

INTEGRAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE E DADOS COMPLEMENTARES PARA A DELIMITAÇÃO DE UNIDADES DE PAISAGEM USANDO UMA ABORDAGEM BASEADA EM REGIÕES

*Integration of satellite imagery and ancillary data for landscape units using a
region based approach*

SELMA REGINA ARANHA RIBEIRO¹

HANS PETER BÄHR²

JORGE SILVA CENTENO¹

¹Programa de pós Graduação em Ciências Geodésicas
Universidade Federal Do Paraná - Brasil
{selma,centeno}@geoc.ufpr.br

² Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung - IPF
Universität Fridericiana Karlsruhe – Alemanha
baehr@ipf.uni-karlsruhe.de

RESUMO

No artigo são apresentados os resultados de um estudo que tem como objetivo delimitar unidades de paisagem, para fins de mapeamento de solos, utilizando dados digitais advindos de sensoriamento remoto e informações auxiliares de agentes que podem atuar nos processos de formação dos solos, como o relevo e a rede de drenagem. A metodologia utilizada baseia-se na análise de regiões com características similares para a separação das unidades de paisagem, sendo a similaridade definida em termos espectrais e das variáveis topográficas consideradas. O esquema de classificação utilizado analisa não apenas um pixel isoladamente, mas divide a imagem em segmentos, considerados como objetos primitivos da imagem. Tais objetos são posteriormente analisados como unidades, sendo possível levar-se em conta atributos espaciais derivados das regiões.

A principal vantagem desta metodologia encontra-se associada ao fato de que o uso de regiões como unidade de análise é mais apropriado para a descrição de unidades de paisagem do que uma abordagem pixel a pixel e ao mesmo tempo, a inclusão de informações complementares é um fator determinante na separação de classes muito similares em termos espectrais.

ABSTRACT

This article presents the results of a study that aims at mapping landscape units, for soil mapping purposes, using remote sensing digital data and ancillary information derived from other agents that can influence the processes of soil formation, as the relief and the drainage net. The approach is based on the analysis of regions with similar characteristics, being the similarity defined in terms of spectral information and other topographical variables. Therefore, the image has to be divided in small segments, considered primitive objects of the image. A classification is later used, that analyses a whole region, instead of an isolated pixel, and decides the most suitable class for the region based on the information contained in its set of pixels. The main advantage of this approach is associated with the fact that the use of regions as unit instead of pixels is more appropriate for the description of the landscape and that the inclusion of complementary information can contribute to the discrimination of spectral very similar classes.

1. INTRODUÇÃO

A cartografia exerce papel importante na representação e detalhamento do espaço físico territorial e é uma ferramenta imprescindível na conservação e o gerenciamento do uso e ocupação dos solos. Os mapas de solos, juntamente com outros mapas temáticos, tais como hidrográficos, de relevo, de fatores limitantes (erosão, capacidade de uso, etc.) quando analisados em conjunto, geram informações valiosas para o planejamento do uso da terra. A separação de unidades de paisagem é o primeiro passo na confecção de mapas de solos, sendo também necessários os levantamentos de campo. Esses levantamentos são de alto custo e requerem tempo e pessoal técnico qualificado. Uma ferramenta muito útil nesta tarefa é o sensoriamento remoto, pois possibilita uma visão global da região de estudo. No entanto, a interpretação visual das imagens digitais, aplicada na produção de mapas temáticos, além de ser muito trabalhosa está sujeita a diferenças em função do intérprete (subjetividade). Uma alternativa que poderia agilizar o processo de produção de mapas temáticos e minimizar a subjetividade é a classificação digital.

