

MAPEAMENTO DE SOLOS ATRAVÉS DO CARATER ESPECTRAL,  
DA REDE DE DRENAGEM E DA VEGETAÇÃO

D.A. Marchetti\*  
G.J. Garcia\*\*

---

RESUMO: O presente trabalho reuniu três metodologias conhecidas para o estudo de solos, todas associadas às técnicas de sensoriamento remoto. Para uma mesma área, os solos foram relacionados aos seus parâmetros espectrais obtidos digitalmente de imagens de satélite; os Índices de drenagem da área foram também relacionados aos respectivos solos; a conhecida relação entre tipos de cerrado e respectivos solos suporte foi também estudada. Para cada situação foi preparado um mapa de solos, que se aproximava do mapa já existente. Quando as informações de tais mapas foram agregadas em um único mapa, a aproximação com o mapa de controle foi altamente satisfatória evidenciando a aplicabilidade da metodologia.

Termos para indexação: solos, mapeamento, sensoriamento remoto.

SOIL MAPPING THROUGH SPECTRA PARAMETERS, DRAINAGE  
NETWORK AND VEGETATION

ABSTRACT: This study puts together three different methodologies that utilize Remote Sensing

---

\* *In memoria*

\*\* Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP  
Rio Claro

Techniques for the study of soils. The soils of the selected area were studied by their spectra parameters and analysed through satellite images processed in an appropriate equipment. The drainage indices were correlated to their respective soils. The well known relationship between types of cerrado vegetation and associated soils were also studied. For each situation a soil map was prepared; those maps showed a reasonable relationship with the ground truth. When these informations were put together in a single map, the relationship with the reference soil map was highly significant, showing the applicability of the methodology.

Index terms: soils, mapping, satellite.

---

## INTRODUÇÃO

Considerada até recentemente como uma região incapaz de participar do processo produtivo do Setor Primário brasileiro, são recentemente os Cerrados começam a mostrar todo seu potencial. Ocupando uma área de 180 milhões de hectares, estima-se que 50 milhões possam ser aproveitados para a produção de grãos, desde que se adotem técnicas avançadas de cultivo.

Objetivando conduzir uma agricultura racional, é fundamental avaliar os solos quanto as suas possibilidades e limitações para uso agrícola, o que implica em se ter mapeamento de solos num nível de detalhe adequado. Para tanto torna-se necessário lançar mão de técnicas que possibilitem respostas rápidas e a baixo custo. O Sensoriamento Remoto constitui-se então na ferramenta adequada visando o estudo dos solos das diferentes áreas que compõem o complexo vegetativo denominado Cerrado.

A partir da técnica clássica de mapeamento de solos, através de levantamento de campo, várias outras

foram propostas, sendo que o estudo quantitativo da rede de drenagem tem hoje sua eficiência comprovada, dentro de certos limites.

O presente trabalho objetiva o mapeamento dos solos de uma área determinada, através não só da rede de drenagem mas também pelo caráter espectral dos mesmos. A estreita relação que existe entre categorias de cerrado e respectivos solos deverá também ser levada em consideração. As informações obtidas por estas três fontes são analisadas individualmente e também consolidadas num único mapa, que é comparado com o mapa base, pré-existente.

#### O comportamento espectral dos solos

Em termos de comportamento espectral, os solos exibem curvas de reflectância bem mais uniformes do que as rochas. Estudos mostraram que a reflectância do solo é uma propriedade cumulativa originária da contribuição heterogênea da matéria orgânica, óxido de ferro, umidade, granulometria e estrutura (MONTGOMERY & BAUNGARDNER, 1974; STONER E BAUNGARDNER, 1981). De acordo com STONER *et alii* (1980), os solos podem ser agrupados em cinco curvas básicas, conforme aparece na Figura 1.

Como demonstrado por PAGE (1974), o teor de matéria orgânica está inversamente correlacionada com a reflectância espectral, enquanto que BAUNGARDNER *et alii* comentam que teores de matéria orgânica acima de 2% mascaram o efeito de outras propriedades. Já no caso do óxido de ferro, apenas teores acima de 4% podem mascarar os efeitos de altos teores de matéria orgânica.

MONTGOMERY *et alii* (1976) afirmam que a significância dos óxidos de ferro na reflectância aumenta com o aumento do comprimento de onda no espectro eletromagnético, em especial nas regiões do visível e infravermelho próximo.

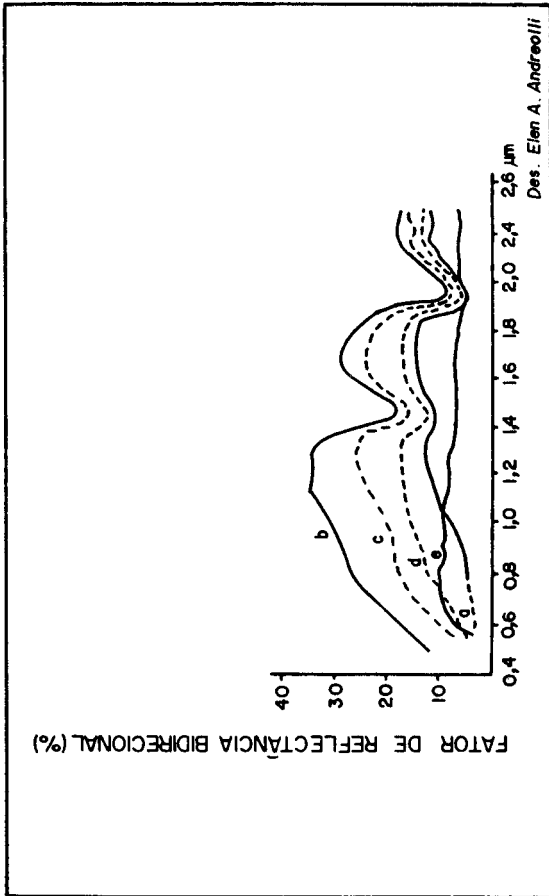


Fig. 1. 5 tipos de espectros de solo segundo STONER *et al.* (1980): a) domínio orgânico; b) pouco alterado (baixa m.o. ferro médio); c) afetado por ferro; d) afetado por m.o.; e) domínio de ferro

### Imagens Landsat no estudo de solos

Segundo HARALICH & SHANMUGAN (1974), feições espectrais, texturais e do contexto são os três elementos utilizados na interpretação visual de imagens. Em estudo comparativo entre imagens MSS/Landsat e imagens de radar GARCIA (1984) verificou que as imagens de radar foram superiores, quando se utilizou a rede de drenagem como referencial. Já quando comparou imagens TM/Landsat e imagens de radar GARCIA (1988) verificou a superioridade das primeiras, tendo como explicação a melhoria da resolução das imagens TM.

