

INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS TM LANDSAT 5  
APLICADA À GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA  
NOS ESTUDOS DE VIABILIDADE DA UHE SERRA  
QUEBRADA - MÉDIO TOCANTINS

A. Bartorelli

THEMAG Engenharia Ltda.  
Rua Bela Cintra, 986, 7º andar  
01415 - São Paulo - SP

A. G. P. Neto

THEMAG Engenharia Ltda.  
Rua Bela Cintra, 986, 7º andar  
01415 - São Paulo - SP

P. J. R. Carneiro

Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A  
SCN - Quadra 06, Conj. A, Bloco C Sala 1214  
70710 - Brasília - DF

RESUMO

Durante o ano de 1989 foi feita interpretação geológica e geomorfológica de imagens TM Landsat 5, da área de influência direta (AID) e área diretamente afetada (ADA) do futuro reservatório da UHE Serra Quebrada, na Bacia do Médio Tocantins, para os estudos de viabilidade conduzidos pela ELETRONORTE. O trabalho tem resultados expressivos do ponto de vista geológico, entretanto, do ponto de vista geomorfológico, não foi possível ultrapassar o nível regional de mapeamento.

ABSTRACT

During the year of 1989, the ELETRONORTE had conducted the geological and geomorphological mapping of the reservoir area of the Serra Quebrada's dam, in Médio Tocantins basin, based upon TM LANDSAT 5 images. The work had achieved expressives results into the geological point of view. However, it wasn't possible to go beyond the regional mapping into the geomorphological point of view.

1. INTRODUÇÃO

Durante o ano de 1989 foi feita interpretação geológica e geomorfológica de imagens TM - LANDSAT 5 da área de influência direta (AID) e da área diretamente afetada (ADA) do futuro Reservatório de Serra Quebrada, na bacia do Médio Tocantins, para os estudos de viabilidade conduzidos pela Eletronorte.

Os estudos tiveram como resultado a elaboração de mapas geológicos e geomorfológicos, em escala 1:250.000 para a área de influência direta (AID), e mapas em escala 1:100.000, abrangendo a área

diretamente afetada (ADA).

A utilização das imagens TM - LANDSAT 5 se deveu ao fato delas permitirem uma análise rápida e integrada da geologia e geomorfologia da bacia de captação do futuro reservatório, e também por se apresentarem na escala dos mapas a serem elaborados.

2. A ÁREA DE ESTUDO - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

A bacia de captação do reservatório de Serra Quebrada localiza-se entre as coordenadas 46º30' e 47º50' W e 5º40' e

6°40'S, abrangendo uma área de, aproximadamente, 13.000 km<sup>2</sup>, na bacia do Médio Tocantins, ocupando partes dos estados do Tocantins e Maranhão.

A região, segundo a classificação de KOPPEM, é caracterizada por um clima do tipo tropical úmido, com precipitação anual de 1.600 a 2.100mm, com umidade relativa alta, de 80 a 85% (RADAMBRASIL, 1981).

O período chuvoso tem início em setembro/outubro prolongando-se até abril, com médias em torno de 370mm durante os meses mais chuvosos. Os meses de maior estiagem são geralmente julho e agosto. A temperatura máxima anual é ao redor de 33°C e a mínima em torno de 21°C.

Geologicamente a área de estudo faz parte da bacia intracratônica do Parnaíba, cuja evolução sedimentar se deu em duas fases distintas. A primeira, entre o Siluriano e o Carbonífero, durante o chamado estágio de Estabilização da Plataforma Sul Americana, e a segunda, do Triássico Superior ao Holoceno, relacionada às manifestações do Evento Sul Atlântico e quiescência tectônica posterior (THEMAG, 1987).

Estes domínios caracterizam-se pela presença de planaltos de estrutura complexa, capeados ou não por lateritas de cimeira, e por planaltos sedimentares. Estes últimos têm vertentes em rampas suaves e ausência quase completa de mamelonização. Apresentam-se frequentemente compartimentados em níveis, com pedimentos escalonados e terraços com cascalho. Os interflúvios são muito largos e os vales bastante espaçados entre si.

Esta região fica numa zona de transição do domínio morfoclimático dos cerrados para o domínio de floresta tropical úmida, constituindo-se, por tanto, numa zona de "Tensão Ecológica" típica.

Este quadro coloca tipologias características de ambiente de cerrado em situações de precipitação pluviométrica de 2.100mm anuais e tipologias características de floresta tropical com período de estiagem anual de até 4 meses. Encontram-se extensos chapadões formados por litologias areníticas, altamente permeáveis, encobertos tanto pela mais típica associação arbóreo arbustiva dos cerrados como da floresta tropical úmida.

É, portanto, uma região de alta com

plexidade, do ponto de vista ambiental, que dificulta a interpretação e o consequente estabelecimento de modelos esquemáticos. Soma-se a isto, a questão da interferência antrópica que já tem sido caracterizado em torno de 50% da área estudada.

### 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para a execução dos estudos foram utilizados dois jogos de imagens em papel fotográfico na escala 1:100.000, adotando-se composição colorida, nas bandas 2, 3 e 4 e 3, 4 e 5.

