

RECONHECIMENTO DOS GRANDES DOMÍNIOS PEDOLÓGICOS DA BACIA DO PARAÍBA
(PARTE OCIDENTAL) ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT

M. VALÉRIO FILHO
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP - BRASIL

J.P. DE QUEIROZ NETO, P. NAKASHIMA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
SÃO PAULO - SP - BRASIL

J.T. DE MATTOS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO
SÃO PAULO - SP - BRASIL

N.F. KOFFLER
PLANO NACIONAL DE MELHORAMENTO DA CANA DE AÇÚCAR
PIRACICABA - SP - BRASIL

RESUMO

O uso de imagens LANDSAT em escala 1:250.000 de uma área de 5000 quilômetros quadrados que abrange parte da Bacia Sedimentar do Paraíba - Parateí, contrafortes da Serra da Mantiqueira e reverso da Serra do Mar, permitiu testar sua viabilidade para o reconhecimento e delimitação de grandes domínios pedológicos. A análise em maior detalhe de uma parcela da área de estudo, levou à proposição de uma compartimentação em domínios, subdomínios, áreas e subáreas homogêneas, em função de critérios de interpretação visual, baseados em aspectos tonais e texturais das imagens resultantes da forma e energia do relevo, associados à densidade e padrão da rede de drenagem. Nessa região, caracterizada por grande movimentação do relevo, o efeito de sombras mostrou-se um importante critério de interpretação.

1. INTRODUÇÃO

A potencialidade das imagens LANDSAT para o reconhecimento e mapeamento de solos brasileiros fora testada em algumas áreas da Bacia Sedimentar do Paraná, localizadas na Depressão Periferica [4] e no Planalto Ocidental [2].

As regiões estudadas caracterizavam-se por apresentar extensas áreas homogêneas e de características contrastantes entre si, correspondendo a distintos tipos de solos. Esses trabalhos foram realizados através da análise visual dos padrões evidenciados pelas imagens LANDSAT, resultante de características de relevo, rede de drenagem, tonalidade, textura e espessura do solo.

Tendo em vista os resultados já alcançados e com a finalidade de se ampliar os conhecimentos dessa técnica, voltada para o levantamento e classificação de solos, foi selecionada uma área com aspectos mais complexos de relevo, ocupação humana e geologia, para um estudo visando o desenvolvimento da metodologia da aplicação das imagens LANDSAT para esse fim.

A rea escolhida corresponde a uma parcela do Planalto Atlântico Paulista, entre os contrafortes da Serra da Mantiqueira e o reverso da escarpa da Serra do Mar. Engloba o Vale do Rio Parateí, e parte do Vale do Paraíba, entre as latitudes 23^o00 e 23^o30' Sul e as longitudes 45^o30' e 46^o15' Oeste (Figura 1).

Os levantamentos de solos executados pela Comissão de Solos [1] para o Estado de São Paulo, e por Verdade et al. [5] para a Bacia de Taubat, definem as unidades pedológicas da região.