### Características da rede de drenagem aplicadas aos solos

O estudo quantitativo da rede de drenagem aplicado a solos se iniciou no Brasil com FRANÇA (1968), originando uma linha de investigação com inúmeros seguidores.

Depois do relevo, a rede de drenagem superficial é um indicador confiável das reais condições do terreno. Além da razão infiltração/deflúvio, a capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais também são responsáveis pelo comportamento da rede de drenagem (LUEDER, 1959).

HORTON (1945) explicou que a proporção entre infiltração e deflúvio regula os processos de erosão hídrica, existindo um comprimento mínimo de escoamento sobre uma determinada superfície, para iniciar a formação de canais. Este comprimento mínimo depende do declive da superfície, velocidade do deflúvio, capacidade de infiltração e resistência do solo à erosão.

STRAHLER (1964) considera a densidade de drenagem (Dd) um importante indicador da escala linear dos elementos fisiográficos. A Dd é definida como a relação entre o comprimento total de canais de uma bacia de drenagem e a área dessa bacia.

A Dd está relacionada principalmente com a resistência

ã erosão dos materiais presentes. Folhelhos e outras rochas de granulação fina, tendem a apresentar alta Dd, enquanto que rochas sedimentares de granulação grosseira, tendem a apresentar baixa Dd (RAY, 1963).

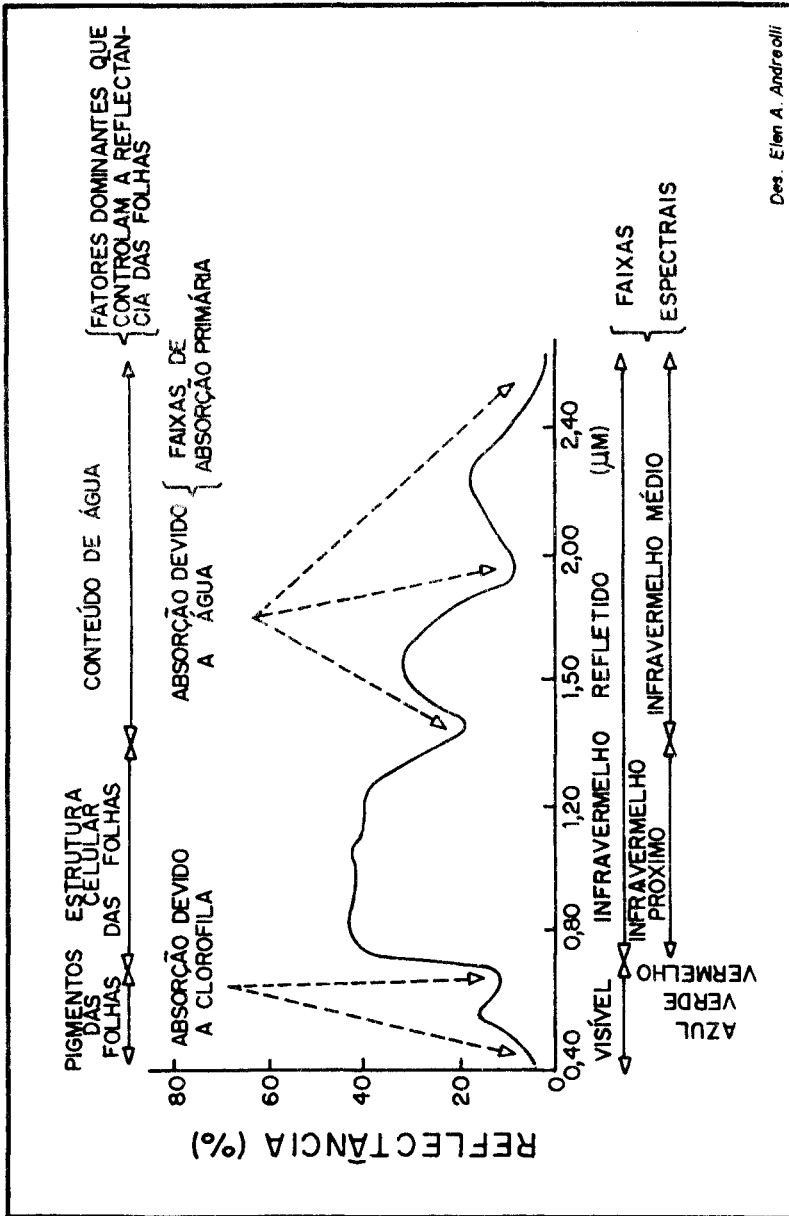
Outros Índices úteis, mas de menor poder discriminatório seriam: Frequência de rios (Fr), que é definida pela relação número total de canais pela área da bacia; Comprimento médio de rios, que seria a relação entre o comprimento total de canais pelo número total de canais; Razão de textura, como sendo o comprimento total de canais da amostra pelo perímetro da mesma (STRAHLER, 1964; FRANÇA, 1968; RAY & FISCHER, 1960).

ESPINDOLA & GARCIA (1978) verificaram que em geral, a densidade de drenagem e a frequência de rios são sensivelmente mais baixas nos solos com horizonte B Latossólico, com menor amplitude de valores, em função da profundidade, homogeneidade textural, grau de saturação e condições de relevo, acarretando maior relação infiltração/deflúvio. Encontram ainda variações no índice de drenagem para os solos com B textural, em comparação aos solos B latossólico. Os trabalhos com a metodologia proposta no Brasil por FRANÇA (1968) apresentam número significativo, podendo-se destacar CARVALHO (1977), NOGUEIRA (1979), POLITANO (1980), KOFFLER (1976), VALÉRIO FILHO (1984), VETTORAZZI (1985) e ANGULO FILHO (1986).

### O comportamento Espectral da Vegetação

A Figura 2 mostra uma curva padrão da resposta espectral de vegetação onde se nota um pico de absorção na região do azul e outra na região do vermelho, ambos devidos a presença das clorofilas a e b. Nota-se também um leve pico na região do verde. Na transição do vermelho para o infravermelho próximo (IVP), nota-se um acentuado aumento na reflectância o qual se mantém ao longo da faixa do IVP diminuindo somente na faixa do infravermelho médio (HOFFER, 1978).

Na faixa do visível (0,40 a 0,68 $\mu$ m) os pigmentos



Des. Elen A. Andreolli

Fig. 2. Comportamento espectral padrão de vegetação verde  
Fonte: HOFFER, 1978

existentes na folha verde são responsáveis pela sua resposta espectral apresentando uma forte absorção da radiação incidente nas regiões do azul e do vermelho. Essa absorção é inversamente proporcional a reflectância nessa faixa.

