas e do Ceará, bem como o embasamento a elas adjacente, e o objetivo foi o de elaborar um modelo de evolução tectônica regional através da análise dos registros estruturais identificáveis em imagens de Sensoriamento Remoto. Espera-se, deste modo, contribuir com o conhecimento do ambiente tectônico regional, sabidamente marcado pelos episódios de separação entre a África e o continente sul-americano, e fornecer subsídios ao entendimento da estruturação das bacias sedimentares em questão.

No trabalho aqui apresentado pretende-se apenas noticiar um dos interessantes elementos fotogeológicos detectados durante a execução desse projeto - o lineamento Pirapemas - e mos-

trar algumas claras evidências de sua influência sobre a estruturação da Bacia de Barreirinhas.

### 2. LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO

A área da qual está se tratando situa-se no litoral do Maranhão (Figura 1) e representa uma pequena porção do total abrangido pelo projeto de cooperação INPE/PETROBRÁS acima referido.

Em seus extremos SW e SE afloram em muito pequena extensão sedimentos da Formação Itapecuru, (Figura 2) que nestes locais é constituída por sedimentos carbonosos escuros relacionados por Mesner e Wooldridge ao Albiano (Schobbenhaus et alii, 1984).

Os sedimentos terciários do Grupo Barreiras são os mais amplamente distribuídos, ocupando cerca de 2/3 da área considerada e recobrimdo ao Sul rochas mais antigas da bacia do Parnaíba (Paleozóico/Mesozóico) e ao Norte sedimentos emersos da Bacia de Barreirinhas. Este grupo apresenta extensa distribuição por todo o litoral brasileiro, desde o Amapá até as proximidades da cidade fluminense de Campos, recobrimdo discordantemente inúmeras unidades estratigráficas (Schobbenhaus et alii, 1984). Na área abrangida por este trabalho o Grupo Barreiras é

formado por arenitos argilosos de cores que variam do cinza-claro ao avermelhado, com granulação média a grosseira e acamamento indistinto (Costa et alii, 1973), que recobrem principalmente rochas calcárias das formações Itapecuru (Bacia do Parnaíba) e Pirabas (Mioceno da Bacia de Barreirinhas).

O Quaternário está representado na área por duas unidades distintas (Figura 2). A mais antiga, do Pleistoceno, é formada por aluviões marinhos que constituem uma larga planície parcialmente recoberta por depósitos eólicos mais novos. Estes depósitos eólicos, juntamente com os aluviões fluviais e os depósitos marinhos, todos do Holoceno, representam a segunda unidade quaternária (Schobbenhaus et alii, 1984), cuja ocorrência mais notável são os vastos campos de dunas do litoral do Maranhão denominados Lençóis Maranhenses.

Poucas são as informações bibliográficas a respeito das estruturas geológicas observáveis nesta região. A própria idade destes terrenos, a horizontalidade dos estratos sedimentares e principalmente a acentuada monotonia do relevo dificultam grandemente a formação de bons afloramentos e desestimulam o geólogo a considerar a possibilidade da existência de fraturas nesses sedimentos. O Mapa Geológico do Brasil, de Schobbenhaus et alii (1984) traz o registro da Falha de Sobradinho e reconhece a inexistência de indícios de sua influência na superfície. O mesmo ocorre com diversos trabalhos publicados pela Petrobrás (Cordani et alii, 1984; Azevedo et alii, inédito, etc.) que, com base em dados de geofísica, mostram abundantes estruturas subsuperficiais que não afetam as unidades mais superiores. No mapa geológico do Projeto Jaibas são encontrados registros de um escasso número de faturas sobre sedimentos do Grupo Barreiras, sendo este um dos raros trabalhos a admitir a existência de tais estruturas nesses sedimentos.

