

1. Classificação <i>INPE-COM.3/NTE</i>	2. Período -	4. Critério de Distribuição:
3. Palavras Chave (selecionadas pelo autor) <i>LANDSAT</i> <i>INTERPRETAÇÃO VISUAL</i> <i>ANÁLISE MULTIESPECTRAL</i> <i>LEVANTAMENTO DE SOLOS</i>		interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº <i>INPE-1054-NTE/091</i>	6. Data <i>Julho de 1977</i>	7. Revisado por - <i>Jorge de Mesquita</i>
8. Título e Sub-Título <i>AVALIAÇÃO DAS IMAGENS ORBITAIS COMO BASE PARA LEVANTAMENTO DE SOLOS</i>		9. Autorizado por - <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor
10. Setor <i>DSR/RECAF</i>	Código <i>421</i>	11. Nº de cópias <i>08</i>
12. Autoria <i>Mario Valério Filho</i> <i>Nilton Tocicazu Higa</i> <i>Vitor Celso de Carvalho</i>		14. Nº de páginas <i>39</i>
13. Assinatura Responsável <i>[assinatura]</i>		15. Preço
16. Sumário/Notas <i>Este trabalho descreve aplicações das imagens MSS do LANDSAT (ex-ERTS) na caracterização de solos, através da análise de elementos, tais como: vegetação natural, uso da terra, relevo e drenagem, que são apresentados na forma de esboços e também a análise da tonalidade aparente nas imagens. Juntamente com esta análise é apresentada a metodologia utilizada para a interpretação desses elementos nas imagens. Respostas espectrais de diferentes grupos de solos foram obtidas no campo, laboratório e de imagens. São discutidas as correlações entre esses elementos e as ocorrências de diversos grupos de solos na região de Ribeirão Preto.</i>		
17. Observações		

INDICE

ABSTRACT	i
CAPITULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - CLIMA	3
2.2 - VEGETAÇÃO NATURAL	3
2.3 - USO DA TERRA	4
2.4 - RELEVO	5
2.5 - DRENAGEM	6
2.6 - PROPRIEDADES ESPECTRAIS DE SOLO	6
2.7 - TOTALIDADE	7
CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS	9
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 - CLIMA	13
4.2 - USO DA TERRA	13
4.3 - VEGETAÇÃO NATURAL	13
4.4 - RELEVO	18
4.5 - DRENAGEM	18
4.6 - MEDIDAS ESPECTRAIS	21
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES	29
BIBLIOGRAFIA	31

LISTA DE FIGURAS

Fig. III.1 - Localização da Área de Estudo	10
Fig. IV.1 - Balanço Hídrico para região de Ribeirão Preto	14
Fig. IV.2 - Esboço do Uso da Terra da Área de "Ribeirão Preto-SP" baseado em dados do MSS do Landsat-1	15
Fig. IV.3 - Mapa de Solos da Área de "Ribeirão Preto-SP",	16
Fig. IV.4 - Esboço da Vegetação Natural da Área de Ribeirão Preto, SP, baseado em dados do MSS do Landsat-1,	17
Fig. IV.5 - Esboço das Classes de Relêvo da Área de Ribeirão Preto SP, baseado em dados do MSS do Landsat-1	19
Fig. IV.6 - Esboço da Rede de Drenagem da Área de Ribeirão Preto - SP, baseado em dados do MSS do Landsat-1	20

LISTA DE TABELAS

TABELA IV.1 - Características das Redes de Drenagem	22
TABELA IV.2 - Resultados das análises e regressão para as caracte - rísticas quantitativas	23
TABELA IV.3 - Valores de reflectância medidos no campo para cinco diferentes grupos de solos nos 4 diferentes canais do Earth Ground Truth Radiometer	
TABELA IV.4 - Análise dos Valores médios de reflectância medidos em campo para cinco diferentes grupos de solo	25

ABSTRACT

This paper deals with the application of LANDSAT (ex-ERTS) MSS imagery on soil characterization studies through the analysis of elements such as natural vegetation, land use, relief and drainage. Sketch maps were prepared based on these elements. Also a densitometric analysis of the imagery was carried out. The methodology used for the interpretation of the imagery is presented. The spectral response of different soil groups was measured in the field, in the laboratory and on the imagery. The correlation among these elements and the different soil types distribution in the Ribeirão Preto region is discussed.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O levantamento dos solos de uma região, Estado ou País, representa um dos principais suportes para a sua ocupação racional. O Brasil apresenta-se ainda deficiente com relação a este aspecto, conforme atestam a existência de grandes áreas que ainda não dispõem de trabalhos analíticos e de mapeamento de solos.

Entre as dificuldades, encontradas para a realização dos levantamentos tradicionais de solos, estão o alto custo envolvido e o tempo necessário para as suas execuções. No Brasil, estas dificuldades são agravadas pela sua dimensão continental e pelas dificuldades de acesso a muitas áreas.

Novas tecnologias e métodos estão sendo desenvolvidos para minimizar estes problemas, dentre eles, pode-se contar atualmente com as imagens orbitais, obtidas pelos satélites da série LANDSAT, que permitem uma cobertura global, repetitiva e multiespectral de todo o nosso território. O objetivo deste trabalho é demonstrar a capacidade do Sistema LANDSAT em fornecer informações úteis que auxiliem nos trabalhos de Levantamentos de Solos.

As interpretações visuais dessas imagens, levaram em consideração os seguintes elementos interpretativos: uso da terra, vegetação natural, relevo, padrão de drenagem e respostas espectrais. Os esboços obtidos com estas interpretações, foram analisados de acordo com as técnicas convencionais de fotointerpretação e os resultados desta análise foram comparados com aqueles obtidos por outros autores, que utilizaram fotografias aéreas em seus trabalhos e com o mapa de solos já publicado pelo Ministério da Agricultura (1960).

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - CLIMA

Segundo o Soil Conservation Service (1966), o clima de uma área é refletido na forma do terreno e nos padrões de drenagem, mas a principal influência do clima é sobre a vegetação. Para Buckman e Brady (1968), grande parte da influência climática se deve ao controle por ela exercida sobre a vegetação. Porém, não se deverá dar importância demasiada a influência destes dois fatores sobre o tipo de solo a ser desenvolvido.

Bower & Hanks (1965), Myers & Allen (1968), Hoffer & Johannsen (1969) e Parks & Bodenheimer (1973), mostraram que o teor de umidade do solo afeta a sua resposta espectral de acordo com as suas características próprias. De uma maneira geral, nota-se um decréscimo na reflectância do solo quando aumenta o seu teor de umidade.

A importância do conhecimento dos efeitos causados pela variação no teor de umidade dos solos, para a fotointerpretação convencional, foi reconhecida por Ray (1963), Averbeck & Santos (1969), Amaral & Audi (1972) e outros. Foi observado que, em fotografias aéreas convencionais, os solos úmidos apresentaram tonalidades mais escuras do que os secos.

Esse aspecto de escurecimento dos solos, quando úmidos, foi também observado em amostras de solos sob condições naturais, sendo verificado por Oliveira e outros (1973), que a cor do solo varia de acordo com o seu teor de umidade, sendo que amostras secas apresentam valores de croma mais elevados.

2.2 - VEGETAÇÃO NATURAL

Foi admitido por Ranzani (1969) a existência de relações

muito estreitas entre o solo e a vegetação que lhe é natural. Estas relações são muito sensíveis as alterações decorrentes do desmatamento, pastoreio, fogo ou manejo do solo.

Hilwig e outros (1974) citaram que em casos onde a cobertura vegetal é fator dominante, o conhecimento da correlação solo/planta, pode oferecer uma boa indicação do solo e que esta influência é verdadeira tanto nas imagens tomadas pelo LANDSAT como nas fotografias aéreas convencionais.

Analisando imagens do LANDSAT, para o inventário da vegetação natural, Schrumpt (1973), concluiu que, a partir delas, é limitado a interpretação direta dos tipos de vegetação natural, mas a mesma pode ser frequentemente inferida a partir de aspectos, a ela associados, como algumas feições do terreno mais saliente, que podem ser interpretadas e delineadas diretamente sobre as imagens e, adicionalmente, correlacionadas com os tipos de vegetação.

2.3 - USO DA TERRA

O uso da terra, foi considerado por Ranzani (1969) e pelo Ministério da Industria e do Comercio (1972), como um dos elementos, que aparecem nas fotografias aéreas, que pode ser utilizado para o delineamento dos padrões fisionômicos dos solos.

Num estudo de avaliação das mudanças ocorridas no uso da terra, num período de 2 anos, através das imagens do MSS (LANDSAT), Place (1973) concluiu que, entre os canais 5, 6 e 7, o ultimo foi o que ofereceu melhor padrão em termos de contrastes para diferenciação entre as áreas vegetadas e não vegetadas.

