

# EMPREGO DE IMAGENS LANDSAT-TM E DE FOTOINTERPRETAÇÃO APLICADA A LEVANTAMENTO DE SOLOS NA PORÇÃO SUL DA SERRA DO MAR - PR

Rocha, Helio O. da <sup>1</sup>

Schmidlin, D. <sup>2</sup>

Clemente Dimas <sup>3</sup>

Motter, I. <sup>2</sup>

Sirtoli, A. <sup>4</sup>

Moraes, M. E. S. <sup>1</sup>

Scopel, I. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> UFPR - Universidade Federal do Paraná - Depto. Solos - Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de imagens - Curitiba - PR  
Rua dos Funcionários s/n - Juvevê

<sup>2</sup> UFPR - Universidade Federal do Paraná - Depto. Solos - Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de imagens - Curitiba - PR  
Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área Ciência do Solo  
Rua dos Funcionários s/n - Juvevê

<sup>3</sup> UFPR - Universidade Federal do Paraná - Curitiba - PR  
Curso de Pós-Graduação em Geoprocessamento - Centro Politécnico e Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de Imagens - Setor de Ciências Agrárias  
Rua dos Funcionários s/n - Juvevê

<sup>4</sup> UFPR - Universidade Federal do Paraná - Curso de Graduação em Agronomia

## Abstract :

It was done an analysis of physiografic units distribution, by the interpretation of TM LANDSAT image SRY G3B, direct on the video screen, by the elements analysis, according to BURREINGH (1960). It was compared the intersection fitting of the results features with the 1:100.000 available soils map. Also, it was analysed the grey level of each physiografic unit, showing that this approach can be helpfull to the sub-units identification. The Z test was used to statistic assess the results of the map intersection, showing to be suitable to express the degree of variation between results.

## INTRODUÇÃO

O uso de imagens orbitais, empregando produtos MSS, RBV e Fotografias Orbitais, em levantamento de solos foi realizado por vários autores, entre os quais Hilwig et alii (1974); Carter e Stone (1974); Valerio Filho et alii (1976); Westin e Frazee (1976); Koffler (1976); Montoya (1977); Valerio Filho et alii (1979); Valerio Filho et alii (1981); Garcia (1982); Donzelli et alii (1983); Valerio Filho (1984), onde ficou evidenciada a potencialidade destes tipos de produtos para

estudos de solos e em particular para levantamento de solos. Em fase mais recente, o uso de produtos da segunda geração de sensores remotos de alta resolução, como os dados TM/LANDSAT (Landsat Thematic Mapper) e SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre) tem possibilitado maior amplitude de alternativas, em termos de estudos de solos, podendo-se citar, dentre outros, os trabalhos desenvolvidos por Ulbricht Teotia (1986); Franklin (1987); Vettorazzi (1988); Frazier e Cheng (1989); Agbu et alii (1990). Tendo em vista que a

compartimentação da paisagem, em trabalhos realizados empregando abordagem convencional, através de fotografias aéreas em estudos de solos, tem sido realizada por meio da metodologia descrita por Buringh (1960) e posteriormente desenvolvida por Goosen, Butler e Vink, denominada Análise Fisiográfica, ou ainda empregando a Análise de Elementos desenvolvida por Buringh (1960), analisamos no presente trabalho a integração dos resultados obtidos através da análise fisiográfica empregando fotografias aéreas na escala 1:25.000 e análise de elementos interpretando imagens TM processadas digitalmente e codificadas. Tal procedimento visou otimizar a interpretação da individualização e identificação de padrões fisiográficos para estudos de solos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição da Área

A área de estudo está localizada na parte sudoeste da porção sul de tombamento da Serra do Mar, onde foi realizado o Levantamento Geomorfológico com ênfase em Solos (Rocha et alii 1992), abrangendo no presente estudo apenas os Municípios de Tijucas do Sul, Guaratuba totalizando uma área de 17.459,37 Ha, localizando-se na faixa sul da Mata Atlântica, entre as Coordenadas 48° 30' - 49° W e 25° 30' - 26° 00'. A área apresenta extrema complexidade, Geomorfológica/Geológica/Pedológica, além da dificuldade de acesso, sendo que certas partes da área são praticamente inacessíveis, quando empregados métodos tradicionais e de rotina em levantamentos de solos nas prospecções de campo.

Litologicamente ocorrem três unidades básicas: o granito alcalino Morro Redondo; os migmatitos do Embasamento Cristalino e rochas subvulcânicas a vulcânicas de caráter predominantemente ácido (Fück et alii, 1969). Estas ocorrências também foram constatadas e remapeadas no Levantamento Geomorfológico com ênfase em Solos no trabalho realizado por Rocha et alii (1992), como apoio para o levantamento pedológico.