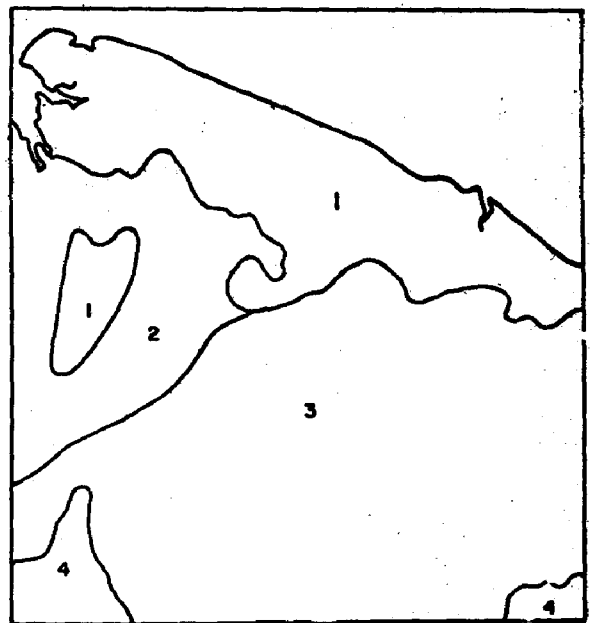


Fig. 2 - Mapa geológico.

- 1 - Quaternário/Holoceno (depósitos fluviais, marinhos e eólicos).
- 2 - Quaternário/Pleistoceno (depósitos marinhos).
- 3 - Terciário (Grupo Barreiras = arenitos argilosos cinza-claro a avermelhados).
- 4 - Cretáceo (Formação Itapecuru = sedimentos carbonosos escuros).

FORTE: Schobbenhaus et alii, 1984.

### 3. OS LINEAMENTOS FOTOGEOLÓGICOS

Apesar da natureza e da idade dos terrenos aqui enfocados e ainda que raramente sejam inseridos nos mapas geológicos disponíveis, na verdade são bastante abundantes os lineamentos fotogeológicos que podem ser identificados nas imagens LANDSAT e nos mosaicos de radar do nordeste do Estado do Maranhão. Este fato pode ser comprovado pela Figura 3, na qual estão representadas todas as feições lineares identificadas nessas imagens.

Numa classificação baseada em suas direções, conforme metodologia proposta por Liu (1984), esses lineamentos podem ser agrupados em seis sistemas principais: N45°W, N30°W, N20°E, N50°E, N60°E e N70°E. Estas tendências são confirmadas pelo diagrama em roseta da Figura 4. Dentre eles, o último apresenta uma marcante coincidência com as direções dos cordões de dunas do litoral, tornando permissível a inferência de que pouco mais para o interior, em especial a sul e a sudeste da cidade de Barreirinhas, esta direção esteja igualmente associada a direções não-tectônicas, principalmente a morfologia de antigos campos de dunas, já fixadas.

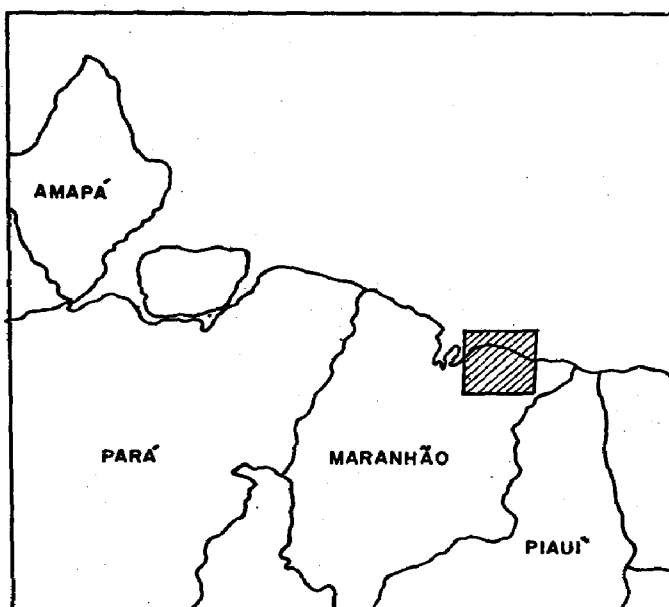


Fig. 1 - Localização da Área.