O estudo das imagens multiespectrais do LANDSAT, nos Estados do Connecticut e Massachusetts, nos EUA, empregando a técnica de fotointerpretação convencional, permitiu a Joyce (1973), isolar onze diferentes categorias de uso da terra, incluindo áreas agrícolas, pastagens, áreas inundadas, florestas e áreas urbanas, entre outras.

Elbersen (1973), Cipra (1973), Hilwig e outros (1974) consideraram o padrão de uso da terra como elemento de grande eficiência para o mapeamento de solos, a nível exploratório ou esquemático, sobre as imagens do MSS (LANDSAT).

2.4 - RELEVO

Como atestam as observações de Lueder (1959), Ministério da Agricultura (1960), Ray (1963), Eyre (1968), Buckman & Brady (1968) e Moniz (1972), o relevo é um dos principais agentes formadores do solo. A tua, indiretamente, pela modificação das características do clima da região onde ele se desenvolve e, diretamente, através das influências que tem sobre a sua drenagem interna e externa.

Assim, através do estudo do relevo de uma determinada área, é possível, inferir sobre os solos que ali ocorrem. Geralmente, de acordo com Eyre (1968), um tipo de solo é encontrado nos terrenos mais altos, outro nas meias encostas e um terceiro nas áreas planas das baixadas.

Tueller & Lorain (1973) conseguiram, através das imagens do LANDSAT, separar áreas de relevo baixo ou relativamente plano, montanhoso e "playas", considerando a imagem do canal 5, como a melhor para identificação destas feições do terreno.

Hilwig e outros (1974) conseguiram maior realce do relevo através da produção de montagem, seja de duas transparências relativas a dois canais diferentes do MSS, ou seja usando o negativo e o positivo da mesma faixa espectral, deslocados um do outro de aproximadamente 0,2 a 0,3 milímetros. O efeito de realce, combinado com as tonalidades escuras (lagoas e rios) das áreas mais baixas e das tonalidades claras (alto das colinas) das áreas mais altas, proporcionou um substituto para a estereoscopia e, em alguns casos, facilitou a interpretação.

2.5 - DRENAGEM

Foi constatado por França (1968), que as redes de drenagem fornecem muitos indícios que sugerem diferenças entre solos. Embora, a rede de drenagem desenvolvida na área de ocorrência de um solo, possa ser localmente modificada pela inclusão de outras unidades ou por fatores tais como: posição topográfica, controle estrutural e variação na profundidade do substrato rochoso, quando se considera uma amostra de tamanho suficiente, obtém-se valores médios que diferem sensivelmente de uma unidade edafológica para outra.

Os aspectos da rede de drenagem, que normalmente são utilizados para o seu estudo, podem ser agrupados em dois grandes grupos: 1) características qualitativas e 2) características quantitativas. O estudo da rede de drenagem utilizando apenas o primeiro grupo de características é apontado por Vasques Filho (1972), Gevaerd (1974) e Leão (1972), entre outros autores, como de pouca validade para a delimitação e caracterização de solos. No entanto, o estudo das características quantitativas revelou diferenças significativas entre os solos, conforme observado nos trabalhos de diversos autores, entre os quais os de Horton (1945), França... (1968), Fadel (1972) e Vasques Filho (1972).

Para a obtenção dos índices quantitativos França (1968), Marchetti (1969), Fadel (1972), Vasques Filho (1972), Leão (1972), Gevaerd (1974) e Souza (1975), sugeriram a utilização de amostras circulares de padrões de drenagem, como o processo mais adequado para obtenção de resultados mais significativos.

Elbersen (1973), admite que a imagem do LANDSAT, do canal 5 do MSS, fornece um aspecto mais completo do padrão de drenagem, opinião em parte aceita por Moraes (1975) que indica a utilidade também do canal 7 do MSS, para a observação deste aspecto do terreno.

2.6 - PROPRIEDADES ESPECTRAIS DE SOLOS

Segundo Crowne Pawluk (1974), o solo em seu estado natu

ral, ou em condições de laboratório, possui uma resposta espectral característica, que é função direta de suas propriedades físicas e químicas, o que pode ser demonstrado através de imagens orbitais do MSS (LANDSAT), quando se analisa um mesmo tipo de solo nos quatro canais.

Estudando as propriedades de reflectância para solos,... Obukhov e Orlov, citados por Myers & Allen (1968), verificaram que os solos analisados possuíam reflectividade espectral característica, relativa à cor do solo, e concluíram que as regiões do vermelho e infravermelho próximo, do espectro eletromagnético, são os mais favoráveis para caracterizações qualitativas e quantitativas dos mesmos.

Analisando curvas espectrais de solos e vegetação, Myers & Allen (1968), verificaram que a curva de reflectância dos solos é consideravelmente diferente das plantas. Na região do infravermelho próximo, contraste substancial de reflectância ocorre entre diferentes espécies de cobertura vegetal e tipos de solos.

Cipra e outros (1972), realizaram medidas de reflectância para diferentes tipos de solos no campo, com o auxílio de um Espectroradiômetro na faixa espectral de 430 a 730 nanômetros. Os resultados preliminares, indicaram a eficiência do método para caracterização dos diferentes tipos de solos, através de suas propriedades espectrais.

2.7 - TONALIDADE

A tonalidade foi considerada por Hoffer & Anuta (1972) como o fator mais significativo na interpretação de imagens de satélite e fotos aéreas de pequena escala.

Weisz e outros (1973), analisando os níveis de cinza sobre as transparências do MSS (LANDSAT) dos quatro canais, na escala de 1:1.000.000, com o auxílio de um microdensitômetro, verificaram a viabilidade desse tipo de medida para a classificação de áreas de cultivo.

Três associações de solos no Tennessee, EUA, foram deli-

neadas por Parks e outros (1973) através das respostas características e uniformes da cobertura vegetal, utilizando análise automática dos dados microdensitométricos das transparências positivas, relativas ao canal 7 do MSS.

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODOS

A área selecionada, denominada "Ribeirão Preto", está situada em sua maior parte no nordeste do Estado de São Paulo e uma pequena extensão no sudoeste do Estado de Minas Gerais, entre os paralelos de 20°30' e 22°30' de latitude sul e os meridianos de 47° e 49°00' de longitude oeste, e corresponde a uma imagem orbital, cobrindo uma área de 34000 quilômetros quadrados (Figura III.1).

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas imagens orbitais relativas aos quatro canais do MSS do satélite LANDSAT, na forma de cópias e ampliações em papel, nas escalas de 1:1.000.000, ... 1:500.000, e diapositivos nas escalas de 1:3.369.000 e 1:1.000.000. As imagens relativas à área de estudo, correspondem às passagens do satélite nas datas de 31 de julho e 18 de agosto de 1973.

Com a utilização das transparências, na escala de 1:3.369.000, foram produzidas composições coloridas, no "Color Additive Viewer - I²S", as quais foram fotografadas e, posteriormente, utilizadas na forma de "slides" coloridos, com a finalidade de auxiliar as interpretações das imagens preto e branco. As transparências, na escala de 1:1.000.000, dos quatro canais do MSS, foram utilizados para a quantificação das tonalidades, relativas aos diferentes grupos de solos analisados, através da utilização do sistema "Image 100".

Para estes mesmos grupos de solos, foram levantadas, no campo, medidas de suas radiações espectrais, tomadas com o radiômetro ... "Earth Ground Truth" e, no laboratório, foram determinadas as suas curvas espectrais, analisando-se, as amostras coletadas no campo, num espectroradiômetro atuando na faixa espectral de 350 a 750 nanômetros.

Para auxiliar na identificação desses solos no campo, e como base para a verificação dos resultados das interpretações das imagens, foi utilizado o Mapa de Solos do Estado de São Paulo. (Ministério da