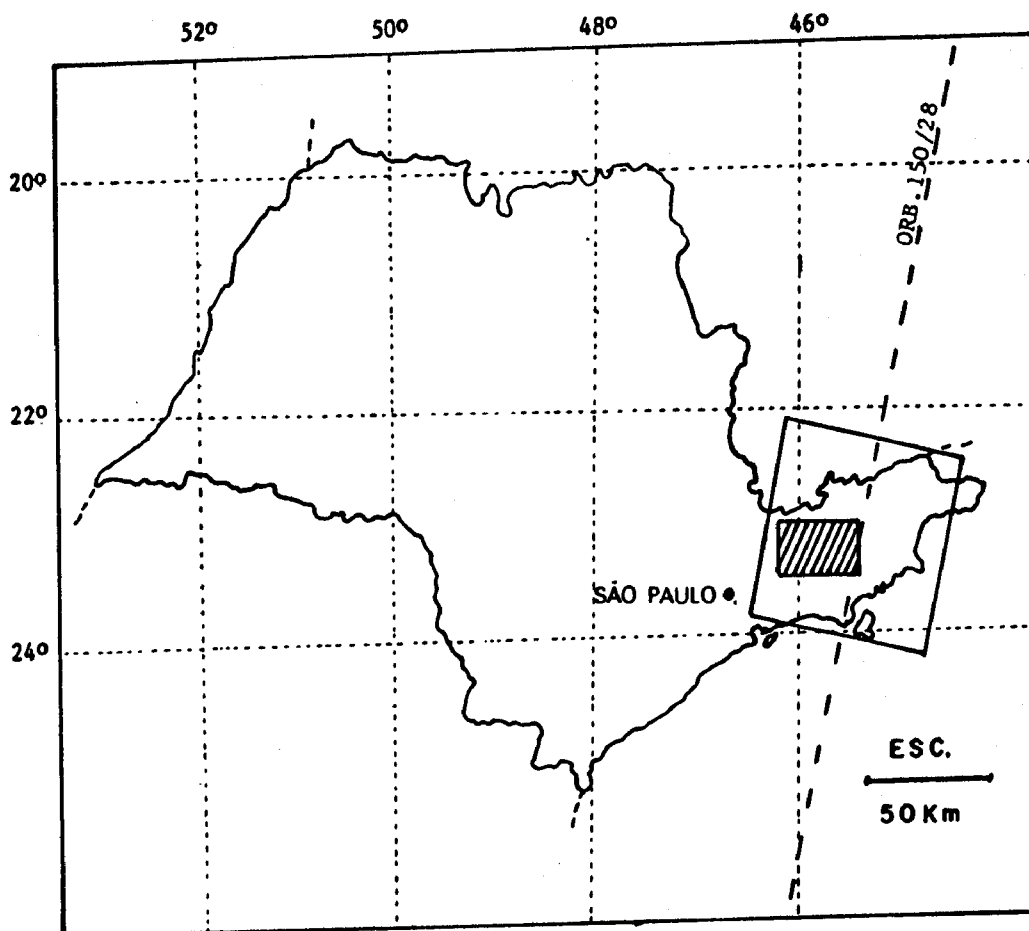


Fig. 1 - Localização da Área de Estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente trabalho foram analisadas as imagens MSS (Multispectral Scanner Sub-system), que contêm a área de estudo. Estas imagens foram obtidas pelo satélite LANDSAT em 25 de junho de 1976. Apresentam as seguintes características:

- a) Escala: 1:250.000
- b) Canais: 5, 6 e 7
- c) Apresentação: papel fotográfico preto e branco
- d) Coordenadas do centro: $23^{\circ}04'$ Sul e $45^{\circ}23'$ Oeste
- e) Elevação do sol: 22° em relação ao Nadir
- f) Azimute do sol: 49°

A identificação dos acidentes geográficos observados nas imagens e a orientação dos trabalhos de campo foram realizadas através de cartas topográficas da região, nas escalas 1:50.000 (Igaratã, Santa Izabel, São José dos Campos, Jacareí, Taubaté e Paraibuna) e 1:250.000 (Santos).

Para algumas áreas de difícil acesso foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:45.000, resultantes do aerolevante realizado pela TERRAFOTO S.A. em 1977.

Inicialmente, realizou-se um reconhecimento de campo na área de estudo, para um primeiro contato direto com as unidades pedológicas e geológicas ocorrentes. Constatou-se uma grande complexidade na distribuição dos solos existentes, nem sempre coerentes com as informações bibliográficas disponíveis.

Numa segunda etapa, passou-se à interpretação preliminar das imagens LANDSAT (canais 6 e 7), utilizando-se técnicas de fotointerpretação adaptadas à análise visual de imagens orbitais multiespectrais. Desse modo procedeu-se à delimitação das grandes unidades homogêneas, segundo os padrões oferecidos pelas imagens.

Com base nas informações preliminares obtidas no campo e a interpretação das imagens, escolheu-se uma área menor, representativa da inicial, para ser analisada em maior detalhe.

Realizada a interpretação preliminar da área selecionada, estabeleceu-se um roteiro de campo, com auxílio da imagem do canal 5, que realça aspectos de ocupação humana, como estradas, cidades, etc. para o exame "in loco" de solos característicos de cada compartimento. Tais observações foram efetuadas em cortes de estrada e, para maior rapidez na obtenção das informações, as descrições morfológicas dos perfis de solo, como são propostas [3] foram simplificadas, obtendo-se, apenas, dados sobre parâmetros considerados de interesse direto para o presente trabalho.