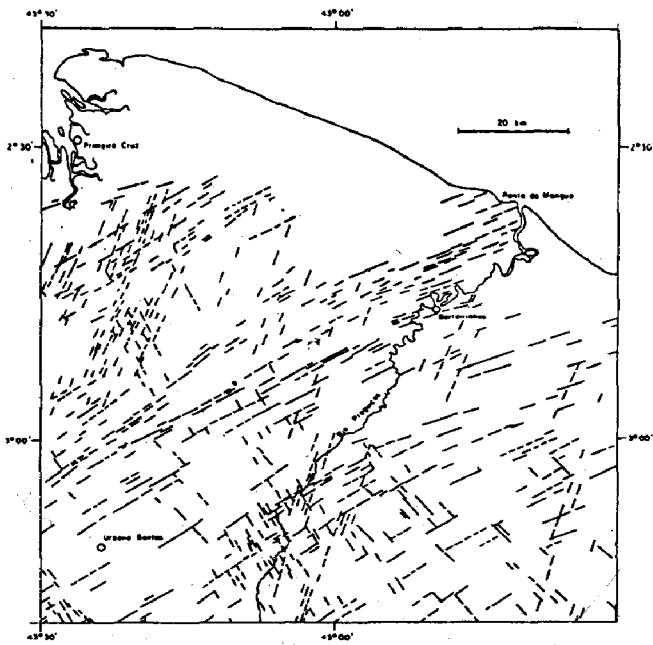


Fig. 3 - Mapa dos lineamentos fotogeológicos no Nordeste do Maranhão.

Entre os demais sistemas, chamam a atenção os lineamentos com direção N50E. Ao contrário do que ocorre com os demais sistemas, estes lineamentos concentram-se em uma faixa única, aqui denominada lineamento Pirapemas. Esta faixa se estende por uma distância de cerca de 200 quilômetros, desde o interflúvio entre os rios Mearim e Itapecuru (fora da área mostrada pela Figura 1) até as proximidades do litoral, onde vem a desaparecer sob os vastos campos de dunas dos Lençóis Maranhenses, a oeste da Ponta do Mangue. Melhor observando, este lineamento tem o aspecto de uma possível bifurcação de uma outra faixa, esta com direção N60E, situada pouco mais a leste. Esta relação parece mais palpável se for considerada a distribuição dos lineamentos com essas direções em toda a área abrangida pelo projeto de cooperação entre o INPE e a Petrobrás, referido anteriormente (Figura 5). Nesta figura, mais abrangente, pode-se perceber que muito frequentemente ocorre uma variação gradual entre os lineamentos com direção N50E e N60E, não sendo aceitável sua separação como dois sistemas distintos. Este fato, aliado a outros fatores, tais como a distribuição espacial e a homogeneidade de seus componentes, reforça a idéia de que todos esses lineamentos façam parte de um mesmo conjunto e que sejam feições relacionadas a um mesmo episódio tectônico.

Entre todos os lineamentos identificados na área deste trabalho (Figura 3) aqueles com direções N45W e principalmente N60E, N20E e N30W são os mais numerosos e distribuem-se de forma mais ou menos homogênea por toda a área considerada. Os dois primeiros são, juntamente com a direção N70E, os principais responsáveis pelo condicionamento da drenagem, que conforme será mostrado a seguir se revela muito nítido na região a sudeste do lineamento Pirapemas.

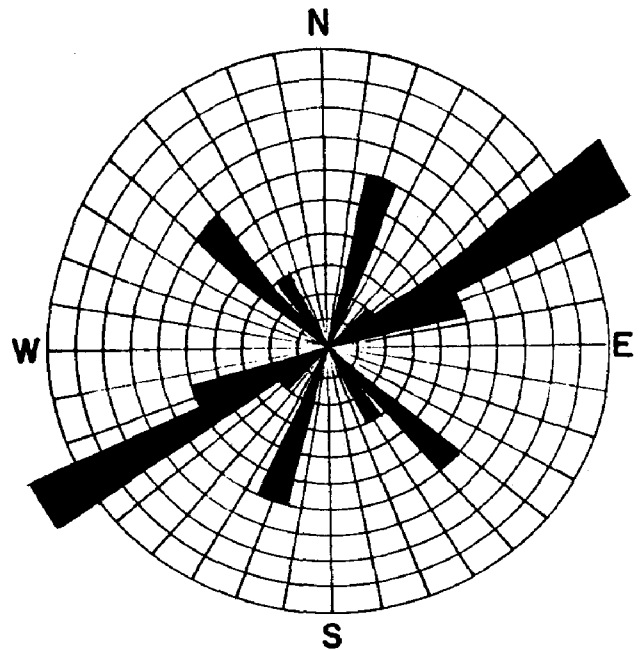


Fig. 4 - Diagrama em roseta dos lineamentos da Figura 3.