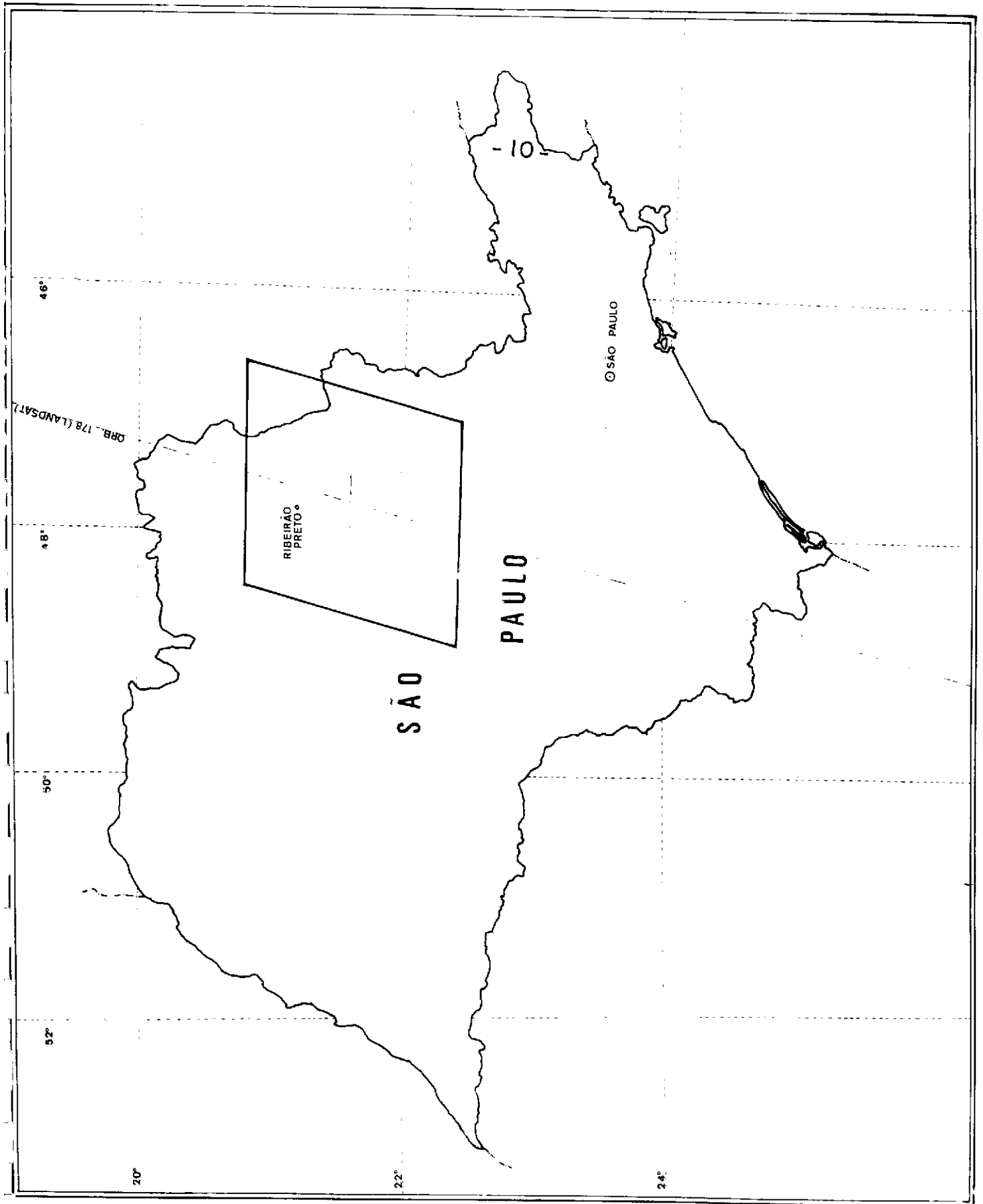


Fig.III.1 - Localização da Área de Estudo.

Agricultura - 1960). Serviram, também como apoio, as interpretações e informações de verdade terrestre coletadas durante a realização do trabalho de campo.

Realizou-se um estudo do balanço hídrico da região, de acordo com o método proposto por Thornthwite(1948), com o objetivo de avaliar a sua capacidade em fornecer informações para os trabalhos de seleção e interpretação das imagens.

As imagens dos canais 4,5,6 e 7, na escala de 1:1.000.000, foram analisadas visualmente, procurando-se destacar os seguintes elementos do terreno, discerníveis nestas imagens: (1) Uso da terra, (2), Vegetação natural (3), Drenagem superficial e (4) Relevo. Após serem identificados, estes elementos foram delimitados sobre as imagens na escala de 1:500.000.

As diferentes categorias de uso da terra, foram caracterizadas sobre as imagens MSS, com base nos seus aspectos texturais e espectrais. Esta técnica foi incrementada com o uso das composições coloridas. Com apoio nos esboços do uso da terra, produzido para a região, e informações bibliográficas disponíveis, foram inferidas as distribuições espaciais prováveis dos diferentes tipos de vegetação natural, que existem ou podem ter existido nesta área, sendo elaborado também esboço desta distribuição.

Com base no esboço da rede de drenagem, confeccionado a partir das interpretações das imagens MSS, realizou-se um estudo qualitativo e quantitativo visando, com isto, verificar a possibilidade de se fazer inferências a respeito dos diferentes tipos de solos presentes na área. O estudo da rede de drenagem foi realizado de acordo com as recomendações de Lueder (1959). Foram analisados os índices quantitativos referentes a densidade de drenagem (segundo Ray e Fischer 1960), a frequência de rios e a razão (ou índices) de textura em amostras circulares (Souza 1975). Para estes cálculos foram selecionadas amostras circulares com área de 100 quilômetros quadrados. Com os valores médios destes índices, calculados para cada área homogênea de drenagem, foi realizada uma análise

se de correlação e regressão. Os resultados gerais foram comparados com aqueles encontrados por outros autores (analisando os mesmos tipos de solos) com base nas redes de drenagem obtidas a partir de fotografias aéreas e com o mapa de solos da área.

Para a caracterização e delimitação das diferentes classes de relevo presentes, na área em estudo, foram observados os padrões de tonalidade e textura apresentados pelas mesmas nas imagens, com apoio também nos esboços do uso da terra e da rede de drenagem.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - CLIMA

O estudo climático da região foi feito tendo, como base, valores normais e os específicos para o ano de 1973, correspondente à da obtenção das imagens MSS. Os resultados destes estudos estão sumariados na Fig. IV.1. A partir do conhecimento da disponibilidade de água no solo, foram feitas inferências com relação à vegetação natural e ao solo. Foi observado que o comportamento espectral da vegetação e do solo variava de acordo com a disponibilidade de água no solo, confirmando os trabalhos de Bowers & Hanks (1965) e Parks & Badenheimer (1973).

4.2 - USO DA TERRA

As imagens MSS, correspondentes aos canais 5 e 7, foram as que se mostraram mais informativas para o reconhecimento das diferentes categorias de uso da terra. A interpretação visual destas imagens permitiu a separação de seis categorias a saber: áreas de exploração agropecuária, campo-cerrado, mata, mata de galeria, áreas reflorestadas e áreas urbanas (Fig. IV.2).

Ao se comparar o esboço do uso da terra (Fig. IV.2), com o mapa de solos existente (Fig. IV.3), verifica-se que as áreas ocupadas pela categoria "áreas de exploração agropecuária" estão localizadas geralmente sobre solos de boa aptidão agrícola, como o Latossolo Roxo. Assim sendo, pode-se dizer que a observação deste elemento, permite inferir o tipo de solo presente numa determinada área, o que vem concordar com os resultados encontrados por Elbersen (1973) e Hilwig (1974).

4.3 - VEGETAÇÃO NATURAL

O esboço da vegetação natural, Figura IV.4, foi confeccionado a partir da constatação de áreas "reliquias" e inferências obtidas pela observação dos mapas climáticos e solos da região, segundo ...

