

# VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota

Sexta Reunion Nacional  
SELPER-Mexico

*Latinoamérica Evaluada desde el Espacio*  
Puerto Vallarta, México

Memorias

Noviembre, 1995

# FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS: LEVANTAMENTO FOTOGEOLÓGICO ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT E RADAR ERS-1.

Chan Chiang Liu  
Pedro Alberto Bignelli  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS  
Caixa Postal 515, 12227-970  
São José dos Campos, São Paulo, Brasil

## RESUMO

Os resultados do mapeamento fotogeológico da região da Floresta Nacional do Tapajós são apresentados através da interpretação das imagens do TM Landsat e radar ERS-1. As feições das imagens, tais como padrões de drenagem, características do relevo, tonalidade, lineamentos topográficos e suas continuidades foram tomadas como parâmetros de análise. A suposição de que estas feições representam, direta ou indiretamente, os aspectos litológicos do terreno, levam à formulação de várias Unidades de mapeamento: três Unidades de rochas Pré-Cambrianas, três Unidades de rochas sedimentares Mesozóicas e duas Unidades sedimentares Terciárias. As estruturas geológicas foram inferidas a partir de lineamentos aparentes em superfície e são significantes em termos do estudo da tectônica regional. Este estudo revelou discrepâncias em relação ao mapa geológico da Folha SB-21-Tapajós do Projeto RADAMBRASIL, no que diz respeito à distribuição espacial das unidades litológicas e linhas de falha.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho é parte integrante do levantamento global dos recursos naturais da área da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA). As imagens TM Landsat e radar ERS-1 foram utilizadas como instrumento de mapeamento da citada região, a qual se localiza, aproximadamente, entre as latitudes 4° 00' - 5° 20' sul e longitudes 55° 40' - 57° 20' oeste, na borda sul da Sinéclise Amazônica. A área de estudo cobre cerca de 11200 Km<sup>2</sup> abrangendo em quase sua totalidade rochas sedimentares Cenozóicas e Mesozóicas, com semelhantes graus de resistência erosional, caracterizadas por aparências topográficas monótonas e pobres em afloramentos devido à cobertura vegetal e de solo.

As imagens do TM Landsat foram ampliadas na escala 1:250000 e correspondem às bandas 4,5 e 7 numa combinação RGB de onde foram extraídos os resultados interpretativos.

Objetivando uma checagem destes resultados, foram analisadas imagens do sensor radar ERS-1, (ESA, 1992) na mesma escala, especialmente no que se refere a extração das morfoestruturas.

Devido ao caráter particular das feições superficiais do terreno, especificamente nesta área de estudo (densa cobertura vegetal), a interpretação concluída oferece uma visão geral e aproximada do quadro geológico da área.

## 2. MÉTODO DE ESTUDO

Uma consulta ao Mapa Geológico da Folha SB-21-Tapajós do Projeto RADAMBRASIL, na escala 1:1000000, mostra que na área de estudo há uma predominância de coberturas sedimentares Terciárias e de uma sequência sedimentar Mesozóica. As unidades metassedimentares e o embasamento gnaisse-granito-migmatítico, de idade Pré-Cambriana, distribuem-se numa estreita faixa ao longo da margem sul da área, (Almeida, 1978).

As imagens do TM Landsat demonstraram que a referida região inclui amplas planícies com drenagens pouco profundas e áreas com morros formando uma superfície suavemente ondulada. Assim, torna-se muito difícil identificar e diferenciar as unidades litoestratigráficas, pois lhes faltam padrões de relevos ou características tonais distintas. Para tanto, o primeiro passo do estudo foi o de comparar cuidadosamente as imagens com o Mapa Geológico (Fig.1), a fim de ordenar os padrões fotogeológicos característicos de cada unidade de mapeamento. O Mapa Geológico do Projeto RADAMBRASIL foi elaborado por fotointerpretação de imagens de Radar, fotografias aéreas multiespectrais e trabalho de campo. O controle de mapeamento das várias unidades geológicas, apresentadas neste mapa foi, realizado a partir de perfis geológicos ao longo do rio Tapajós, onde estas unidades melhor afloram. Outra opção do reconhecimento regional baseou-se em dados de campo coletados pelos autores nos cortes das rodovias Transamazônica e Cuiabá-Santarém, a leste da área mapeada. Considerando estes fatos, utilizou-se o Mapa Geológico do Projeto RADAMBRASIL nos limites do rio Tapajós, e os dados regionais de campo, como modelos de um perfil básico para a fotointerpretação das áreas adjacentes.

