

APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS, MODELO DE MISTURA E NDVI EM IMAGENS LANDSAT PARA CARACTERIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO DE PORTEIRAS - CE

Sheyla Aguilar de Santana¹

Roberto Bruno Falcotà¹

Ana Clara Mourão Moura²

¹Università di Bologna

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali

Dottorato di ricerca in Ingegneria Civile e Ambientale

Via Terracini, 28 - 40131 Bologna - Itália

shesantana@hotmail.com

roberto.bruno@unibo.it

²Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Arquitetura

Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Rua Paraíba, 697 - Savassi - Belo Horizonte/MG/Brasil

anaclara@ufmg.br

RESUMO

Esse artigo está dentro do contexto da tese de doutorado de "Modelos estatísticos para o estudo da dinâmica espaço-temporal e qualificação de cenários preditivos em locais que dependem do economicamente dos recursos geológicos" e tem como objetivo apresentar a aplicação de diversas técnicas de processamento digital de imagens para a aquisição de dados de média resolução a partir de imagens LandSat. O objetivo de adquirir esses dados é para conseguir informações históricas dos municípios que serão utilizados como estudo de caso e que não possuem mapeamento prévio para então conseguir fazer a criação de cenários futuros urbanos dos municípios.

Palavras-chaves: Processamento Digital de Imagens, Cenários Futuros, LandSat

ABSTRACT

This article is within the context of the doctoral thesis of "Statistical models for the study of spatial-temporal dynamics and identification of predictive scenarios in places that depend on the cost of geological resources" and aims to present the application of various digital signal processing techniques images to the acquisition of medium resolution data from Landsat images. The purpose of acquiring these data is to get historical information of the municipalities that will be used as a case study and have no previous mapping and then to make the creation of future scenarios of urban municipalities.

Keywords: Digital Image Processing, Future Scenarios, Landsat

1 INTRODUÇÃO

Processamento Digital de Imagens é a manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens. Por comparação, na disciplina de reconhecimento de padrões, a entrada do processo é uma imagem e a saída constitui-se num mapa temático ou descrição da mesma. Já a área de gráficos por computador envolve a geração de imagens a partir de descrições das mesmas. O objetivo de se usar processamento digital de imagens é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

A área de processamento digital de imagens tem atraído grande interesse nas últimas duas décadas. A evolução da tecnologia de computação digital, bem como o desenvolvimento de novos algoritmos para lidar com sinais bidimensionais está permitindo uma gama de aplicações cada vez maior.

Como resultado dessa evolução, a tecnologia de processamento digital de imagens vem ampliando seus domínios, que incluem as mais diversas áreas, como por exemplo: análise de recursos naturais e meteorologia por meio de imagens de satélites; transmissão digital de sinais de televisão ou fac-símile; análise de imagens biomédicas, incluindo a contagem automática de células e exame de cromossomos; análise de imagens metalográficas e de fibras vegetais; obtenção de imagens médicas por ultrassom, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada; aplicações em automação industrial envolvendo o uso de sensores visuais em robôs, etc.

O interesse em métodos de Processamento Digital de Imagens surgiu, principalmente, da necessidade de melhorar a qualidade da informação pictorial para interpretação humana. Uma das primeiras aplicações das técnicas de PDI foi a melhoria de ilustrações de jornais enviados por cabo submarino entre Londres e New York por volta de 1920 (Gonzalez et al., 1992). Mas as técnicas de processamento digital de imagens evoluíram em meados dos anos 60 com o advento de computadores digitais e com o programa espacial norte-americano. Em 1964 as imagens da lua transmitidas pela sonda Ranger 7 foram processadas por um computador para corrigir vários tipos de distorções inerentes à câmara de TV à bordo. As técnicas de processamento usadas nesta época serviram de base para o realce e restauração de imagens de outros programas espaciais posteriores, como as expedições tripuladas da série Apollo, por exemplo (Marques Filho e Vieira neto, 1999).

O uso de imagens multiespectrais coletadas por satélites tais como, Landsat, SPOT ou similares, tem-se mostrado como uma valiosa ferramenta para a extração dos dados destinados às várias aplicações de pesquisa de recursos naturais. A obtenção das informações espectrais registradas pelos sistemas nas diferentes partes do espectro eletromagnético, visando a identificação e discriminação dos alvos de interesse, depende principalmente da qualidade da representação dos dados contidos nas imagens.

