

INTEGRAÇÃO DE DADOS GEOAMBIENTAIS NO ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE SOLOS COM TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Valter Antonio Becegato¹, Olívia Aparecida Rodolfo Figueiredo¹, João Batista Pereira Cabral², Leandson Roberto Fernandes Lucena³, Sílvio Luís Rafaeli Neto¹, (1 – Professor (a) da Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC-Lages-SC, E-mail: becegato@cav.udesc.br; a2oaf@cav.udesc.br; silvion@cav.udesc.br. 2 - Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Goiás - Campus de Jataí-GO, E-mail: jbcabral2000@yahoo.com.br; 3 - Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN – E-mail: leandson_lucena@yahoo.com.br)

Resumo

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a correlação entre as variáveis: níveis de cinza das bandas 3, 4 e 5 do sensor TM/Landsat-5, modelo numérico de elevação e comprimentos dos canais de drenagem de 1^a, 2^a, 3^a, e 4^a ordens. A área de estudo situa-se na Região metropolitana de Curitiba-PR, entre as coordenadas 666000m a 669000m de longitude oeste e 7158200m a 7163600m de latitude sul. Os dados foram coletados de células georreferenciada (observações) de 150 x 150m. Gerou-se através da análise de agrupamentos, gráficos em forma de dendrogramas que após interpretados, possibilitaram a separação de grupos de indivíduos. Tais dados combinados com produtos de transformações IHS/RGB das imagens TM/Landsat-5, modelo numérico de elevação e drenagem, viabilizaram a separação de unidades fisiográficas, as quais, após verificações de campo, possibilitaram discriminar diferentes tipos de solos. Os resultados permitiram concluir que a metodologia de análise multivariada em ambiente de SIG, através da integração de dados multifonte, foi eficiente para a discriminação de solos.

Palavras chaves: Geoprocessamento, relevo, drenagem, solos.

Abstract

INTEGRATION OF DATA ENVIRONMENTAL IN THE STUDY OF THE SPACE SOILS DISTRIBUTION WITH GEOPROCESSING TECHNIQUES

This work was developed with the aim to evaluate the correlation among the following variables: gray levels 3, 4, and 5 bands of TM/Landsat-5 sensor, numeric model of elevation and length of 1st, 2nd, 3rd, and 4th rate drain canals. Coordinates 666000m to 669000m

W and 7158200m to 7163600m S, located in the Curitiba-PR Metropolitan Area. The data were collected from 150 x 150m georeferenced cells (notes). Dendrogram-like graphics were generated through grouping analyses, which, after being interpreted, allowed the separation of groups of individuals. Such data, combined with HIS/RGB transformation products from TM/Landsat-5 images, and numeric model of elevation and drain, permitted the separation of physiographic units, which, after field tests, allowed the differentiation of particular kinds of soil. The results lead to the conclusion that the multivariate analysis methodology in an GIS environment, through the integration of multiple source data, was efficient for soil differentiation.

Key words: Geoprocessing, relief, drainage, soils

1 - Introdução

A visão globalizada das questões ambientais tem contribuído para uma crescente demanda por informações cartográficas, obtidas em ritmo cada vez mais intenso graças ao desenvolvimento de técnicas apoiadas no uso de computadores e às imagens obtidas por sensores instalados a bordo de satélites espaciais. Tais imagens, com suas características de repetitividade e periodicidade, tornaram-se também ferramentas indispensáveis na análise e monitoramento multitemáticos e multitemporais de fenômenos naturais ou decorrentes de ações antrópicas em nosso planeta. ASSAD (1995) utilizando ambiente SIG, concluiu que a quantificação automática de áreas, a obtenção de mapas de aptidão agrícola intermediários e a possibilidade de constante atualização das informações geoambientais espacializadas em base cartográfica devidamente arquivada em suporte informatizado, constituíram grandes vantagens da utilização deste instrumental. LIMA et al. (1992) elaboraram mapa de risco de erosão usando o cruzamento de dados de informação gerados em SIG (erodibilidade, erosividade, litologia e declividade), que os resultados foram satisfatórios. ROCHA & GHANNI (1995) utilizaram o sistema geográfico de informações (SGI) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para consolidar unidade de mapeamento de solos do Parque Estadual Pico do Marumbi na Serra do Mar – PR, através de mapas de vegetação, geologia, hipsometria e zoneamento. MOTTER (1996) gerou por tabulação cruzada dos dados, os seguintes mapas: de solos, de classes de declividade, de aptidão agrícola, de uso atual dos solos. GIAROLA (1994) integrando dados em ambiente SIG, cruzou as informações de uso atual do solo e aptidão, na região de influência do reservatório de Município de Itutinga-MG. SCHIMIDLIN (1998) concluiu que os processos de

compilações de mapas de solos, exigem que as informações contidas no mapa final, estejam dispostas em ambiente único, de tal forma a serem analisadas em conjunto. RIBEIRO (1997) utilizou técnicas de geoprocessamento para estudos de solos no Município de Palotina-PR, concluiu que a utilização de cartas digitais, imagens multiespectrais, fotografias aéreas, como subsídios para a confecção de um banco de dados, foram instrumentos indispensáveis, agilizando e direcionando os trabalhos de campo. NASCIMENTO (1998) utilizando a equação universal de perdas de solos em ambiente de geoprocessamento comenta que foi possível determinar o potencial natural, a perda de solos e a expectativa de erosão em 30 microbacias. O objetivo deste trabalho foi mapear os solos, utilizando-se técnicas de geoprocessamento com dados multivariados.

2 - Material e Métodos

2.1 - Caracterização da área

A área localiza-se na porção Sul do Primeiro Planalto Paranaense, inserida nos limites geográficos do Município da Fazenda Rio Grande-PR; entre as coordenadas UTM 666.000 a 669.000 m. E 7158200 a 7163600 m. N do meridiano central -51° W, com área de 16,2 km², Figura 1. A área da pesquisa foi extraída de uma área maior, conforme os mapas geológico e da rede de drenagem Figuras 2 e 3, respectivamente.

Segundo a EMBRAPA (1984), a vegetação original é classificada como floresta subtropical perenifólia, sendo a espécie predominante a *Araucária angustifolia*. Este tipo de vegetação possui maior resistência às temperaturas baixas como geadas.

