

Aplicação de Morfologia Matemática e técnicas de estatísticas na extração de pistas de aeroportos em imagens QuickBird

Erivaldo Antônio da Silva¹

Fabrizio Leonardi¹

Raquel Grandi Stroppa¹

¹Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP – Depto de Cartografia
Rua Roberto Simonsen, 305 – Campus Universitário - 19060-900 – Presidente Prudente – SP
{silva.erivaldo, leonardibr, rgstroppa}@gmail.com

Abstract: The aim of the present work is to purpose a routine to feature extraction from digital images using the mathematical morphology theory. This can help to minimize a great deficiency in cartographic updating area, seeing that the cartographic products of Brazil are around 30 years outdated. So, the Sensing Remote Images are contributing to minimize this problem and can be considered as a source of data for studies in many areas, such as the cartography, urban planning, agriculture and environment. Such use can be justified by its rapidity, efficiency, regularity in the attainment of data and low cost. One of the techniques used is mathematical morphology (MM) theory with the aim extracted from the features of interest. The extracted features can be used in conventional processes of cartographic products updating. It was used the toolbox of mathematical morphology developed by SDC Information Systems and that works in MATLAB plataform. In a simple place the Matlab software has attended many requirements in the extracted features. With its were extracted the interest features that can be used in cartographic process updating. The results are presented and analysed. The results obtained are positives and show the potential use of mathematical morphology theory in Cartography.

Keywords: cartographic features, update, digital image processing, remote sensing, feições cartograficas, atualização, processamento digital de imagens, sensoriamento remoto.

1. Introdução

Existem muitas áreas com recobrimento cartográfico desatualizado no Brasil. Métodos alternativos, rápidos e de baixo custo que auxiliem na atualização são extremamente importantes.

As imagens de sensoriamento remoto podem ser consideradas como uma fonte de dados para estudos em muitas áreas, tais como a cartografia, planejamento urbano, agricultura e meio ambiente. Tal uso pode ser justificado pela rapidez, eficiência, periodicidade na obtenção dos dados e pelo custo.

Sensoriamento Remoto é uma importante ferramenta nas tarefas de atualização de produtos cartográficos. Outro importante componente é a técnica de Processamento Digital de Imagens (PDI), na qual envolve o apoio de manipulação de imagens digitais pelo computador.

Neste trabalho, utilizou-se a teoria da Morfologia Matemática para extração de pistas de Aeroporto. Os resultados obtidos foram interessantes e confirmaram o potencial de uso das ferramentas morfológicas na extração de feições que podem ser utilizadas em processos de atualização de produtos cartográficos.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma rotina morfológica apropriada para extrair as pistas do Aeroporto de Presidente Prudente e posteriormente fazer o resgistro desta imagem, bem como fazer à análise estatística desta extração.

3. Fundamentação teórica

3.1 Morfologia Matemática

A Morfologia Matemática teve origem a partir das pesquisas conjuntas de G. Matheron e J. Serra, em 1964. As primeiras noções teóricas foram estabelecidas no período de 1964 e 1968, juntamente na época em que foi criado o Centro de Morfologia Matemática na Escola de Minas de Paris localizada em Fontainebleau (França).

Segundo Soille (1999), a Morfologia Matemática (MM) pode ser definida como uma teoria para análise de estruturas espaciais. É chamada de morfologia porque visa analisar a forma dos objetos. É matemática no sentido que a análise baseia-se na teoria de conjuntos, integrais geométricas e álgebra booleana. Porém, a MM não é apenas uma teoria, mas também uma poderosa técnica de análise de imagens.

O método de análise de imagens por Morfologia Matemática tem como objetivo principal analisar a estrutura geométrica das imagens a partir de uma malha retangular definida e conhecida, denominada elemento estruturante.

3.2. Toolbox

A “*toolbox*” é um conjunto específico de arquivos que têm como plataforma o MATLAB e é composta de operadores morfológicos, desenvolvida pela *SDC Information System*.

3.3 Elemento Estruturante

Segundo Facon (1996), o elemento estruturante é um conjunto completamente definido e conhecido (forma, tamanho), o qual é comparado, a partir de uma transformação, ao conjunto desconhecido da imagem. O resultado desta transformação permite avaliar o conjunto desconhecido. Essa ferramenta também dispõe de algumas vantagens como à simplicidade de implementação. Neste trabalho foi utilizado o elemento estruturante na forma de máscara em cruz (secross), e de máscara cheia (sebox). As figuras 1 e 2 apresentam os elementos estruturantes utilizados.