Na porção do espectro referente ao IVP ocorre exatamente o inverso. As folhas verdes absorvem muito pouca energia nessa região do espectro apresentando uma alta reflectância devida ao espalhamento resultante dos diferentes índices de refração do líquido intracelular (1,33) e dos espaços intracelulares (1,0) do mesófilo (GAUSMAN, 1974).

### Imagens de satélite no estudo da vegetação

A bibliografia sobre o tema é volumosa e acessível, principalmente os trabalhos desenvolvidos pelo INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais. Vale a pena no entanto alguns comentários sobre a influência da resolução espacial na eficiência da classificação digital. KAN & BALL (1974) relatam que a medida que aumentou a resolução espacial, aumentou a variância espectral, diminuindo a separabilidade entre as diferentes classes de cobertura do terreno. MALILA (1985) relata que de um modo geral a quantidade de informações detectadas pelo sensor TM/Landsat é muito maior que aquelas detectadas pelo MSS/Landsat, principalmente para áreas agrícolas. No caso do trabalho de DE GLORIA *et alii* (1985), ficou evidenciado que as melhores composições coloridas seriam 2B, 4G e 5R ou 3B, 4G e 5R. TOLL (1984), comenta que a banda 7 e, principalmente a , são altamente correlacionadas a outras bandas.

### A Vegetação de Cerrado

Os primeiros estudos tentaram explicar a ocorrência do Cerrado como uma adaptação da vegetação natural à falta de água em certo período. FERRI (1955), comprovou no entanto que as razões deveriam ser outras, já que durante a estação seca tal vegetação não sofria res trição severa na taxa de transpiração e não sofriam



falta de água. GOODLAND (1971) propôs a teoria do escleromorfismo por toxidez de alumínio, tendo verificado que dos fatores considerados no estudo (pH, C, N, M.O., Ca + Mg, K, Al, e  $PO_4$ ), o teor de alumínio decrescia do Campo Limpo para o Cerradão, enquanto que os teores dos outros elementos aumentavam na mesma direção. Finalmente GOODLAND & POLLARD (1973), concluem da existência de um gradiente de fertilidade dos solos, o do Campo Limpo ao Cerradão. GARCIA & ESPINDOLA (1981), demonstraram a elevada correlação entre este tipo de vegetação e respectivos solos utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Descrição da área de estudo

A área de estudo, localizada no Distrito Federal apresenta as seguintes coordenadas:  $15^{\circ}30'$  e  $16^{\circ}15'$  de Latitude Sul e  $47^{\circ}31'$  e  $47^{\circ}50'$  de Longitude Oeste.

Segundo a classificação de Koppen o clima é do tipo AW, tropical, caracterizado por uma estação seca acentuada no inverno, com 80% do total anual de precipitações distribuídas entre os meses de outubro a abril, onde a temperatura apresenta uma amplitude anual de  $21,3^{\circ}$  a  $27,2^{\circ}C$ .

Quanto a geologia da área, ALMEIDA (1964), comenta que o Planalto Central Brasileiro consiste de um escudo de rochas cristalinas intrusivas do Pré-Cambriano e rochas metamórficas, parcialmente expostas e parcialmente recobertas por sedimentos do Pleozóico e Mesozóico.

Quanto aos solos, a Figura 3 mostra a distribuição dos mesmos, segundo a EMBRAPA (1978).

### 2. Características das imagens utilizadas

A Tabela 1 relaciona as imagens utilizadas, em diferentes representações.

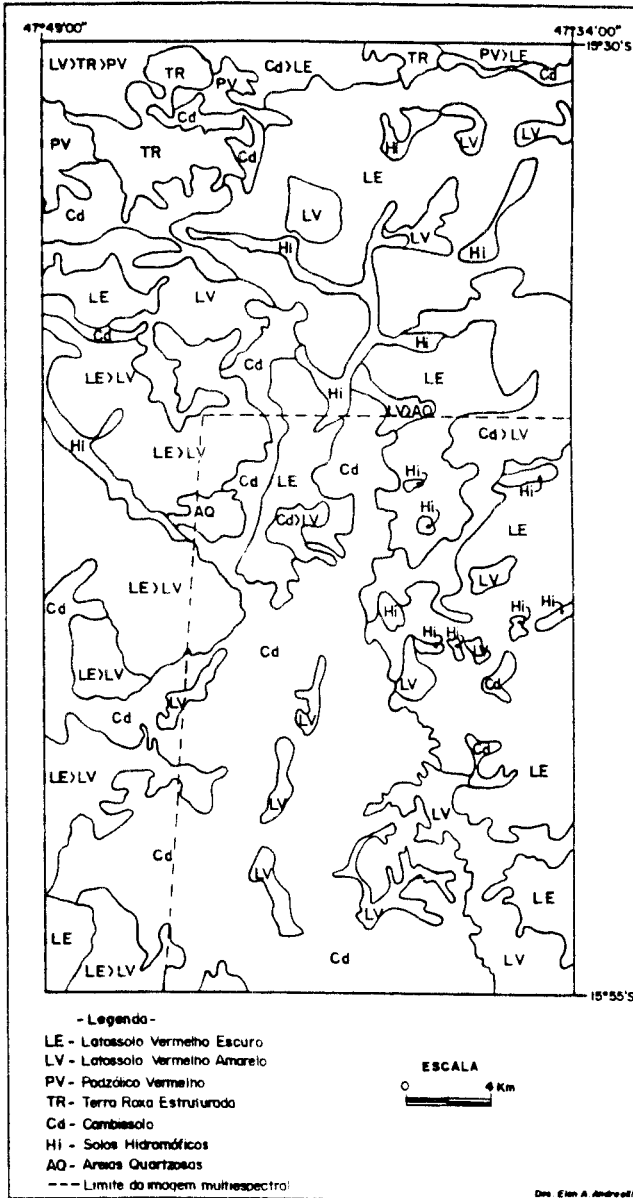


Fig. 3. Solos da Área de Estudo (Adaptado da EMBRAPA)

Tabela 1. Imagens TM/Landsat utilizadas

Produto	Apresentação	Escala	Canal						
			1	2	3	4	5	7	
Analógico	Cópia em papel	1:250.000		x	x	x	x		
	Transparência	1:100.000		x	x	x	x		
Digital	CCT		x	x	x	x	x	x	x

### 3. Material cartográfico utilizado

O material cartográfico utilizado, refere-se à área do Distrito Federal, cobrindo toda região do PADDF/ Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal.

- Carta de Solos da EMBRAPA e bibliografia existente no CPAC.

- Carta do Brasil ao Milionésimo do IBGE.

- Mapas do Departamento Nacional de Produção Mineral.