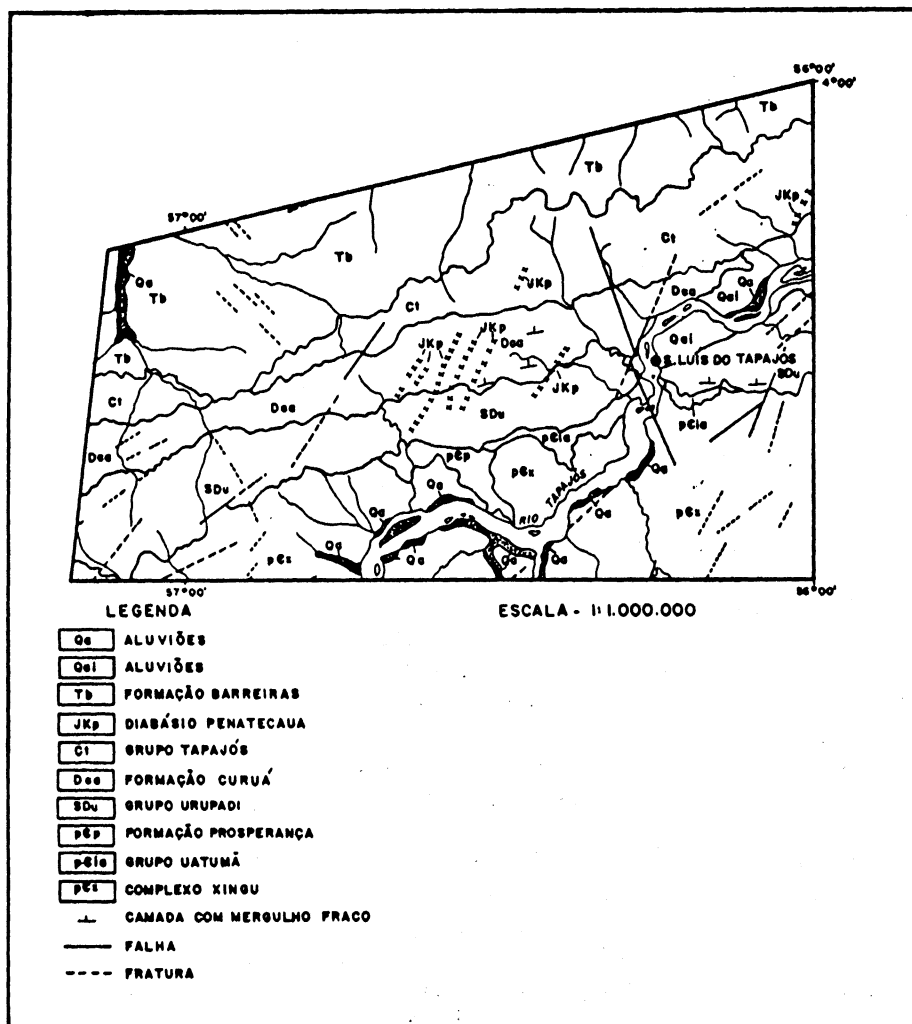


Fig. 1 - Mapa Geológico do Projeto RADAMBRASIL, (Fonte: RADAMBRASIL, 1974).