Conforme MAACK (1981), a mata original encontrava-se extratificada em três níveis. No primeiro nível a constituição é de predomínio das araucárias, imbuias, cedro, canela e outras. O segundo nível é composto por podocarpus, pimenteira, guaramirim, erva-mate, caroba, bracatinga e outras. O nível inferior é dominado por ervas, arbustos e gramíneas em geral. O estado atual da vegetação encontra-se com pequenas manchas intactas de *Araucária angustifolia*, porém com predomínio de mata secundária composta principalmente por bracatinga, vassourão branco e outras.

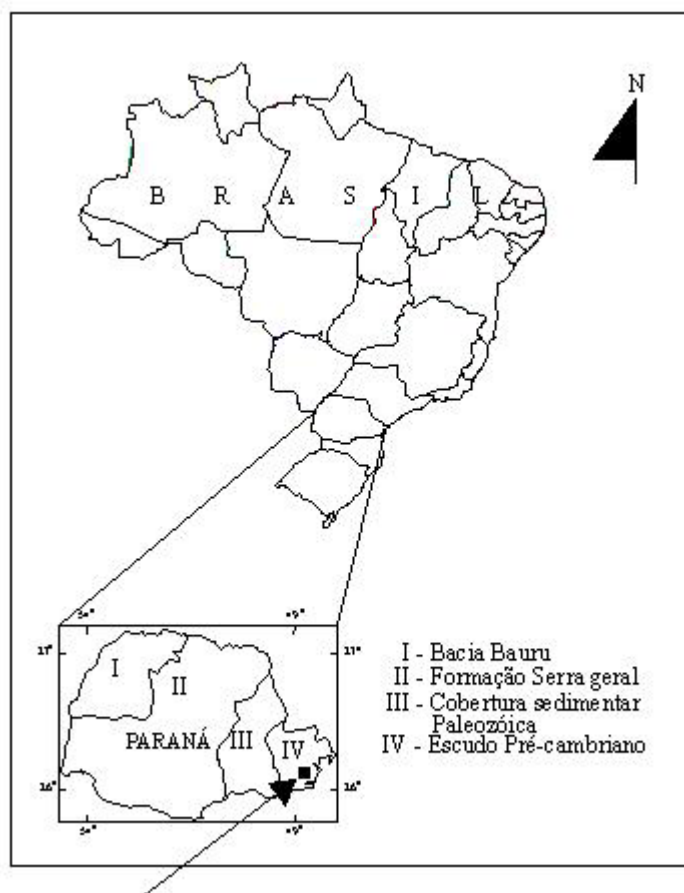


Figura 1 - Localização da área de estudos

De acordo com a classificação de KOEPPEN (MAACK, 1981) a região objeto de estudo enquadra-se no tipo climático Cfb – subtropical úmido, sem estação seca, com verões brandos (temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C, com geadas demasiadamente freqüentes. A temperatura média anual varia de 16 a 17 °C e junho, julho e agosto constituem o trimestre menos chuvoso (300 a 350 mm) enquanto dezembro, janeiro e fevereiro são os meses mais chuvosos, com 450 a 550 mm, cuja precipitação média anual oscila de 1.300 a 1.600 mm. Trata-se de chuvas frontais cujo mecanismo é oriundo das incursões da massa polar no domínio da massa tropical atlântica (CHODUR, 1990). A porção Sudoeste do Primeiro Planalto está constituída litologicamente (Figura 2) por gnaisses e migmatitos granitizados do complexo cristalino, rochas associadas aos migmatitos como xistos, magnesianos, anfibolitos e quartzitos, diques de rocha básica, sedimentos plio-pleistocênicos da Formação Guabirotuba (MARINI, 1967) e sedimentos da Formação Tinguis (BECKER, 1982), além de sedimentos holocênicos correspondendo aos aluviões.