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Fig. 1: Máscara em forma de cruz

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Fig. 2: Máscara cheia

3.4 Operadores morfológicos básicos

3.4.1 Erosão

A erosão binária de um conjunto X por um elemento estruturante B é denotada por $\varepsilon_B(X)$ e é definido como a posição dos pontos, x , tal que B está incluído em X quando sua origem está localizada em x (Soille, 1999):

$$\varepsilon_B(X) = \{x \mid B_x \subseteq X\} \quad (1)$$

O elemento estruturante B_x corresponde ao elemento estruturante B centrado no pixel x . Segundo a equação (1), o elemento estruturante B desliza sobre a imagem X , comparando cada pixel com a vizinhança de x . Se o pixel de B corresponder à mesma posição na vizinhança de x preserva-se os pixels onde as vizinhanças coincidem.

Em geral, a erosão binária apresenta os seguintes efeitos em seus resultados: diminuição de partículas, eliminação dos grãos de tamanho inferior ao tamanho do elemento estruturante, aumento dos buracos e permite a separação de grãos próximos (Facon, 1996). Como exemplo na figura 2:

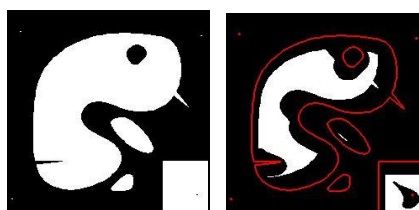


Fig. 3:Resultado da aplicação do operador erosão binária

3.4.2 Dilatação

A dilatação binária de um conjunto X pelo elemento estruturante B é denotada por $\varepsilon_B(X)$ e é definida como a posição dos pontos x tal que B toca X quando sua origem coincide com x (SOILLE, 1999):

$$\delta_B(X) = \{x \mid B_x \cap X \neq \emptyset\} \quad (2)$$

Por esta definição, segundo (FACON 1996), o elemento estruturante B_x , posicionado e centrado em cada pixel x de X , verifica uma possível interseção com a vizinhança de x . Caso seja verdadeiro, o ponto central na imagem resultante será um pixel relevante (1), caso contrário será irrelevante (0).

A aplicação desse operador produz os seguintes efeitos: aumenta os objetos da imagem, preenche pequenos buracos e conecta objetos próximos (Facon, 1996). Como demonstra a figura 3:

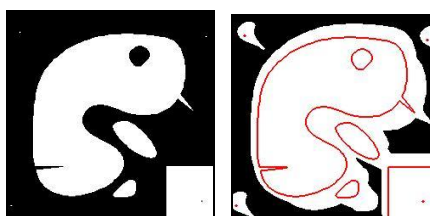


Fig. 4:Resultado da aplicação do operador dilatação binária.

A partir dos operadores básicos todos os demais operadores morfológicos podem ser construídos.

4. Área teste

Para a realização deste trabalho foi utilizada um recorte de imagem contendo o Aeroporto de Presidente Prudente – SP, sendo esta do satélite QuickBird, adquirida em dezembro de 2009. A figura 5 ilustra a sub-imagem da área teste.



Fig. 5: Imagem original – 2009

5. Método

O trabalho consistiu na proposição de uma rotina morfológica para a extração de pistas de Aeroportos. A metodologia proposta pode também ser aplicada em processos de atualização cartográfica. Foi utilizada a “*toolbox*” de Morfologia Matemática acoplada ao *software* MATLAB 7.0 para a aplicação dos operadores utilizados.

5.1. Operadores utilizados

Os operadores utilizados neste trabalho foram:

- *Imread; Histeq; Binary; Neg; Dil; Areaopen; Ero e, Areaclose*

A função de cada um dos operadores utilizados é explicada no item 6. Estes operadores foram aplicados sobre as imagens com a finalidade de testar a eficiência dos mesmos na obtenção de resultados que foram utilizados posteriormente no georeferenciamento da imagem. Espera-se através dos resultados obtidos, que o uso dos operadores morfológicos em imagens seja encarado como um método aplicável em atividades de Cartografia de forma corrente.