O segundo passo do estudo foi a interpretação geológica das imagens do TM Landsat e do Radar ERS-1. Os parâmetros para a interpretação são classificados de acordo com a apresentação ou não da demonstração direta ou indireta das condições litoestruturais do terreno. Os parâmetros diretos referem-se as feições topográficas e aos padrões de drenagem, enquanto os indiretos são a tonalidade, a distribuição e densidade da cobertura vegetal. Nesta área de estudo não há feições topográficas características, nem tonalidades bem contrastadas, como também não há coberturas superficiais bem definidas. Portanto, a interpretação geológica foi principalmente baseada na análise e diferenciação dos padrões de drenagem. As seqüências sedimentares e as rochas Pré-Cambrianas, sujeitas à atuação de vários processos erosionais, estabeleceram padrões em diferentes graus de definição. Desta forma, uma sucessão de áreas, com padrões de drenagens homólogos, foram individualizadas no sentido de subentenderem unidades de mapeamento. Os lineamentos topográficos e segmentos retilíneos de drenagem foram interpretados como prováveis lineamentos estruturais.

### 3. FOTOGEOLOGIA

#### 3.1. DISTINÇÃO DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO

A integração das feições das imagens TM Landsat foi observada usualmente sobre áreas específicas, possibilitando diferenciar as unidades de mapeamento com características comuns, (Fig.2).

As rochas Pré Cambrianas, distribuídas nesta área, foram divididas em três Unidades denominadas: Unidades A, B e C. A Unidade A, distribui-se em ambos os lados do rio Tapajós e exibe-se desnudada, semelhante a uma planície suavemente inclinada para o rio. A drenagem desenvolvida nesta Unidade exibe um padrão subdendrítico, com canais curtos e largos e com tributários subparalelos alongados. A Unidade B distribui-se na porção sul da área e apresenta uma superfície rugosa com textura fina e drenagem ramificada. A Unidade C espalha-se ao longo de ambos os lados do rio Tapajós formando as áreas colinosas.

As rochas sedimentares Mesozóicas também foram diferenciadas em três Unidades de mapeamento: Unidades D, E e F. A Unidade D, com uma tonalidade escura, é formada por uma planície extensamente desnudada, na qual não se pode examinar seu padrão de drenagem na porção em que se situa a oeste de São Luís do Tapajós. Entretanto, a leste, o padrão de drenagem é subdendrítico e amplamente espaçado. A Unidade E, distribui-se de leste a oeste através da parte centro-sul da área estudada e exibe uma planície esculpida, em sua maior parte, por um padrão de drenagem dendrítico de textura média. Algumas partes desta planície aparecem preservadas na forma de tabuleiros. Esta Unidade separa os sistemas de drenagem da área em duas direções de fluxo; uma para sudeste e outra para norte. A Unidade F distribui-se de leste para oeste, através da parte central da área de estudo e também exibe uma planície da qual algumas partes são preservadas como platôs e as demais são esculpidas por um padrão de drenagem subdendrítico mas de textura muito fina.

A cobertura sedimentar Terciária, Formação Barreiras, pode ser dividida em duas Unidades: G e H. A primeira é extensamente distribuída, ocupa quase a metade da área de estudo, e mostra um padrão de drenagem dendrítico de textura bem fina e ramificada; a segunda, provavelmente, ainda conserva sua superfície original e foi interpretada como sendo uma Unidade constituída de arenitos conglomeráticos, sobrepostos, concordantes ou discordantes à Unidade G.

Do lado norte do rio Tapajós, a leste do meridiano W 56° 30', há relevos retilíneos positivos proeminentes na direção N 60° W, concordantes com a tendência dos lineamentos estruturais regionais. Como se sabe, estruturas em diques, devido a sua resistência relativa às rochas adjacentes, podem exibir relevos retilíneos negativos e positivos; sendo estes últimos, referentes à lentes de quartzitos. Desta forma, os relevos presentes no lado norte do rio Tapajós podem ser inferidos como diques ou lentes de quartzito.

Com relação aos aspectos abordados para a discriminação das unidades fotolitológicas, observa-se que nas imagens do radar orbital ERS-1 as feições de relevo têm suas características realçadas.