A experiência tem demonstrado que nenhum componente da natureza pode ser compreendido quando estudado isoladamente. Os solos não fogem a essa regra. Quando da sua formação, dependem de fatores como o material de origem, o relevo, o clima e organismos (GOOSEN, 1968). Esses fatores associados aos processos pedogenéticos, adição, transformação, transporte, remanejo mecânico e perdas formarão determinados solos com características próprias. As técnicas convencionais de classificação de imagens de satélite, quando aplicadas a estudos para mapeamento de solos, processam somente os dados advindos da reflectância dos alvos, e isto é feito considerando uma unidade espacial mínima, o pixel. Com isto, a qualidade do resultado é, em muitos casos, inferior quando comparada com a

análise visual. Isto é geralmente justificado no fato do intérprete não analisar isoladamente cada pixel, sem levar em consideração as relações entre pixels vizinhos. Por este motivo, a divisão da imagem em regiões homogêneas e a posterior classificação destas regiões é uma alternativa válida para superar estas limitações. O critério de uniformidade não deve ser restrito às variáveis espectrais, mas dados auxiliares podem também ser utilizados para definir regiões uniformes.

2. INTEGRAÇÃO DE DADOS

A classificação de imagens digitais seja supervisionada ou não, baseia-se principalmente nas características espectrais dos objetos, descritas pela variação de sua refletância. No entanto, não são as únicas informações que são usadas para sua discriminação (HUTCHINSON; 1982). Atualmente, com a disponibilidade de imagens digitais com resoluções espectrais e espaciais variadas e com a difusão do uso dos Sistemas de Informação Geográfica, cientistas das mais diversas áreas, como VETORAZZI, 1988; ROCHA, 1993; NANNI, 1995 e SOUZA, 1996 vêm pesquisando, desenvolvendo metodologias e aplicando diferentes técnicas na utilização de informações auxiliares, de diferentes origens, escalas e formatos, na análise de imagens digitais, com a finalidade de melhorar a classificação digital. O intuito da integração de dados é ampliar a quantidade e qualidade de informações a respeito da área de estudo. Como os dados são de diferentes origens, eles contribuem com informações adicionais às imagens adquiridas por sensoriamento remoto.

Os dados associados às imagens digitais mais empregados na classificação digital são os referentes a informações geológicas e morfoestruturais, imageamento por radar, mapas de cobertura do solo, mapas de floresta e informações sobre relevo, tais como dados de declividade do terreno e gradiente da encosta (BENEDIKTSSON; SWAIN e ERSOY, 1990). Um exemplo é encontrado em RICCHETTI, 2000, que comprova que a integração de dados topográficos no processo de classificação de unidades geológicas aumenta a acurácia do produto final.

3. ANÁLISE BASEADA EM REGIÕES

A análise de imagens baseada em regiões não considera apenas um pixel isoladamente, mas divide a imagem em segmentos uniformes, considerados objetos primitivos da imagem, os quais são tratados, a partir deste ponto, como unidades, sendo possível levar-se em conta suas características espectrais, a forma e outras variáveis espaciais que não poderiam ser consideradas numa análise pixel a pixel. Existem várias opções para efetuar a segmentação de uma imagem. Os algoritmos de segmentação mais comuns são baseados na análise da descontinuidade e/ou da similaridade da informação espectral ao longo da imagem. Na primeira categoria a abordagem é particionar a imagem baseando-se em mudanças bruscas nos níveis de cinza. As técnicas de detecção de linhas e bordas na imagem são as mais conhecidas

no primeiro grupo. A segunda categoria inclui técnicas de limiarização, crescimento de regiões e divisão e fusão de regiões (GONZALES, 2000).

A análise baseada em regiões está disponível em vários programas existentes no mercado. Cita-se como exemplo, o programa eCognition, onde o usuário pode representar o conhecimento utilizando relações derivadas experimentalmente e modificar tais relações de maneira a satisfazer os fins da análise da imagem. Neste software, as regiões resultantes da segmentação representam a informação da imagem de uma forma abstrata. Além das informações espectrais, outras informações ou atributos adicionais, como forma, textura, relacionamento entre objetos e sua vizinhança, podem ser usados para a classificação (ECOGNITION, 2001).

No processo de classificação, regiões representativas de cada classe são escolhidas como amostras e, a partir delas, uma descrição das classes é obtida. Neste caso, trata-se de classes de regiões, e não mais de classes de pixels, como é tradicionalmente feito na classificação de imagens de satélite. Para descrever estas classes, o usuário pode selecionar a informação útil, escolhendo os atributos relevantes, derivados da imagem ou dos mapas (SCHWARZ; STEINMEIER e WASER, 2001).