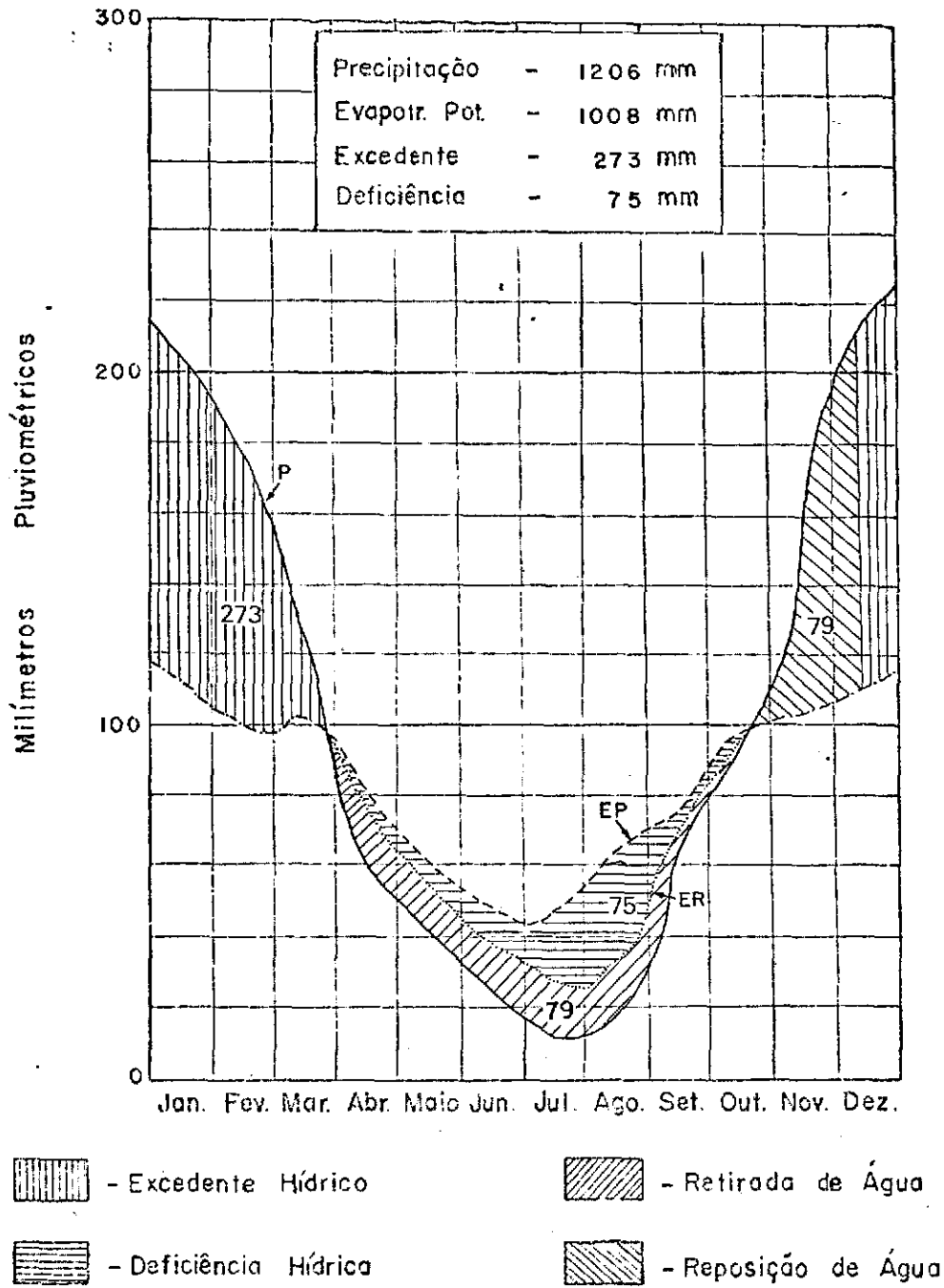


Fig. IV.1 - Balanço Hídrico para a região de "Ribeirão Preto".

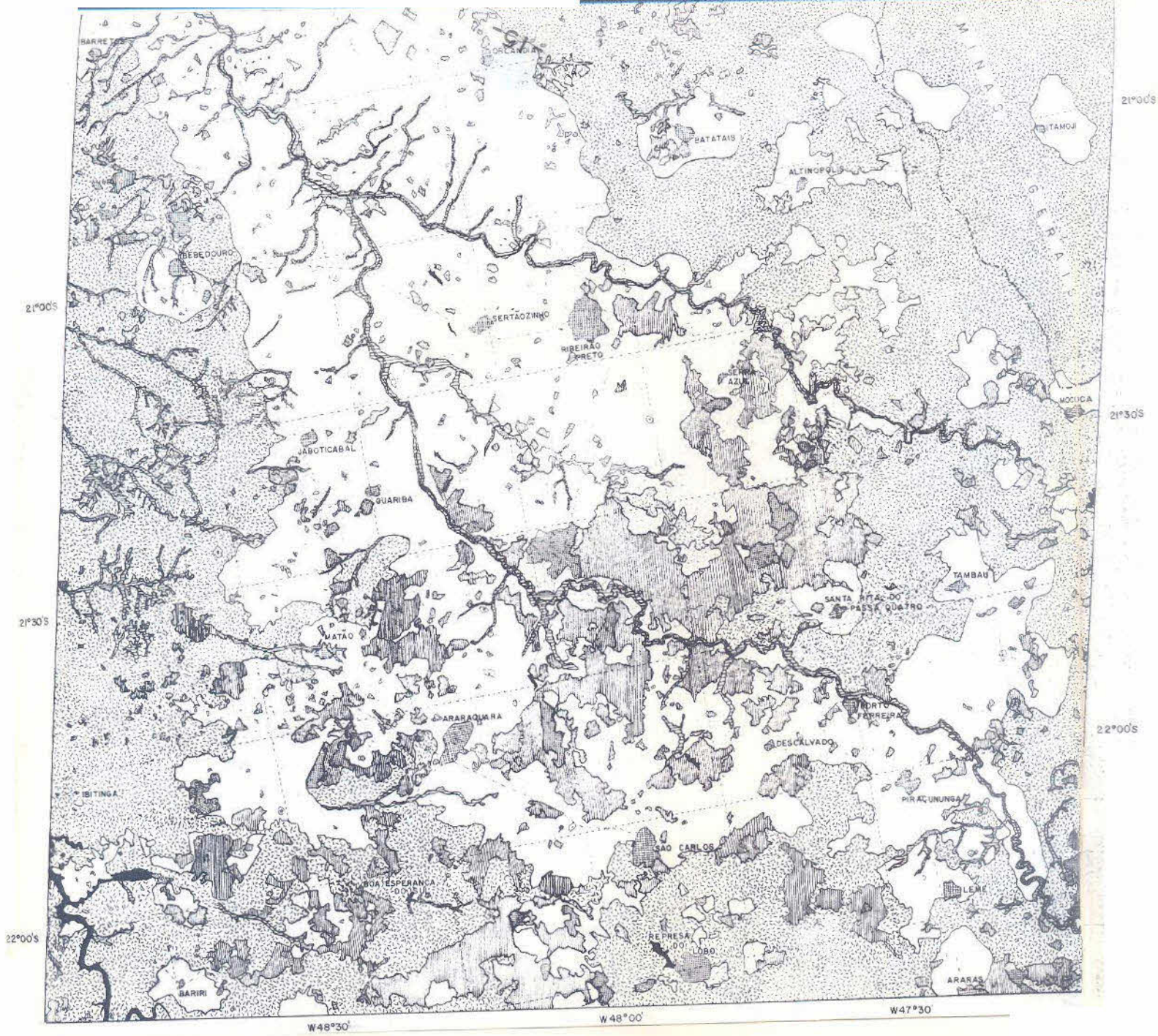
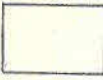









Fig.IV.2 - Esboço do Uso da Terra da Área de "Ribeirão Preto-SP", baseado em dados do MSS do LANDSAT-1.

LEGENDA

-  - Áreas de Exploração Agropecuária
-  - Campo Cerrado
-  - Floresta Natural
-  - Mata de Galeria
-  - Áreas Reflorestadas
-  - Estradas
-  - Áreas Urbanas
-  - Limite Estadual