As técnicas de processamento digital de imagens (PDI), além de permitirem analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, também possibilitam a integração de vários tipos de dados, os quais devem estar devidamente registrados.

O resultado de uma operação de análise de imagem é uma descrição da imagem de entrada (lista de propriedades do objeto: posição, tamanho, formato), um campo vetorial representando o movimento de objetos em uma sequência de imagens, mapas, ou uma representação gráfica. A descrição pode ser simplesmente o nome da classe a que o objeto pertence.

O uso de imagens de Sensoriamento Remoto como fonte atualizada de informação para produção de mapas, é um dos grandes impulsionadores de inovação na área de Geoprocessamento. O grande interesse em seu uso advém da temporalidade da informação e de seu relativamente baixo custo. Outro aspecto a destacar é que estes dados são uma das melhores fontes para auxiliar na determinação do uso e cobertura do solo. Como a cobertura atual do solo é mudada principalmente pela ação do homem, a interpretação de imagens de satélite é um forma indireta de inserir, num ambiente de Geoprocessamento, a dinâmica dos processos econômicos e sociais.

A modelagem dentro do geoprocessamento ainda é identificada como uma das áreas mais inovadoras dentro dessa ciência. A criação de modelos de previsão futura já foi muito utilizada para área rural em projetos voltados para o meio ambiente. Em se tratando de área urbana existe um complicador, pois as cidades é um elemento vivo onde os limites entre o econômico, o social e o político não param de se recompor em expansão e transformação permanente.

Para análise, desenvolvimento e planejamento da expansão do espaço urbano, baseado no estudo de influencia de segmentos econômicos, são necessárias representações dinâmicas das informações, pois esses parâmetros estão em

constante alteração. Um grande desafio da tecnologia aplicada ao planejamento urbano e as condições de conforto urbano é o desenvolvimento de técnicas e metodologias que sejam capazes de representar adequadamente variáveis dinâmicas e criar cenários futuros da possível conformação da cidade para definições de melhores estratégias e tomadas de decisão.

O objetivo da modelagem dinâmica de dados é fazer simulações numéricas de processos dependentes do tempo, uma representação matemática de um processo do mundo real em uma localização na superfície terrestre muda em resposta a variações de forças dirigidas, de variáveis correlacionadas no espaço.

Esse trabalho tem então como objetivo utilizar o processamento digital de imagens na aquisição de dados temporais de um município para que seja possível criar uma série histórica de dados para entender o comportamento da cidade ao longo dos últimos vinte anos e projetar como ela será nos próximos 10.

2 MÉTODOS E METODOLOGIA

O primeiro passo foi a aquisição da imagem Landsat no site da universidade de Maryland. O município de estudo foi Porteirinhas-CE, Brasil. Os testes para gerar os dados foram feitos em imagens recentes (2009), porém as mesmas técnicas podem ser aplicadas em imagens de datas anteriores.

O segundo passo foi fazer a correção atmosférica. Correção atmosférica é o procedimento que tira o efeito de dispersão da energia eletromagnética nas partículas de água suspensas na atmosfera, possibilitando que os alvos invariáveis, temporalmente, sejam interpretados da mesma forma. A imagem

sofreu uma correção do efeito de neblina e fumaça, através de um algoritmo desenvolvido por (Carlotto, 1999) e implementado no ambiente ENVI/IDL (Interactive Data Language). Em seguida, foi convertida para radiância, utilizando os valores de calibração (gains e offsets) do sensor ETM+ disponíveis no site <http://landsat7.usgs.gov/cpf/cpf.php>. Posteriormente, a imagem radiância foi convertida para reflectância, utilizando o programa ACORN (Atmospheric Correction Now) 4.0. Os parâmetros de visibilidade e vapor d'água na atmosfera foram estimados a partir da reflectância de alvos com valores de reflectância conhecidos (água e vegetação). Para estes parâmetros foram utilizados os valores de 45 km e 45 mm, respectivamente.