Na complementação e detalhamento dos levantamentos, utilizaram-se fotografias aéreas convencionais, em escala 1:40.000, que recobrem a área diretamente afetada.

Na interpretação visual das imagens LANDSAT seguiu-se um procedimento de associação de fatores litológicos, pedológicos e fitofisionômicos que produzisse, sempre na mesma correspondência de termos tonais e texturais nas imagens, um padrão de resposta espectral homogêneo, ao qual é referido como "feição".

Esta interpretação permitiu a elaboração de mapas preliminares que foram checados no campo, ao longo do rio Tocantins e dos principais acessos terrestres, tendo sido descritos cerca de 440 pontos de observação.

Para os estudos geomorfológicos, especificamente, adotou-se a proposição de DEMEK (1967) que considera o tipo de relevo como unidade taxonômica dos fatos geomorfológicos, adequada a mapeamentos em escalas de 1:250.000 e 1:100.000.

### 4. RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO E OBSERVAÇÃO DE CAMPO

O conhecimento geológico prévio da área define a existência de um pacote de sedimentos constituídos de arenitos, argilitos e folhelhos, depositados entre o Jurássico e o Cretáceo, que superpõe uma sequência de derrames basálticos, ocorrida entre o triássico e o jurássico. (figura 1)

Uma avaliação nos dados disponíveis de solos e vegetação (figuras 2 e 3-RADAM vol. 2, 1973) mostraram uma estreita correlação com o conhecimento geológico, e principalmente com as feições observadas nas imagens, permitindo, tanto o reconhe

cimento das sequências sedimentares, em relação aos derrames basálticos, quanto o reconhecimento das particularidades que caracterizam as diversas unidades sedimentares reconhecidas na área em questão.

O quadro 1 apresenta, de forma esquemática, o resultado desta interpretação, mostrando, principalmente, a correlação encontrada entre os elementos da paisagem observados na imagem.

Por outro lado, não é possível reconhecer as formas de relevo nas imagens. Todo o trabalho de reconhecimento destas feições só foi possível através da observação de fotos aéreas 1:40.000 e do trabalho de campo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos elementos obtidos da interpretação das imagens LANDSAT (composições 2/3/4 e 3/4/5), das fotografias aéreas e dos dados de campo, ficou constatado que:

- Para individualização das unidades de paisagem, a composição 3/4/5 mostrou-se mais apropriada, em função de um intervalo espectral mais abrangente, ou seja:

Banda 3 - Vermelho;

Banda 4 - Infra-Vermelho Próximo;

Banda 5 - Infra-Vermelho Médio,

que dão informações referentes aos diferentes graus de atividade biológica das vegetações, suas características estruturais e maior ou menor teor de água no sistema solo/vegetação. Assim é mais segura a utilização do parâmetro "cor" nos critérios de definição e distinção de feições.

Entretanto, é necessária uma profunda análise de todas as possibilidades de relações rocha-solo-água-vegetação para não incorrer em generalizações da chave de interpretação que não apresente correspondência no campo.

- As imagens não permitem a diferenciação dos diferentes níveis de relevo, destacando-se apenas as grandes serras residuais que ocorrem nos divisores da bacia hidrográfica. Tal situação se deve ao fato da área possuir um relevo bastante arrasado e aos altos ângulos de elevação solar das tomadas de cenas, em regiões de baixa latitude. Nesta situação praticamente se eliminam as linhas de ruptura de declive, impe-

dendo assim o reconhecimento de diferentes níveis de pediplanação e pedimentação, que são fundamentais na gênese do relevo regional.

- As imagens não permitem reconhecer as formas de relevo, de modo que as unidades foram delimitadas com base na textura, tonalidade e rugosidade da assinatura espectral, resultando muitas vezes em unidades de interpretação sem correspondência com o tipo de relevo de campo (figura 4).
- Neste sentido foi importante a utilização das fotografias aéreas convencionais, que permitiram identificar e descrever as formas constituintes dos diferentes tipos de relevo.

As fotografias aéreas contribuíram também para a delimitação da planície de inundação e dos níveis de terraço, uma vez que elas mostram as rupturas de declive que delimitam estas formas de relevo.

Foi somente a partir da caracterização morfológica das formas, feita nas fotografias aéreas, que se tornou possível preparar a legenda preliminar que orientou o reconhecimento dos relevos no campo (figura 5).

Com base no acima exposto, considera-se que, principalmente para a execução de estudos geomorfológicos em regiões semelhantes à estudada, devem ser utilizadas fotografias aéreas na escala 1:60.000, que se mostram mais eficientes, neste tipo de estudo, do que as fotos 1:40.000, e constituem instrumento de baixo custo, levando-se em conta, ainda, o fato de todo o território brasileiro encontrar-se recoberto por aerolevantamento na escala 1:60.000.