#### 4. A REDE DE DRENAGEM

A drenagem da área é representada pelo rio Preguiça e seus afluentes (Negro, Juçaral, Coçal, etc.), e pelos rios Piriá, Bom Gosto, Velho, Muquem, Rio da Fome, Carrapato e Gengibre, além de inúmeros outros de menor expressão (Figura 6). Esta drenagem tem aspecto coerente com o substrato sobre o qual está instalada, isto é, seu padrão aproximadamente dendrítico e sua baixa densidade são absolutamente compatíveis com o que se espera da drenagem sobre unidades litológicas arenosas sub-horizontais.

Entretanto, uma observação mais minuciosa do mapa de drenagem permite que se identifique uma claríssima diferenciação entre os padrões da drenagem de cada uma das porções em que o lineamento Pirapemas divide a área. Na porção a Sudeste desse lineamento, o traçado dos rios mostra-se claramente marcado por uma forte tendência aos direcionamentos N70°E, N45°W e principalmente N60°E e assume um padrão que tende fortemente ao retangular ou subparalelo. O exame desta drenagem, em planta, dá ao observador a nítida impressão de que se trata de uma área com gradientes topográficos entre moderados e baixos, na qual os cursos d'água escoam com velocidade suficientemente baixa para permitir seu condicionamento ao traçado dos lineamentos observados nas imagens LANDSAT e SLAR. O escoamento geral é subparalelo à direção do lineamento Pirapemas.

O setor a noroeste do lineamento Pirapemas caracteriza-se pela presença de uma drenagem em tudo diferente da anterior, com rios que apenas ocasionalmente mostram algum condicionamento aos lineamentos com direções N20°E e N30°W. A rede de drenagem aqui instalada é menos densa e obedece a um padrão dendrítico mais típico que a anterior.

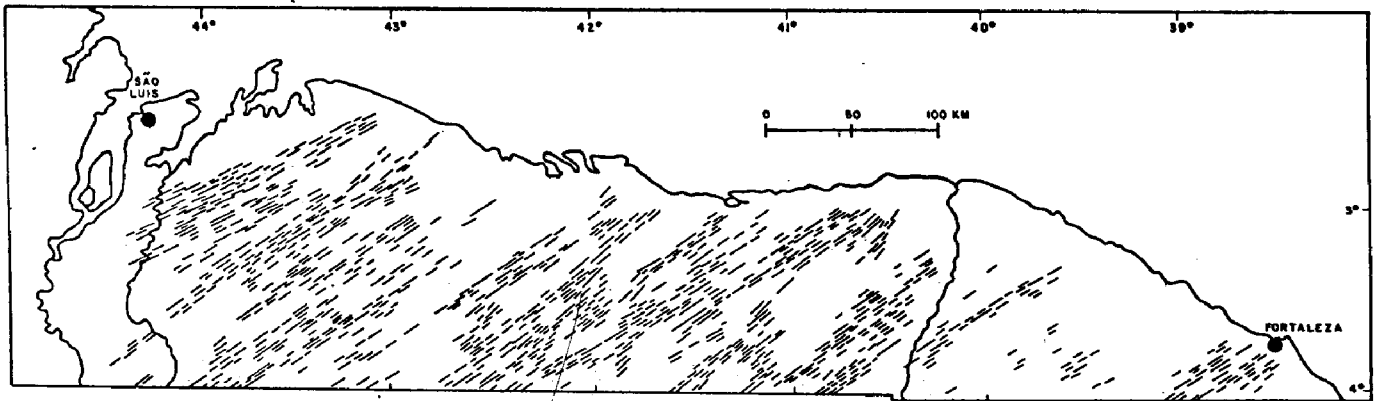


Fig. 5 - Mapa dos lineamentos com direção N50-60E na margem equatorial brasileira entre S. Luis e Fortaleza.