A geomorfologia da área está representada por superfícies de erosão bem diferenciadas constituída de Pediplanos residuais, com subníveis distintos. Ocorrem ainda zonas de Piemonte, Pedimentos e zonas de escarpa. (Rocha et alii, 1992); Bigarella, 1978. O relevo varia de ondulado a forte ondulado, ocupando em geral as porções dissecadas das antigas superfícies de erosão, chegando a se apresentar como

montanhoso e ou escarpado particularmente nas porções leste e oeste da área.

Os solos da área (EMBRAPA, 1984) estão representados por Cambissolos álicos argila de atividade baixa, textura argilosa, A moderado; Solos Litólicos A moderado (ou proeminente quando associado com afloramento de rochas) textura argilosa; Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Argila de atividade baixa, apresentado caráter cambico, A proeminente textura argilosa; e também Latossolo Vermelho-Amarelo Álico podzólico A moderado textura argilosa. Em levantamento semidetalhado, na escala 1:100.000 realizado por (Rocha et alii, 1992) foram constatadas a ocorrência das mesmas unidades taxonômicas, mas com maior número de unidades de mapeamento.

O clima segundo a classificação de Koeppen é do tipo Cfb.

A vegetação é bastante variada, sendo representada entre parenteses a correspondente classificação segundo EMBRAPA, sendo classificada por: Refúgios ecológicos (campo subtropical natural); ombrófila submontana (floresta tropical perúmida); ombrófila montana/altomontana (floresta tropical altimontana); ecótono transição florística entre ombrófila densa e mista;

### Materiais

- I. Produtos TM/LANDSAT - em fita Streamer, órbita 220, ponto 78 (WRS), foram empregadas as bandas 3, 4 e 5 passagem de 01 de março de 1990. Produto TM/LANDSAT banda 5 em papel, na escala 1:50.000.
- II. Fotografias aéreas pancromáticas, escala 1:25.000, voo de 1980
- III. Base cartográfica - constituída por cartas topográficas do SGEEx. na escala 1:50.000; Carta de Solos na escala 1:100.000 (Rocha et alii, 1992)
- IV. Equipamento - constituído de Sistema Analisador de Imagens Multiespectrais, desenvolvido pelo INPE, denominado SITIM-340, Ploter, Impressora, estereoscópios, lupas, mesa de luz.
- V Mapas Temáticos - Mapa de solos na escala 1:100.000 (Rocha et alii, 1992); Mapa Litológico na escala 1:100.000 (Rocha et alii, 1992); Mapa de classes de declive, gerado no SGI-Sitim

### Metodologia

- I. Realçamento da Imagem - Obtido através da ampliação linear de contraste, ajustando-se a distribuição dos níveis de cinza das diferentes bandas empregadas. A seleção das bandas foi

realizada em função da disponibilidade das imagens.

II. Interpretação das imagens TM- Realizada no SITIM-340 na composição colorida (5R - 4G - 3B em imagem codificada em diversas escalas. As imagens assim obtidas foram então interpretadas diretamente no monitor, empregando-se a metodologia da análise de elementos. Para a interpretação foram escolhidos alguns critérios preconizados por Buringh (1960), adaptados para análise de imagem TM (composições coloridas e bandas simples). Os elementos selecionados, ajustado as condições locais, para a realização do estudo foram: tipo de terreno ; relevo; condição de drenagem; padrão de drenagem; vegetação natural/uso do solo; cor (tonalidade padrão e textura). A interpretação final foi realizada na composição colorida 5R, 4G, 3B.

A análise individual de cada um dos elementos selecionados foi combinada por superposição das interpretações realizadas no monitor do SITIM. Este produto constituiu a base para o entendimento da distribuição espacial das diferentes unidades de paisagem, eliminando-se as linhas ou elementos não relacionados com as condições do solo.