A interpretação de fotografias aéreas convencionais deve ser feita para áreas piloto ou em seções tipo, visto que ela permite o reconhecimento e a descrição precisa das formas e dos níveis de relevo, os quais, uma vez definidos e caracterizados como tipos de relevo, podem ter seus limites estendidos nas imagens TM - LANDSAT, permitindo, assim, uma visão geral e integrada da área de estudo (figura 6).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. N. (1973) - A organização Natural das paisagens Inter e Subtro-

tropicais Brasileiras. Geomorfologia  
41. Universidade de São Paulo. Insti-  
tuto de Geografia.

DEMEK, J. (1967) - Generalization of  
Geomorphological maps. In. Progress  
made in Geomorphological Mapping  
Brno, pp 36-72.

LILLESAND, T. M. & KIEFER, R. W.-Remote  
sensing and image interpretation.  
New York, John Wiley & Sons, 1979.

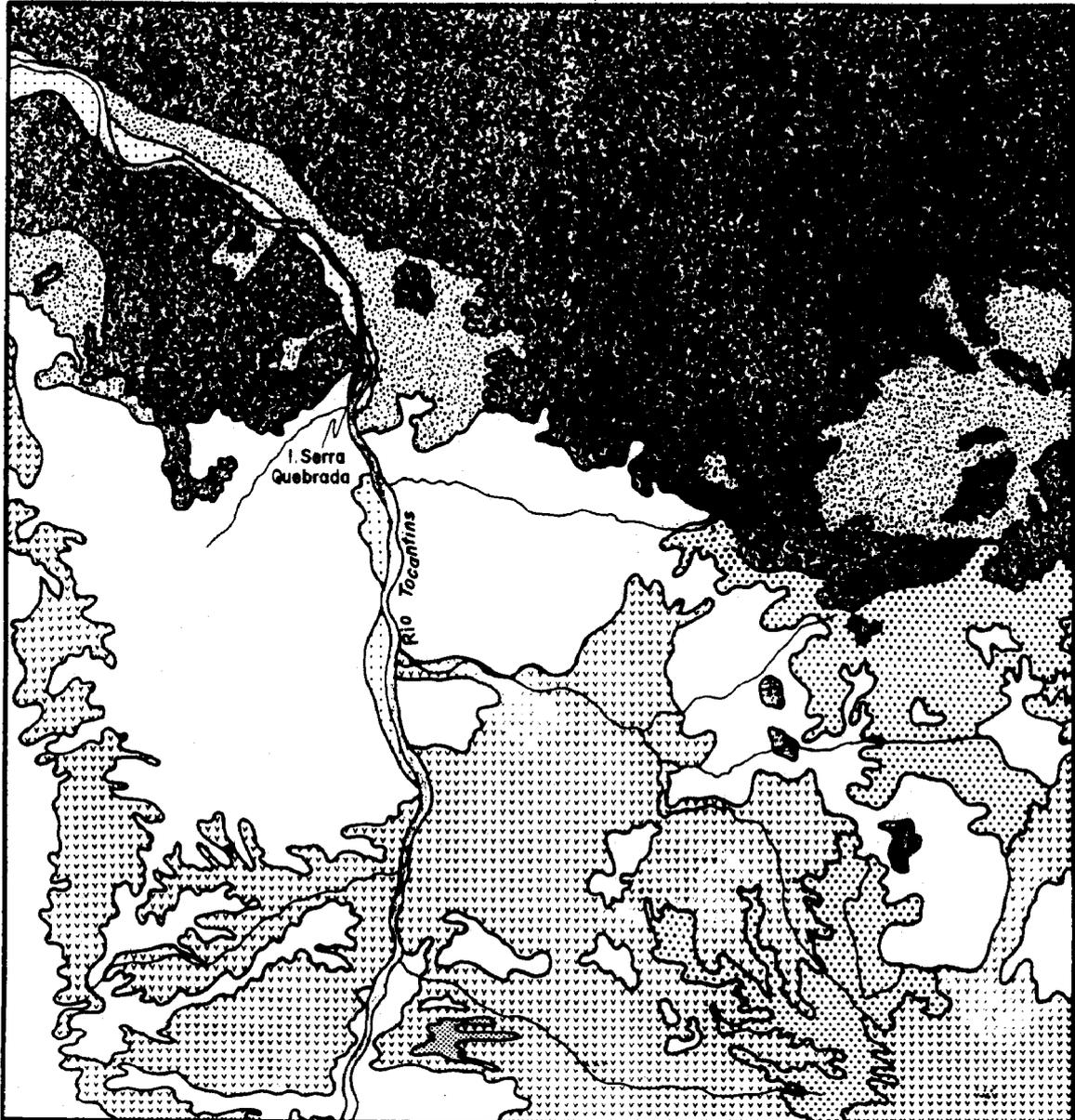
RADAMBRASIL (1981) - Folha SC 22. Tocan-  
tins. Levantamento de Recursos Natu-  
rais. Vol. 22. Min. das Minas e Ener-  
gia - Rio de Janeiro.

SIEGAL, B. S. & GILLESPIE. A. R.-Remote  
sensing in geology. New York, John  
Wiley & Sons, 1980.