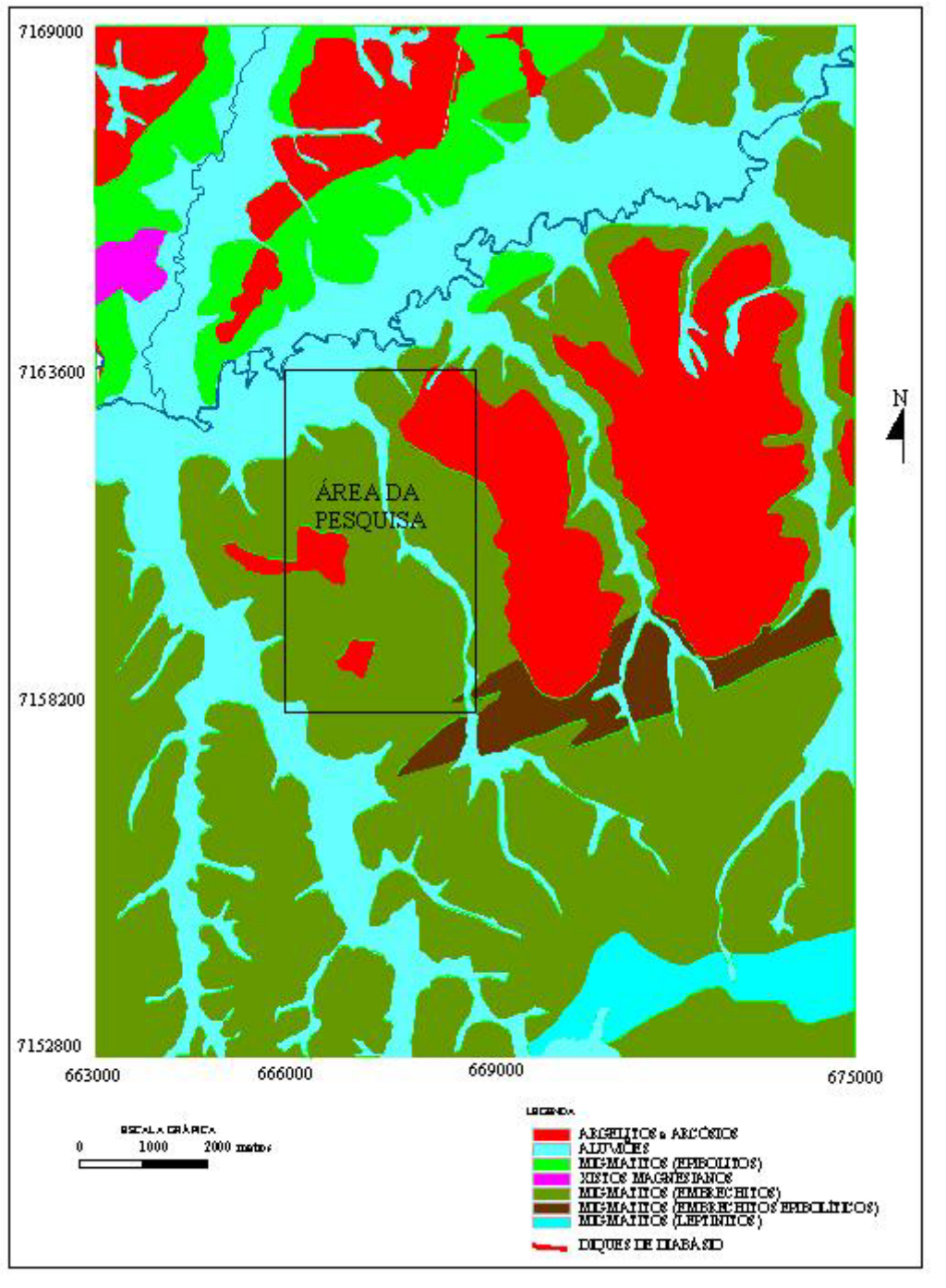


Figura 2 - Mapa geológico

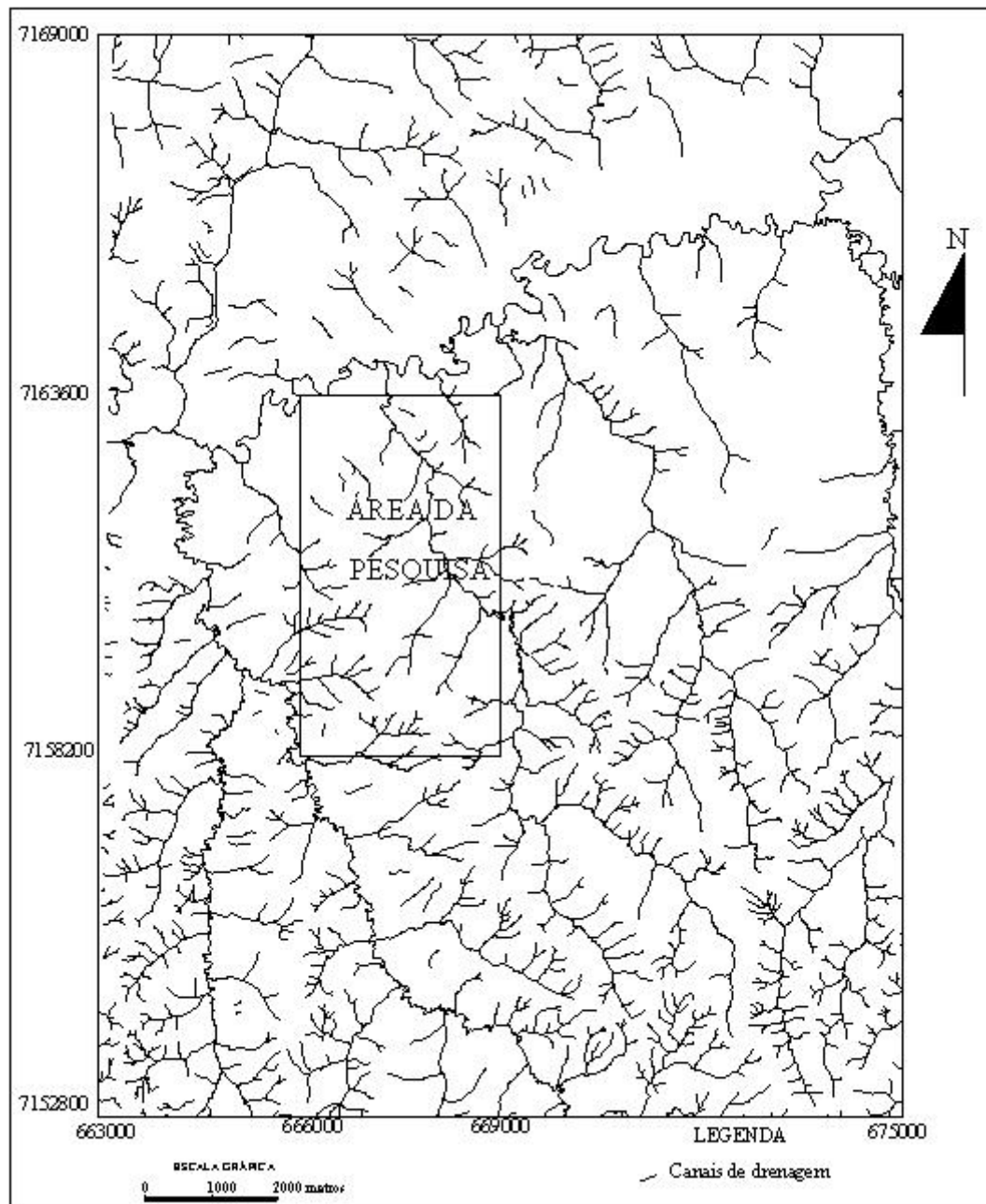


Figura 3 - Mapa da rede de drenagem

Quanto aos migmatitos que ocorrem na região, são constituídos mineralogicamente por quartzo, plagioclásio, ortoclásio, microclínio, biotita, hornblenda e granada, além de minerais acessórios como o zircão, apatita, alanita calcita, sericita e muscovita, com porções variadas de cada uma destas espécies minerais (CHODUR, 1990). As rochas básicas, de idade juro-cretácea, apresentam-se na forma de diques e são constituídas principalmente por plagioclásio, piroxênio e anfibólio além de acessórios como opacos, quartzo e apatita.

BIGARELLA & SALAMUNI (1962) utilizaram o termo Formação Guabirotuba para designar os sedimentos pleistocênicos da bacia de Curitiba. Esta formação está constituída de sedimentos clásticos, formados preferencialmente em clima seco, que ocorre em discordância sobre as rochas do complexo cristalino. Estes depósitos compreendem seqüências litológicas onde predominam argilitos de coloração cinza esverdeada e areias arcossianas com 20 a 40% de feldspatos. Os depósitos holocênicos ocorrem nas planícies aluviais principalmente ao longo do Rio Iguaçu.

