

Extração de estradas em imagens de intensidade *laser* utilizando morfologia matemática

Fabiana Silva Pires de Castro^{1,2}
Paula Debiasi¹
Jorge Antonio Silva Centeno¹

¹ Universidade Federal do Paraná - UFPR
Caixa Postal 19001 - CEP 81531-990 - Curitiba - PR, Brasil.
centeno@ufpr.br
pauladebiasi@yahoo.com

² Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Unidade Estadual do Rio Grande do Sul
CEP - 90010-390 - n. 1205 - Porto Alegre - RS, Brasil.
fabiana.piresc@gmail.com

Abstract. Nowadays a trend of research is to use data from sensors to perform the complex work of extracting automatic features. Among the systems sensors used for mapping, can be highlighted the Laser Scanner. This system, has an active sensor, which determines the height of the earth's surface and objects present. Some solutions for extraction of features have already been proposed by some authors. The aim of this paper is to present a methodology for the roads extraction, specifically airports tracks. The method uses information from Laser Scanner and Mathematical Morphology. Therefore, this article is justified by using recent technology, the Laser Scanner, which allows the extraction of information from height, allowing the removal of objects in the picture with a certain threshold of height, and enable the application of the mathematical morphology that has been widely studied. It is observed through the results obtained that the methodology developed shows satisfactory results. Using only images from orbital sensors is not possible to separate and eliminate the vegetation, buildings and other features present on the scene, even after the implementation of mathematical morphology algorithms. As required in the case of orbital images, additional information of height in order to eliminate these features of the image. Thus the use of survey data laser scanner is a input that allows good results.

Palavras-chave: laser scanning, mathematical morphology, roads extraction, levantamento *laser*, morfologia matemática, extração de estradas.

1. Introdução

O mapeamento existente do Brasil encontra-se em um longo processo de desatualização, diretamente proporcional ao ritmo de evolução que a paisagem, seja urbana ou rural, tem passado. Tal fato decorre tanto de fatores políticos - desconhecimento do potencial multifinalitário das bases cartográficas por parte dos gestores, provocando a falta de investimentos específicos nas últimas décadas - quanto técnicos - metodologias e tempo necessário para mapear um país-continente com as dimensões do Brasil.

Dentre os sistemas sensores atualmente utilizados para mapeamento, pode ser destacado o *Laser Scanner*. Este sistema possui um sensor ativo, que determina a altitude da superfície terrestre e dos objetos presentes. A determinação ocorre a partir de medições de distância entre o sensor e a superfície dos objetos. O sensor utiliza um feixe de *laser* que é disparado em direção aos objetos. O feixe é refletido e novamente captado pelo sistema. O cálculo da distância entre o objeto e o sensor é realizado utilizando o tempo decorrido entre a emissão e o registro do retorno do sinal (Lohr e Eibert, 1995 *apud* Centeno e Botelho, 2005). Ao final do levantamento é gerado como produto um arquivo com as coordenadas X, Y, Z dos pontos do terreno e também os valores da intensidade do feixe refletido pelo objeto atingido.

Segundo Behan (2000), os sistemas de varredura *laser*, ou *Laser Scanners* vêm se transformando ao longo das últimas décadas em uma alternativa técnica de custo baixo e de

alta produtividade quando comparados aos métodos convencionais de aquisição de dados tridimensionais para uso cartográfico. Com o mesmo ponto de vista, Rivas e Brito (2003) definem que a reconstrução da informação altimétrica de uma determinada superfície por metodologia diferente das tradicionais e empregando menor tempo de trabalho pode ser o maior potencial da aplicação da tecnologia *Laser Scanner* para o mapeamento.

Atualmente uma tendência de pesquisa é usar dados de sensores para realizar a complexa tarefa de extração automática de feições. Segundo Dal Poz et.al. (2007), na área de ciências cartográficas, o problema de extração de feições tem sido de fundamental importância, há mais de duas décadas, na automação dos processos de coleta de feições cartográficas, como edifícios, rios, estradas, etc.

As estradas são feições existentes em mapeamentos, que podem ser destacadas pelo seu dinamismo em função de modificações em sua forma ou textura, tipo - pavimentada ou não pavimentada - e/ou inclusão de novas estradas ou trechos no sistema viário. Tais alterações são constantes em consequência das transformações advindas do crescimento sócio-econômico. Logo, as estradas são feições cartográficas que necessitam de constante atualização. Além de suas características de forma, suas redes, sua resposta espectral e sua textura, as estradas também possuem características altimétricas ou de variação altimétrica. Estas podem estar associadas a um modelo digital do terreno - MDT, os quais podem ser extraídos de sensores como o *Laser Scanner*.