- Mapas topográficos na escala 1:100.000 elaborados pelo Serviço Geográfico do Exército.

- Dados de verdade terrestre obtidos em 1988.

### 4. Instrumental

Visualmente as imagens foram interpretadas com o auxílio de uma lupa iluminada. Na forma digital utilizou-se de um terminal RAMTEK ligado a um computador IBM de grande porte. Através de software apropriado foi possível a execução de procedimentos que melhoraram a qualidade da imagem e facilitaram a interpretação das mesmas.

Adicionalmente contou-se com um Additive Color Viewer da marca Cannon para a confecção de composições coloridas a partir de imagens analógicas.

## 5. Processamento das imagens digitais

Foram feitas numerosas tentativas de combinações entre bandas, onde a seleção das bandas TM foi feita pelo critério de seleção de atributos. O algoritmo original foi desenvolvido por Ii (1982), e consiste de um classificador que seleciona de um conjunto de N bandas, o melhor subconjunto de K bandas, o qual minimiza a probabilidade de erro de classificação. Dos dois métodos alternativos utilizou-se o da medida distância estatística J-M (Jeffrey-Matusita), de acordo com MENESES (1986).

Outro procedimento empregado foi o método de Transformação dos Componentes Principais, que permite aumentar a eficiência classificatória, através de transformações estatísticas dos dados originais. Posicionando-se adequadamente os eixos, pode-se derivar valores transformados que descrevem mais eficientemente os dados (SHORT, 1982).

## 6. Análise da rede de drenagem

Preliminarmente procedeu-se ao delineamento de toda a rede de drenagem a partir de imagens TM/Landsat na escala 1:250.000. Foram identificados todos os canais permanentes e temporários. O mapa de unidades fisiográficas utilizado como base para a seleção das áreas de diferentes solos estudados, foi executado segundo DONZELLI *et alii* (1983). Posteriormente sobre o mapa básico, foram distribuídas amostras circulares ao acaso, de modo a permitir a análise estatística.

A análise quantitativa do padrão de drenagem restringiu-se aos elementos possíveis de serem obtidos de amostras circulares, quais sejam: Densidade de drenagem, Frequência de rios e Razão de textura.

## 7. Análise Estatística

Os índices do padrão de drenagem utilizados com os parâmetros para distribuição entre solos foram analisados estatisticamente pelo método de Similaridade e Classificação Espacial (GERARDI & SILVA, 1981).

Na análise comparativa entre os três tipos de informações foram utilizadas duas técnicas: na primeira as amostras mais representativas foram selecionadas através de uma análise de agrupamentos por exclusão, numa variante denominada ISOMIX (PRELAT, 1981). Na aplicação do método estabeleceu-se como um dos parâmetros de controle o número mínimo de classes igual a 3 (agrupamento final), de modo que o penúltimo agrupamento foi de 6 classes. Visando testar a representatividade de cada amostra face a área total, utilizou-se então o teste  $\chi^2$  (SIEGEL, 1975), que permite comprovar a hipótese de que as amostras diferem ou não em suas frequências.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na realização do trabalho aparecem a seguir.

### 1. Estudo dos solos pelo caráter espectral

A aplicação do método da distância J-M, indicou as bandas 1, 2 e 4 como as mais apropriadas, e a composição colorida final ficou 1B, 2G e 4R. A Transformação dos Componentes Principais revelou que a composição 1 CPR, 2 CPG e 3 CPB, foi a mais informativa.

Uma comparação visual entre estas duas composições, revela que a segunda captou com mais sensibilidade, as diferenças entre os solos ocorrentes no local. A Figura 4 apresenta o mapa de solos de uma parte da área, de acordo com as informações colhidas da composição colorida proveniente da Transformação dos Componentes Principais.

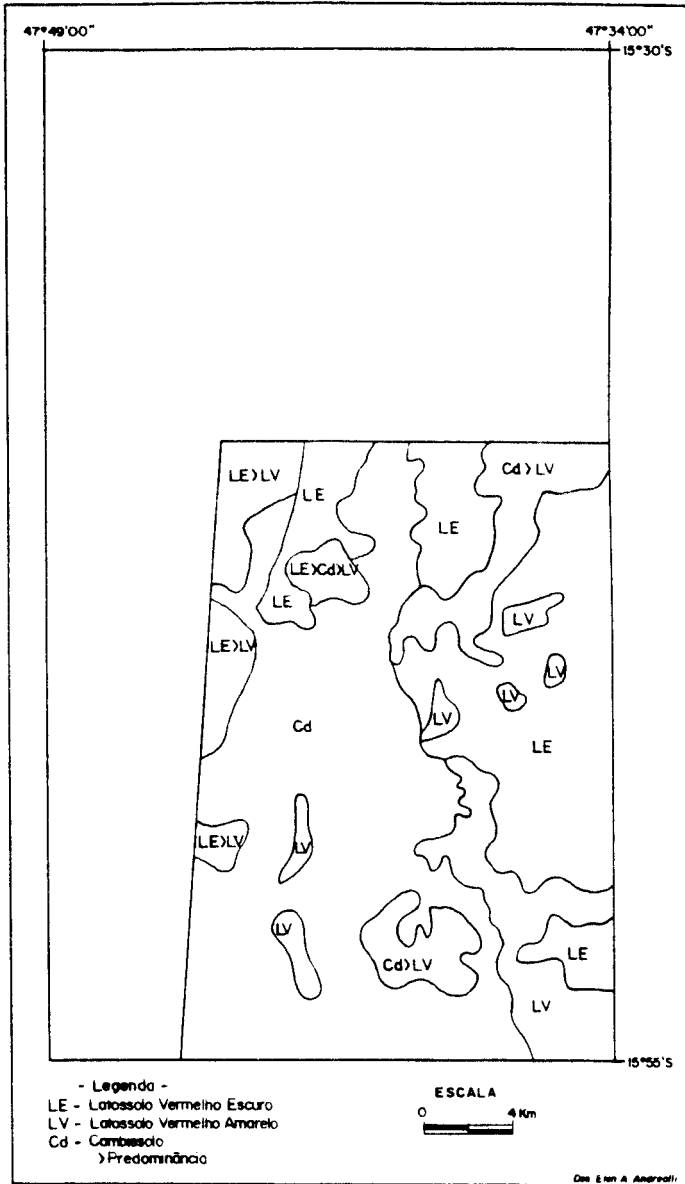


Fig. 4. Solos da área de estudo (parcial) através do caráter espectral

## 2. Estudo dos solos pela rede de drenagem

A Figura 5 representa a rede de drenagem delimitada a partir das imagens TM/Landsat. A Tabela 2 representa os índices de drenagem obtidos das amostras circulares distribuídas ao acaso. Da aplicação das duas técnicas estatísticas já comentadas, obteve-se grupos de associações de solos, conforme aparece na Tabela 3 e representados tematicamente pela Figura 6.