6. Apresentação e análise dos resultados

A figura 6 apresenta a imagem e o alvo a ser extraído, sobre esta imagem sera aplicado os operadores morfológicos.

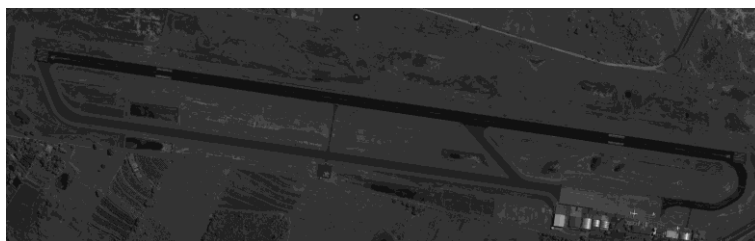


Figura 6 – Imagem em tons de cinza

O primeiro operador aplicado foi o *histeq*. Este operador teve como objetivo aumentar o contraste entre as feições através da equalização dos níveis de cinza. A Figura 7 apresenta o resultado obtido da aplicação deste operador.



Figura 7 – Resultado da aplicação do operador *histeq*

Observa-se na figura 7 que a feição de interesse apresenta um destaque maior que as outras feições. Na sequência, a imagem em níveis de cinza foi convertida para binária através do operador *binary* com limiar 45. O resultado dá-se pela figura 8.



Figura 8 – Resultado da aplicação do operador *binary*

Após a binarização foi aplicado o operador *neg* com o objetivo de inverter os tons da imagem de modo a serem aplicados os operadores morfológicos como pode ser observado na figura 9.

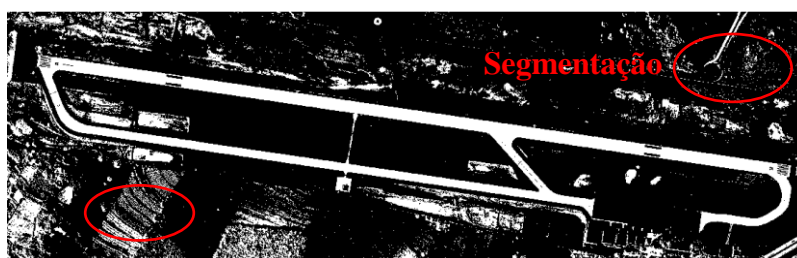


Figura 9 – Resultado da inversão de tons

Na seqüência, aplicou-se o operador *areaopen*, com limiar 27500. Todo componente com área inferior a este valor, foi removido da imagem. Os resultados obtidos estão representados na figura 10.

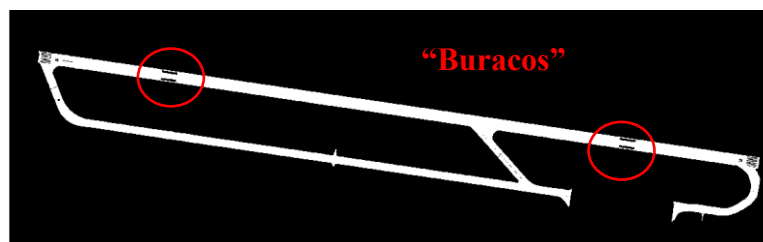


Figura 10 – Resultado da aplicação do operador *areaopen*

Para o preenchimento de falhas internas na pista, utilizou-se o operador *areaclose*, com limiar 3000. As áreas inferiores a este valor, foram preenchidas, de modo a deixar a pista bem detectada. O resultado é apresentado na figura 11.

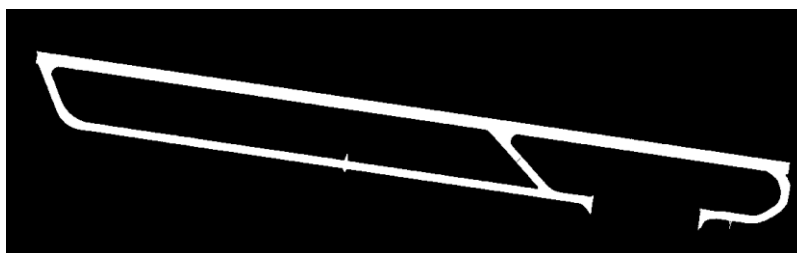


Figura 11 – Resultado da aplicação do operador *areaclose*

A figura 11 mostra a pista do aeroporto totalmente detectada, comprovando a eficiência do processo de detecção da feição pela Morfologia Matemática. Para uma melhor visualização do resultado obtido, fez-se a sobreposição da imagem contendo a pista detectada sobre sua imagem original. O resultado da sobreposição está ilustrado na figura 12.