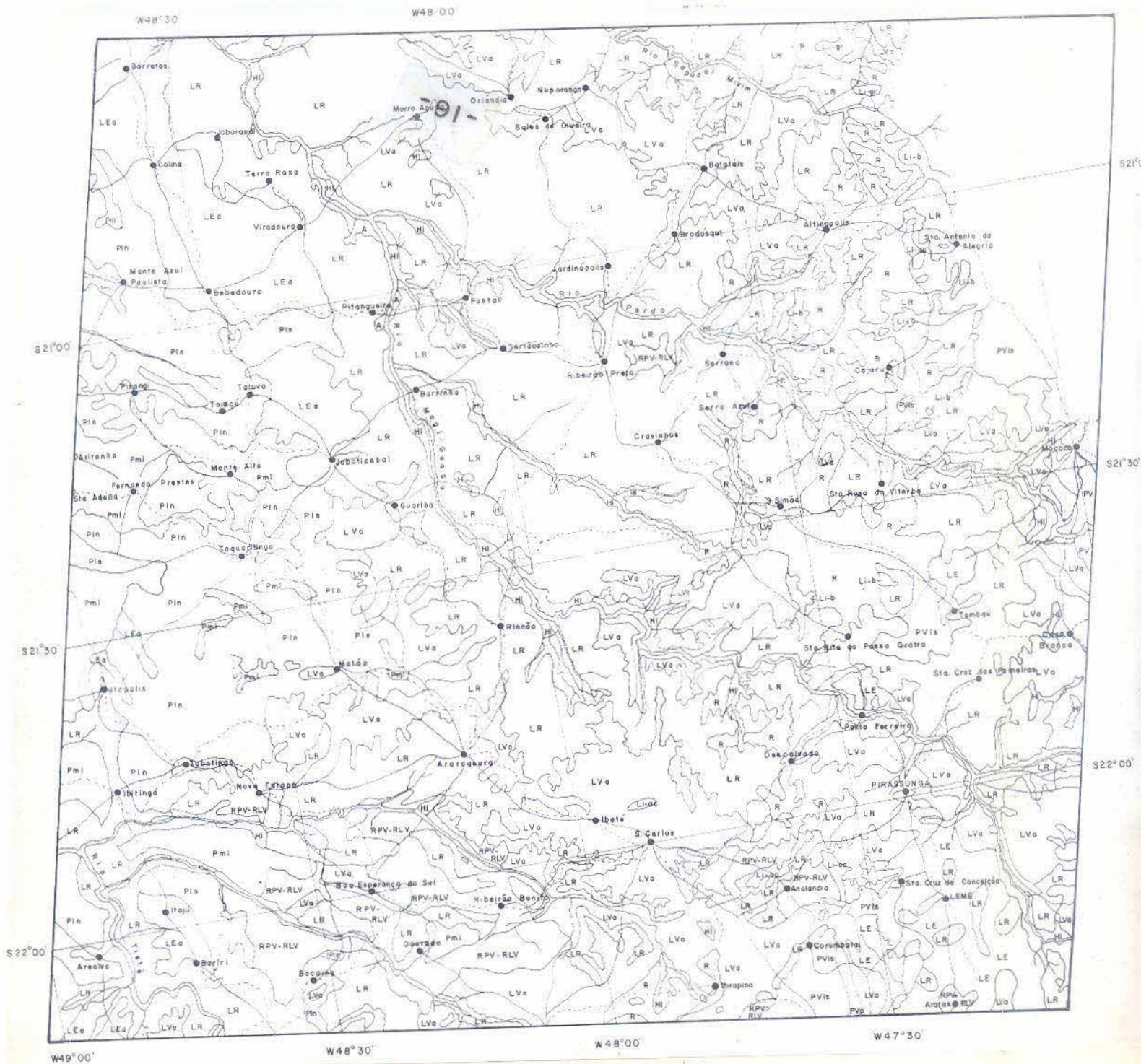
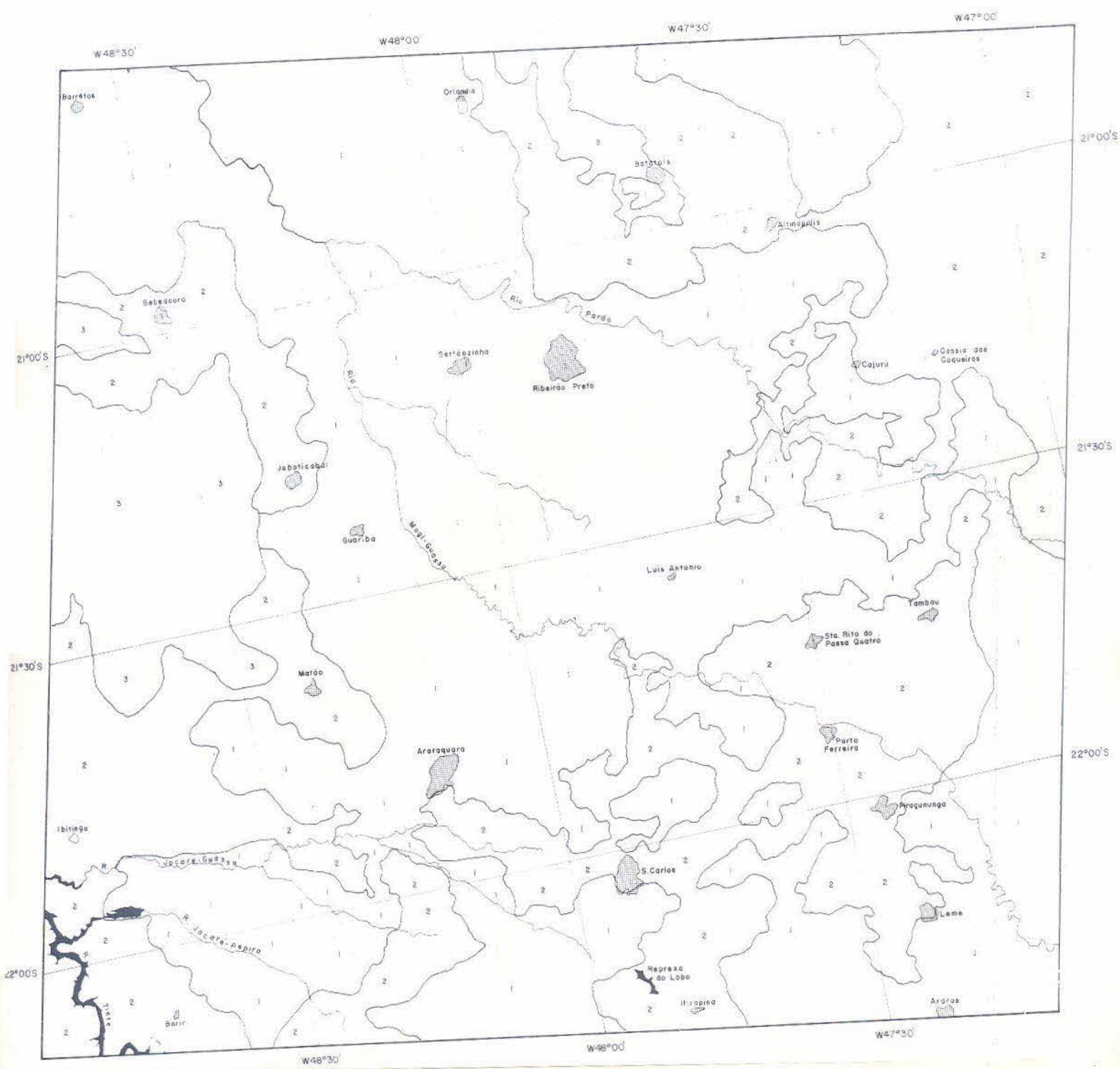


Fig.IV.3 - Mapa de Solos da Área de "Ribeirão Preto - SP", (Extraído da Carta de Solos do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, M.A., 1960).

CONVENÇÕES

- PV - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO-ORTO
- PVp- PODZÓLICO VERMELHO AMARELO-VAR.PIRACICABA
- PV1s-PODZÓLICO VERMELHO AMARELO-VAR.LARAS
- Pln- SOLOS PODZOLIZADOS DE LINS E MARILIA-VAR. LINS.
- Pm1- SOLOS PODZOLIZADOS DE LINS E MARILIA-VAR. MARILIA.
- LR - LATOSOL ROXO
- LE - LATOSOL VERMELHO ESCURO-ORTO
- LEa- LATOSOL VERMELHO ESCURO-FASE ARENOSA.
- Lva- LATOSOL VERMELHO AMARELO FASE ARENOSA
- Hi - SOLOS HIDROMORFICOS
- A - SOLOS ALUVIAIS
- Li.b-LITOSOL-FASE SUBSTRATO BASALTITO
- Li.gr-LITOSOL-FASE SUBSTRATO-GRANITO-GNAISSE
- Li.ac-LITOSOL-FASE SUBSTRATO ARENITO CALCÁRIO
- RPV-RLV-REGOSOL "INTERGRADE" PARA PODZÓLICO VERMELHO AMARELO E INTERGRADE PARA LATOSOL VERMELHO AMARELO-GRUPAMENTO INDISCRIMINADO.
- R - REGOSOL.



LEGENDA

Fig.IV.4 - Esboço da Vegetação Natural da Área de Ribeirão Preto-SP, baseado em dados do MSS do LANDSAT-1.

- 1 - Mata - Cerradão
- 2 - Cerrado
- 3 - Campo Cerrado

Buckman e Brady (1968).

Como pode ser observado neste esboço, foram constatados três tipos de vegetação natural: Mata-Cerradão, cerrado e campo-cerrado, sendo que as categorias Mata e Cerradão foram englobadas numa só, face à impossibilidade de separá-las a partir das imagens.

Para a área em estudo, o elemento "vegetação natural" não contribuiu para o estabelecimento da correlação solo/vegetação natural, devido às modificações desta, causadas pelo elemento humano, fato já observado por Amaral & Audi (1972).

4.4 - RELEVO

O relevo da região foi classificado em três categorias de acordo com Amaral & Audi (1972) e Ranzani (1969), tais como: plano a suavemente ondulado, ondulado a fortemente ondulado e montanhoso, tendo como base a textura apresentada nas imagens MSS correspondentes aos canais 6 e 7; sendo que o canal 6 apresentou maiores informações.

Na Figura IV.5 é apresentado o esboço obtido a partir da interpretação destas imagens.

A comparação deste esboço com o mapa de solos da região mostrou uma boa correspondência de limites, indicando a possibilidade de se utilizar este elemento para a delimitação de solos. Foi também verificada a influência do relevo sobre o clima e a drenagem.

4.5 - DRENAGEM

A interpretação visual das imagens MSS, correspondentes aos canais 5 e 7, permitiu o traçado da rede de drenagem da região, que é apresentada na Figura IV.6. De uma maneira geral, os rios maiores ficaram bem definidos nas imagens do canal 7, e os menores, nas imagens do canal 5, favorecidas pela presença de matas de galeria e de vegetação de solos mal drenados.