Analisando-se os resultados da Tabela 3, pode-se notar que os valores encontrados para os índices de drenagem, embora inferiores àqueles obtidos através das fotografias aéreas, acompanham os resultados obtidos por outros autores. No entanto, ao se analisar trabalhos sobre o mesmo tema (KOFFLER, 1976; POLITANO, 1980 e VALÉRIO FILHO, 1984), verifica-se que a Frequência de rios (Fr) é no geral, superior que a Densidade de Drenagem (Dd), para um mesmo solo ou associações de solos. No presente estudo, com exceção do Cambissolo, a Fr foi sempre inferior que o Dd e associações de solos encontradas. Provavelmente, isto se deve ao fato de se ter utilizado de imagens orbitais numa escala pequena, impedindo a identificação e delineamento dos canais menores, afetando muito mais o parâmetro número de canais do que o comprimento, como já relatara GARCIA (1984, 1988) em estudo comparativo.

Conforme comentam ESPINDOLA & GARCIA (1978), em geral a Dd e a Fr são mais baixas nos solos com B Latossólico, com menor amplitude de valores em função da profundidade, homogeneidade textural, grande saturação e condições do relevo, acarretando maior relação infiltração deflúvio; nas umidades com B textural ocorrem variações mais acentuadas. Trabalhos de CARVALHO (1977), KOFFLER (1982), NOGUEIRA (1979), VALÉRIO FILHO (1984), VETTORAZZI (1985) e ANGULO FILHO (1986), mostram resultados que dão coerência aos dados obtidos no trabalho em questão.

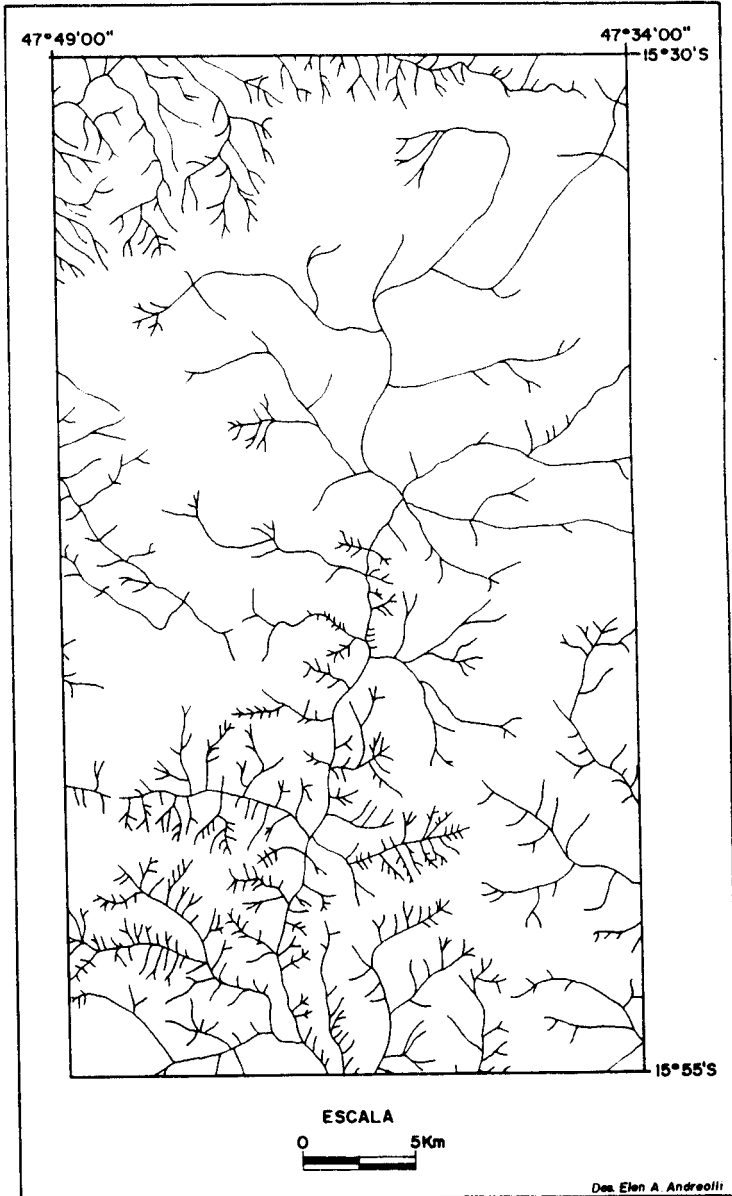


Fig. 5. Rede de drenagem da área de estudo através de imagens TM/Landsat



Tabela 2. Índices de drenagem da região de estudo

Amostras	Resultados		
	Dd	Fr	Rt
1	2,50	4,30	8,55
2	1,85	2,38	4,73
3	2,63	3,94	7,84
4	0,90	0,36	1,71
5	0,80	0,56	1,11
6	0,95	0,82	1,63
7	0,55	0,30	0,59
8	0,55	0,26	0,51
9	0,70	0,32	0,63
10	0,75	0,42	0,83
11	0,40	0,24	0,47
12	0,35	0,14	0,27
13	0,75	0,56	1,11
14	1,25	0,84	1,67
15	1,45	1,42	2,82

Tabela 3. Associações de solos segundo o método matemático empregado

Associações de Solos	Índices de Drenagem - Ampl. de variação		
	Dd	Fr	Rt
Cd	1,35 - 1,80	1,40 - 2,30	2,78 - 4,57
LE > Cd > LV	0,40 - 0,85	0,26 - 0,76	0,51 - 1,51
TR > Cd > PV	1,30	1,12	2,22
LE > LV	0,40 - 0,65	0,16 - 0,48	0,31 - 0,95
Cd > LV	1,30	1,04	2,07
LE	0,35	0,15	0,30