Algumas soluções de extração automatizada de feições encontram-se descritas na literatura, como Clode et al. (2004), que usaram apenas dados *Laser Scanner* para a extração automatizada de estradas. O primeiro passo consiste em gerar um MDT a partir dos dados da altura. Na seqüência as estradas são classificadas de acordo com a amplitude esperada para a intensidade do pulso *laser* e para as diferenças de altura numa vizinhança. Diferentemente, Hu e Tao (2004) combinam dados do *Laser Scanner* e imagens aéreas. O reconhecimento das estradas a partir das imagens aéreas pode ser complementado, utilizando os dados do *Laser Scanner* na detecção de áreas sombreadas não capturadas pela imagem, facilitando a extração. Hinz et. al. (2001) utiliza o MDT para a obtenção da posição e direção de uma suposta estradas e combinaram objetos contextuais para a verificação das hipóteses gerais. Já Mohammadzadeh et. al. (2004) introduz uma extração baseada em lógica *fuzzy* e morfologia matemática. Statela e Silva (2003) apresentaram estudos sobre a extração de pistas de aeroportos com morfologia matemática em imagens Landsat, apresentando resultados satisfatórios.

A problemática envolvida atualmente na extração de feições do tipo estrada apresenta-se as seguintes questões:

- As estradas podem estar parcialmente ocultas e
- Trechos das estradas podem não ser registrados devido a limitações dos sensores.

A primeira questão ocorre devido à possibilidade de estruturas como edificações, pontes, carros, bem como vegetação, de obscurecer partes da feição estrada. Já a segunda questão é em função da resolução das imagens utilizadas para a extração.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma metodologia para a extração automatizada de estradas, especificamente pistas de aeroportos. A metodologia utilizará informações oriundas de levantamento *Laser Scanner* e Morfologia Matemática. Logo, o presente artigo justifica-se por utilizar tecnologia recente, no caso o *Laser Scanner*, o qual permite a extração de informações de altitudes, possibilitando a eliminação na imagem de objetos com um determinado limiar de altura, além de possibilitar a aplicação da morfologia matemática que vem sendo amplamente estudada.

2. Metodologia de Trabalho

A região de estudo é o aeroporto do Bacacheri, localizado em Curitiba/P.R. Em 18 de junho de 2008, dia Juliano 13008, foi realizado o levantamento *Laser Scanner* desta região pela ESTEIO - Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A. O sistema utilizado para o levantamento foi o ALS 50 PHASE II, pertencente a ESTEIO, adotando como referencial geodésico o SAD69 UTM. O levantamento foi realizado com uma altura de vôo de 2000m, a densidade dos pontos é de 1,4 pontos por metro quadrado e a largura da faixa imageada é de 1200m.

Os dados do *laser scanner* incluem:

- MDT – Modelo Digital do Terreno – apresenta as variações na superfície do terreno;
- MDS – Modelo Digital da Superfície – além das informações do terreno inclui as cotas dos objetos acima dele.
- MDSn – Modelo Digital da Superfície Normalizado – armazena apenas a altura dos objetos acima do MDT. Sendo a diferença entre o MDS e o MDT.

A metodologia desenvolvida no programa em MATLAB pode ser resumida nas etapas mostradas na Figura 01.

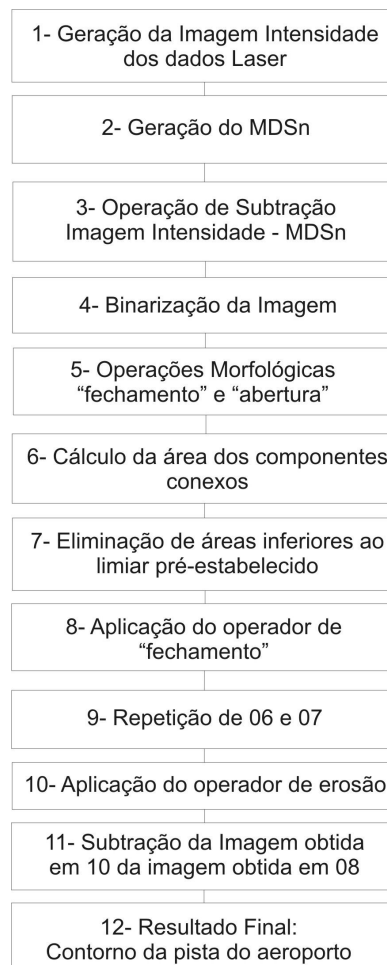


Figura 01: Fluxograma das etapas desenvolvidas na metodologia.