III. Análise dos dados: 1º - A avaliação e análise dos resultados foi realizada calculando-se as proporções de interpretações corretas e incorretas, tomando-se a área mínima mapeável como base para a análise das interseções das unidades contidas no mapa de interpretação com a respectiva área homóloga do mapa pedológico de referência, usando o aplicativo "Tabulação

$$Z = \frac{(p1 - p2)}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p}) (1/n1 + 1/n2)}}$$

(1)

onde

$$\hat{p} = (n1p1+n2p2)/(n1+n2)$$

p = % interpretação correta

n = número de áreas(AMM)

Cruzada do SGI. 2º - Para a análise destes resultados empregou-se a equação de teste de Hipótese Paramétrica para cálculo da diferença entre duas proporções p1 e p2. (Marques, s. d.), conforme especificado em (1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio da interpretação da imagem TM-composição colorida, diretamente no monitor do SITIM-340, empregando a Análise de Elementos podem ser visualizadas na tabela 1,

onde são apresentados os agrupamentos homogêneos de unidades fisiográficas e solos a eles associados. As unidades de mapeamento representados pelas classes dominantes e codominantes dos solos presentes foram agrupados em cinco categorias: I. áreas com presença dominante de Solos Litólicos e codominantes de Afloramento Rochoso; II. áreas com presença dominante de Solos com Horizonte B textural e codominante de Cambissolos; III. áreas com presença dominante de Cambissolos e codominante de Solos Litólicos; IV. áreas com predominância de Cambissolos e V. áreas com presença dominante de Solos Litólicos e codominante de Cambissolos.

Os resultados foram interpretados aplicando-se ao mapa de solos usado como base para este trabalho, o agrupamento acima mencionado. Este procedimento foi empregado por diversos autores, ajustados ao nível de detalhamento empregado e os objetivos específicos do trabalho (Donzeli, et alii, 1983; Vettorazzi, 1988; AGBU et al, 1991).

Na tabela 2 são apresentados os resultados da interpretação correta e incorreta resultante da análise das interseções entre as unidades interpretadas e obtidas através da Imagem TM e do mapa de solos de referência.

**Tabela nº 1: Agrupamentos de Unidades Fisiográficas e Solos a elas associados**

<b>Grupos</b>	<b>nº de Amostras</b>	<b>Solos dominantes e codominantes</b>
I	105	Solos Litólicos + Afloramento de Rochas
II	83	Solos com B - textural + Cambissolos
III	126	Cambissolos + Solos Litólicos
IV	64	Cambissolos
V	41	Solos Litólicos + Cambissolos

**Tabela 2.: Resultado da interseção do mapa de interpretação com o mapa de solos, e respectivas percentagens(áreas) de interpretação correta e incorreta.**

<b>Área de Solos Dominantes e Codominantes em relação às Unidades de Mapeamento</b>	<b>nº total de áreas (AMM*)</b>	<b>Interpretações Corretas</b>		<b>Interpretações Incorretas</b>	
		<b>%</b>	<b>nº de AMM</b>	<b>%</b>	<b>nº de AMM</b>
Solos Litólicos + Afloramento	105	90,5	95	9,5	10
B -Textural + Cambissolo	83	74,5	62	24,5	21
Cambissolo + Solos Litólicos	126	77,0	97	23,0	29
Cambissolos	64	92,2	59	7,8	5
Solos Litólicos + Cambissolo	41	83,0	34	17,0	7
<b>Totais</b>	<b>419</b>	<b>82,8</b>	<b>347</b>	<b>17,2</b>	<b>72</b>

(AMM\*) - Área Mínima mapeável

---

## Fases de Vegetação

---

### Valor Médio dos Níveis de Cinza

---

BANDA	Refúgios Ecológicos	Ecótono	Montana/Altomontana
3	28,80	19,10	18,85
4	53,80	75,50	82,45
5	92,70	62,90	62,35

---

Quadro nº 1: Solos Litólicos + Afloramento de Rocha

---

## Fases de Vegetação

---

### Valor Médio dos Níveis de Cinza

---

BANDA	Refúgios Ecológicos	Ecótono
3	23,20	17,62
4	60,60	69,20
5	68,15	46,20

---

Quadro nº 2 B Textural + Cambissolos

---

### Fases de Vegetação

---

#### Valor Médio dos Níveis de Cinza

---

BANDA	Refúgios Ecológicos	Ecótono	Montana/Submontana
3	24,50	17,00	19,00
4	62,45	66,70	88,00
5	77,50	59,30	62,10

---

Quadro n° 3: Cambissolos + Solos Litólicos

---

### Fases de Vegetação

---

#### Valor Médio dos Níveis de Cinza

---

BANDA	Ecótono	Submontana
3	15,83	20,78
4	65,96	93,00
5	39,90	65,20

---

Quadro n° 4: Cambissolos

## Fases de Vegetação

### Valor Médio dos Níveis de Cinza

BANDA	Refúgios Ecológicos	Montana/Ecótono
3	20,25	19,50
4	59,00	78,90
5	63,00	66,10