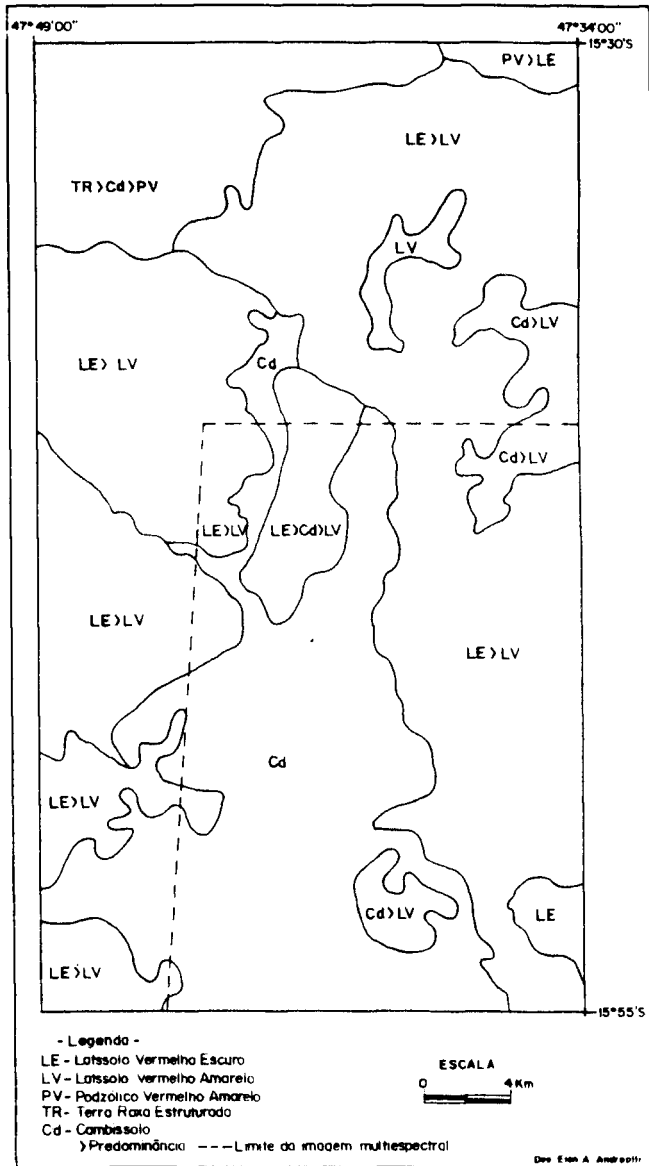


Fig. 6. Solos da área de estudo através da rede de drenagem

### 3. Mapeamento de vegetação e correspondência com os respectivos solos

Na interpretação da vegetação utilizou-se de cenas de verão e de inverno. De um modo geral as categorias com densidade vegetativa maior (Cerrado, Cerradão e Mata), resistem melhor o período seco do que as categorias de menor densidade vegetativa, provocando diferenças na reflectância, facilitando a interpretação.

As composições coloridas foram efetuadas tanto no Additive Color Viewer como no RAMTEK, sem que o primeiro desse uma contribuição significativa. As bandas selecionadas pela distância J-M, permitiram a composição 2B, 3G, 4R e pelo método da Transformação dos Componentes Principais a comparação 1ª CPB, 2ª CPG, 3ª CPR. Estas composições, para a área de estudo, foram fotografadas no monitor e ampliadas para uma escala aproximada de 1:80.000. Tais fotografias conjuntamente com as imagens TM/Landsat na Escala 1:250.000 foram interpretadas visualmente, levando em conta o controle de campo efetuado anteriormente.

A Figura 7 mostra o mapeamento da vegetação da área de estudo. Comparando-se este mapa com o mapa de solos da EMBRAPA (Figura 3), verifica-se que ocasionalmente fica bem evidente a correlação entre tipos de Cerrado e respectivos solos. No entanto, a interferência humana, que é bastante intensa na região e a ação do relevo, interferem bastante nesta correlação (GARCIA & ESPINDOLA, 1981). Notou-se ainda a existência de um mesmo tipo de Cerrado em solos diferentes, evidenciando excessões a já comentada correlação. Deve-se comentar ainda que apenas a vegetação de terras úmidas (solos hidromórficos) não mostrou variabilidade com respeito aos solos. Assim, a única informação aproveitada do mapa de vegetação da área foi a Categoria Vegetação de Terras Úmidas.