Para a realização da extração da pista, foi necessária a geração da imagem de intensidade bem como o Modelo Digital da Superfície Normalizado - MDSn. Tanto a imagem de intensidade quanto o MDSn foram gerados através do TerraScan. O TerraScan é um software desenvolvido pela TerraSolid Limited para processamento de dados *laser*, que permite trabalhar com arquivos que contenham milhões de pontos laser. A partir deste levantamento um conjunto de pontos referentes à área do aeroporto foi utilizado. O arquivo de pontos *laser* apresenta mais de 900 mil pontos.

De posse da imagem de intensidade e do MDSn, foi iniciada a extração das informações de interesse. Para o processamento da morfologia matemática foi utilizado o software MATLAB - *MATrix LABoratory*. Dentro do ambiente MATLAB foi desenvolvido um programa que utiliza operadores de morfologia matemática para a extração da pista do aeroporto. Segundo Gonzales e Woods (2000), a morfologia matemática é utilizada para a extração de componentes de imagens que sejam úteis na representação e descrição da forma de uma região, como fronteiras e esqueletos. Maiores informações sobre morfologia matemática e seus operadores podem ser encontradas também em Haralick e Shapiro (1997).

A Figura 02 apresenta a imagem intensidade *laser* e o MDSn do aeroporto do Bacacheri/PR, etapas 01 e 02. Pode-se notar a presença de edificações, galpões, aeronaves e vegetação, na imagem intensidade e o MDSn apenas com as informações de altitude.

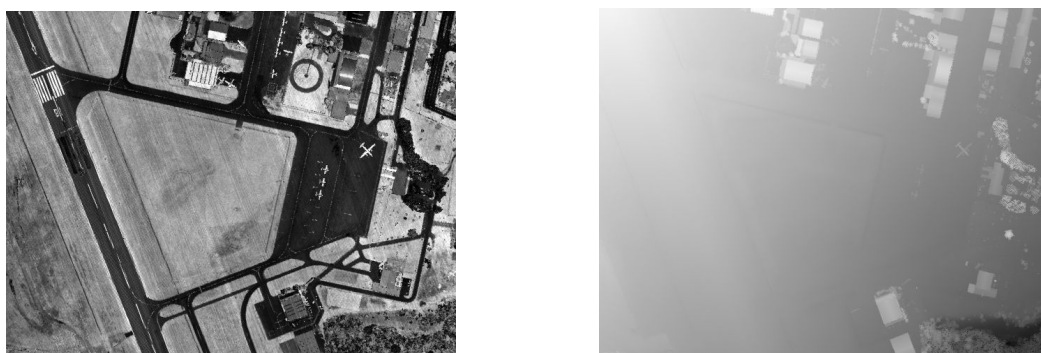


Figura 02: Imagem de intensidade *laser* e seu respectivo MDSn, aeroporto do Bacacheri/PR – área de estudo.

A terceira etapa consiste em eliminar a vegetação, bem como as aeronaves e galpões presentes na imagem de intensidade. Para isto, um limiar de altura é pré-determinado pelo operador e os pixels da imagem MDSn com cota inferior ao limiar são eliminados da imagem.

Após a subtração destes objetos, a imagem de intensidade foi binarizada, resultando uma imagem com pixels escuros (candidatos a estrada) e o fundo. Nesta imagem foram aplicados os algoritmos de morfologia matemática binária. Inicialmente foram aplicados os operadores de “fechamento” e “abertura”. Estes operados aplicados de forma conjunta possibilitam a formação de regiões mais compactas e ao mesmo tempo eliminam apêndices e regiões muito pequenas ou delgadas. O resultado depende do elemento estruturante usado. Os elementos estruturantes são matrizes responsáveis pela remoção ou adição de objetos na imagem. Seu efeito depende de seu tamanho e forma, geralmente definidos pelo usuário, em função da área a ser aplicada.