Quadro n° 5: Solos Litólicos + Cambissolos

Tabela n° 3. Resultados do teste z de comparação entre proporções

	G I Li + AR	G II PVA + Ca	G III Ca + Li	G IV Ca	G V Li + Ca
G I Li + AR	-----	2,67	2,53	-0,36	1,17
G II PVA + Ca	-----	-----	-0,34	-2,58	-0,94
G III Ca + Li	-----	-----	-----	-0,22	-0,73
G IV Ca	-----	-----	-----	-----	1,35
G V Li + Ca	-----	-----	-----	-----	-----

Os resultados desta análise mostrou que houve maior porcentagem de acerto para o grupo dos solos Cambissolos com 92,9% de interpretações corretas e Afloramento Rochoso com 90% de interpretações corretas. O terceiro grupo com maior porcentagem de interpretação correta, inclui os Solos Litólicos + Cambissolos, seguida pelos Cambissolos + Solos Litólicos e B textural + Cambissolos.

Os dois últimos grupos onde houve menor porcentagem de acerto estão representados por B textural + Cambissolos (74,6 %). Os resultados mostrados nas tabelas 1 e 2 evidenciam as possibilidades, já ressaltadas em vários trabalhos, empregando imagens orbitais em estudos de solos. No presente estudo a análise de elementos mostrou-se adequada para a delimitação de unidades fisiográficas para estudos de solos, sendo que os resultados obtidos são comparáveis aos encontrados por Donzeli et alii, (1983), Vettorazzi (1988) e Agbu et al. (1991), muito embora tenham utilizado procedimentos e materiais diferentes dos empregados no presente trabalho.

Em cada uma das unidades fisiográficas, delimitadas pela análise de elementos, foram realizadas leituras de níveis de cinza procurando identificar subunidades relacionadas com as fases de vegetação presentes na área.

No presente trabalho optamos pelo emprego de níveis de cinza para avaliar o comportamento espectral dos alvos e não da reflectância como recomendam alguns autores, entre eles Epiphanyo e Formaggio.

Tal fato ocorreu face a indisponibilidade de fitas originais. A análise do comportamento espectral dos alvos, dentro de cada unidade fisiográfica é de natureza acessória ao presente estudo. Nas tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 são apresentados os resultados dos níveis de cinza obtidos nas bandas TM - 3, 4 e 5. Observou-se para a vegetação do tipo ecótono, nas áreas onde atualmente ocorrem reflorestamentos, os mais baixos níveis de cinza na banda TM - 5, conforme pode ser verificado nas tabelas 2 e 4, concordando com outros estudos realizados, onde tal fato, supostamente se relacione com a absorção de energia eletromagnética pela umidade presente na biomassa da floresta. Nos refúgios ecológicos, caracterizados por vegetação pouco densa e de porte baixo associada a afloramentos de rochas e Solos Litólicos ocorreram os valores de níveis de cinza mais elevados, na banda TM - 3. Tais valores diminuíram gradativamente com o incremento da massa foliar de cobertura e diminuição de afloramentos de rochas associados, conforme

pode ser verificado nos quadros 1, 2, 3 e 5. Na vegetação submontana (quadro 3 e 4), de maior porte e mais densa associada a Cambissolos, ocorreu o nível de cinza mais elevado na banda TM - 4. Nesta mesma banda a vegetação Altomontana e Montana também de porte elevado e densa apresenta níveis de cinza que diminuem gradativamente, mas mantêm-se elevados. Dentro do exposto e da condição particular da área estudada, observa-se que os valores dos níveis de cinza, (da reflectância), oferecem subsídios valiosos, como apoio na identificação de subunidades dentro das unidades fisiográficas, onde ocorrem diferentes tipos de cobertura, associadas à presença de solos com diferentes espessuras e diferentes graus de rochosidade e /ou pedregosidade. Para a avaliação fora medidos 262 níveis de cinza.

Os valores de z (tabela 3) obtidos mostram que houve excelente separabilidade dos solos entre os grupos e-II; I e III e II e IV ao nível de 1% de significância. A boa separabilidade ocorreu também entre os grupos IV e V e I e V, muito embora não comprovados no rigor estatístico, mas apresentando valores próximos dos toleráveis.

## CONCLUSÕES

O emprego da análise de elementos, diretamente no monitor do SITIM-340 utilizando imagens TM codificadas, apresentou elevada integração de dados quando comparado com o levantamento convencional de solos na escala 1:100.000, servindo ainda como excelente base para a eleição de topossequências na fase de prospecção de campo. Os níveis de cinza empregados de forma acessória no presente estudo, forneceram informações adicionais para a definição de subunidades dentro das unidades fisiográficas características, particularmente na diferenciação entre vegetação com portes e densidades diferentes relacionadas a ocorrência de solos rasos ou profundos e com presença ou ausência de pedregosidade e/ou rochosidade.