### 4. Mapa Síntese

O Mapa Síntese, conforme aparece na Figura 8,

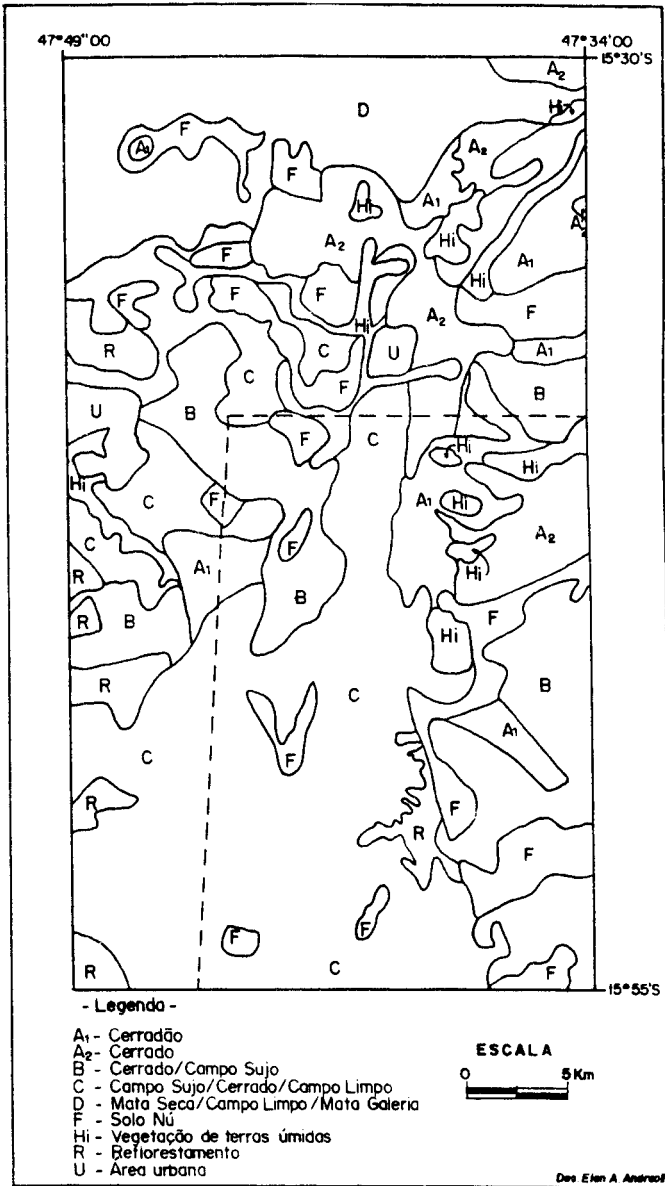


Fig. 7. Vegetação da área de estudo através de imagens TM/Landsat

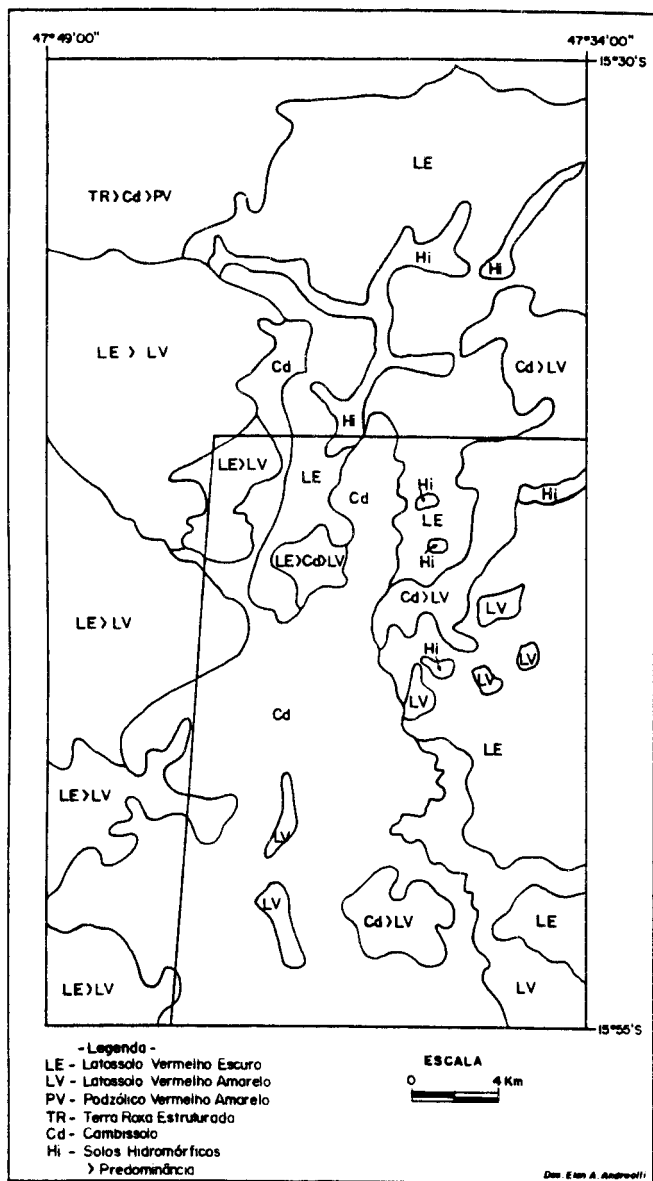


Fig. 8. Mapa síntese dos solos da área de estudo, a partir da rede de drenagem e caráter espectral

compreende a integração das informações provenientes da análise da reflectância dos solos, rede de drenagem e categorias de Cerrado e respectivos solos suporte, neste caso basicamente Vegetação de Terras Úmidas.

As informações temáticas de cada mapa foram codificadas através de uma grade com malha de 1,0 x 1,0Km e armazenadas no computador. Os três mapas foram comparados através de suas quadrículas correspondentes, por intermédio de software específico, permitindo quantificar a representatividade das amostras e a porcentagem de coincidência, considerando-se o mapa de solos da EMBRAPA (EMB) como referencial (Tabela 4). Objetivando-se estudar a significância da representatividade destas amostras, efetuou-se testes estatísticos apropriados, como comentado anteriormente. Da aplicação do ISOMIX para o penúltimo agrupamento (amostras a, a<sub>1</sub>; b, b<sub>1</sub>; c, c<sub>1</sub>), obteve-se uma significância ao nível de 10% de probabilidade, indicando portanto baixo poder discriminatório. Aplicando-se o mesmo teste para o agrupamento final (a, b, c, na Tabela 4), a probabilidade chegou a 1%, evidenciando a representatividade das amostras finais e suas significâncias. A partir das evidências de que as amostras a, b, e c são as mais significativas, foi possível elaborar o Mapa Síntese com tais informações, conforme aparece na Figura 8. Analisando-se ainda estas informações, verifica-se que as mesmas se revelam mais consistentes que aquelas relativas à rede de drenagem, limitadas no entanto pela possibilidade da ocorrência de solos nus.

Dentro dos propósitos do presente trabalho, a possibilidade de se estudar os solos através de três técnicas diferentes, evidenciou que as informações obtidas são complementares, propiciando um produto final superior àquele obtido por qualquer uma das técnicas aplicadas individualmente. Escalas de trabalho maiores, bem como outras técnicas para o tratamento digital das imagens indicam que mapas mais preciosos podem ser obtidos do meio físico.

Tabela 4. Resultados da comparação entre os três tipos de mapas para os solos existentes na área

Tipo de Solo por Mapa				Resultados	
EMB	DRE	ESP	Representatividade da amostra %	% de Coinciência	
(a)	LE	LE	LE	28,80	83,50
(a <sub>1</sub> )	LE	LE	LV	2,90	17,99
	LE	LE	Cd	0,80	9,55
	LE	Cd	LE	0,20	7,45
	LE	Cd	LV	-	-
	LE	Cd	Cd	1,25	3,16
	LV	LE	LE	0,62	3,43
(b)	LV	LE	LV	7,47	65,80
	LV	LE	Cd	0,20	2,93
	LV	Cd	LE	1,45	7,99
	LV	Cd	LV	0,20	40,93
(b <sub>1</sub> )	LV	Cd	Cd	2,28	11,77
	Cd	LE	LE	2,07	5,02
	Cd	LE	LV	-	-
(c <sub>1</sub> )	Cd	LE	Cd	3,53	38,93
	Cd	Cd	LE	1,04	36,75
	Cd	Cd	LV	0,41	10,41
	Cd	Cd	Cd	43,15	89,20
	Hi	-	-	2,28	-
	AQ	-	-	1,25	-

EMB - EMBRAPA

DRE - DRENAGEM

ESP - ESPECTRAL

## CONCLUSÕES

Para a região estudada, a metodologia empregada permitiu as seguintes conclusões principais:

- A interpretação da vegetação de Cerrado através de imagens de satélite revelou-se altamente eficiente, principalmente para composições coloridas produzidas especialmente para tal fim;

- A interdependência entre tipos de solos e tipos de Cerrado não se revelou consistente para os propósitos do presente trabalho, já que por vezes dois tipos diferentes de Cerrado ocorriam num mesmo tipo de solos;

- Nas áreas de solos desnudos o caráter espectral dos mesmos, foi de grande auxílio na identificação e delineamento dos tipos de solos;

- O estudo dos solos, a partir da rede de drenagem, permitiu a delimitação de associações de solos, dentro da precisão já obtida em trabalhos precedentes;

- O mapa final de solos, alcançou um nível de detalhes muito superior, relativamente aos mapas individuais obtidos de cada técnica;

- A utilização da informática, para comparar os resultados de cada técnica, permitiu agilizar a obtenção dos resultados, mesmo sendo uma área pequena.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M.de. *Fundamentos geológicos do relevo paulista*. São Paulo, Instituto de Geografia, 1964. 110p. (Teses e monografias, 14).