O produto deste processamento foi uma imagem mais limpa de feições indesejadas. Para eliminar outros vestígios resultantes, as áreas dos componentes conexos presentes na imagem foram calculadas. A partir do resultado do cálculo, as áreas menores que um limiar pré-estabelecido foram removidas, pois a rede de estradas é um conjunto grande de pixels conexos. Notou-se ainda a necessidade de fechamento de algumas áreas, desta forma o operador de “fechamento” foi novamente aplicado.

Como após o fechamento ainda restaram pequenas regiões, a área das regiões escuras foi calculada e as regiões pequenas foram eliminadas. Finalmente, para se obter os contornos das estradas, o operador de erosão foi aplicado e seu resultado subtraído da imagem. Com isto, apenas os pixels de fronteira ficaram na imagem.

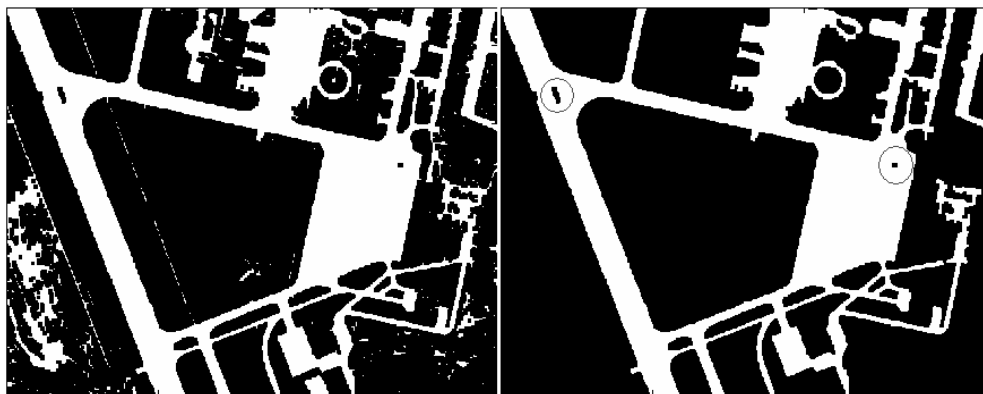
3. Resultados e Discussão

Um dos primeiros resultados obtidos com a metodologia foi à extração da vegetação e de outros elementos a partir da imagem de intensidade. Após a subtração, a imagem resultante apresenta apenas os elementos no nível do terreno, como a grama, as estradas e as pistas. A Figura 03 mostra, em cor amarela, a área a ser excluída na imagem de intensidade *laser*.



Figura 03: Imagem de intensidade *laser* em azul com área a ser subtraída em amarelo.

A Figura 04 apresenta a imagem após a binarização e a mesma imagem após a aplicação dos operadores morfológicos. Observa-se “buracos” sinalizados em vermelho na imagem resultante.



(a)

(b)

Figura 04: Imagem com vestígios de outras feições e imagem com feições abertas em vermelho.

O resultado final da metodologia, a imagem final obtida, é apresentado na Figura 05. A figura mostra os contornos da pista e outras estradas de acesso extraídas.

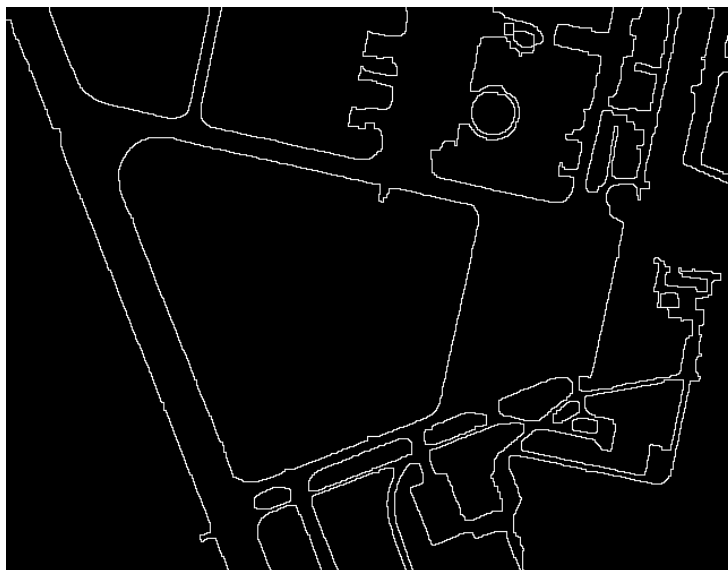


Figura 05: Resultado final, extração da pista do aeroporto e estradas de acesso.