Para conseguir diferenciar bem a vegetação mais densa das demais classes, foi feito a aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

$$NDVI = [(banda\ 4 - banda\ 3) * ganho / (banda\ 4 + banda\ 3)] + offset$$

Nas imagens NDVI, os níveis de cinza mais claros expressam valores que representam altos índices de vegetação, enquanto os níveis de cinza mais escuros representam baixos índices de vegetação com níveis de cinza próximo a zero. Estes valores baixos correspondem a alvos urbanos como área construída, solo exposto e água.

Em seguida foi feito a criação da biblioteca espectral. Foram feitas 30 regiões de interesse, cada uma contendo 36 pixels para a criação da biblioteca espectral de 8 classes distribuídas em 3 categorias, como mostra a Tabela 1.

Categoria	Classe
Vegetação	Cerrado
	Gramínea
	Mata
Superfícies Impermeáveis	Asfalto
	Área Central
	Periferia
	Cobertura (Zinco)
Solo Exposto	Solo Exposto

Tabela 1 - Categorias e classes mapeadas.

Para isso fizemos a seleção de componentes puros. Os candidatos a componentes puros para superfície impermeável, solos, vegetação e água (uma aproximação para o componente sombra) foram extraídos de quatro amostras (200x200 pixels) da imagem reflectância através do algoritmo Pixel Purity Index (PPI) (Boardman et al., 1995). O resultado do PPI foi visualizado em gráficos de dispersão para facilitar a identificação de candidatos a componentes puros. Estes estão localizados nas extremidades das nuvens de dados dos gráficos de dispersão (Souza Júnior, 2005). As curvas espectrais e a localização geográfica dos pixels candidatos a componentes puros foram então extraídas da imagem de reflectância. Em seguida, identificamos nas fotografias aéreas digitais os tipos de materiais de cada candidato a componentes puro. Finalmente, os quatro componentes finais (vegetação, superfície impermeável, solos e água) foram selecionados baseados em seu comportamento espectral e na interpretação das fotografias digitais aéreas para serem usados no algoritmo MESMA.

O Modelo de Mistura Espectral (MME) estima as proporções das radiâncias dos diferentes componentes que contribuíram na formação da radiância total dentro do elemento de resolução do sensor "pixel". Problemas de mistura ocorrem em imagens de Sensoriamento Remoto devido à resolução espacial dos sensores que permitem que um elemento de cena

(correspondente a um pixel da imagem) incluía mais de um tipo de cobertura do terreno. Quando um sensor observa a cena, a radiância detectada é a integração, denominada mistura, de todos os objetos, denominados componentes da mistura, contidos no elemento de cena.

Nesse trabalho foi aplicado o Modelo de Análise de Mistura Espectral com Múltiplos Membros Finais (MESMA) que é uma variante do MME a qual permite a variação do número e do tipo de componentes puros para cada pixel. No MESMA é aplicada uma série de Modelos de Mistura Espectral na imagem e, para cada pixel, é escolhido o melhor modelo baseado em critérios como RMS e valores de frações esperados (Roberts et al., 1998b). Neste estudo, foi selecionado como melhor resultado do MESMA o MME com menor RMS e com valores de frações fisicamente coerentes (entre 0 e 100%). Este procedimento resultou em um total de 11 classes de modelos para cada pixel, incluindo 6 classes com dois componentes, 4 classes com três e 1 classe com quatro. Para avaliar os resultados dos modelos gerados com o MESMA, extraímos os valores das frações (superfície impermeável, solos, vegetação e sombra) de uma amostra de 1x40 pixels, com diversidade em sua composição (vegetação, água, prédios, etc.). Esta região não apresentou mudanças significativas na sua composição entre os períodos de aquisição das fotografias digitais e da imagem Landsat (i.e., 1998 e 1999, respectivamente). Por essa razão, avaliamos os resultados dos modelos com base na interpretação das fotografias aéreas. O interesse específico de utilização das mesmas é na identificação de pixels correspondente as superfícies impermeáveis.