ANGULO FILHO, R. *Caracterização da drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo através de fotografias aéreas e cartas planialtimétricas*. Piracicaba, 1986. 132p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).



- CARVALHO, W.A. Fotointerpretação de bacias hidrográficas com amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizonte B textural. Piracicaba, 1977. 126p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- DE GLORIA, S.; BERSON, A.; DUMMER, K.; FAKHOURY, E. Evaluation of thematic mapper data for mapping forest agricultural and soil resources. *Advances in Space Research*, New York, 51:31-9, 1985.
- DONZELLI, P.L.; VALÉRIO FILHO, M.; PEREZ FILHO, A.; NOGUEIRA, F.P.; KOFFLER, N.F. Imagens orbitais e de radar na definição de padrões fisiográficos aplicados a solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 7:89-94, 1983.
- EMBRAPA. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal*. Rio de Janeiro, SNLCS, 1978. 455p.
- ESPÍNDOLA, C.R.; GARCIA, G.J. Interpretação fotográfica de redes de drenagem em diferentes categorias de solos. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, 18:71-94, 1978.
- FERRI, M.G. Contribuição da ecologia do cerrado e da caatinga. Estudo comparativo da economia de água e de sua vegetação. *Boletim de Botânica*, São Paulo, 12:61-71, 1955.
- FRANÇA, G.V.de. Interpretação fotográfica de bacias e rede de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba, 1968. 151p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- GARCIA, G.J. Alguns aspectos da utilização de imagens de radar e de satélite no estudo da superfície do terreno. *Boletim de Geografia Teorética*, Rio Claro, 14:69-86, 1984.
- GARCIA, G.J. Comparação quantitativa entre imagens do TM/Landsat e de radar. *Boletim de Geografia Teorética*, Rio Claro, 1988. (No prelo).
- GARCIA, G.J. & ESPÍNDOLA, C.R. Estudo de interdependência entre vegetação de cerrado e respectivos solos através de imagens de radar e de satélite. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, 6:44-51, 1981.

- GAUSMAN, H.W. Leaf reflectance of near - infrared. *Photogrammetric Engineering*, Washington, 40:183-92, 1974.
- GERARDI, L.O.H. & SILVA, B.C.N. *Quantificação em geografia*. São Paulo, DIFEL, 1981. 161p.
- GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 3., São Paulo, 1971. São Paulo, Edgard Blücher, 1971. p.44-60.
- GOODLAND, R. & POLLARD, R. The brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology*, Oxford, 61:219-24, 1973.
- HARALICK, R.M. & SHANMUGAN, K.S. Combined spectral and spacial processing of Erts imagery data. *Remote Sensing of Environment*, New York, 3:3-13, 1974.
- HOFFER, R.M. Biological and physical consideration in applying computer aided analysis techniques to remote sensed data. In: SWAIN, P.H., ed. *Remote sensing; the quantitative approach*. New York, McGraw-Hill, 1978. p.227-89.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basis; hidrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, London, 56:275-370, 1945.
- Ii, F.A.M. *Seleção de atributos aplicado à imagens multiespectrais*. São José dos Campos, INPE, 1982. s.p.
- KAN, E.P.F. & BALL, D.A. *Data resolution versus forestry classification*. São José dos Campos, s.ed., 1974. 22p.
- KOFFLER, N.F. Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão em drenagem em solos originados do arenito Bauru. São José dos Campos, 1976. 167p. (Mestrado - Instituto de Pesquisas Espaciais/MCT).
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation; principles and applications*. New York, McGraw-Hill, 1959. 462p.

- MALILA, W.A. Comparison of the information contents of Landsat TM and MSS data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Virginia, 51:1449-57, 1985.
- MENESES, P.R. Avaliação e seleção de bandas do sensor "Thematic Mapper" do Landsat 5 para a discriminação de rochas carbonáticas do grupo bambuí como subsídio ao mapeamento de semi-detalhe. São Paulo, 1986. (Doutorado - Instituto de Geociências/USP).
- MONTGOMERY, O.L. & BAUNGARDNER, M.F. *The effects of the physical and chemical properties of soils on the spectra reflectance of soils*. Lafayette, Purdue University, 1974. (Information Note LARS).
- MONTGOMERY, O.L. An investigation of the relationship between spectral reflectance and the chemical, physical and genetic characteristics of soils. Lafayette, 1976. 147p. (PhD - Purdue University).
- NOGUEIRA, F.P. Utilização de fotografias aéreas em três escalas no estudo de redes de drenagem em diferentes unidades de solo. Piracicaba, 1979. 110p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- PAGE, N.R. Estimation of organic matter in Atlantic coastal plain soils with color-difference meter. *Agronomy Journal*, Madison, 66:652-3, 1974.
- POLITANO, W. Estudo comparativo sobre a morfometria das áreas de dois solos podzólicos vermelho-amarelo. Piracicaba, 1980. 167p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- PRELAT, A.E. *ISOMIX: an interactive clustering program*. Stanford, Stanford University, 1981. 23p.
- RAY, R.G. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico*. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 1963. 162p.
- RAY, R.G.; FISCHER, W.A. Quantitative photography: a ecologic research. *Tool and Manufacturing Engineer*, Dearborn, 26:143-50, 1960.

- SHORT, N.M. *The Landsat tutorial workbook: basis of satellite remote sensing.* Washington, NASA, 1982. 184p.
- SIEGEL, S. *Estatística não paramétrica.* São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 350p.
- STONER, E.R. & BAUNGARDNER, M. F. Characteristic variation in reflectance of surface soils. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 45(6):1161-5, 1981.
- STONER, E.R.; BAUNGARDNER, M.F.; BIEHL, L.L.; ROBINSON, B.F. *Atlas of soil reflectance properties.* Ohio, Agricultural Experiment Station, 1980. p.75.
- STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: *HANDBOOK of applied hidrology.* New York, McGraw-Hill, 1964. p.11
- TOOL, D.L. An evaluation of simulated thematic mapper data for discriminating suburban and regional land. *Remote Sensing of Environment*, New York, 50: 1712-24, 1984.
- VALÉRIO FILHO, M. Parâmetros da drenagem e do relevo na caracterização de solos e suas relações foto-interpretativas em imagens de pequena escala. Piracicaba, 1984. 14lp. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- VETTORAZZI, C.A. Fotointerpretação de bacias de drenagem em cinco solos da região do rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1985. 15lp. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

---

Entregue para publicação em: 15/08/89

Aprovado para publicação em: 18/05/90