Observa-se que a pista principal e as estradas de acesso foram extraídas de forma satisfatória. E mesmo a presença de aeronaves na pista, não prejudicou o resultado final devido à possibilidade de extração e eliminação dos elementos indesejáveis no processo.

4. Conclusões

A extração de feições em diversos tipos de imagens vem sendo amplamente estudada ao longo dos últimos anos por diversos autores. Observa-se que é uma tarefa complexa, pois os métodos e técnicas utilizados variam conforme a área de estudo, a feição a ser extraída e o tipo de imagem que está sendo utilizada.

A possibilidade de excluir elementos acima do terreno, como a vegetação, auxilia no processo de extração da pista. Os dados do *laser scanner* permitem esta operação que se torna difícil em imagens ópticas. A extração da pista com morfologia matemática sem a extração prévia destes elementos origina áreas de confusão, principalmente em áreas de vegetação, que possuem valores de intensidade baixos e podem ser confundidos com estradas pavimentadas.

No presente artigo, as técnicas de morfologia matemática permitiram trabalhar com a geometria das feições presentes na imagem e possibilitam a utilização de diferentes tipos de elementos estruturantes, conforme e objetivo a ser alcançado.

Observa-se através dos resultados obtidos que a metodologia desenvolvida apresentou resultados altamente satisfatórios. Utilizando apenas imagens de sensores ópticos não é possível separar a vegetação e outros elementos presentes na cena da pista a ser extraída, mesmo após a aplicação de algoritmos de morfologia matemática. Sendo necessária, no caso de imagens orbitais, a informação adicional de altitude a fim de eliminar estas feições da imagem. O uso de dados levantamento *laser scanner* apresenta-se como um insumo que possibilita bons resultados.

Assim, o resultado final mostra que a partir da imagem *laser*, a possibilidade eliminação de elementos indesejáveis na imagem e o uso dos operadores de morfologia matemática são viáveis nos processos de extração de feições para a atualização cartográfica. Logo, sugere-se a continuidade do trabalho suavizando os contornos obtidos, permitindo seu uso na atualização de diversos produtos cartográficos.

Agradecimentos

À ESTEIO por ceder o levantamento *laser scanner* necessário para a realização deste artigo.

Referências Bibliográficas

Behan, A. On the Matching Accuracy of Rastering Scanning Laser Altimeter Data. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v. 33. 2000.

Centeno, J. A. e Botelho, M. F. Uso integrado de imagem de alta resolução espacial e altura derivada do Laser Scanner na escolha do classificador orientado a região. *Boletim Ciências Geodésicas*, Curitiba, v. 11, p.71-87, jan-jun. 2005.

Clode, S. et. al. The automatic extraction of roads from LIDAR data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Istanbul, v. 35, p. 231 – 237. 2004.

Dal Poz, et. al. **Extração automática de feições rodoviárias em imagens digitais**. Revista Controle e Automação. v. 18, n. 01, jan./fev./mar. 2007.

Gonzales, R. C. e Woods, R. E. *Processamento de imagens digitais*. Traduzido. Editora Edgard Blücher Ltda. 2000. 509p.

Haralick, R. e Shapiro, L. **Computer and Robot Vision**. Vol.1, Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1997.

Hinz, S. et. al. **Road Extraction focusing on urban areas**. *Automatic Extraction of Man-made Objects from Aerial and Space Images (III)*, 2001.

Hu, X. et. al. Automatic road extraction from dense urban area by integrated processing of high resolution imagery LIDAR data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Istanbul, v. 35, p. 320 – 325. 2004.

Lohr, U. e Eibert, M. The TopoSys Laser-Scanner-System. *Photogrammetrische Woche*, Stuttgart, p. 263-267, 1995.

Mohammadzadeh, A.; Tavakoli, A.; Zoej, M. Automatic linear feature extration of iranian roads from high resolution multi-spectral satellite imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, v. 35, p. 764- 767. 2004.

Rivas, R. A. N. e Brito, J. L. N. S. A tecnologia “Laser Scanning”: Uma alternativa para o mapeamento topográfico. In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003. **Anais ...** Belo Horizonte: 2003. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/227-SR25.pdf> Acesso em: 25 set. 2008.

Statela, T e Silva, E. A. Morfologia matemática: extração de feições a partir de imagens orbitais. In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003. **Anais ...** Belo Horizonte: 2003. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/021-SR07.pdf> Acesso em: 28 set. 2008.