Desta forma, as Unidades B e C, por exemplo, possuem aspectos diferenciais mais marcantes, destacando-se a Unidade B como uma superfície arrasada e finamente rugosa, em contraste com a Unidade C, consideravelmente

mais resistente a erosão, formando áreas colinosas, correspondentes à Associação Xingu 1 (Bignelli, 1994), enquanto a Unidade B, corresponderia à Associação Xingu 2, citada pelo mesmo autor.

Quanto às Unidades sedimentares atribuídas ao Mesozóico encontramos nas imagens radar uma melhor definição dos tabuleiros representativos de frações da Unidade E.

Já a cobertura sedimentar Terciária tem a diferenciação de suas Subunidades G e H, acentuada, pois a superfície de prováveis arenitos e conglomerados, atribuída à Unidade H é significativamente mais rugosa que a da Unidade sotoposta G.

Finalmente, destacam-se com maior facilidade nas imagens de radar as feições retilíneas dispostas a leste do meridiano 56° 30' W, representadas por quebras positivas orientadas segundo N60°W, e mencionadas como prováveis lentes de quartzito.

### 3.2. LINEAMENTOS ESTRUTURAIS

O traçado dos lineamentos estruturais é fundamental à fotoanálise. O termo lineamento estrutural inclui qualquer alinhamento de feições topográficas, de drenagem, litológicas ou contatos entre unidades fisiográficas; está portanto, condicionado à geologia de subsuperfície, sendo, geralmente identificado nas imagens como feições lineares, (Liu, 1973a,b).

A estrutura geológica nesta região é principalmente revelada pelas feições de relevo (lineamentos) e segmentos de drenagem retilíneos, que se orientam principalmente na direção N40°-50°W. Uma segunda direção, N30°-40°E, é menos evidente e na maior parte da área é difícil de ser examinada. Talvez possa inferir-se que esta direção N30°-40°E corresponda à tendência estrutural mais antiga e, de certa forma, está obliterada pelos lineamentos mais recentes de direção N40°-50°W.

No que se refere ao radar, os lineamentos estruturais que se apresentam na área da Floresta Nacional do Tapajós são destacados na direção N40°-50°W, pois além de serem melhor expressos geomorfologicamente, estes se encontram subperpendiculares ao ângulo de visada do sensor ERS-1 em sua órbita 4141 de 01 de maio de 1992.

Por outro lado, a direção estrutural N30°-40°E é pouco perceptível, pois estando subparalela à visada do radar, esta direção não é detectada pelo sensor de microondas.

## 4. CONCLUSÕES

Através da análise e integração dos elementos de fotointerpretação das imagens TM Landsat e radar ERS-1 a distribuição das unidades de mapeamento da região do Parque da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA) foi levantada.

As Unidades interpretadas, dispostas a oeste do rio Tapajós, apresentam um padrão de distribuição consideravelmente diferente, do apresentado no Mapa Geológico do Projeto RADAMBRASIL.

A distinção, encontra-se na capacidade da fotointerpretação conjugada do TM Landsat e do ERS-1, separar em três Subunidades (A, B e C), fisiograficamente distintas, a área recoberta indistintamente, no citado Mapa Geológico, pela Unidade Complexo Xingu.

As demais Unidades mapeadas se correlacionariam na seguinte ordem com o mapeamento prévio de RADAMBRASIL, 1974:

**Unidade D:** corresponde ao Grupo Urapadi em sua Formação Ererê constituída por arenitos e siltitos intercalados;

**Unidade E:** relacionada a Formação Curuá constituída por intercalações lenticulares de arenitos muito finos, siltitos e argilitos;

**Unidade F:** correlata ao Grupo Tapajós, Formação Itaituba; margas e calcários;

**Unidade G e H:** correspondentes a Formação Barreiras; arenitos finos, siltitos, argilitos e arenitos grosseiros.

Os diques interpretados, provavelmente estão ligados às ocorrências do Diabásio Penatecaua diferenciados localmente com composição granodiorítica.