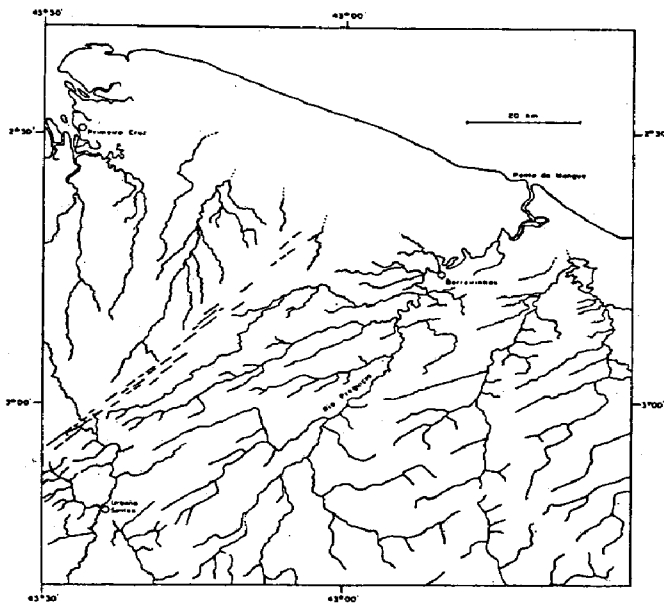


Fig. 6 - Mapa de drenagem no nordeste do Maranhão.

A 20km ao norte de Urbano Santos está assinalado o lineamento Pirapemas.

De um modo geral o escoamento se dá formando grandes ângulos com a direção do lineamento Pirapemas e de maneira quase direta para o litoral (Figura 6). A observação desta área, no mapa de drenagem, dá a impressão de se tratar de um bloco basculado no rumo Norte, a partir de lineamento de Pirapemas, aumentando o gradiente topográfico, acelerando o escoamento e, por este motivo, dificultando o condiciona dos rios às linhas de fraqueza estrutural ou às discontinuidades morfológicas do terreno.

Em resumo, são absolutamente marcantes e impossíveis de passar despercebidas as diferenças entre as drenagens de cada uma das áreas

acima, tanto em termos de geometria de seu traçado quanto em termos de densidade de canais ou da direção geral do escoamento. E da mesma forma é notável a "coincidência" entre o lineamento Pirapemas e o limite entre essas áreas, reforçada por alguns aspectos geológicos que serão citados a seguir.

##### 5. O LINEAMENTO PIRAPEMAS E A BACIA DE BARREIRINHAS

Além da notável coincidência entre o lineamento Pirapemas e o limite entre as duas áreas com diferenças marcantes na drenagem, acima noticiado, existem diversos aspectos geológicos aparentemente relacionados com a presença desta feição linear. Infelizmente, faltam registros de campo que possam auxiliar na determinação de seu posicionamento mais efetivo dentro do quadro evolutivo regional. Assim, o seu papel no contexto geológico apenas pode ser inferido a partir de informações indiretas extraídas da literatura.

De um modo geral, ou pelo menos muito frequente, as evidências disponíveis dão conta de que a existência do lineamento Pirapemas relaciona-se com um processo de estiramento crustal mais ou menos amplo, e cujos registros são detectados pelo menos até a região de Fortaleza.

Em primeiro lugar convém lembrar que a direção Pirapemas (N50E) e a direção N60E, sua postamente a ela associada, apresentam ampla distribuição pela margem equatorial brasileira (ver Figura 5), permitindo a consideração de que estão relacionados a um mesmo evento de formação de âmbito regional cujos registros geológicos são identificados inclusive sobre as coberturas cenozóicas. Um fato digno de ser noticiado é a acentuada diminuição na densidade desses lineamentos na região imediatamente a leste do lineamento Sobral-Pedro II, ou seja, nos terrenos gnáissico-migmatíticos-graníticos do Domínio Cearense (Santos e Neves, 1984).