2.2 - Tratamento dos dados das imagens do satélite TM/Landsat-5

As técnicas de pré-processamento servem para corrigir erros sistemáticos e de calibração radiométrica da imagem, já que no sistema de imageamento orbital multiespectral é comum os dados originais das imagens mostrarem algumas formas de degradação, face aos desajustes de calibração dos detetores, problemas de transmissão, recepção e interferências por efeitos atmosféricos. As principais técnicas são: correção radiométrica e geométrica. Essas técnicas buscam restaurar a imagem original, sendo concernentes com a correção destas distorções e dos ruídos induzidos no processo de imageamento, constituindo um dos mais importantes estágios no processamento (SIMPLÍCIO, 1995).

Neste trabalho, utilizou-se a correção geométrica também denominada de retificação, que se baseia no princípio de que para uma imagem digital ter propriedades cartográficas, torna-se necessário que a mesma seja corrigida segundo um sistema de coordenadas balizadas em pontos de controle no terreno, onde se define um sistema de coordenadas cartesianas, com a localização dos pontos (x, j) no mapa topográfico, e um outro sistema para a localização dos pixels na imagem a ser corrigida. Nesse processo, utilizam-se polinômios e tomam-se como coeficientes destas funções pares de pontos de controle que são feições bem definidas, geralmente de grande contraste espectral em relação aos seus arredores na imagem e facilmente reconhecíveis, podendo ser precisamente localizadas tanto no mapa topográfico quanto na imagem, como por exemplo: intersecção de estradas, extremidades de construções e pontes, confluência de rios.

Após a aquisição dos pontos de controle, são fornecidos o grau do polinômio, a localização geográfica, o tamanho e a resolução da grade. Definido os parâmetros do registro, segue-se a fase de reamostragem das grades, na qual o algoritmo calcula o valor do nível de cinza que deverá ter o pixel sobre a nova grade da imagem produto. A reamostragem pode ser feita por interpoladores tais como: vizinho mais próximo, bilinear ou bicúbica entre outros.

A precisão desta operação é determinada por processo estatístico denominado de erro da raiz quadrada média (RMS), que é a distância entre as coordenadas reais e as coordenadas transformadas para um mesmo ponto, calculado pela fórmula:

$$RMS = \sqrt{(X_r - X_i)^2 + (Y_r - Y_i)^2}$$

Onde:

X_i e Y_i = coordenadas verdadeiras

X_r e Y_r = coordenadas a ser transformadas

JANSEN (1986) utilizando imagens TM/Landsat na Carolina do Sul (EUA) iniciou o trabalho de georreferenciamento das imagens com 20 pontos e ao final desta operação considerou 13 pontos, para que o RMS ficasse dentro de um valor aceitável de 0,5 pixel. O tipo de registro empregado foi mapa-imagem, onde foram eleitos 20 pontos. O algoritmo para o registro da imagem foi o do vizinho mais próximo cujo objetivo é manter o mais semelhante possível o valor do pixel original, conforme (CRÓSTA, 1992).

2.3 - Extração da rede de drenagem superficial utilizando-se fotointerpretação

Por meio de exame estereoscópico em fotografias aéreas pancromáticas na escala aproximada de 1:25.000, foram traçados sobre papel poliéster todos os canais bem definidos de cursos d'água perenes ou temporários, conforme orientação de LUEDER (1959) e RAY (1963). Os conjuntos de templetos contendo o traçado da rede de drenagem superficial foram montados utilizando-se a área útil das fotografias, cujo objetivo é diminuir as distorções de escala que normalmente ocorrem nas bordas (VALÉRIO FILHO, 1984). Todos os templetos foram sobrepostos a um mapa de drenagem provisório plotado na mesma escala média das fotografias, oriundo da base digital fornecido pela Coordenadoria Metropolitana de Curitiba. Neste caso o objetivo foi à comparação da rede de drenagem extraída das fotografias e a rede da base digital. Observou-se a necessidade de pequenas alterações como a inclusão de canais de 1ª ordem, que foram efetuadas no arquivo digital, tendo-se como apoio a malha de drenagem decalcada sobre as fotografias aéreas. Os sistemas fluviais estudados por diversos pesquisadores, principalmente pedólogos, geólogos e geomorfólogos, revelam que as redes de drenagem refletem certas características dos materiais superficiais sobre os quais se desenvolvem (SILVA, 1988). A separação dos canais por ordem, foi efetuada de forma digital, utilizando-se o software Autocad r.14. Com o arquivo de drenagem na tela do

computador, efetuou-se a individualização dos canais por ordem, face o arquivo original estar constituído em um único plano de informação “layer”. A medida que os canais eram separados em 1^a, 2^a, ... n-ésima ordens, eram criados “layers” para cada uma destas ordens.

2.4 - Construção e utilização de uma grade regular como unidade de observação

Elaborou-se uma grade regular Figura 4, com dimensões de 150 x 150 metros, num total de 720 células. Dentro de cada célula, foram obtidas informações sobre a drenagem (canais de 1^a, 2^a, 3^a e 4^a ordens) Figura 5, modelo numérico do terreno (altitude em metros) e níveis de cinza das imagens do satélite TM/Landsat-5 (bandas 3, 4 e 5) Figura 6, num total de oito variáveis, cujos valores alimentaram um banco de dados, sobre o qual foram feitas análises para a geração do mapa de solos. Em levantamentos de solos a área mínima mapeável equivale a 0,09 Km², correspondente a uma grade de 300 x 300 metros. Portanto a grade utilizada (150 x 150 m) possui uma resolução de 0,0225 Km².