4. ÁREA DE ESTUDO

Pertencente à região metropolitana da capital paranaense, a área de estudo (Figura 1) contém parte dos municípios de Curitiba, Almirante Tamandaré, Campo Largo e Campo Magro. Seu território localiza-se no Primeiro Planalto que, segundo MAACK, 1981 divide-se em 3 partes distintas, a saber: Planalto de Curitiba, Região Montanhosa do Açungui e Planalto do Maracanã.

Figura 1 - Localização da área de estudo

A altitude da região varia entre 870 e 1000 m, valores mais altos que esses podem ser encontrados na Serra do Mar, onde se encontram as principais reservas



florestais do Estado, em cujas encostas originam-se os veios que alimentam os mananciais e os afluentes do Rio Iguaçu.

O primeiro planalto estende-se entre a escarpa “devoniana” e a Serra do Mar. Sua estrutura compreende rochas cristalinas: gnaisses, granitos, quartzitos, filitos, calcários, intrusivas básicas, etc. Caracteriza-se como zona de eversão do complexo cristalino, mediante denudação e erosão fluvial em planos laterais. Em consequência desse fato temos uma “peneplanície” recente de meias laranjas e de colinas alongadas, suavemente onduladas, rebaixadas de seu nível antigo (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 1994).

5. MATERIAIS

Os materiais utilizados advindos do sensoriamento remoto foram as sete bandas espectrais do sistema Landsat TM. A partir das imagens correspondentes ao infravermelho próximo e à cor vermelha, foi computado também o Índice de Vegetação Normalizado (NDVI). A utilização deste índice justifica-se devido a sua contribuição na discriminação de unidades de paisagem, pois o NDVI realça a vegetação na imagem e a associação de certos tipos de vegetação pode estar relacionada a determinados tipos de solos.

O relevo é reconhecidamente um dos principais agentes de formação do solo. Para representá-lo utilizou-se um Modelo Digital do Terreno (MDT), sob forma de uma grade discreta representando a variação da superfície (relevo). A partir deste MDT foram derivadas novas grades, contendo dados associados à máxima razão da variação da altitude (SLOPE) e a direção da máxima razão da variação da altitude (ASPECTO), das quais foram estimados a direção, comprimento e o movimento do gradiente do relevo no sentido descendente da encosta.

Entre as características do relevo mais importantes a indicar diferenças entre solos e rochas está a rede de drenagem. Para representar as informações a respeito da rede de drenagem da área de estudo, foram também estimados a direção de escoamento das águas (FLOW DIRECTION) e a delimitação das micro bacias (WATERSHED), seguindo a metodologia proposta por JENSON E DOMINGUE, 1988.

O mapa de solos, escala 1: 300.000 (EMBRAPA, 1974) foi utilizado como base para eleição das amostras a serem processadas. Os dados de entrada, sete bandas da imagem digital e os seis dados complementares (NDVI, MDT, ASPECTO, SLOPE, FLOW DIRECTION e WATERSHED), foram utilizados para verificar a possibilidade de separação das unidades de paisagem digitalmente.

6. MÉTODOS

DESCRIÇÃO DAS CLASSES

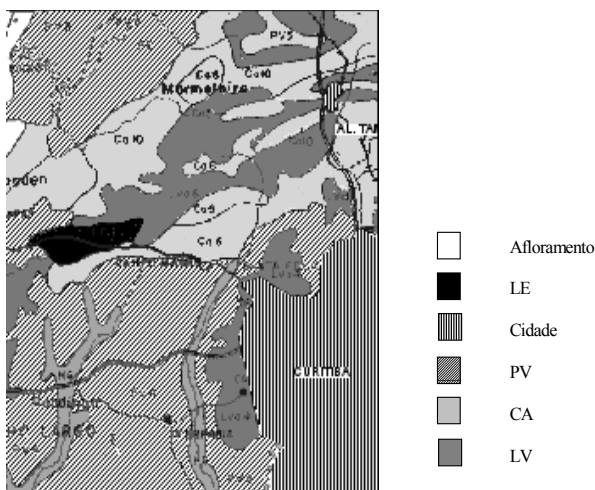
O mapa de solos na escala 1: 300.000 (Figura 2) serviu de base para coletar as amostras de treinamento para a classificação orientada em regiões. As unidades de paisagem definidas a partir deste mapa, para serem processadas e testar a possibilidade de separação das mesmas em toda área foram:

- CA (cambissolo),
- PV (podzólico),
- LV (latossolo vermelho),
- LE (latossolo vermelho escuro),
- Afloramento rochoso e
- Cidade

SEGMENTAÇÃO

Duas são as etapas principais que foram executadas, a segmentação e a classificação das regiões resultantes. No primeiro passo, a imagem é dividida em porções uniformes menores utilizando o algoritmo de crescimento de regiões e guardando a associação espacial entre os segmentos. Um balanço entre a forma dos segmentos e sua uniformidade espectral é responsável pelo crescimento direcionado dos segmentos, passível de ser adaptado às características de cada imagem. No presente estudo, a informação espectral ganhou maior peso (0,6) em relação à forma (0,4), devido ao fato de na segmentação enfatizar-se os dados espectrais nas variáveis de entrada.

Figura 2 – Mapa de Solos



Cada segmento é descrito por um conjunto de variáveis que descrevem suas características espectrais e espaciais. As características espectrais foram descritas em termos dos valores médios em cada banda espectral, das respectivas variâncias, da intensidade, da proporção de cada cor em relação à intensidade e das diferenças das médias. Para descrever os atributos espaciais foram utilizados os seguintes parâmetros: área, altura, largura, altura da borda, altura /largura, índice de forma, densidade, direção principal e assimetria.

CLASSIFICAÇÃO DOS SEGMENTOS

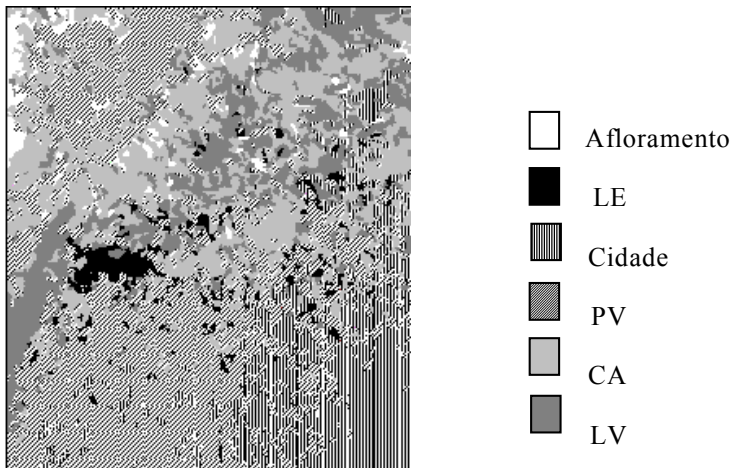
Após a segmentação, dispõe-se de um conjunto de regiões uniformes, que devem ser interpretadas. A atribuição destes segmentos a uma das classes é feita seguindo os princípios de uma classificação supervisionada. Para isto, são coletadas amostras, regiões características e puras de cada classe, tendo como “pano de fundo” o mapa de solos e os dados de entrada sobrepostos. A descrição assim obtida serve para, numa fase posterior, classificar o restante das regiões.

O algoritmo de classificação segue os princípios da lógica fuzzy e suas regras de combinação. Neste método, o grau de pertinência de uma região a cada uma das classes é calculado a partir dos descritores espectrais e espaciais. O objeto é então classificado como membro da classe cuja função de pertinência é maior.

7. RESULTADOS

A Figura 3 contém a imagem classificada das unidades de paisagem tendo como dados de entrada a imagem digital com as sete bandas associadas aos dados complementares.