As informações obtidas serviram para estabelecer as correlações entre padrão de imagem e características do terreno, com a finalidade de se verificar quais as características dos solos da região evidenciadas pelas imagens.

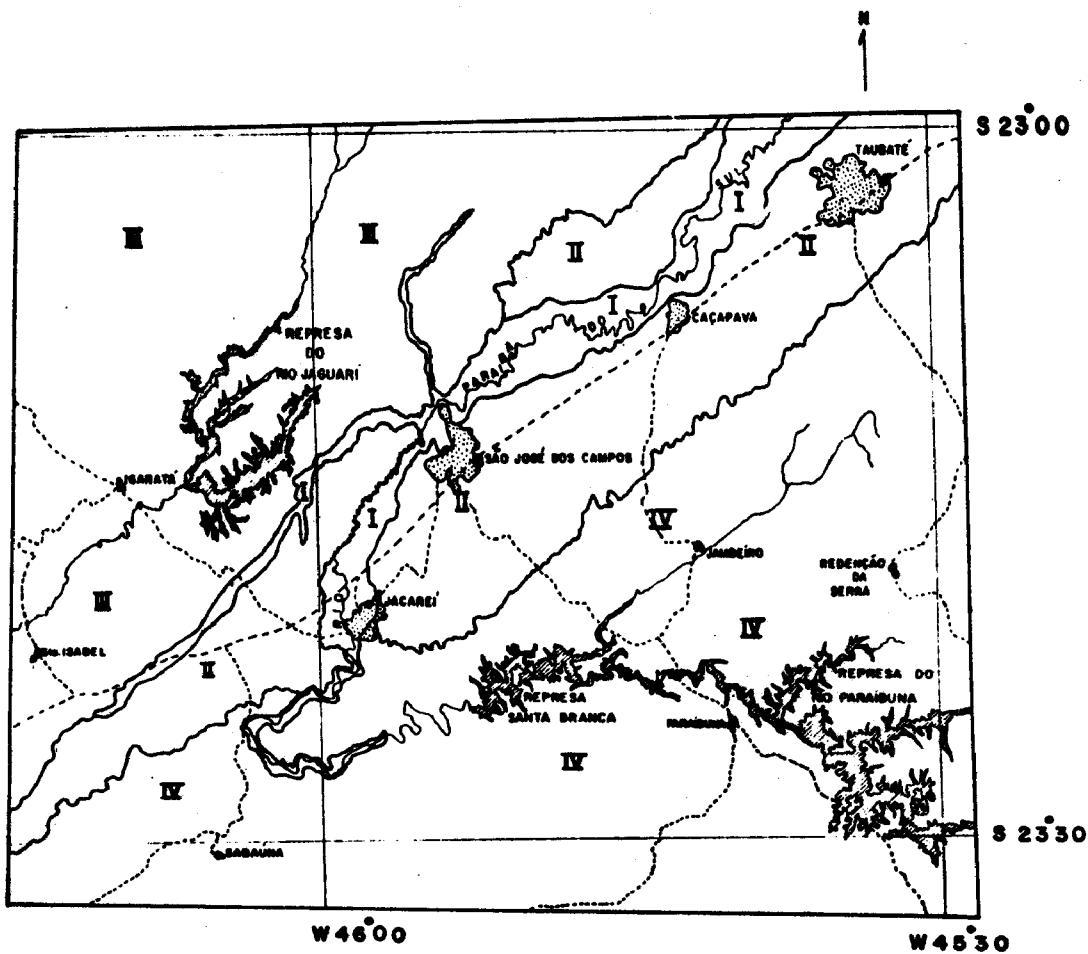
A fase final consistiu de uma reinterpretação das imagens a fim de se corrigir os limites dos compartimentos, com base na experiência adquirida durante o processo de correlação imagem/aspecto do terreno.

Como produto final foram elaborados dois mapas, um contendo os grandes domínios pedológicos da área de estudo, e outro com os domínios, subdomínios, áreas e subáreas da parcela analisada em maior detalhe.