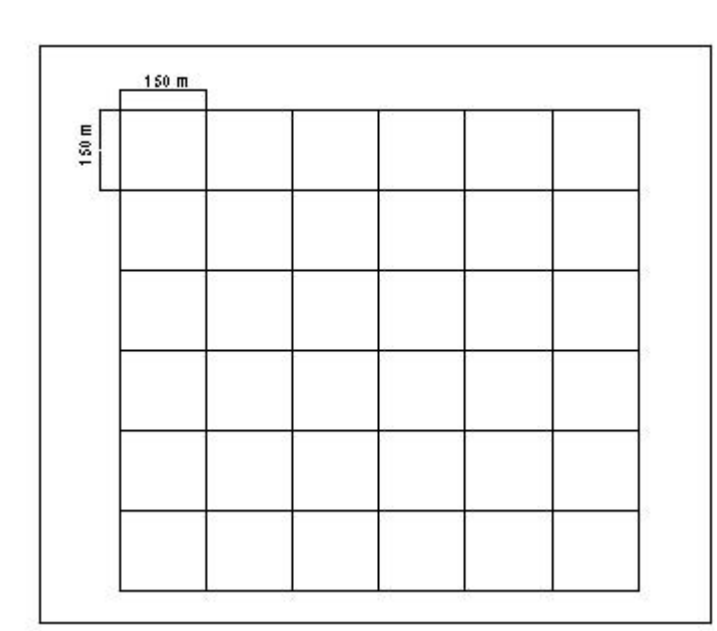


Figura 4. Grade utilizada como unidade de observação

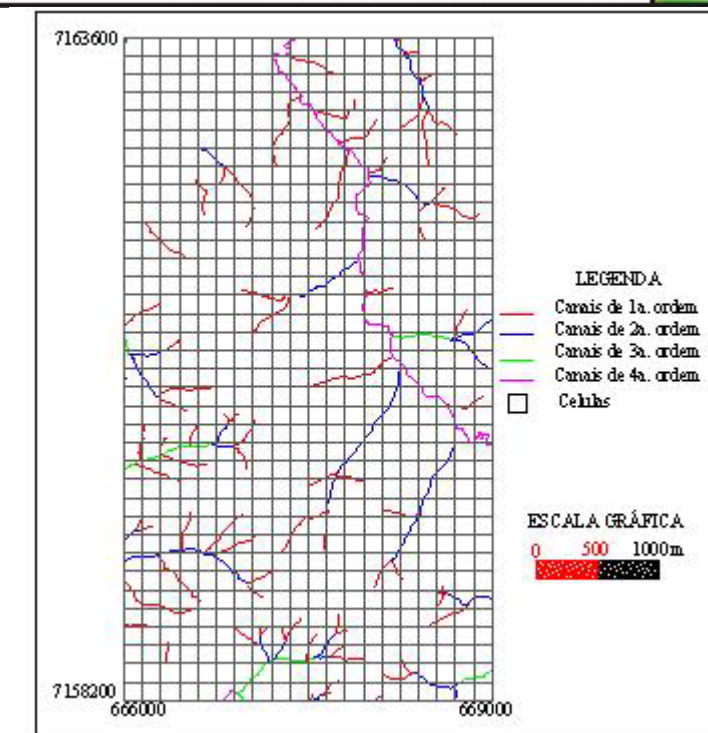


Figura 5. Grade sobre a rede de drenagem

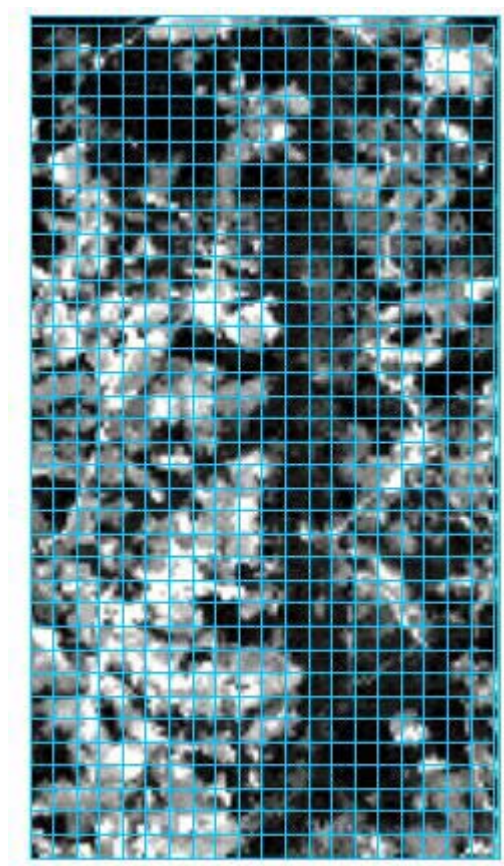


Figura 6. Grade sobre as imagens do satélite TM/Landsat-5

Para a obtenção dos comprimentos dos canais de drenagem nas diferentes ordens, utilizou-se o software Arcview 3.1, cujo arquivo da rede de drenagem constava os diferentes planos de informação “layers”, representando cada uma das ordens. Fazendo-se a sobreposição do “layer” grade sobre o arquivo de drenagem, efetuou-se a segmentação da malha de drenagem para cada célula, cujos dados foram transferidos para o banco de dados.

As imagens do TM/Landsat-5 possuem resolução espacial de 30 x 30 metros em seu formato original. Para que estas ficassem dentro do padrão de 150 x 150 metros, aplicou-se tal resolução sobre as mesmas, utilizando-se o software IDRISI 2.0. Sequencialmente converteu-se os arquivos para o formato ASCII, extraindo-se os valores dos níveis de cinza que foram importados para o banco de dados.

Para a geração do modelo numérico do terreno, utilizaram-se curvas de níveis equidistantes de 5 metros. Tais operações foram realizadas no software Arcview 3.1. Exportou-se o arquivo em formato raster para o software IDRISI 2.0, onde se editou tal arquivo, para que o mesmo ficasse com a resolução de 150 x 150 metros, compatível com o tamanho da célula. Na seqüência, converteu-se a imagem do MNT em arquivo ASCII, para a obtenção dos valores de altimetria (metros) de cada célula, cujos valores foram exportados para o banco de dados, conforme exemplificado na Tabela 1. Realizou-se uma análise de agrupamentos, objetivando juntar as células semelhantes, procurando discriminar as diferentes fisiografias de solos.

Tabela 1 – Banco de dados parcial

Células	Banda 3	Banda 4	Banda 5	MNT (metros)	Canal 1 ^a (ordem)	Canal 2 ^a (ordem)	Canal 3 ^a (ordem)	Canal 4 ^a (ordem)
1	12	41	30	916	21,50	71,20	88,12	77,23
2	14	38	36	924	0	43,59	0	99,21
3	13	36	38	920	60,48	66,34	120,40	0
4	13	51	36	911	256	70	98,40	67,45
5	15	51	43	908	122,30	55,34	65,30	0
6	24	42	58	917	0	0	114,30	88,34
720	17	48	39	910	34,56	122,78	98,12	0

Resultados e Discussão

Para análise de agrupamentos foram utilizadas as variáveis do banco de dados: níveis de cinza das bandas 3, 4, 5, comprimentos dos canais da rede de drenagem de 1^a à 4^a ordens e modelo digital do terreno (metros) dentro de cada célula, cujo procedimento não pode ser realizado com a estatística univariada. O objetivo foi o de agrupar solos com características similares e conseqüentemente da paisagem onde estão situados.