THEMAG (1987) - Estudos de Inventário  
do Médio Tocantins. Avaliação Sismo-  
Tectônica da Faixa de Domínio do Rio  
Tocantins entre Campinaçu (GO) e Im-  
peratriz (MA) - TOC-04.321-RE.

QUADRO I

UNIDADE GEOLÓGICA	LITOLOGIA	SOLOS	CARACTERÍSTICA FISIOGRAFICAS	VEGETAÇÃO
FM MOSQUITO (Triássico/Jurássico)	Derrames Basálticos	(1) Brunizem Avermelhados e/ou Terra Roxa Estruturada e/ou Latossolos Roxos (2) Latossolos Vermelho Escuros	(1) e (2) -Drenagem Primária Desenvolvida Encaixada no Sistema de Fatura da Rocha -Drenagem Secundária Incipiente ou inexistente -Formas Colinosas de Relevo com Algumas Rampas Pedimentares e Morrotes	(1) Floresta Aberta Mista (2) Cerradão
FM CORDA (Jurássico)	Arenitos e Argilitos Intercalados	(1) Latossolos Vermelho-Amarelo (2) Areias Quartzozas Solos Concrecionários Solos Litólicos	(1) Dominando o Fundo de Vales da Drenagem Primária (2) Cabeceira de Drenagem Drenagem Secundária e Terceária Pequenos e em Alta Densidade Interflúvios Curtos formados por Rampas Pedimentares	(1) Floresta Descídua Mista (2) Cerrados, Parque-Cerrado e mata Galeria
FM GRAJAÚ (Cretáceo)	Arenitos	Areias Quartzozas Solos Concrecionários Solos Litólicos	Cabeceiras de Drenagem e Drenagem de 1ª e 2ª Ordem Extensos e Espaçados- Interflúvios Longos Formados por Suaves Rampas Pedimentares	Cerrados, Parque Cerrado e Mata Galeria
FM CODÓ (Cretáceo)	Folhelhos Esverdeados e Lentes de Calcário	Latossolos Vermelho Amarelo Brunizem Vermelho - Amarelo	Rampas pedimentares Onduladas e Colinas Amplas	Floresta Descídua Mista
FM ITAPECURU (Cretáceo)	Arenitos e Argilitos Avermelhados e Bauxilita	Latossolos Amarelos	Extensos Platôs e Platôs Remanescentes com Erosão a partir das Bordas Formando Rampas Pedimentares Fortemente Inclinadas	Floresta Densa Floresta Densa/Cerrados Cerrados
ALUVIÕES (Holocênicos)	Areias, Silte Argilas e Cascalhos	(1) Solos Hidromórficos (2) Solos Areno-Siltosos Podzolizados	(1) Formas Aluviais em Terraços Baixos ao Longo dos Rios Principais (2) Terraços Elevados	(1) Mata Ciliar Densa com Babaçu (2) Floresta Descídua Mista



## MAPA GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO

ESC. : 1 : 1.000.000

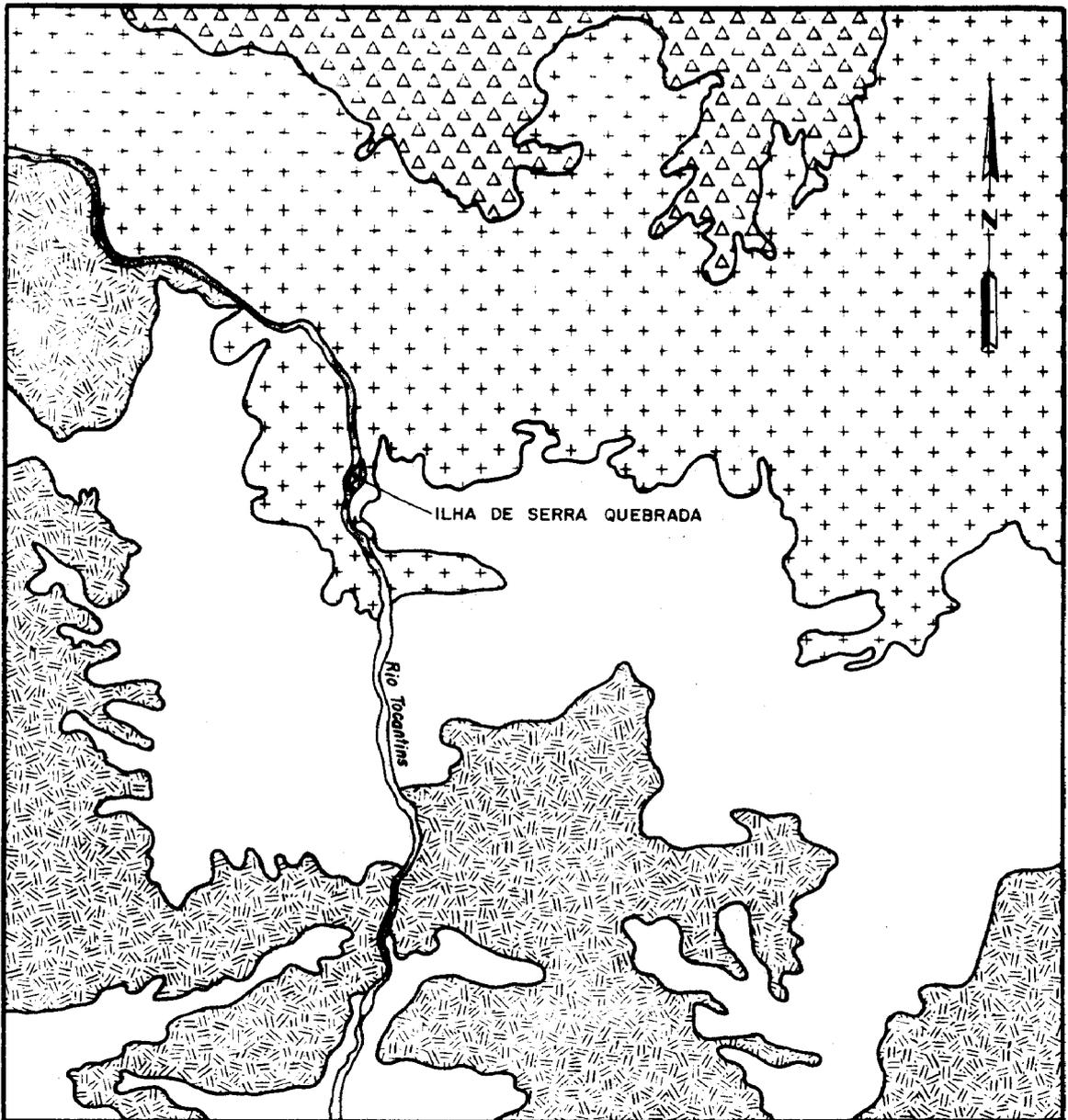
Produto da Interpretação de Imagem TM LANDSAT 1:100.000  
Bandas 3/4/5