Além disso, os inúmeros falhamentos mostrados na Folha SB-21 Tapajós, do mesmo Projeto, não são identificados em imagens do TM Landsat nem nas imagens de radar analisadas pelos autores; ficando somente os dois "sets" de lineamentos estruturais representados no mapa fotointerpretativo, como os principais da área analisada. Finalmente citamos que o advento do imageamento radar orbital trouxe uma significativa contribuição para a discriminação fisiográfica das Unidades de mapeamento, além de possibilitar um melhor discernimento nas feições estruturais.

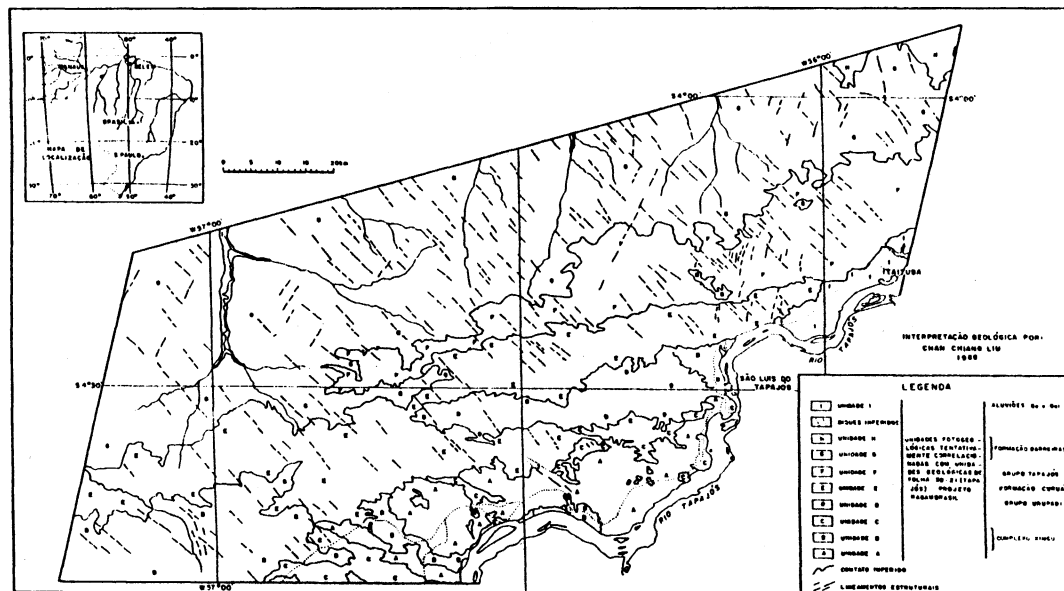


Fig. 2 - Mapa Fotogeológico da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F. F. M., 1978, A evolução dos Cratons Amazônico e do São Francisco comparada com seus homólogos do hemisfério norte. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30., Recife, Brasil. Anais, Recife, Brasil, Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p. 2393-2407.
- Bignelli, P.A., 1994, Avaliação dos dados de radar (SAR) do Projeto SAREX'92 e ERS-1 em mapeamento geológico na região de Salobo, Província Mineral de Carajás. São José dos Campos, INPE. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, no prelo).
- ESA., 1992, ERS-1 System. Noordwijk, Netherlands, Pam Vass & Bruce Battrick ed. 85p. (ESA SP-1146).

Liu, C. C., 1973, Geology of the area "Senhor do Bomfim" based on SLAR mosaic interpretations. São José dos Campos, INPE. (INPE-278-RI/67).

Liu, C. C., 1973, Radargeological observations on the low hilly terrain amidst Piauí, Pernambuco and Bahia state, Brazil. São José dos Campos, INPE. (INPE-336-RI/112).

PROJETO RADAMBRASIL., 1974, Folha SB-21 Tapajós. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral, (levantamento de recursos naturais, 7) 723p.