Pela interpretação do dendrograma Figura 7, o Latossolo foi delimitado pela altura de corte ou distância Euclidiana 0,3 unidades, os Argissolos foram separados pela distância entre 0,8 e 1, e os solos de banhado pela distância inferior a 0,3.

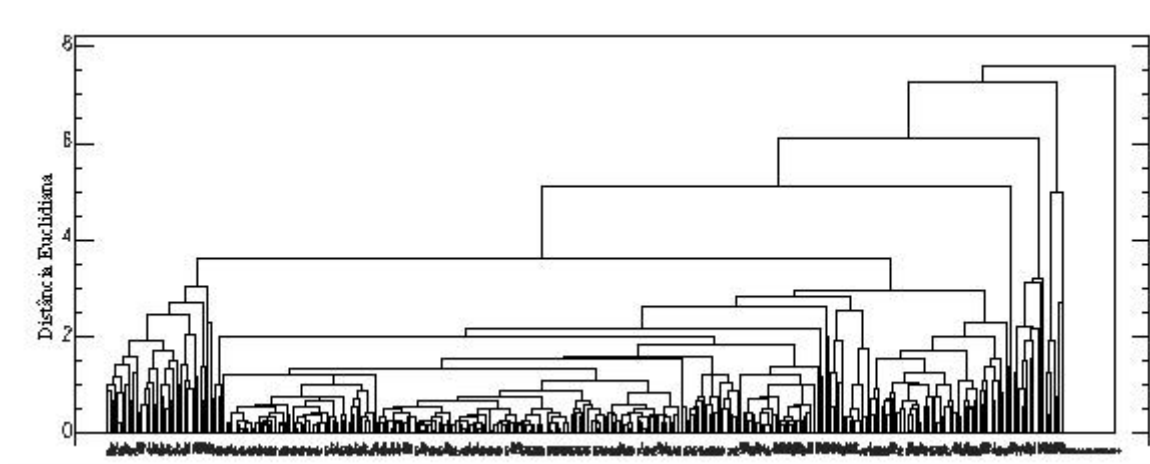


Figura 7. Dendrograma resultante das 720 células com as oito variáveis

As variações nas formas do relevo, conduz em espera de mudanças nos tipos de solos, pois esse elemento constitui um dos seus fatores de formação, estando o relevo diretamente correlacionado com o processo infiltração/deflúvio, que está intimamente ligada a rede de drenagem, muito importantes nos processos de formação dos solos.

O relevo por comandar a circulação de água nos solos, possui sua evolução ligada à das formações superficiais. A condição do relevo mais suave propicia normalmente, a existência de solos mais evoluídos (maduros) como os Latossolos, ao passo que relevo mais acidentado suportam solos mais jovens como os Cambissolos e no extremo os Argissolos inseridos geograficamente em relevo forte ondulado. Juntamente com a drenagem, o relevo é outro elemento muito importante na foteointerpretação para estudos de solos, já que é possível sua visualização em terceira dimensão através da estereoscopia. RESENDE *et al.* (1995), afirmou que o relevo está intimamente ligado ao fator tempo na gênese dos solos; é, portanto,

de se esperar que, na paisagem brasileira, onde os processos de pedogênese são bastante ativos, ele tenha um papel crítico como controlador do tempo de exposição aos agentes bioclimáticos.

As configurações de fase relevo ondulado e fortemente ondulado favorecem o deflúvio, como no caso dos argissolos, aumentando a ação erosiva das águas pluviais e resultando na formação de muitos canais de escoamento e conseqüentemente uma alta densidade de drenagem.

O relevo associado aos fatores climáticos e pedológicos comanda a capacidade de infiltração, além de determinar o tipo de escoamento superficial. A conformação do terreno representa um componente de grande importância do sistema natural que os solos representam.

A utilização da rede de drenagem como parâmetro para caracterizar diferentes unidades de solos, vem sendo utilizada desde o fim da década de 60 e é reconhecida como uma medida útil para diferenciação de solos, utilizado por VALÉRIO FILHO (1984), SILVA (1988), ROCHA (1993) e PFEIFER (1995).

Para a análise da drenagem consideraram-se os aspectos de natureza quantitativa, associadas às características da paisagem e dos solos ali presentes. Tal consideração oferece um ponto de partida para o estabelecimento da individualidade das unidades fisiográficas.

O padrão de drenagem é do tipo dendrítico, conforme a Figura 3. Este modelo se forma na presença de rochas que oferecem resistência uniforme na horizontal, concordando com GARCIA (1982). O material geológico são de rochas metamórficas - migmatitos, além de aluviões da Formação Guabirotuba. O padrão de drenagem desenvolvido em um terreno é em parte, função da relação infiltração/deflúvio, que por sua vez, está ligado às propriedades do solo, de tal modo que uma drenagem superficial escassa é indicativa de alta infiltração e boa permeabilidade como ocorre em partes da Formação Guabirotuba, onde constatou-se a presença dos Latossolos e para os cambissolos e argissolos, estes são caracterizados por uma densa rede de drenagem, reflexo do processo relacionado à infiltração/deflúvio.

FROST (1960) estudando os padrões de drenagem via estereoscopia, observou que a maneira pela qual a água atinge a superfície do solo, mostra indícios do material de origem na composição destes. Nesta mesma linha de raciocínio, RAY (1963) comenta que a densidade de drenagem num dado ambiente climático está correlacionada com a resistência dos

materiais de origem a erosão; isto é, a densidade de drenagem aumenta à medida que aumenta a resistência destes materiais à erosão; e o contrário para os materiais menos resistentes.

Com o objetivo de delimitar as unidades fisiográficas sobre as imagens digitais do TM-Landsat/5, fez-se a composição colorida RGB das bandas 5, 4 e 3. Com a integração do MDT às três bandas da imagem Landsat, fez-se a composição que integra dados do satélite com o relevo. Aplicando-se a técnica I (intensidade), H (matiz) e S (saturação), geraram-se três novas bandas. Na banda H, integrou-se o modelo digital do terreno, resultando na composição colorida (5IR4HG3SB) Figura 8. Verificou-se um enriquecimento no conteúdo de informação da composição colorida resultante, fato constatado por ROCHA (1993 e 1995), PINTO (1991) e SCHMIDLIN (1998).