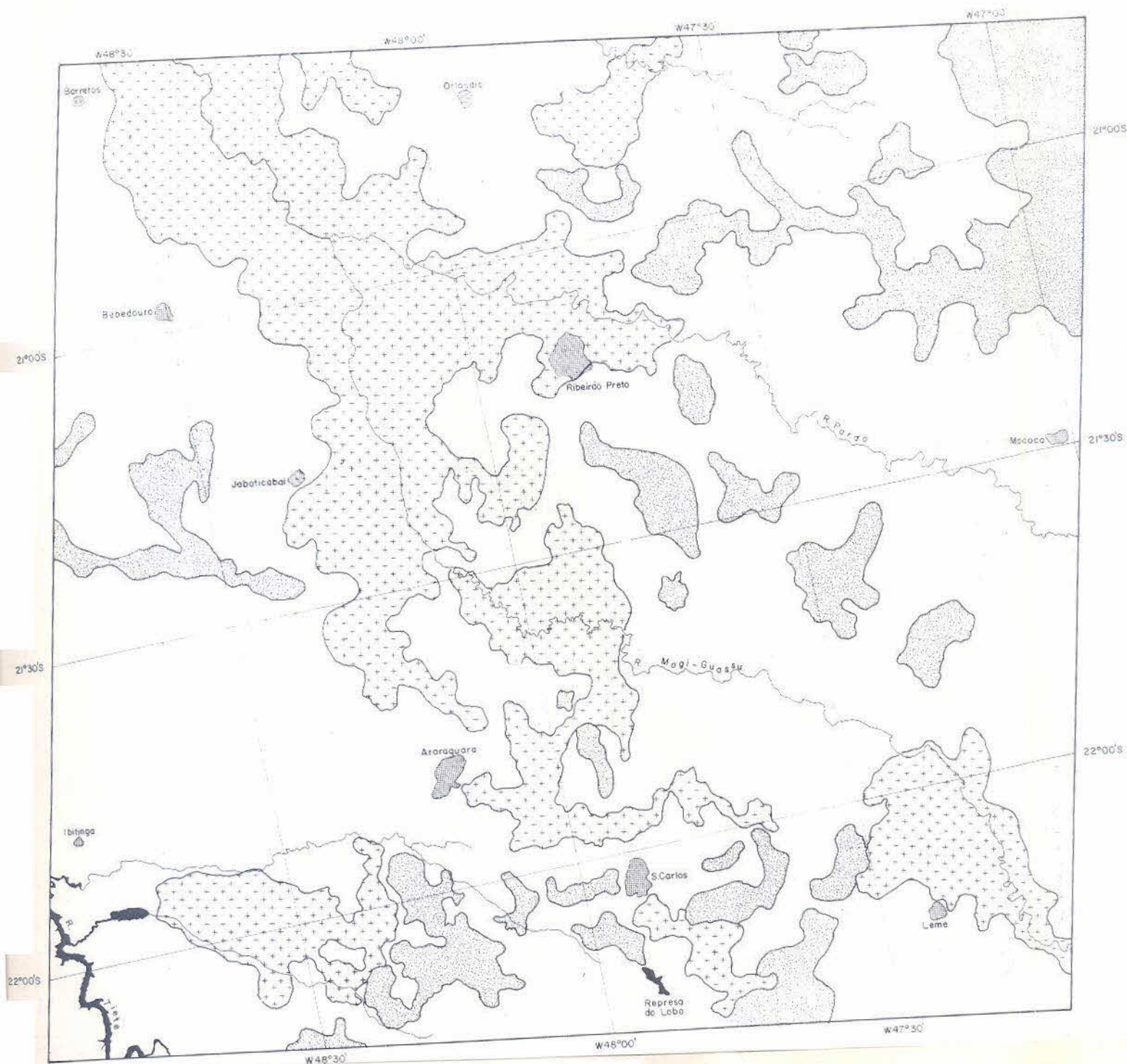






Fig.IV.5 - Esboço das Classes de Relevo da área de Ribeirão Preto-SP baseado em dados do MSS do LANDSAT-1

LEGENDA

- 
 - Plano a suavemente ondulado
- 
 - Ondulado a fortemente ondulado
- 
 - Montanhoso
- 
 - Cidades

Esta rede de drenagem foi subdividida em áreas homogêneas e, então, realizou-se uma análise qualitativa e quantitativa da mesma. A tabela IV .1 apresenta um sumário desta análise. A análise de correlação e regressão, entre as características quantitativas observadas, cujos resultados são apresentados na tabela IV .2, revelaram uma correlação altamente significativa. Finalmente todos estes resultados foram comparados com aqueles obtidos por outros autores, entre os quais pode-se citar principalmente França (1968), Fadel (1972) e Souza (1975), revelando que os resultados obtidos com as imagens apresentam um comportamento semelhante entre si e com aqueles encontrados com as fotografias aéreas ocorrendo no entanto, no caso das imagens, uma redução nos valores dos índices, principalmente quando a rede de drenagem é muito densa.

4.6 - MEDIDAS ESPECTRAIS

As características multiespectrais de cinco diferentes grupos de solos foram determinadas no campo (Tabela IV .3) e analisadas estatisticamente. Os resultados dessas operações estão sumariados na Tabela IV.4. As amostras de quatro grupos de solos foram, também analisadas no laboratório sendo obtidas as suas curvas espectrais, conforme mostra a Figura IV.7.

A observação destes resultados permite concordar com os estudos realizados por Crown & Pawluk (1974), os quais verificaram que os solos, sob condições naturais, ou no laboratório, possuem uma resposta espectral característica, que é função direta de suas propriedades físicas e químicas.

As respostas espectrais destes mesmos tipos de solos, analisados em termos da quantificação dos níveis de cinza apresentados em cada transparência positiva do MSS, na escala de 1:1.000.000, permitiram a separação preliminar, de três grupos de solos, resultado que pode ser observado na Figura IV.8. Estes resultados permitem que se concorde plenamente com Hoffer e Anuta (1971), quando eles afirmam que a tonalidade de (nível de cinza) é um dos fatores mais significantes a ser usado na interpretação das imagens MSS.

TABELA IV.1

CARACTERÍSTICAS DAS REDES DE DRENAGEM

ÁREA	GRUPO DE SOLO	PADRÃO DE DRENAGEM		Ddcm	DESVIO PADRÃO	Fm	DESVIO PADRÃO	Tmc	DESVIO PADRÃO
		BÁSICO	MODIFICADO						
RIBEIRÃO PRETO ESTADO DE SÃO PAULO	Latossolo Roxo	Paralelo	Vários	0,74	0,07	0,39	0,04	1,11	0,12
	Latossolo vermelho amarelo fase arenosa	Retangular	Angular	0,86	0,10	0,50	0,10	1,40	0,29
	Latossolo vermelho escuro-fase arenosa	Paralelo	Sub paralelo	0,79	0,09	0,65	0,16	1,83	0,45
	Solos podzolizados de Lins e Marília	Dendrítico	Subdendrítico	0,85	0,00	0,66	0,05	1,85	0,13
			Pinado	1,63	1,14	1,80	0,32	5,06	0,90

TABELA IV .2

RESULTADOS DAS ANÁLISES DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO PARA AS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS

RELAÇÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	EQUAÇÃO LINEAR
Densidade de drenagem média/frequência de rios média. (Ddcm/Fm)	0,9973	$Fm = - 0,4678 + 1,2294 Ddcm$
Densidade de drenagem média/razão de textura média. (Ddcm/Tmc)	0,9624	$Tmc = -1,3107 + 3,4537 Ddcm$
Frequência de rios média/razão de textura média. (Fm/Tmc)	1,0000	$Tmc = 0,0035 + 2,8091 Fm$

TABELA IV.3

VALORES MÉDIOS DE REFLECTÂNCIA MEDIDOS NO CAMPO PARA CINCO DIFERENTES GRUPOS DE SOLOS, NOS QUATRO DIFERENTES CANAIS DO EARTH GROUND TRUTH RADIOMETER