Legenda :

-  Aluviões
-  Coberturas Terciárias
-  Formação Itapecurú — Arenitos, Argilitos avermelhados e Bauxita.
-  Formação Codó — Folhelhos esverdeados e Lentes de Calcário.
-  Formação Grajaú — Arenitos róseos e esbranquiçados
-  Formação Corda — Arenitos médios com intercalações de Siltitos e Argilitos
-  Formação Mosquito — Basaltos.

Fonte: CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S.A.  
Estudos de Inventário do Médio Tocantins

FIG. 1



**MAPA ESQUEMÁTICO DA COBERTURA VEGETAL**

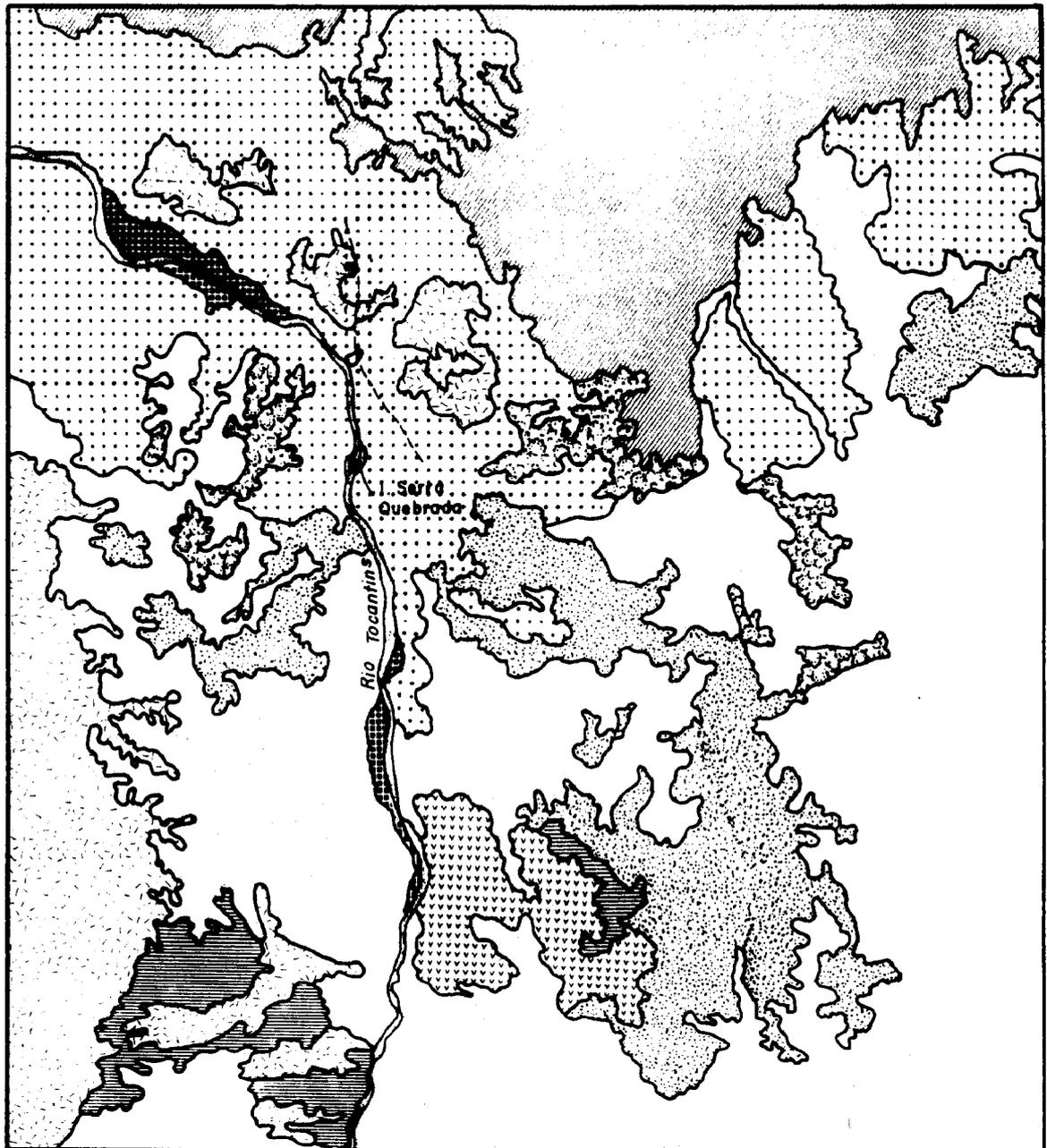