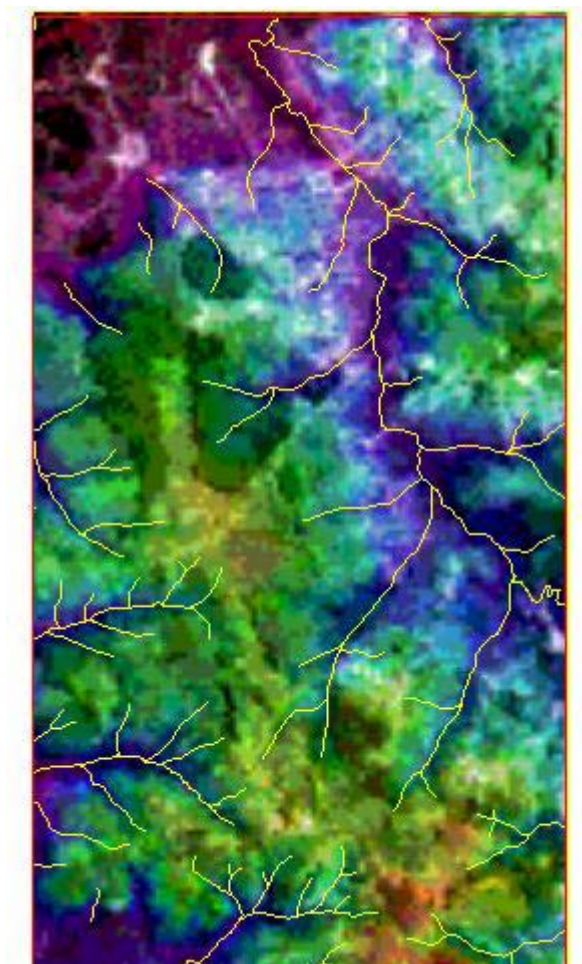


Figura 8. Composição das bandas 5, 4 e 3 IHS/RGB integrando relevo com drenagem sobreposta.

Os contornos das linhas de solos feitos através da análise fisiográfica, foram auxiliados com a presença do relevo muito heterogêneo na composição colorida citada, e de importância significativa há presença da drenagem sobreposta às imagens. GALVÃO (1994) e DEMATTÊ (1995) observaram que os contrastes de reflectância espectral para os alvos naturais, aparecem em diferenças tonais em imagens fotográficas e não fotográficas e são importantes em todo o intervalo espectral da energia solar refletida (cerca de 250 a 3000 nanômetros) pela superfície do terreno. No caso dos solos, o seu comportamento espectral varia de acordo com diversos fatores intrínsecos aos mesmos, dentre os quais têm sido citados como os mais importantes: umidade, teor de matéria orgânica, textura, cor, capacidade de troca catiônica, teor de óxidos de ferro e suas condições de superfície.

SANTOS et al. (1990) estudando o comportamento espectral de solos do Estado da Paraíba, mostraram a necessidade da análise de pelo menos duas bandas (uma no visível e outra no infravermelho), dentre as bandas espectrais utilizadas no estudo para a identificação das unidades de mapeamento selecionadas, com exceção de uma das unidades.

O mapa de solos Figura 9, foi realizado em três etapas, ou seja, análise de agrupamento e interpretação das imagens codificadas, bem como trabalhos de campo para verificar o fechamento final das interpretações efetuadas nas duas etapas anteriores. A metodologia adotada mostrou-se como uma ferramenta importante, tornando-se satisfatório o procedimento adotado neste trabalho. Como suporte aos trabalhos de campo, utilizou-se as análises químicas e físicas, além das características morfológicas e descrição dos perfis do levantamento de solos em nível de reconhecimento efetuado pela EMBRAPA (1984).

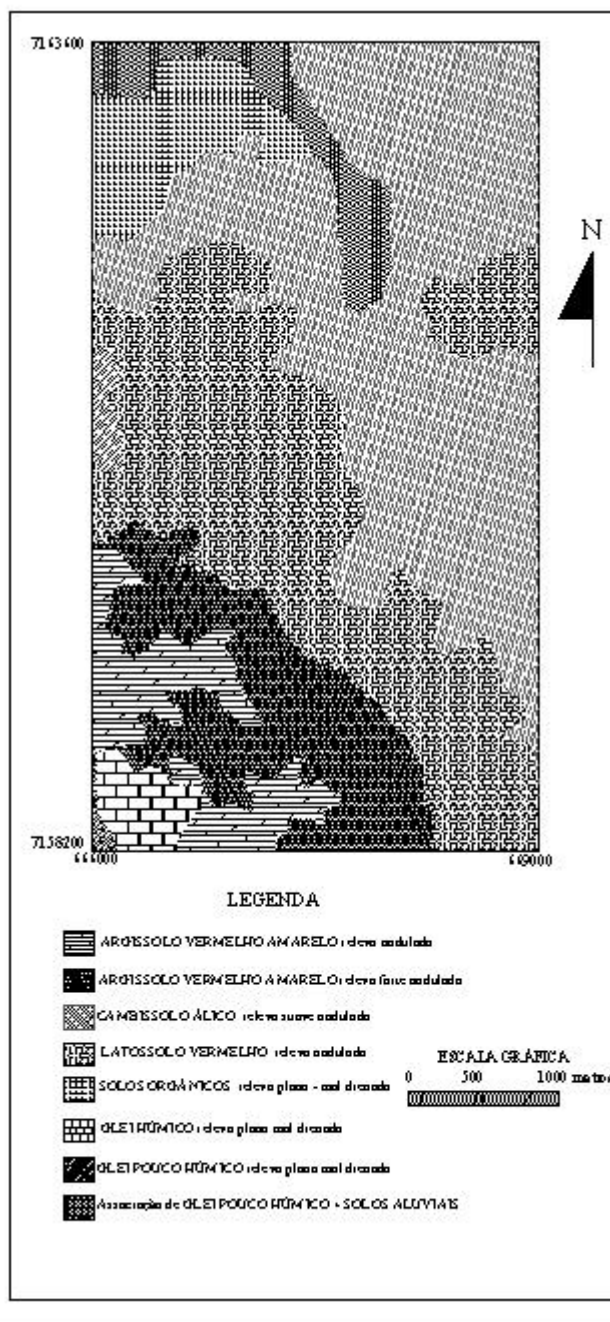


Figura 9. Mapa de solos resultado da integração dos dados para trabalhos de campo

CONCLUSÕES

- As variáveis mais importantes na análise de agrupamentos foram a drenagem e o relevo, principalmente para discriminar as diferentes fases de relevo dos Argissolos e do Cambissolos;
- A interpretação das imagens IHS/RGB, com a sobreposição da drenagem e o modelo digital do terreno, possibilitou a discriminação das unidades fisiográficas.