Igualmente notável é a associação entre a direção Pirapemas e o "trend" geral dos falhamentos que dão ao Domínio Médio-Coreau uma clara estruturação em blocos (Figura 7). Estes fenô

Thamentos são, segundo Santos e Neves (1984) resultantes de uma "grande mobilidade tectônica ao longo do final do Pré-Cambriano, com tendência geral a processos de subsidência...". Conforme pode ser observado na Figura 5, esta direção de verter se submetido a posteriores reativações, denunciadas pela presença de lineamentos razoavelmente nítidos sobre os terrenos fanerozóicos (inclusive cenozóicos). A oeste de Sobral, a grande densidade dos lineamentos não favorece a identificação de faixas bem definidas que possam ser associadas aos referidos falhamentos. Contudo, a comparação com o mapa tectônico da Figura 7 revela uma frequente coincidência geográfica e direcional entre as falhas mapeadas e os lineamentos fotogeológicos. Imediatamente a leste de Sobral, entretanto, os lineamentos se agrupam em uma faixa que mostra estreita relação com a falha transcorrente sinistral de Forquilha, enquanto que a Sudoeste da cidade de Fortaleza nota-se uma ocorrência bastante dispersa de tais feições, cuja distribuição coincide aproximadamente com os limites dos terrenos pré-cambriano não diferenciados ali existentes (Schobbenhaus et alii, 1984), nos quais não se tem notícia de feições rupturais importantes.

Em seu trabalho sobre o modelamento tectônico, a origem e a evolução da Bacia de Barreirinhas, Azevedo et alii (Inédito) apresentam, entre outros dados relevantes, o mapa de intensidade magnética total desta bacia, mostrada na Figura 8. Sobre este mapa plotou-se esquematicamente a posição de lineamentos Pirapemas e tornou-se nítido o seu paralelismo com o Alto de Bacaba e com a sequência de isogamas cuja tendência NE-SW, segundo esses autores, "sugere a ocorrência de padrão de falhas distensionais, resultantes do estiramento crustal". Mais a leste, quase nos limites da figura percebe-se novamente uma acentuada tendência NE-SW das curvas magnéticas, provavelmente relacionável a outra faixa, paralela a Pirapemas, mas que conforme já foi citado não pode ser perfeitamente individualizada por causa da alta densidade de lineamentos. O padrão E-W das curvas magnéticas a leste do lineamento Pirapemas é relacionado ao relevo da falha de Romanche por aqueles autores. Assim sendo, as afirmativas acima permitem inferir que o lineamento Pirapemas realmente teve atividade posterior à formação do soalho oceânico nesta região, isto é, após o início da fase "drift" da deriva tectônica (Pós-Aptiano).

Outra clara evidência do relacionamento do lineamento Pirapemas com episódios distensionais na margem equatorial brasileira é dada pela Figura 9 na qual estão superpostos o mapa de drenagem, o posicionamento do lineamento Pirapemas e as linhas de contorno do topo da zona matura da Bacia de Barreirinhas. É facilmente observável que estas linhas apresentam-se subparalelas segundo a direção Pirapemas e revelam uma sequência de altos e baixos apenas permissível num regime de levantamento e subsidência de blocos posterior à maturação da matéria orgânica.

Do mesmo modo, a observação do Mapa Tectônico do Brasil (1971) e do Tectonic Map of South America (1978) evidencia a existência de um alto que divide em dois conjuntos as maiores isopacas da Bacia de Barreirinhas e que coincide com a localização do lineamento Pirapemas.

Evidências de distensão no Cenozóico são encontradas na região de Fortaleza, na qual diversos diques alcalinos se alinham segundo a mesma direção N50-60E (Figura 10). Além destes diques são também mapeadas nessa área várias intrusões alcalinas, provavelmente associadas a eles. Datações realizadas para o fonólito Messajana, uma dessas intrusões, registraram idades de  $32 \pm 1$  milhões de anos, semelhantes a dos basaltos alcançados por perfurações na plataforma continental ao norte da capital cearense. A extrapolação desta idade para as demais intrusões e especialmente para os diques alcalinos permite considerar a ocorrência de distensões na área e de atividade da direção Pirapemas durante o Oligoceno Superior.

A observação do mapa geológico da Figura 2 (Schobbenhaus et alii, 1984) mostra uma razoável congruência entre o limite da ocorrência de sedimentos pleistocênicos e o lineamento Pirapemas. Este fato reforça a idéia de ter ocorrido um basculamento deste lado do lineamento, com rebaixamento da porção costeira e consequente ingressão marinha e deposição dos sedimentos pleistocênicos.