ESC. : 1 : 1.000.000

Legenda :

-  Floresta Densa
-  Floresta Decídua Mista
-  Floresta Aberta Mista / Cerradão
-  Cerrado

— Produto de interpretação de imagem TM LANDSAT-5 — 1 : 100.000 — Bandas 3/4/5 com apoio do Mapa Fitofisionômico do Projeto RADAM.—Vol. 2 , 1973 .

FIG. 2



MAPA PEDOLÓGICO ESQUEMÁTICO DA  
REGIÃO DE SERRA QUEBRADA

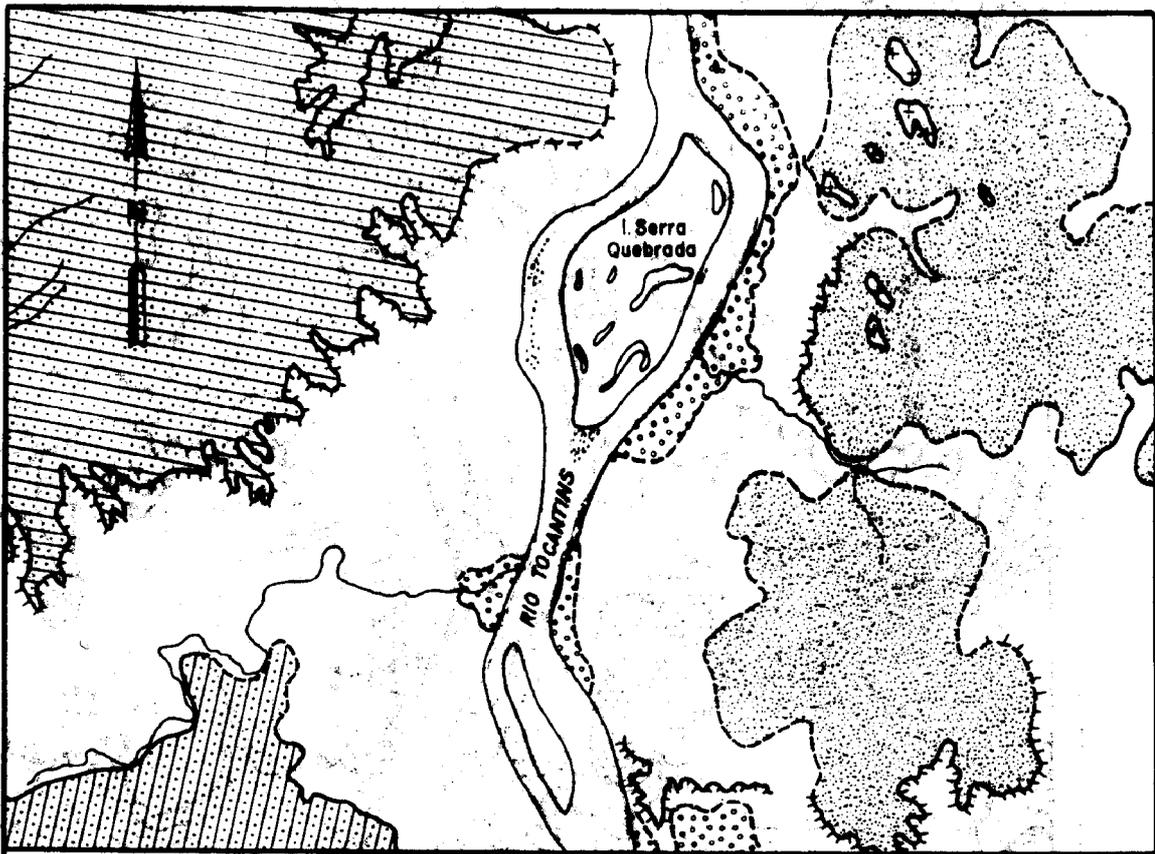
ESC. 1 : 1.000.000

— Parcialmente com-  
pilado do Mapa  
Pedológico do  
Projeto RADAM  
Vol. 2, 1973.