3. RESULTADOS

O primeiro resultado da interpretação das imagens é o mapa da Figura 2, que mostra os grandes domínios pedológicos. Os limites dos compartimentos foram evidenciados, nas imagens, por aspectos tonais e texturais dos canais 6 e 7, aspectos estes que, na área de estudo, estão diretamente relacionados com grandes traços de relevo, de geologia e solos, como indica a legenda do mapa obtido.

Na área estudada com maior detalhe, cuja compartimentação é ilustrada pela Figura 3, não foi possível aplicar a mesma metodologia utilizada para as regiões do Planalto Ocidental e Depressão Periférica. Parâmetros usualmente empregados em Fotopedologia; como densidade de drenagem, uso da terra, vegetação, etc. não puderam ser analisados como nos trabalhos mencionados. Essa dificuldade é devida à grande movimentação do relevo que, aliada ao baixo ângulo de elevação solar na época da obtenção da imagem, acentuou o efeito de sombras, que impossibilitou um reconhecimento mais preciso daqueles parâmetros.



CONVENÇÕES: - - - - - ESTRADAS
- - - - - REPRESAS
■ CIDADES

LEGENDA

- I - SOLOS ALUVIAIS E HIDRÓMORFICOS, VÁRZEAS DO QUATERNÁRIO, RELEVO PLANO.
- II - SOLOS D-TEXTURAIS E D-LATOSÓLI / CDS, COLINAS DO TERCIEIRO, RELEVO SUAVEMENTE ONDULADO.
- III - SOLOS D-LATOSÓLICOS E ASSOCIADOS, MAR DE MORRIS DO PRÉ-CAMBRIANO, RELEVO ONDULADO A MONTANHO / S.
- IV - SOLOS M-TEXTURAIS E ASSOCIADOS, MAR DE MORRIS DO PRÉ-CAMBRIANO, RELEVO ONDULADO A MONTANHO.

ESCALA
10Km

Fig. 2 - Mapa dos domínios pedológicos.

- CONVENÇÕES:
- - CIDADES
 - - - - - RODOVIAS
 - REPRESA
 - LIMITES INTERPRETADOS
 - - - - - LIMITES INFERIDOS
 - I, IIIA10 - COMPARTIMENTOS**