Figura 12 – Resultado da sobreposição

6.1 Sobreposição do Resultado obtido via Morfologia Matemática com a Carta Topográfica

Nesta etapa realizou-se o georreferenciamento da carta topográfica e dos alvos detectados via morfologia matemática. Esta etapa é um complemento que também auxilia na confirmação da qualidade dos resultados.

Para comprovar que as detecções das feições a partir dos operadores morfológicos atendem os objetivos esperados, foram realizadas as sobreposições das feições detectadas nos processamentos com as respectivas bases digitais da região homóloga na carta topográfica.

As sobreposições foram efetuadas com o uso do *software* Microstation.

A partir da carta Bairro da Aviação, de escala 1:10000, do consórcio Aerocarta/Base com código de folha 059/029, foi realizada a sua digitalização para o processo de registro de imagem. A figura 13 apresenta a digitalização do aeroporto de Presidente Prudente-SP.

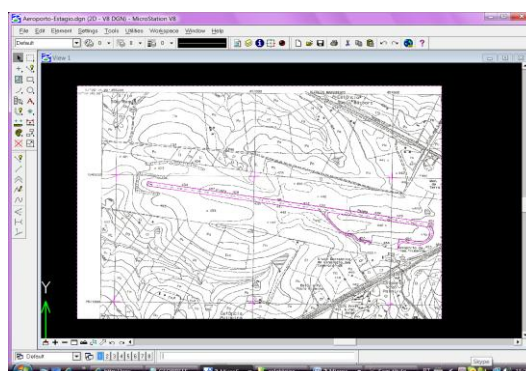


Figura 13 – Digitalização da carta topográfica

Na seqüência, realizou-se o georreferenciamento da carta topográfica utilizando as coordenadas UTM do retângulo envolvente do recorte da carta topográfica. A tabela 1 apresenta as coordenadas.

Tabela 1: Coordenadas utilizadas para o georreferenciamento da carta topográfica

Ponto	Coordenadas UTM, fuso22.	
	E(m)	N(m)
1	455000	7548000
2	456000	7548000
3	457000	7548000
4	455000	7547000
5	456000	7547000
6	457000	7547000

Com as coordenadas UTM definidas, anexou-se a imagem morfológica e selecionaram-se os pontos de controle a serem utilizados no processo de georreferenciamento dos recortes das

imagens. Tal processo pode ser visto na figura 14. A partir do georreferenciamento da carta, foi possível realizar a sobreposição do aeroporto. A figura 15 ilustra o resultado obtido via MM sobreposto na base cartográfica.