Legenda :

LATOSSOLOS		Latossolos Amarelos — Derivados da alteração das rochas da Formação Itapecuru.
		Latossolos Vermelho-Amarelo — Derivados da alteração de rochas da Formação Itapecuru, Codó e Corda.
		Latossolos Vermelho-Escuro — Derivados da alteração de rochas da formação Mosquito.
		Latossolos Roxos — Derivados da alteração de rochas da formação Mosquito.
BRUNIZEN		Brunizen Avermelhado — Derivados da alteração de rochas da formação Codó.
		Brunizen Vermelho-Escuro — Terra roxa estruturada. Derivados de alteração de rochas da formação Mosquito.
		Derivados da alteração de rochas das formações Grajaú e Corda.

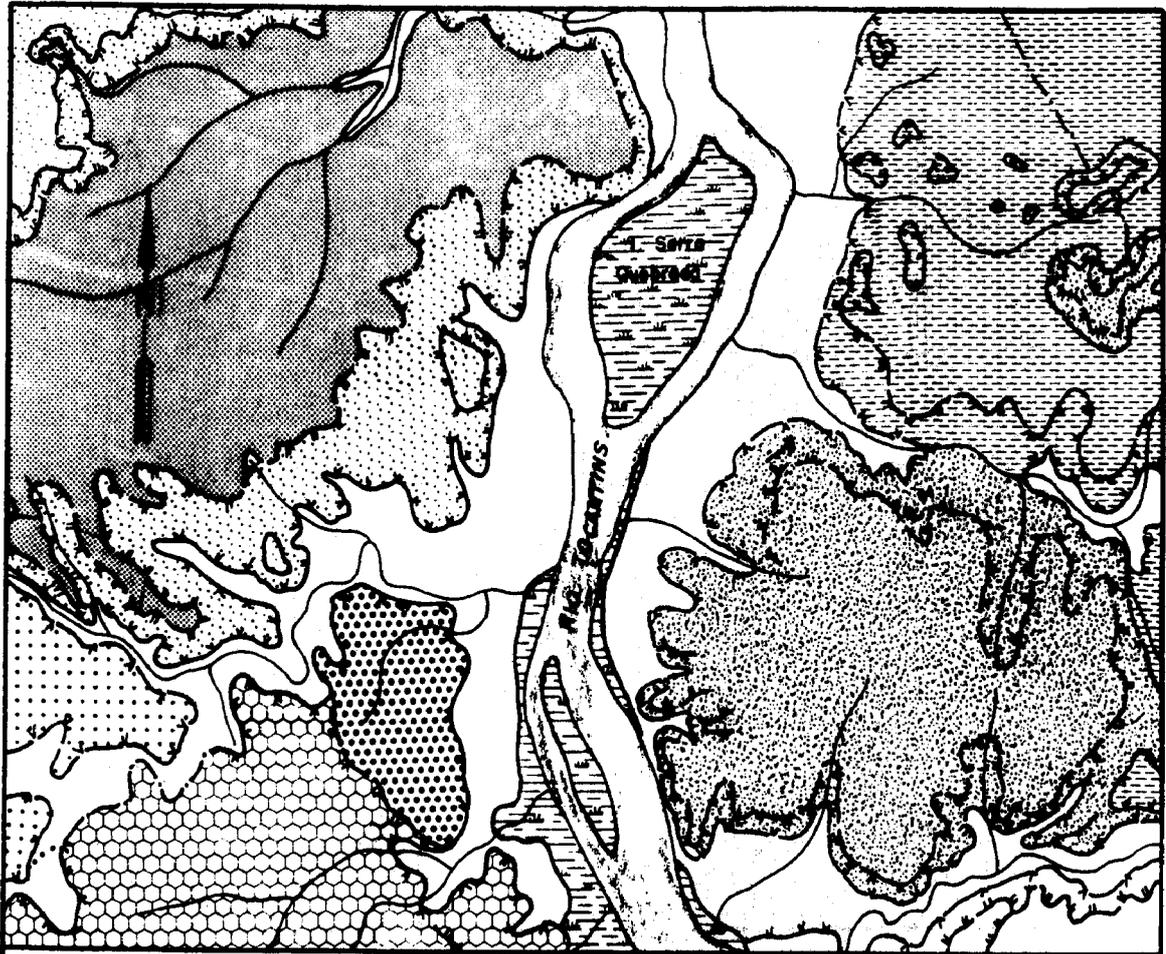
FIG. 3



ESC. APROX. 1:100.000

— Unidades delimitadas na Imagem LANDSAT 5 (WRS 222/064 A) com base na diferença de tonalidades e texturas. Identificação de 5 unidades morfológicas sem a identificação dos tipos de relevo ou caracterização das formas de dissecção. Somente algumas zonas de ruptura de relevo foram identificadas.