A partir do dado gerado pelo MESMA, o passo seguinte foi aplicar o algoritmo de segmentação de imagens para agrupar os "pixels" com valores de proporções semelhantes, criando assim regiões homogêneas. Sobre estas regiões é que foi feito o treinamento para a classificação propriamente dita. O algoritmo de segmentação baseia-se em duas propriedades referentes aos valores de tons de cinza: a) Descontinuidade. Neste caso a imagem é particionada levando-se em conta as mudanças abruptas de tons de cinza entre "pixels" adjacentes e b) Similaridade. Agrega os "pixels" em função da sua semelhança com "pixels" vizinhos. Os parâmetros de similaridade de área foram utilizados 10 e 9. Uma vez segmentada a imagem, a avaliação do processo de segmentação foi realizada por meio da comparação visual entre a imagem segmentada e pela sobreposição da imagem realçada. Fez-se uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo denominado "Bhattacharya distance", disponível no SPRING para classificação no caso de imagem segmentada. Para verificar a eficiência do modelo de mistura fez-se, também, a mesma classificação nos dados originais, isto é, fez-se a segmentação e utilizou-se as mesmas áreas de treinamento para aplicar a classificação supervisionada "Bhattacharya distance". A eficiência foi avaliada através da diferença relativa dos resultados das duas classificações e da interpretação visual realizada sobre imagem fotográfica.

Para a classificação da imagem, a matriz de classificação indicou o resultado:

- Desempenho médio: 81.60
- Abstenção média: 2.98
- Confusão média: 15.42

Para a classificação da MESMA, A matriz de classificação indicou o resultado:

- Desempenho médio: 89.37
- Abstenção média: 3.15
- Confusão média: 7.48

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A melhor combinação de bandas para seleção dos componentes puros foram entre as bandas três e quatro, quatro e cinco e cinco e sete.

Para fazer a seleção dos componentes puros finais, foram selecionados quatro áreas através da inspeção visual de imagem GeoEye. A utilização da MESMA foi para a indicação de áreas impermeáveis dentro do município. Isso devido ao fato de existires vilarejos isolados no território que não estavam sendo classificados a partir da classificação supervisionada normal.

O resultado da MESMA foi agrupado com as informações geradas a partir do NDVI e da classificação supervisionada na imagem. O resultado foi mostrou que é possível gerar informações de média resolução espacial em áreas onde só é possível ter acesso a imagens de baixa resolução espacial como a LandSat.

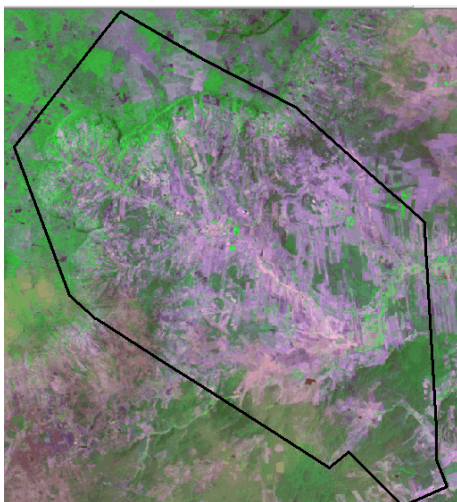


Figura 1 - Imagem Landsat, 2009, R5G4B3 - Porteirinhas - CE

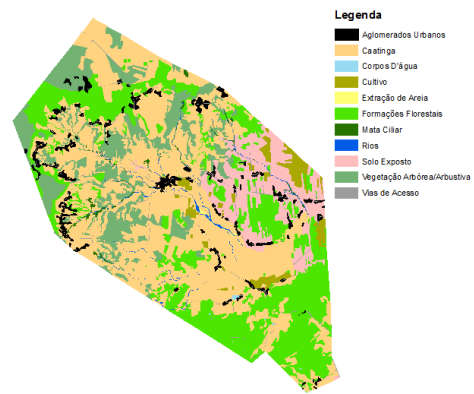


Figura 2 - Cobertura de Uso e Ocupação do Solo após o processamento da Imagem.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos vêm comprovar o potencial do uso de dados de sensoriamento remoto para estudos urbanos. A partir dos objetivos traçados, conclui-se que é possível que uma análise geoambiental urbana seja feita com base em imagens de sensoriamento remoto, ainda que os dados não sejam na escala micro.