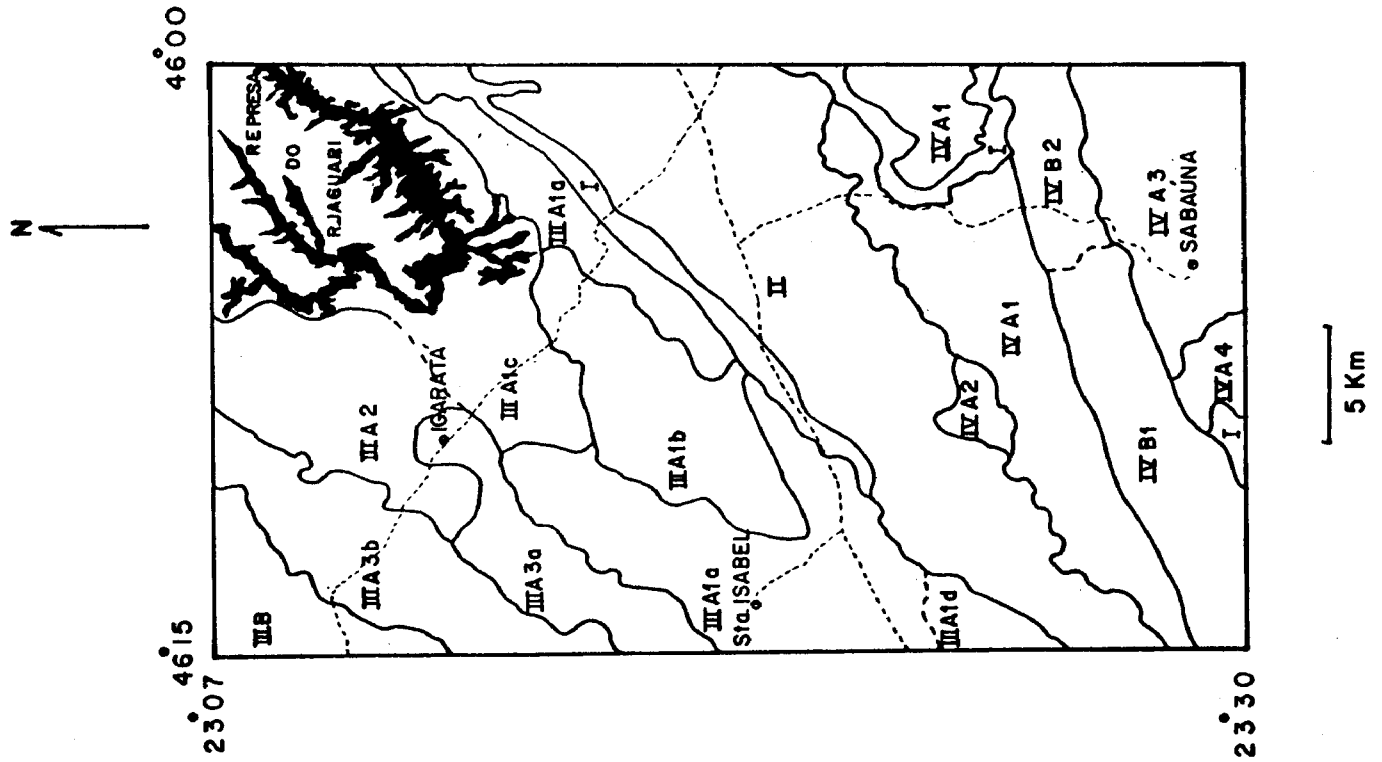


Fig. 3 - Compartimentação da área estudada em detalhe.

Assim, fez-se a análise da textura fotográfica dos canais 6 e 7, segundo correlações verificadas com certas características do relevo interpretadas como consta da Tabela 1. A Tabela 2 resume as características mais detalhadas da compartimentação, descrita a seguir:

TABELA 1
RESUMO DOS PADRÕES DE IMAGEM UTILIZADOS NA DEFINIÇÃO DE
ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DO RELEVO

CARACTERÍSTICAS DO RELEVO	PADRÕES DE IMAGEM
Amplitude	Áreas de sombra e luz
Declividade	Intensidade de sombra
Forma dos Interflúvios	Gradação da passagem de zona de sombra para luz
Dissecação	Densidade da drenagem
Padrão de Drenagem	Paralelo, dendrítico, radial, etc.

I - VARZEAS:

Relevo plano, contínuo ao longo dos rios, com tonalidades mais escuras relacionados com zonas de hidromorfismo e com solos aluviais e hidromórficos.

II - COLINAS DO TERCIÁRIO:

Relevo suave ondulado, com colinas de topo aplainado, paralelas, grau pouco elevado de dissecação e baixas amplitudes. Correspondem, à Bacia Sedimentar do Parateí, com are

TABELA 2
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS OBTIDAS ATRAVÉS DA
INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS E CONTROLE DE CAMPO

				INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS					CONTROLE DE CAMPO					
DOMÍNIOS	SUB-DOMÍNIOS	ÁREAS	SUB-ÁREAS	COMPARTIMENTOS	AMPLITUDE	DECLIVIDADE	FORMA DOS INTERFLÚVIOS	DISSECAÇÃO	PADRÃO DA DRENAGEM	RELEVO	GEOLOGIA	UNIDADES DE SOLO	TEXTURA DO SOLO	COR HORIZONTE B DO SOLO
I				VÁRZEAS	a	a	a	a	a	P	Q	A + HI	VARIÁVEL	CINZA
II				TERCIÁRIO	pq	pq	ar	pq	p	SO	T	PV + LVt	A - Arg	A - Av - V
III	A	1	a	ESCAPPA DO PARATET E VALE DO JAGUARI	md	md	ms	gd	ms	0 - FO	Pc	PV	A - Arg/Arg	VA
			b	PLATO DE SANTA IZABEL	pq	md	ar	pq	d	0	Pc	PV	A-Arg/Arg	V
			c	REPRESA DO JAGUARI	md	gd	cr	gd	p	0 - FO	Pc	LV	Arg	VA
			d	SOPE DA ESCARPA DO PARATET	pq	pq	ms	md	d	0	Pc	PV	Arg	VA - V
		2		MORRO CLARO	gd	gd	ms	md	r	FO	Pc	LV	Arg	V
		3	a	IGARATA	pq	md	ar	md	ms	0	T/Pc	LH + LVt (PV)	A - Arg	A - VA
	b		SOPE DAS SERRAS	pq	md	cr	gd	p	0	Pc	LV - PV	Arg	V - VA	
	B			SERRA	mg	gd	cr	gd	p	FO - M	Pc	PVL + Li + Cb	A - Arg/Arg	V
IV	A	1		SOPE DA SERRA DO ITAPETI	md	md	cr	gd	r	0 - FO	Pc	PV	A - Arg/Arg	VA - V
			2	MACIÇO ISOLADO	md	gd	cr	gd	r	FO	Pc	-	-	-
			3	VERTENTE DO TIETE	md	md	mx	gd	d	0	Pc	PV	A - Arg/Arg	V
			4	COLINAS DO TIETE	pq	pq	ar	pq	d	SO	Pc	LVt	Arg - S	VA
	B	1		ITAPETI OCIDENTAL	mg	gd	cr	mg	p	M	Pc	PV - PVL	A - Arg	V
2			ITAPETI ORIENTAL	md	md	cr	mg	p	0 - FO	Pc	PV	Arg	V	

CONVENÇÕES:

AMPLITUDE: Áreas de Sombra e Luz.

a = ausente, pq = pequena, md = média, gd = grande, mg = muito grande.

DECLIVIDADE: Intensidade de Sombra.

a = ausente, pq = pequena, md = média, gd = grande.

FORMA DOS INTERFLÚVIOS: Gradação de Passagem de Sombra para Luz.

a = ausente, ar = arredondada, cr = cristas, ms = mistas.

DISSECAÇÃO: Densidade da Drenagem.

a = ausente, pq = pequena, md = média, gd = grande.

PADRÃO DA DRENAGEM:

a = ausente, p = paralelo, d = dentrítico, ms = misto (p/d), r = radial.

RELEVO:

P = plano, SO = suave ondulado, 0 = Ondulado, FO = fortemente ondulado, M = montanhoso.

GEOLOGIA:

Q = quaternário, T = terciário, Pc = pré-cambriano.

UNIDADES DE SOLO:

A = Aluviais
 HI = Hidromórficos
 PV = Podzólico Vermelho Amarelo-Orto
 LVt = Latosol Vermelho Amarelo-Fase Terraço
 LV = Latosol Vermelho Amarelo-Orto
 LH = Latosol Vermelho Amarelo Húmido
 PVL = Podzólico Vermelho Amarelo "Integrado" para Latosol Vermelho Amarelo
 Li = Litosóis
 Cb = Cambisóis

TEXTURA DO SOLO:

A = arenosa, Arg = argilosa, S = silteosa.

COR HORIZONTE B DO SOLO:

A = amarelo, VA = vermelho-amarelo, V = vermelho, AV = amarelo-vermelho.

nitos e argilitos de coloração variada e lentes conglomeráticas. A nordeste ocorrem Latosolos Vermelho Amarelo, similares ao "fase terraço" da Comissão de Solos (1960). A sudoeste aparecem Podzólicos Vermelho Amarelo pouco espessos, contendo "stone lines" de fragmentos de courça latéutica.

III - MAR DE MORROS E SERRANIAS DOS CONTRAFORTES DA MANTIQUEIRA:

Com alinhamentos que acompanham os cursos d'água principais, elevado grau de dissecação e amplitudes altimétricas variáveis, distinguindo-se:

III A 1a - ESCARPA DO PARATEÍ E ALTO VALE DO JAGUARI:

Corresponde à escarpa de falha que acompanha o rio Parateí e prolonga-se na direção de Santa Izabel. Ao longo da escarpa, o relevo apresenta maiores amplitudes, maior grau de dissecação e rede de drenagem curta e paralela. Ocorrem Latosolos Vermelho Amarelo, similares ao "Orto" da Comissão de Solos [1], com transição abrupta para a rocha alterada, constituída por migmatitos.