- O Uso de células com resolução de 150x150 metros, possibilitou um delineamento mais adequado das unidades fisiográficas, atrelado às técnicas de interpretação de imagens em estudos de solos.
- O mapa de solos final resultou em sete unidades e uma associação.

Referências Bibliográficas

- ASSAD, M.L.L. *Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola de terras*. Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 19 (1) 133-40. 1995.
- BECKER, R.D. *Distribuição dos sedimentos cenozóicos na região metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e morfológica regional*. Porto Alegre (Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul), 237 p. 1982,.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. *Características texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba*. Boletim da Universidade do Paraná. (7). (1ª parte): p 1-164. 1962.
- CHODUR, N.L. *Caracterização de solos na região de Araucária – Contenda – PR*. Curitiba-PR (Mestrado – Universidade Federal do Paraná). 104 p. 1990.
- CRÓSTA, A. P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas, SP: IG/UNICAMP. 170 p. 1992.
- DEMATTE, J. A M. *Relações entre dados espectrais e características físicas, químicas e mineralógicas de solos desenvolvidos de rochas eruptivas*. Piracicaba (Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP). 265 p. 1995.
- EMBRAPA - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina, IAPAR/SUDESUL, v.2 (EMBRAPA/SNLCS – Boletim técnico nº 57). 1984.
- FROST, R.E. *Photointerpretation of soils*. In: *American Society of Photogrammetry*. Manual de Phtogrametry. Manual of photographic interpretation. Washington. Chapater 5. p. 340-80. 1960.
- GALVÃO L.S. *Litoestratigrafia da reflectância espectral e uma abordagem quantitativa para análise de espectros*. São Paulo: USP/Instituto Astronômico e Geofísico, 179p. 1994.
- GARCIA, G.J. *Estudos do Solo e Relevô*. In: *Sensoriamento Remoto – Princípios e Interpretação de Imagens*. São Paulo, Nobel, Cap. 7, p.196-202, 1982.
- GIAROLA, F. B. N. *Levantamento pedológico, perdas de solo e aptidão agrícola das terras na região sob influência do reservatório Itutinga/Camargos (MG)*. Lavras. (Mestrado – Escola Superior de Agricultura de Lavras). 226p, 1994.

- JANSEN, J.R. *Introductory digital image processing*. New Jersey: Prentice Hall, 1986.
- LIMA, E.R.V., KUX H.J.H., SAUSEN T.M. *Sistemas de Informações Geográficas e Técnicas de Sensoriamento Remoto na Elaboração de Mapas de Riscos de Erosão no Sertão da Paraíba*. Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas. v. 16: 257-63, 1992.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York, McGraw-Hill. 462p. 1959.
- MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. 2.ed. Rio de Janeiro, José Olympio, 442p. 1981.
- MARINI, O J. *Geologia da folha de Araucária*. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geologia 24, Curitiba, 1967.
- MOTTER, I. *Uso do geoprocessamento como auxílio no monitoramento da ocupação do solo em microbacias*. Curitiba. 83p. (Mestrado – Universidade Federal do Paraná). 1996.
- NASCIMENTO, A, L, S, M. *Bacia do Rio João leite: Influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar*. Rio Claro (Doutorado – Curso de Pós-Graduação em Geografia/UNESP). 176 p. 1998.
- PFEIFER, R. MARCONI. *Aplicabilidade de produtos de sensores remotos na caracterização fisiográfica para mapeamento de solos*. Piracicaba (Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP). 239p. 1995.
- PINTO, S. A. F. *Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica*. São José dos Campos. Tese (Doutorado – Ciências/Geografia Física), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1991.
- RAY, R.G. *Fotografias aéreas na Interpretação e mapeamento Geológico*. Tradução de Jesuino Felicíssimo Junior. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 162p. 1963.
- RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, B.S. de & CORRÊA, G. F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 304p. 1995.
- RIBEIRO, S.R.A. *Aplicação de técnicas de geoprocessamento no estudo de solos e confecção de banco de dados relacional digital do município de Palotina-PR*. Curitiba. 155p. (Mestrado – Universidade Federal do Paraná). 1997.
- ROCHA, H. O. *Integração de dados através da análise de agrupamentos e interpretação de imagens orbitais para levantamento de solos*. Curitiba. Tese (Professor Titular – área de conhecimento Fotointerpretação e levantamentos de solos) – Universidade Federal do Paraná). 106 p. 1993.

ROCHA, O. H.; GHANNI, N. L. B. *Sobreposição dos solos com vegetação, geologia, hipsometria, zoneamento, através do sistema de informações geográficas*. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Anais... Viçosa – MG. V. 3, p. 1640-42. 1995.

ROSA, R. *Introdução ao sensoriamento remoto*. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia. 136p. 1990.

SANTOS, M.J.; MENINO, I.B.; FERNANDES, M.F. *Caracterização das unidades de mapeamento de solos da folha de Itaporanga SB. 24-z-c-II, com base em imagem de satélite e trabalho de campo*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 6., 1990, Manaus. Anais. São José dos Campos: INPE, V.1, p.892-902. 1990.

SHIMIDLIN, D. *Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações para atualização e geração do mapa compilado de solos da área de proteção ambiental – Apa de Guaratuba (PR)*. Curitiba. (Mestrado – Universidade Federal do Paraná). 111 p. 1998.

SILVA, M. S. *Fotointerpretação da rede de drenagem e do relevo de três solos do município de São Manuel, SP*. Botucatu, 1988. 150p. (Doutorado – Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP). 150 p. 1988.

SIMPLÍCIO, A. R. M. *O emprego de sistema de informação geo-referenciada (SIG) na identificação dos corpos máficos-ultramáficos da região de Uauá-Bahia*. Campinas. (Mestrado – Universidade Estadual de Campinas).120p. 1995.

VALÉRIO FILHO, M. *Parâmetros da drenagem e do relevo na caracterização de solos e suas relações fotointerpretativas em imagens de pequena escala*. Piracicaba. (Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP). 141p. 1984.