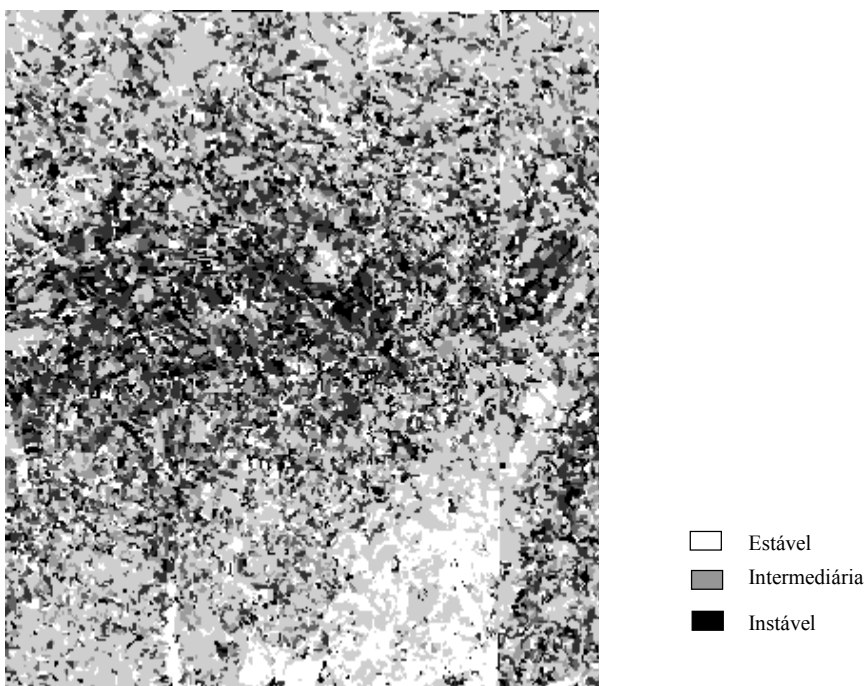
Figura 3 - Unidades de paisagem separadas



Para verificar a acurácia da classificação executada, foram coletadas diferentes amostras daquelas de treinamento. Com a finalidade de verificar a qualidade deste produto, foram calculadas a estabilidade da classificação e a matriz de confusão. A estabilidade da classificação, fornece a diferença entre a melhor e a segunda melhor assinatura da classe e calcula a diferença de percentual. Através da imagem da estabilidade da classificação (Figura 4) pode-se obter o valor de cada objeto da imagem classificada numa gama de cores do branco (100% - estável) ao preto (0% - instável).

A Figura 4 apresenta a imagem com a estabilidade da classificação para o experimento realizado.

Figura 4 – Imagem da estabilidade da classificação



A Tabela 2 apresenta a matriz de confusão da classificação, onde pode-se notar que a classe PV obteve um percentual de 93,8% de acerto, seguida das classes afloramento com 93,5%, cidade 85,9%, LV com 79,4%, CA com 63,7% e LE com 50,4%.

Os dois resultados da verificação constatarem que a área onde se encontra a maior instabilidade, cor preta na Figura 4, pertence às classes assinadas com o menor percentual de acertos na matriz de confusão, correspondente as classes LV com 79,4%, CA com 67,3% e LE com 50,4%. Isto se deve à alta confusão espectral entre essas classes. Na área de maior estabilidade na Figura 4 (cor branca) encontra-se a classe melhor discriminada “cidade”, devido ao fato de sua separabilidade ser mais alta e possuir baixa confusão espectral em relação às outras classes.

Tabela 2 – Matriz de confusão

Classe	Cidade	PV	Afloram	CA	LV	LE	N.class.
Cidade	0,859	0,131	0,0	0,0	0,0	0,0	0,010
PV	0,008	0,938	0,003	0,049	0,001	0,001	0,0
Afloram.	0,000	0,000	0,935	0,0	0,065	0,0	0,0
CA	0,033	0,154	0,040	0,637	0,086	0,015	0,0
LV	0,009	0,087	0,012	0,072	0,794	0,028	0,0
LE	0,0	0,109	0,0	0,387	0,0	0,504	0,0

8. CONCLUSÕES

A metodologia de dados orientados a objeto possibilitou a separação de seis(6) unidades de paisagem (CA, PV, LE, LV, afloramento e cidade). Pode-se verificar na Figura 3 que as classes Latossolo Vermelho Escuro (LE), Latossolo Vermelho (LV) e Afloramento Rochoso, apesar de terem sido classificadas corretamente aparecem assinadas em outros locais da área de estudo, que em comparação com o mapa de solos (EMBRAPA, 1974) não estariam presentes. O fato ocorre devido a generalização e escala do mapa, sendo que as classes podem ocorrer nestas regiões e portanto seria necessário a utilização de um mapa de solos original sem generalizações e verificação em campo.