FIG. 4



Unidades Delimitadas em Fotografias Aéreas Convencionais na ESC.: 1:40.000  
e Lançadas em Base Topográfica na ESC.: 1:100.000.

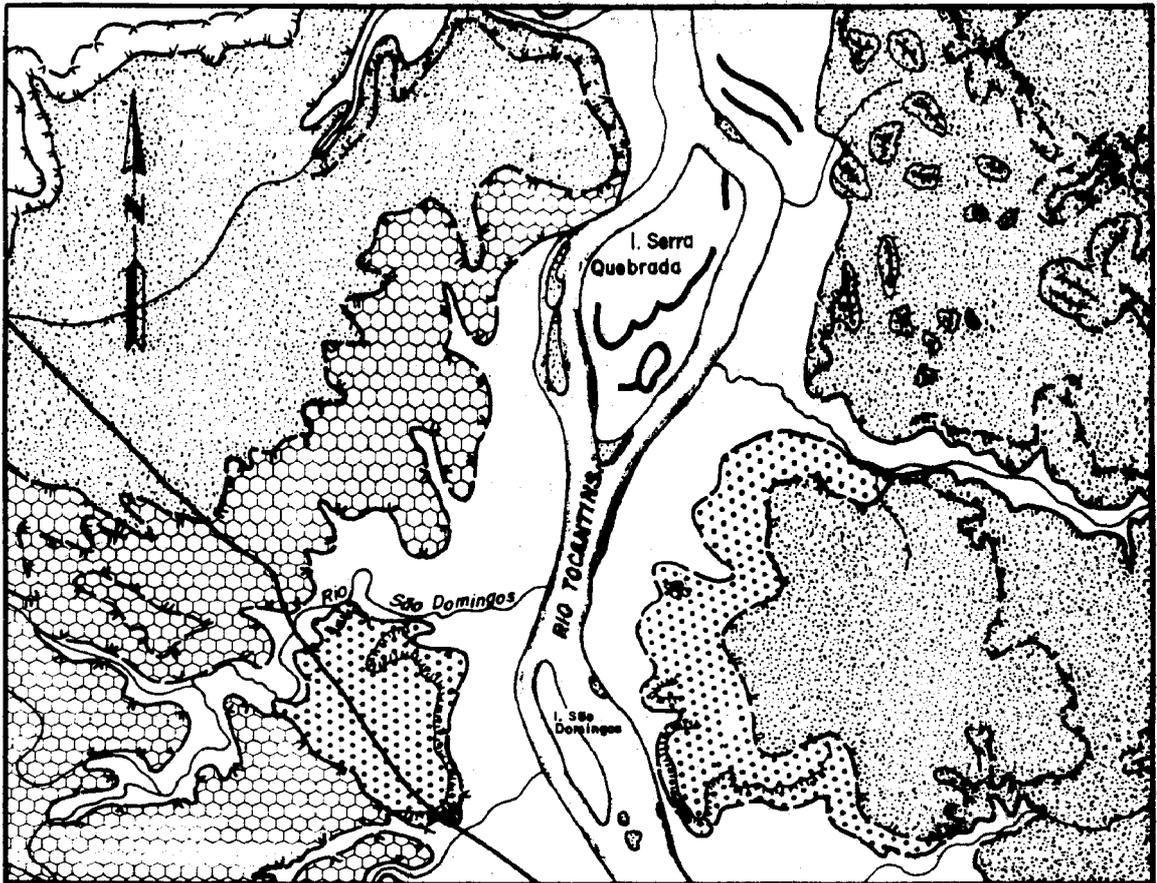
Reconhecimento e delimitação de formas, e tipos de relevo, observando-se os níveis de relevo dados pela presença de rupturas de declive positivas e negativas.

Legenda :

Relevos Reconhecidos :

-  Colinas Médias e Amplas
-  Colinas Amplas e Morrotes
-  Morrotes Pequenos, Alta Densidade de Drenagem.
-  Colinas Médias
-  Colinas Alongadas
-  Morrotes de Transição
-  Morrotes com Área de Média Densidade de Drenagem.
-  Terraços ou Pedimento de Fundo de Vale
-  Planície de Inundação

FIG. 5



**MAPA GEOMORFOLÓGICO OBTIDO  
DA FOTOINTERPRETAÇÃO E CONTROLE DE CAMPO**

ESC. 1 : 100.000

**Legenda:**

-  Rampas Pedimentares Onduladas e Colinas Amplas  
(O pontilhado indica cobertura detrítica arenosa espessa, proveniente da Formação Grejó).
-  Morrotes e Colinas suportados por arenitos da Formação Corda.
-  Terraços Fluviais (Ta).
-  Planície de Inundação Excepcional
-  Borda de Terraço
-  Bancos Arenosos
-  Borda de Terraço Rochosa
-  Cascalheiras
-  Morrotes Residuais
-  Canais Abandonados e Lagoas
-  Ruptura de Declive Positiva — Limite de Tipo de Relevo
-  Ruptura de Declive Negativa — Limite de Tipo de Relevo

FIG. 6