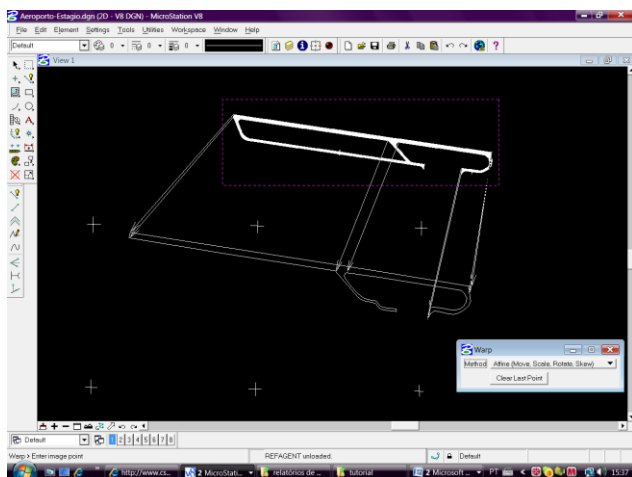


Figura 14 – Seleção dos pontos de controle

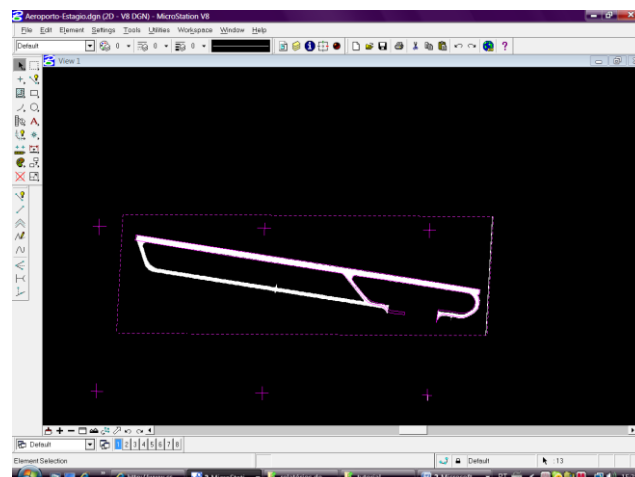


Figura 15 – Sobreposição sobre a carta

Apartir desta imagem podemos fazer várias conclusões, pois esta é nosso produto final. Atendendo a proposta inicial.

6.2 Resultado dos cálculos estatísticos

Apesar do sucesso com o algoritmo da morfologia matemática, este nos mostra apenas as diferenças existentes entre as imagens, porém não nos informa de onde vêm essas diferenças.

Nos cálculos estatísticos foi denominado de TB o total de pixels brancos presentes na imagem resultado, que correspondem aos pixels extraídos corretamente, TV o total de pixels vermelhos, que correspondem aos pixels não detectados na extração, e TA o total de pixels azuis presentes na imagem resultado, que representam os pixels extraídos que não fazem parte da feição de interesse.

Considera-se como TR o total de pixels pertencentes à feição presente na imagem de referência e como TE o total de pixels pertencentes à feição extraída.

Sendo assim, pode-se considerar como correspondência (C) entre as imagens o valor da razão entre o TB e a soma de TB com TA e TV em porcentagem conforme a seguinte expressão:

$$C = \left(\frac{TB}{TB + TA + TV} \right) * 100 \quad (3)$$

A figura abaixo mostra o resultado do análise estatística realizada sobre as imagens 6 e 12.

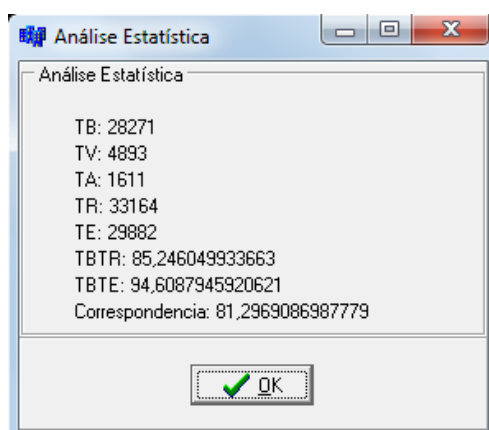


Figura-16 Resultado da correspondência

Observe que o valor encontrado é de 81,2969086987779, sendo este muito satisfatório. Este demonstra a viabilidade do método bem como sua precisão no algoritmo desenvolvido para realizar a extração das pistas.

7. Conclusão

Observando o resultado é possível perceber que houve uma boa sobreposição entre as feições cartográficas extraídas da imagem (branco) e o mapa digital da área teste (lilás). Tal fato vem comprovar o potencial da Morfologia Matemática ser utilizada como uma técnica de atualização de produtos cartográficos.

As diferenças das feições sobrepostas podem ser explicadas pelo fato do aeroporto ter passado por reformas entre as datas da obtenção da imagem e pela produção da carta topográfica, assim reforçando o potencial da Morfologia Matemática, pois na pista principal nota-se que as características foram mantidas, e que essas alterações possam ser adicionadas à carta topográfica posteriormente, como citado sendo um bom resultado para a atualização.

8. Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq/PIBIC pelos apoios financeiros, e a Unesp pela oportunidade de realizar a pesquisa.

9. Referências bibliográficas

Facon, J. **Morfologia Matemática: Teorias e Exemplos**. Editora Universitária Champagnat da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba. 1996. xii. 320p: il.

Silva, E. A. **Extração de feições cartográficas de imagens multiespectrais fundidas**. São Paulo:USP, 1995. 114p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da USP. 1995

Leonardi, Fernando ; Silva, E. A. . The use of mathematical morphology theory in cartography. In: 6th GEOMATIC WEEK, 2007, Barcelona. Proceedings of the **6th Geomatic Week**, 2007.

SDC Information Systems. **SDC Morphology "Toolbox" For Matlab 5**. January 20, 1999