Na região de Santa Izabel o relevo é ondulado, com menores declividades e amplitudes, grande grau de dissecação, drenagem paralela e dendrítica. Predominam solos com horizonte B textural sobre migmatitos; secundariamente aparece o Latosol Vermelho Amarelo Orto.

III A 1b - PLATÔ DE SANTA ISABEL:

Ocupa o reverso imediato da Escarpa do Parateí. Destaca-se pelo relevo menos acidentado, com colinas arredondadas com pequenas amplitudes, drenagem dendrítica e em posição elevada em relação aos principais cursos d'água vizinhos. Apresenta solos com horizonte B textural e, secundariamente, Latosol Vermelho Amarelo Orto.

III A 1c - REPRESA DO JAGUARI:

Corresponde à área envoltória do rio Jaguari e seus afluentes. O relevo é ondulado a forte ondulado, constituído por uma sucessão de morros paralelos estreitos, acompanhando a drenagem; amplitudes altimétricas médias e intensa dissecação. Ocorrem Latosolos Vermelho Amarelo Orto e similares, sobre migmatitos.

III A 1d - SOPÉ DA ESCARPA DO PARATEÍ:

Relevo relativamente pouco movimentado, ondulado, de baixa amplitude e dominância de morros arredondados. Solos com horizonte B textural.

III A 2 - MORRO CLARO:

A nordeste de Igaratã, com relevo forte ondulado, grandes amplitudes entre os topos, que alcançam quase 1.000 metros de altitude e os talvegues, declividades acentuadas nas vertentes de grande extensão, realçadas pelos efeitos de sombra. A drenagem assume um padrão radial em torno da elevação mais importante. Ocorrem Latosolos de espessura média e são frequentes os afloramentos de granitos e migmatitos.

III A 3a - IGARATÃ:

Acompanha a nova rodovia para Santa Izabel, na margem direita do Vale do Jaquari. O relevo destaca-se pela sua menor movimentação em relação às áreas vizinhas, com colinas alongadas no sentido NW-SE, de topos arredondados e menores amplitudes. O substrato é constituído por gnaisses que aparecem nos terços inferiores das vertentes, recobertos nos topos e terços superiores por camadas sedimentares de siltitos, arenitos e camadas cascalhentas. Sobre estes, ocorrem formações superficiais de espessura média a gran

de, com linhas de pedra na base e, muitas vezes, acumulações ferruginosas. Desenvolvem-se aí Latosolos, similares ao "fase terraço" ou Húmicos. Nas partes inferiores das vertentes podem ocorrer Podzólicos Vermelho Amarelo.

III A 3b - SOPE DAS SERRANIAS:

Apresenta relevo ondulado, fortemente dissecado, com rede de drenagem paralela. Ocorre uma associação de solos, com dominância de B texturais, equivalentes ao Podzólico Vermelho Amarelo, secundariamente aparecem Latosolos Vermelho Amarelo equivalentes ao "fase rasa", todos sobre gnaisses. Os últimos ocorrem so bre colinas de topos mais arredondados e vertentes de menor declive.

III B - SERRA:

Contrastando com os anteriores, constitue contrafortes da Zona Serrana, atingindo mais de 1000 metros de alti tude, com grandes amplitudes e forte dissecação e rede de drenagem paralela. Ainda, revestida por grandes par celas de vegetação florestal. Substrato rochoso consti tuído por gnaisses, micaxistos e rochas granitóides. Apresenta uma associação de solos com "intergrades" en tre B texturais e B latosólicos, ao lado de solos so bre material coluvial de vertente, com B incipiente in terpretados como Cambisolos. Ocorrem ainda Litosolos.

IV - MAR DE MORROS E SERRA DO ITAPETI:

Com aspectos gerais análogos aos do domínio III. Distin guem-se:

IV A1 - SOPE DA SERRA DO ITAPETI:

Relevo ondulado a forte ondulado, colinas paralelas ã rede de drenagem, com cristas, elevado grau de disseca

ção e amplitudes decrescentes de Oeste para Leste, em direção ao rio Paraíba. Ocorrem solos com B textural, interpretados como Podzólico Vermelho Amarelo.