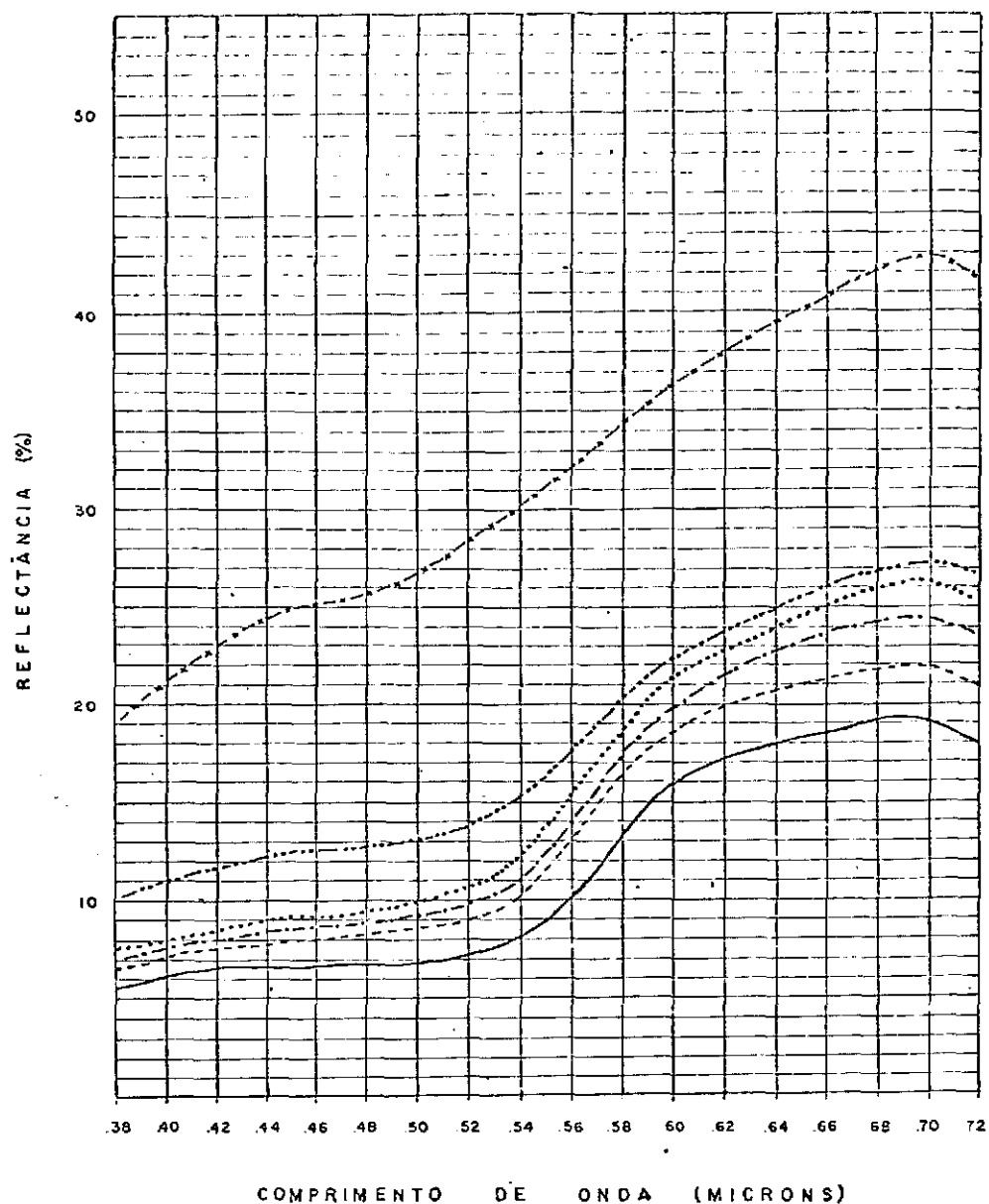
TIPOS DE SOLOS	CANAL 4	CANAL 5	CANAL 6	CANAL 7
LATOSSOLO ROXO	5,4	11,0	13,3	11,2
LATOSSOLO VERMELHO ESCURO-FASE ARENOSA	9,3	16,7	20,7	19,4
LATOSSOLO VERMELHO AMARELO-FASE ARENOSA	10,9	18,2	21,8	20,9
RPV/RLV	15,8	23,6	26,5	25,9
REGOSSOL	20,8	30,1	33,7	30,8

RPV/RLV = Regosso "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo e "integrate" para Latossolo Vermelho Amarelo.
 Grupamento indiscriminado.

TABELA IV.4

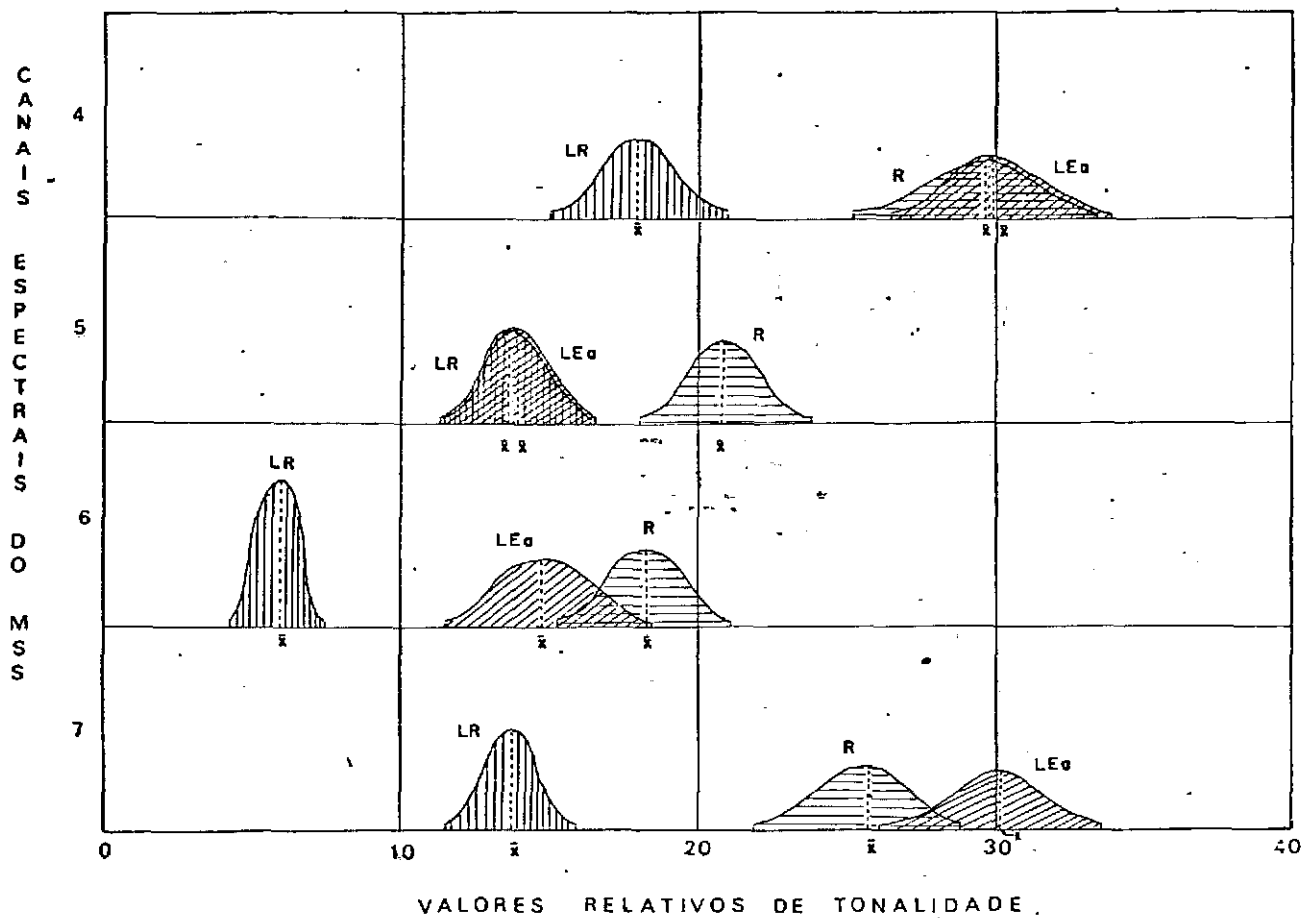
ANÁLISE DOS VALORES MÉDIOS DE REFLECTÂNCIA MEDIDOS EM CAMPO PARA CINCO DIFERENTES GRUPOS DE SOLOS.

CANAIS	TESTE DE TUKEY $\alpha = 0,05$			F	CV	\bar{Sx}	TESTE DE DUNCAN $\alpha = 0,05$		
CANAL 7	<u>LR</u>	<u>LEa LVa</u>	<u>RPV/RLV R</u>	***	16%	0,4407	<u>LR</u>	<u>LEa LVa</u>	<u>RPV/RLV R</u>
CANAL 6	<u>LR</u>	<u>LEa LVa</u>	<u>RPV/RLV R</u>	***	17%	0,5010	<u>LR</u>	<u>LEa LVa</u>	<u>RPV/RLV R</u>
CANAL 5	<u>LR</u>	<u>LEa LVa</u>	<u>RPV/RLV R</u>	***	15%	0,3963	<u>LR</u>	<u>LEa LVa</u>	<u>RPV/RLV R</u>
CANAL 4	<u>LR</u>	<u>LEa LVa</u>	<u>RPV/RLV R</u>	***	15%	0,2453	<u>LR</u>	<u>LEa LVa</u>	<u>RPV/RLV R</u>



<u>SIMBOLO</u>	<u>GRUPO DE SOLO</u>
—	Latossolo Roxo
----	Latossolo Vermelho Amarelo
- . - . -	Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa
.....	Solos Podzolizados de Lins e Marília
- . - . - . .	Transição de Regossol com outros grupos
- x - x -	Regossol

Fig. IV.7 - Curvas Espectrais de seis (6) diferentes Grupos de Solos



- REGOSSOL
- LATOSSOLO ROXO
- LATOSSOLO VERMELHO ESCURO - fase arenosa

Fig. IV.8 - Representação Gráfica dos resultados relativos de tonalidade de de tres grupos de solos nas transparências positivas do MSS.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, através das análises dos elementos interpretativos, para fins de caracterização de solos utilizando as imagens orbitais, chegou-se às seguintes conclusões:

- 1) Há necessidade de se realizar o balanço hídrico anual para esclarecer as modificações superficiais aparentes nas imagens, decorrentes da disponibilidade de água no solo.
- 2) Os elementos analisados nas imagens, ou seja, uso da terra, rede de drenagem, relevo e medidas de tonalidade, mostraram-se úteis na caracterização de grandes grupos de solos.
- 3) Para o estudo das tonalidades relativas, as imagens dos canais 6 e 7 do MSS, mostraram-se mais eficientes. A vegetação natural, rede de drenagem e uso da terra foram melhor observados nas imagens dos canais 5 e 7, e o relevo ficou mais evidenciado na imagem do canal 6.
- 4) As imagens na escala 1:1.000.000, mostraram um melhor contraste dos elementos interpretativos, porém, a delimitação e o delineamento dos mesmos foram mais eficientes com a utilização das imagens na escala 1:500.000.
- 5) A análise dos resultados obtidos, através do estudo dos elementos, mostrou que a vegetação natural e o uso da terra são elementos que devem ser utilizados com relativa cautela para a caracterização de grupos de solos.
- 6) Os resultados das análises, qualitativa e quantitativa, das redes de drenagem estudadas permitiram concluir que, dentre as características qualitativas observadas, a classificação do padrão de acordo com o tipo ou modelo é a mais importante na caracterização de solos; e dentre as características quantitativas analisadas, o valor de frequência de rios é o mais recomendável.
- 7) Foi possível realizar, sobre as imagens, associações entre o relevo e o tipo de solo.

- 8) Através das tonalidades relativas, obtidas em transparências positivas dos quatro canais do MSS, ficaram caracterizados o Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro- fase arenosa e Regossol.
- 9) Para a utilização das imagens orbitais do LANDSAT, há necessidade de um conhecimento preliminar das características peculiares às mesmas, para que os objetivos possam ser alcançados.

BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, A.Z. & AUDI, R. Fotopedologia, In: MONIZ, A.C. *Elementos de Pedologia*, São Paulo, Polígono, Editora da USP, 1972. Cap. 35, p. 429-442.
- AVERBECK, H. & SANTOS, R.D. *Manual de Fotointerpretação para Solos* (1a. aproximação). Rio de Janeiro - Ministério da Agricultura, 1969.
- BOWER, S.A. & HANKS, R.J. *Reflection of Radiant Energy from Soils*. 1965. p. 130-138 (Soil Science, 100).
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e Propriedades dos Solos* 2. ed. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, 1968.
- CIPRA, J.E. SWAIN, P.H.; GILL, J.H. BAUMGARDER, M.F. KRISTOF, S.J. Definition of spectrally separable classes for soil survey. In: *PROCEEDINGS of eighth international symposium on remote sensing of environment*. Ann Arbor, University of Michigan, 1972 p. 765-770.
- CROWN, P.H. & PAWLUK, S. Spectral signatures from selected soils in Edmonton Vegreville Area. In: *SECOND Canadian symposium on remote sensing*. GUELPH, S.L. 1974 Vol. II p. 449-462.
- ELBERSEN, G.W.W. Interpretation of ERTS images of a Savanna area in Eastern Colombia. In: *NASA Symposium on significant results obtained from ERTS-1*. Maryland, 1973, V.I., Sec. A.p. 105-120.
- EYRE, S.P. *Vegetation and Soils - A World Picture*, 21. ed. London, Edward Arnold, 1968.
- FADEL, H. *Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da Fazenda Ipanema, município de Araçoiaba da Serra (SP)* Tese de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), 1972.
- FRANÇA, G.V. *Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba*. Tese de Doutorado, Piracicaba, ESALQ, 1968.

- GEVAERD, I. *Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da região Nordeste Paranaense*. Tese de Mestrado Piracicaba, ESALQ, 1974.
- HILWIG, F.W.; GOOSEN, D; KATSIERIS, D. Preliminary results of the interpretation of ERTS-1 imagery for soil surveys in the Merida region Spain. *The ITC Journal*, 3: 289-312, 1974.
- HOFFER, R.M. & JOHANNSEN, C.J. Ecological potentials in spectral signature analysis. In: JOHNSON, P.L. *Remote Sensing in Ecological*. Athews University of Georgia Press. 1969, p. 1-16.
- HOFFER, R.M.; ANUTA, P.E.; PHILLIPS, T.L. ADP, multiband and multiemulsion digitized photos. Laboratory for applications of remote sensing. *Photogrammetric Engineering*. 38 (10): 989-1001 - Oct. 1971.
- HORTON, M.L. & HEILMAN, J.L. *Crop Identification Using ERTS Imagery*. In: NASA. *Symposium on significant results obtained from the earth resources technology satellite*. New Carrollton, Mar. 1973. V.1, Sec. A, p. 27-34.
- JOYCE, A.T. Land use and mapping. In: NASA *Third earth resources technology symposium*. Washington, 1973 V.II, p. 136-146.
- LEÃO, S.R.F. *Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvidas em dois solos do Distrito Federal*. Dissertação. Piracicaba, ESALQ, 1972.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation. Principles and applications*. Mc Graw-Hill, New York, 1959.
- MARCHETTI, D.A.B. *Fotointerpretação de atributos de relevo aplicada a solos da região de Piracicaba*. Tese de Doutorado, Piracicaba, ESALQ, 1969.
- MINISTERIO DA AGRICULTURA - Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. *Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas*. 12: 1-634, 1960.
- MINISTERIO DA INDUSTRIA E DO COMÉRCIO *Reconhecimento Detalhado e Aptidão dos Solos em Área Piloto no sul do Estado de Minas Gerais*. Rio de Janeiro, IBC/GERCA - Serviço de Fotointerpretação, 1972.
- MONIZ, A.C. *Decomposição de Rochas e Formação de Minerais de Argila*. In: _____ *Elementos de Pedologia*, São Paulo, USP, 1972. cap. 25, P. 305-324.

- MORAES, E.M.L. *Análise Morfológica de Bacias Hidrográficas através de imagens do LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, Ago. 1975 (728/NTI-026).
- MYERS, V.I. & ALLEN, W.A. Electrooptical Remote Sensing Methods as non Destructive testing and measuring Techniques in Agriculture. *Applied Optics*. 7: 1819-1838, 1968.
- NASA. *Data user Handbook - ERTS*. Baltimore, Goddard Space Flight Center, 1972.
- OLIVEIRA, J.B. & ROTTA, C.L. Apreciações generalizadas sobre a variação das características químicas das unidades de solos da Estação Experimental de Limeira, S.P., *Bragantia*, 32: 61-92, 1973.
- PARKS, W.L. & BODENHEIMER, R.E. Delineation of major soil association using ERTS-1 imagery. IN: NASA, *Symposium on significant results obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. New Carrollton Mar. 1973, V.1 sec. A, p. 121-126.
- PLACE, J.L. Change in land use in the Phoenix(1:250.000) Quadrangle, Arizona between 1970 and 1972; Successful use of a land use classification system. In: NASA *Symposium on significant results obtained from the Earth resources technology satellite-1*. New Carrollton, Mar. 1973, V.1, sec. B.p. 899-906.
- RANZANI, G. *Manual de Levantamento de Solos*. São Paulo, Editora da USP, 1969.
- RAY, R.G. & FISCHER, W.A. Quantitative photography: a Geological Research Tool. *Photogrammetric Engineering*, 26: 143-160, 1960.
- RAY, R.G. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico*. Traduzido por Jesuino Felicíssimo Jr. (U.S. Geological Survey Professional paper 373, 1960). São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 1963.
- SCHRUMPT, B.J. *Natural vegetation inventory*. Oregon State University Corvallis, 1973 (Paper, A.7).
- SOIL CONSERVATION SERVICE. *Aerial photo interpretation in classifying and mapping soils*. United States Department of Agriculture, 1966. (Agriculture Handbook, 294).

- SOUZA, M.P.L. *Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no Município de Ponta Grossa. PR. Tese de Mestrado. Piracicaba, ESALQ, 1975.*
- THORNTON, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.* 38: 55-94, 1948.
- VASQUES FILHO, J. *Critérios morfométricos aplicados à fotointerpretação de redes de drenagem em três unidades de solos no município de Piracicaba (SP). Piracicaba, 1972, Tese de Mestrado ESALQ.*
- WEISZ, J.P.; RICCIARDI, H.J.; VENTURA, G.; SZAKALICKI, O.A.; FERNANDEZ, S.; DOMINGUES, O.; CAPANNINI, D.A.; CARVALHO, E.; MARLENKO, N. Quantificación de datos, de transparencias de tercera generación del ERTS-1, mediante el uso de microdensitómetros. In: CNIE. *Panel Sobre Aplicaciones de la Teledeccion de Recursos Naturales Terrestres. Buenos Aires, 1973. p. 59-60.*