Conforme se pode verificar são várias as evidências das relações entre o lineamento Pirapemas e um provável tectonismo distensional na margem equatorial brasileira. Da mesma forma, essas evidências atingem diversas idades geológicas, mesmo as mais modernas, não parecendo que o registro fotogeológico desse lineamento sobre terrenos cenozóicos possa estar vinculado simplesmente a reflexos da morfologia do embasamento.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AZEVEDO, R.P. DE; ROSSETTI, E.L.; NEPOMUCENO FILHO, F.; CAPUTO, M.V. Modelamento tectônico, origem e evolução da Bacia de Barreirinhas. PETROBRÁS/DENOR. (Inédito).
- CORDANI, U.G.; NEVES, B.B. DE B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F.M.D. DA *Estudo preliminar de integração do Pré-cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1983.
- COSTA, M.J.; FRANÇA, J.B. DE; LINS, C.A.C.; BACCHIEGGA, I.F.; CRUZ, W.B. DA; HABEKOST, C.R. *PROJETO JAIBARAS*. Recife, CPRM, 1973.
- LIU, C.C. *Análise estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao Estado do Rio de Janeiro*. Tese de doutoramento no Departamento de Geologia Geral do Instituto de Geociências, USP. São José dos Campos, INPE, 1984 (inédito).
- MAPA TECTÔNICO DO BRASIL, escala 1:5.000.000. DNPM, 1971.
- SANTOS, E.J. DOS; NEVES, B.B. DE B. *Província Borborema*. In: ALMEIDA, F.F.M. DE; HASUI, Y. *O Pré-cambriano do Brasil*. São Paulo, Editora Blucher, 1984, p.123-136.
- SCHOBHENHAUS, C.; CAMPOS, D. DE A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. *Geologia do Brasil, texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Mineiros*. Brasília, DNPM, 1984.

TECTONIC MAP OF SOUTH AMERICA, escala de 1:5.000; explanatory note. Convênio DNP-CGMW-UNESCO. Brasília, DNP, 1978.

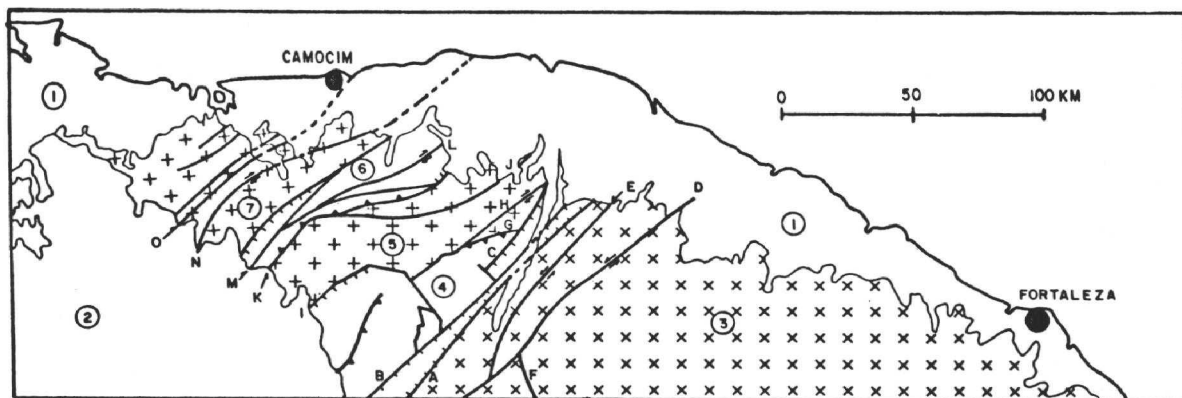


Fig. 7 - Mapa tectônico da região entre S.Luis e Fortaleza.

- 1 - Coberturas fanerozóicas 2 - Bacia do Parnaíba  
 3 - Domínio Cearense 4 - Graben Bambuí-Jaibaras  
 5 - Horst de Tucunduva 6 - Graben de Martinópolis  
 7 - Maciço de Granja.

- A - Lineamento Sobral-Pedro II B - Falha Cafê-Ipueiras  
 C - Falha de Massapê D - Falha de Forquilha  
 E - Falha de Humberto Monte F - Falha Rio Groaíras  
 G - Falha de Apurinã H - Falha de Tangente  
 I - Falha de Arapa J - Zona de Cisalhamento de Água Branca  
 K - Falha de Itacolomi L - Falha de Martinópolis  
 M - Zona de Cisalhamento de Jaguarapi.  
 N - Zona de Cisalhamento de Granja.