IV A2 - MACIÇO ISOLADO:

Destaca-se das áreas circunvizinhas por suas maiores altitudes (850 metros) e maiores amplitudes, surgindo como um pequeno dispersor de drenagem com padrão pseudo-radial.

IV A3 - VERTENTE DO TIETÊ:

Com relevo ondulado, formado por colinas em forma de meias-laranjas, sobretudo a Oeste. Alta densidade de drenagem e amplitudes altimétricas moderadas. Apresenta perfis de solo medianamente espessos, com horizonte B textural, correspondente ao Podzólico Vermelho Amarelo.

IV A4 - COLINAS DO TIETÊ:

Acompanhando o Vale do Tietê, área rebaixada com relevo suave ondulado, baixo grau de dissecação e menores amplitudes. Ocorrem Latosolos Vermelho Amarelo similares aos "fase terraço", desenvolvidos sobre material coluvial com linhas de pedra ou cascalheiras na base, que repousam sobre migmatitos.

IV B - SERRA DO ITAPETI:

Contrastante com as áreas vizinhas pela sua maior altitude (1000 metros) e pelo nítido alinhamento SW-NE das cristas. Distinguem-se:

IV B1 - SERRA DO ITAPETI OCIDENTAL:

Com relevo montanhoso, grandes amplitudes e elevada dissecação pela drenagem de padrão retangular, salientando direções estruturais. Ocorrem solos de espessura média, interpretados como Podzólicos Vermelho Amarelo, associados a "intergrades" entre B textural e B latosólico.

IV B2 - SERRA DO ITAPETI ORIENTAL:

Com relevo que diminui de amplitude, devido ao mergulho da serra para NE com perda de altitude. As direções es tr u t r a r a i s ã o f o r t e m e n t e s o m a r c a d a s c r i s t a s e d a r e d e d r e n a g e m. Ocorrem solos com horizonte B textural, sobre xistos e quartzitos, corres pon d e n t e s a P o d z ó l i c o s V e r m e l h o A m a r e l o.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As imagens LANDSAT mostraram, com clareza de limites, a presença de 4 grandes domínios pedológicos na área de estudo.

As divisões dos domínios em sub-domínios, áreas em subáreas, interpretadas na área examinada em detalhe, nem sempre de mon str a r a m co e r e n c i a ç i a co m u n i d a d e s ped ol ó g i c as es pe c i f i c a s, referindo-se mais a associação de unidades com características próximas quanto ao relevo. Evidenciaram-se correlações com formações superficiais.

Os resultados obtidos mostram que não foi conseguida uma associação perfeita entre os diferentes compartimentos mapeados e os diversos tipos de solo existentes. É muito provável que isto se de va ã a l o u l t a co m p l e x i d a d e q ue car a c ter i z a a r e g i ã o.

Tendo-se em vista os resultados alcançados neste traba l h o pre l i m i n a r i o, as pesquisas deverão prosseguir no sentido de um ma i o r a p r o v e i t a m e n t o pot en c i a l das imag e m s LANDSAT para est u d o s pe d ol ó g i c o s, como a análise de diferentes passagens do satélite; um me l h o r co n h e c i o me n t o das con d i ç õ e s do ter r e n o que s ã o e v i d e n c i a d o na ima g e m e a d e q u a d e o tr a b a l h o d e c a m p o.

BIBLIOGRAFIA

- [1] COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. *Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas*. 12:1-634, 1960.
- [2] KOFFLER, N.F. Utilização de Imagens Aerofotográficas e Orbitais no Estudo do Padrão de Drenagem em Solos Originados do Arenito Bauru. São José dos Campos, INPE, 1976. (INPE-898-TPT/029).
- [3] LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. *Manual de Método de trabalho de Campo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976.
- [4] VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. Avaliação das Imagens Orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamento de solos. São José dos Campos, INPE, 1976. (INPE-912-TPT/030).
- [5] VERDADE, F.C.; HUNGRIA, L.S.; RUSSO, R.; NASCIMENTO, A.C.; GROHMANN, F. Solos da Bacia de Taubatê. *Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo*, 20(4),1961.