Neste sentido a análise das bandas dentro da unidade fisiográfica se mostrou adequada como auxiliar na identificação das subunidades.

A análise do tipo de terreno, relevo, sistema de drenagem, vegetação natural/uso, tonalidade, textura e padrão, empregados na análise de elementos foram adequados na diferenciação das unidades fisiográficas para estudos de solos.

A maior proporção de áreas classificadas corretamente deu-se no grupo dos Cambissolos com 92,9 % seguida dos Solos Litólicos e Afloramento rochoso com 90,0 % de interpretação correta. O terceiro grupo corresponde aos Solos



Litólicos + Cambissolos com 83,9 % de acerto e os dois últimos estão representados por Cambissolos + Solos Litólicos (77%) e Solos com horizonte B textural + Cambissolos (74,6%).

## BIBLIOGRAFIA

- AGBU, P. A., D. J. FEHRENBACHER, and I. J. JANSEN, 1990. Soil property relationship with SPOT satellite digital data in east-central Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:807-8.
- BIGARELLA, J. J. 1978. Serra do Mar e a Zona de Piemonte IN: A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná. Governo do Estado do Paraná.
- CARTER, L. D. e STONE, R. O. 1974. Interpretation of orbital photographs. *Photog. Eng.* 15:193-197.
- DONZELI, P. L.; VALERIO FILHO, M.; PEREZ FILHO, A.; NOGUEIRA, F. P.; KOFFLER, N. F.. Imagens orbitais e de radar na definição de padrões fisiográficos aplicados a solos. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, 7 (1): 89-94, 1983.
- FRANKLIN, S. E., 1987. Terrain analysis from digital patterns in geomorphometry and Landsat MSS spectral response. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53, 59-65.
- FRAZIER, B. E., and Y. CHENG, 1989. Remote sensing of soils in the eastern Polouse region with Landsat Thematic Mapper. *Remote Sens. Environ.* 28:317-325.
- GARCIA, G. J., 1982. Estudos do Solo e Relevo. In *Sensoriamento Remoto - Princípios e Interpretação de Imagens*. São Paulo, Nobel, cap. 7, p.194-204.
- HILWIG, F. W.; GOOSEN, D.; KATSIERIS, D. Preliminary results of the interpretation of ERTS- 1 imagery for a soil survey of the Merida region, Spain. *ITC J.*, 3; 289-312, 1974.
- MARQUES, J. M. (s.d.). *Estatística - Formulário e Tabelas*. Universidade Federal do Paraná.
- MONTOYA, J. A. 1977. Comparacion de interpretaciones fisiográficos de Imagens LANDSAT, RADAR y Fotografias Aéreas para una zona de Los Llanos Orientales de Colombia. *Revista CIAF*, 4(1):83-89.
- ROCHA, H. O. da et alii. 1992. Levantamento Geomorfológico com Ênfase em Solos na Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar. Inédito.
- ULBRICHT, K. A., and H. S. TEOTIA, 1986. Use of Landsat Thematic Mapper Imagery For Soil And Landuse Investigations In Paraíba, Brazil. Twentieth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Nairobi, Kenya, 4 - 10 December.
- VALERIO FILHO, M.; HIGA, N. T.; CARVALHO, V. C. 1976. Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT- 1) como base para levantamento de solos. São José dos Campos, 34 p. (INPE).
- VALÉRIO FILHO, M.; EPIPHANIO, J. C. N.; e FORMAGGIO, A. R. Metodologia de Interpretação de dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Pedologia, São José dos Campos, INPE, 51 páginas, 1981.
- VALÉRIO FILHO, M.; QUEIROZ NETO J.P.; KOFFLER N.F.; NAKASHIMA P.; MATTOS J. T.; HIGA, N. T.; CARVALHO, V. C.. 1979. Reconhecimento dos Grandes Domínios Pedológicos da Bacia do Paraíba (Parte Ocidental) Através de Imagens Landsat. Relatório No. INPE- RPE/088.
- VALERIO FILHO, M; 1984. Parâmetros da drenagem e do relevo na caracterização de solos e suas relações fotointerpretativas em imagens de pequena escala. Tese de Doutorado. ESALQ. USP. Piracicabã.
- VETTORAZZI, C. A. 1988. Interpretação de imagens TM/LANDSAT-5, em duas escalas, na caracterização fisiográfica para mapeamento de solos. Piracicaba. 184p. (Doutorado - ESALQ/USP).
- WESTIN, F. C., and FRAZEE D. J.; 1976. Landsat Data, Its Use in a Soil Survey Program, *Soil Science Society of America Journal* p. 40:81-89.