FONTES: Costa et alii, 1973; Schobbenhaus et alii, 1984.

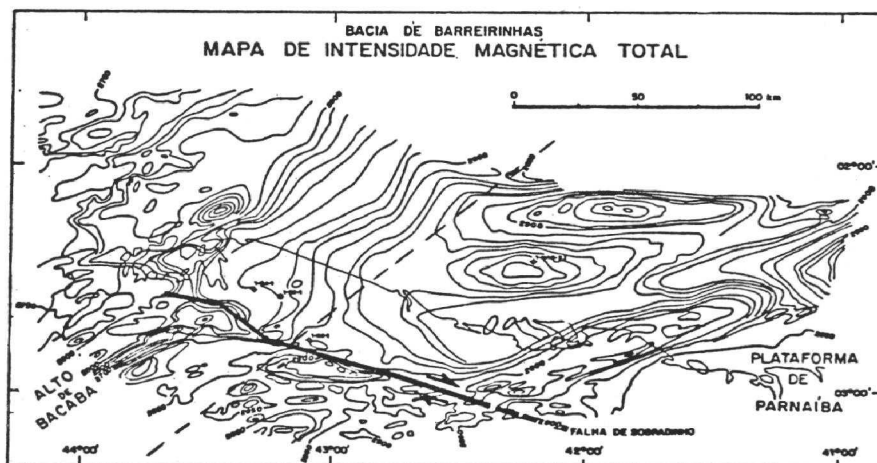


Fig. 8 - Mapa de Intensidade Magnética.  
 A linha tracejada representa o lineamento Pirapemas.  
 FONTE: Azevedo et alii, inédito.

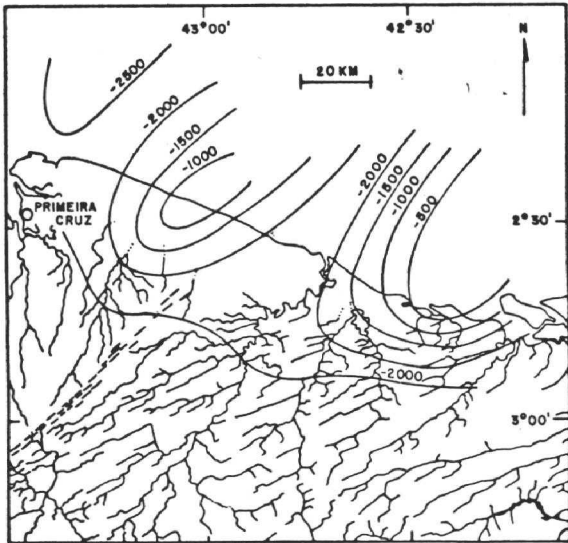


Fig. 9 - Mapa de contorno do topo da zona matu ra na Bacia de Barreirinhas.

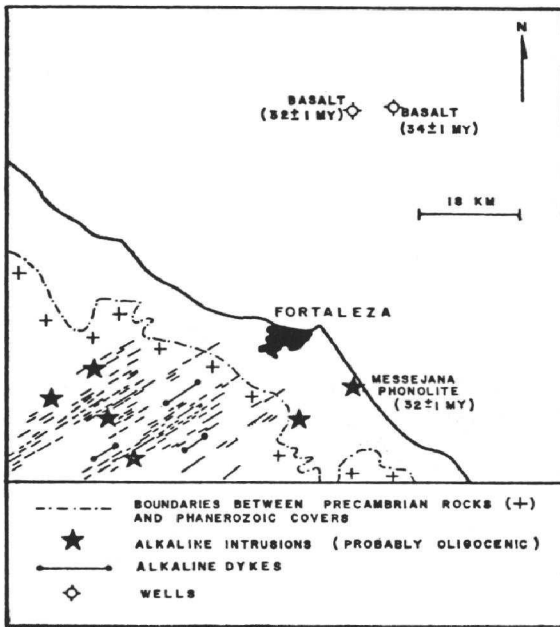


Fig. 10 - Intrusões alcalinas na região de For taleza (CE).

FONTE: Miranda et alii, inēdito.