O emprego do modelo de mistura espectral proporcionou um resultado de classificação supervisionada mais eficiente quando comparado aos resultados da mesma classificação nos dados originais do Landsat-TM.

O NDVI foi importante para a classificação dos dados de vegetação. Após a diferenciação da vegetação densa das demais classes, foi possível a classificação da vegetação em diferentes tipologias.

O agrupamento das informações resultantes de todos os métodos aplicados gerou dados importantes para o mapeamento histórico do uso e ocupação do solo de um município. A junção de todas essas técnicas provaram que será possível gerar as informações de diversas datas para então ser possível gerar um modelo

probabilístico de criação de cenários futuros, que o objeto de pesquisa da tese onde esse artigo está inserido.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Escola de Arquitetura da UFMG e à FAPEMIG pelo apoio na produção e apresentação deste trabalho.

6 BIBLIOGRAFIA

Adams, J. B.; M. O. Smith; A. R. Gillespie. Imaging spectroscopy: Interpretation based on spectral mixture analysis. Remote Geochemical Analysis, C. M. Pieters e P. A. J. Englert, Eds., Topics in Remote Sensing, v. 4, Cambridge University Press, p. 145-166, 1993.

Boardman, J. W.; Kruse, F. A.; Green, R. O. Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data. Summaries of the Fifth Airborne Earth Science Workshop. Pasadena, CA: Jet Propulsion Laboratory. Publication 95(1) p. 23-26, 1995.

Carlotto, M. J. Reducing the effects of space-varying wavelength-dependent scattering in multispectral imagery. International Journal of Remote Sensing, v. 20, n. 17, p. 3333-3344, 1999.

Dennison, P. E.; Roberts, D. A. Edmember selection for multiple endmember spectral mixture analysis using endmember average RMSE. Remote Sensing of Environment, v. 87, n. 2-3, p. 123-135, 2003.

Fuckner, M. A. Aplicação de Imagens ASTER no Estudo do Ambiente Urbano de São Paulo e Rio de Janeiro. 2007. 218 p. (INPE-15203-TDI/1303). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, 2007.

Mather, P. M. Computer Processing of Remotely-Sensed Images: an Introduction. Chichester, England: John Wiley and Sons. 3a Edição. 2004, 340 p.

Herold, M.; Roberts, D. A. Spectral resolution requirements for mapping urban areas. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. v. 41, n. 9, p. 1907-1919, 2003.

Ridd, M. K. Exploring a V-I-S (vegetation – impervious surface – soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. International Journal of Remote Sensing, v. 16, n. 12, p. 2165-218, 1995

Roberts, D.A., Gardner, M., Church, R., Ustin, S., Scheer, G., Green, R.O. Mapping chaparral in the Santa Monica Mountains using multiple endmember spectral mixture models. Remote Sensing of Environment, n 65, p. 267-279, 1998b.

Roberts, D. A.; Batista, G. T.; Pereira, L. G.; Waller, E. K.; Nelson, B. W. Change identification using multitemporal spectral mixture analysis: Applications in eastern Amazonia. Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications, R. S. Luneetta and C. D. Elvidge, Eds., Ann Arbor Press, p. 137-159, 1998a.

Wu, C. S. Normalized spectral mixture analysis for monitoring urban composition using ETM plus imagery Remote Sensing of Environment, n. 4, p 480-492, 2004.

Small, C. High spatial resolution spectral mixture analysis of urban reflectance. Remote

Sensing of Environment. n. 88, p. 170-186, 2003.

Small, C.; Lu, J. W. T. Estimation and vicarious validation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis. Remote Sensing of Environment, n. 4, p. 441-456, 2006.

Song, C. Spectral mixture analysis for subpixel vegetation fractions in the urban environment: how to incorporate endmember variability? Remote Sensing of Environment. n. 95, p. 248-263, 2005.

Souza Junior, C. M. Mapping and spatiotemporal characterization of degraded forests in the Brazilian Amazon through remote sensing. Santa Barbara, California, 2005. 159p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade da California.

Weng, Q.; Lu, D.; Schubring, J. Estimation of land surface temperature – vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment. n. 89, p. 467-483, 2004.