Nesta identificação, o fato do processamento ser baseado na análise de regiões, em lugar de pixels, foi determinante, uma vez que as unidades de paisagem não podem ser caracterizadas sob forma pontual. Por isto, a segmentação foi importante, gerando agregados de pixel onde a heterogeneidade no domínio espacial e espectral foi minimizada. Detectaram-se, portanto regiões “semelhantes”, que tem alguma propriedade local aproximadamente constante. Esta uniformidade corresponde tanto aos valores das bandas espectrais como à informação a respeito do relevo, derivada do modelo numérico do terreno. A integração de variáveis espectrais e do relevo tem um papel determinante neste tipo de análise, pois possibilita associar a cobertura do solo com a variação da altitude.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENEDIKTSSON, J. A.; SWAIN, P. H.; ERSOY, O. K., 1990. **Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. v.28 n.4, p. 540- 552.
- BIGARELLA J. J.; BECKER R. D. ; SANTOS G. F., 1994. **Estruturas e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Editora UFSC, Florianópolis - SC, p. 425).
- ECOGNITION – **Object Oriented Image Analysis, 2001**. Release 1.0. DEFINES AG Rindermarkt. Munich, Germany.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1974. **Boletim Técnico** n. 40. Centro de Pesquisas Pedológicas. EMBRAPA/SUDESUL/UFPR/CERENA. Curitiba-PR.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. , 2000. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Blücher.
- GOOSEN, D., 1968. **Interpretacion de fotos aereas y su importancia em levantamientos de suelos**. Instituto para Levantamiento aereo y Ciencia Terrestre. Boletim sobre suelos n.6, Organizacion Naciones Unidas y para a la Agricultura y la Alimentacion. Roma.
- HUTCHINSON, F. C., 1982. **Techniques for combining Landsat and ancillary data for digital classification improvement**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 48, n. 1, p.123-130.
- JENSON, S. K., DOMINIQUE, J. O., 1988. **Extracting topographic structure from digital elevation data geographic information system analysis**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 54, n. 11, p.1593-1600.
- MAACK, R., 1981. **Geografia Física do Paraná**. 2ª edição José Olympio. Rio de Janeiro, p. 450.
- NANNI, M., 1995. **Delimitação de unidades fisiográficas para estudo de solos utilizando análise multivariada e técnicas de sensoriamento remoto**. Tese de Mestrado Ciência do Solo – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.
- RICCHETTI, E., 2000. **Multispectral satellite image and ancillary data integration for geological classification**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 66, n. 4, p.429-435.
- ROCHA, H. O., 1993. **Integração de dados através da análise multivariada e interpretação de imagens orbitais para o levantamento de solos**. Tese para a obtenção do título de professor titular – Área de conhecimento Fotointerpretação e Levantamentos de Solos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba -PR.
- SCHWARZ, C. H.; STEINMEIER CH.; WASER, L., 2001. **Detection of storm losses in alpine forest areas by different methodic approaches using high – resolution satellite data**. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf, Switzerland.

- SOUZA, L. C. P., 1996. **Utilização de dados digitais TM Landsat e análise de agrupamento na delimitação das unidades de solos da planície de inundação do rio Ivaí – PR.** Tese (doutoramento).
- VETORAZZI, C. A., 1988. **Interpretação de imagens TM – LANDSAT-5, em duas escalas, na caracterização fisiográfica para o mapeamento de solos.** Tese de doutoramento – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo – SP.

(Recebido em 09/06/02. Aceito para publicação em 19/08/02.)