# DETETORES DE BORDA MORFOLÓGICOS: SEU USO EM SENSORIAMENTO REMOTO

Erivaldo Antonio da Silva
Departamento de Cartografia
F.C.T. - UNESP - C. P. 957
19060 - Presidente Prudente-SP

Nelson Delfino D'Ávila Mascarenhas
Instituto de Pesquisás Espaciais - INPE
C. P. 515 - São José dos Campos - SP
12201.

RESUMO

A deteção de borda é uma fase importante ao pré-processamento de uma imagem. Uma nova técnica vem se desenvolvendo no mundo: a morfologia matemática. Neste trabalho, são apresentados três detetores de borda que fazem uso dessa teoria, bem como, uma comparação entre os mesmos. Os testes foram feitos em uma imagem do sensor TM do satélite Landsat-5.

ABSTRACT

The edge detection problem has great importance in digital image processing. Recently, in the world and in the Brasil the theory of matematical morphology have been used as the basis for the proposal of the new edge detectors. This work tests the use of three detectors on Landsat TM satellite images and compares the performance among them.

## 1 - A DETEÇÃO DE BORDAS

Podemos entender bordas de uma forma simples, como sendo traços que definem contornos dos objetos presentes na cena. A deteção das mesmas em uma imagem constitui um passo importante no pré-processamento dessa imagem. Várias das etapas posteriores de processamento podem ser baseadas na obtenção das bordas significativas da imagem.

Uma abordagem típica da deteção de bordas consiste num realce das frequências espaciais altas seguido de um processo de limiarização.

Várias técnicas de limiarização têm sido propostas, dentre elas destacam-se as de Pratt (1978), Kirsch (1971) e Haralick (1980).

## 2 - A MORFOLOGIA MATEMÁTICA

A ferramenta matemática utilizada neste trabalho é a morfologia matemática. A palavra morfologia deriva do grego e significa "estudo das formas". Começou a ser desenvolvida por G. Matheron (1975) e J. Serra (1982) e seus colaboradores da Escola Superior de Minas de Paris. A partir daí vários avanços foram feitos. No Brasil, o Instituto de Pesquisas Espaciais foi um dos precursores nesta área.

Ela é uma abordagem ao processamento de imagens baseada em conceitos de forma derivados da teoria de conjuntos, topologia, geometria integral e outras.

As suas operações trabalham com a imagem original a ser analisada e um elemento estruturante, definido como sendo um outro objeto que possue forma simples e tamanho menor do que o objeto original, sendo escolhido pelo observador ele interage com o objeto em estudo transformando-o em uma "caricatura" que pode ser mais expressiva.

Inicialmente a teoria da morfologia matemática foi formulada para trabalhar com imagens binárias e posteriormente expandida para imagens em tons de cinza (Sternberg, 1986).

Se trabalharmos com imagens binárias, seja "A" o conjunto de pontos que representam os "pixels" unitários da imagem e "B" o conjunto dos "pixels" unitários do eleme estruturante. Podemos a partir d definir os dois operad morfológicos básicos. São eles:

### 2.1. Erosão

Define-se a erosão de "A" "B", denotada por $A \ominus B$, por:

$$A \ominus B = \{x / x+b \in A \ \forall \ b \in B\} \quad (1$$

### 2.2. Dilatação

Denotada por $A \oplus B$ é defir como sendo:

$$A \oplus B = \{c / c=a+b \text{ p/ algum } a \in A, \ b \in B\}$$

No caso de imagens em tons cinza, as equações (1) e (2) tornam segundo Lee at alii (19 respectivamente em:

$$e(r,c) = \min_{(i,j)} (f(r+i,c+j)-b(i,j))$$

onde o mínimo é tomado sobre todos (i,j) no domínio de "b". O domínio erosão é o domínio de "f" erod pelo domínio de "b". E,

$$d(r,c) = \max_{(i,j)} (f(r-i,c-j)+b(i,j))$$

onde o máximo é tomado sobre todos (i,j) no domínio de "b" tal (r-i,c-j) está no domínio de "f" domínio da dilatação é a dilatação domínio de "f" com o domínio de "b

No caso do nosso trabalho, abordagem dada a deteção de borda que o domínio do eleme estruturante foi escolhido como se o de vizinhança-4 do pixel, no q serão calculadas as operações erosão e dilatação. Assim, se e pixel é denotado por (0,0), o domí do elemento estruturante será d por:

$$D_b = \{(0,-1),(0,1),(-1,0),(1,$$

Outro fato é que será abord apenas o caso em que o eleme estruturante é nulo nesse domír Deste modo, as equações (3) e (4) reduzem a:

$$e(r,c) = \min_{(i,j) \in D_b} (f(r+i, c+j))$$

$$d(r,c) = \max_{(i,j) \in D_b} (f(r-i, c-j))$$

As operações de erosão e dilatação em tons de cinza reduzem-se respectivamente a tomar o mínimo e o máximo da função numa vizinhança-4 ao redor do pixel considerado.

## 3 - SEQUÊNCIA DE TRABALHO

A sequência adotada para o trabalho foi a seguinte:

1 - escolha dos detetores de borda morfológicos
2 - implementação dos programas
3 - escolha da área teste
4 - realização de testes
5 - resultados obtidos.

No passo 1, os detetores escolhidos foram sugeridos por Lee at alii (1987) e são eles:

a) "Resíduo da dilatação"
Definido como sendo

$$Gd(r,c)=d(r,c) - f(r,c) \qquad (7)$$

onde d(r,c) representa a imagem original dilatada e f(r,c) a imagem original.

b) "Combinado máximo"
Definido como

$$E(r,c)=máx(Ge(r,c), Gd(r,c)) \qquad (8)$$

onde:
Gd(r,c) é o "resíduo da dilatação"
Ge(r,c) é o "resíduo da erosão",
definido como sendo:

$$Ge(r,c)=f(r,c)- e(r,c) \qquad (9)$$

c)"operador de borramento e mínimo"

$$I=min(I_1 - e(I_1), d(I_1) - I_1) \qquad (10)$$

onde $I_1$ representa a imagem original borrada, "e" a erosão da imagem original borrada e "d" a dilatação da imagem original borrada.

No passo 2 foram implementados os detetores escolhidos acima.

A área teste escolhida foi uma imagem TM, banda 3, obtida em 11/08/87, sobre o Aeroporto Internacional do Galeão, na cidade do Rio de Janeiro.

## 4 - RESULTADOS OBTIDOS

A figura (1) ilustra a imagem original utilizada para os testes.

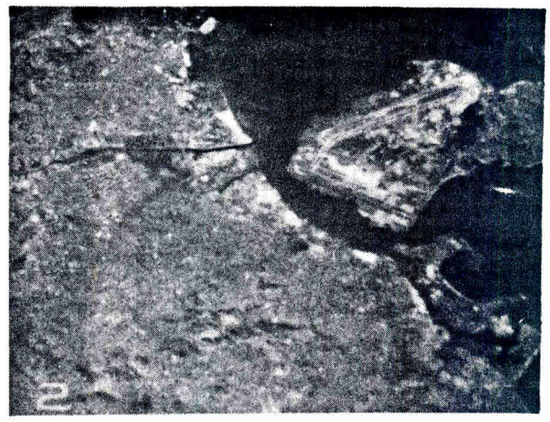

figura 1 - Imagem original

As figuras (2) e (3) mostram a erosão e a dilatação respectivamente, ambas obtidas através do elemento estruturante já definido.

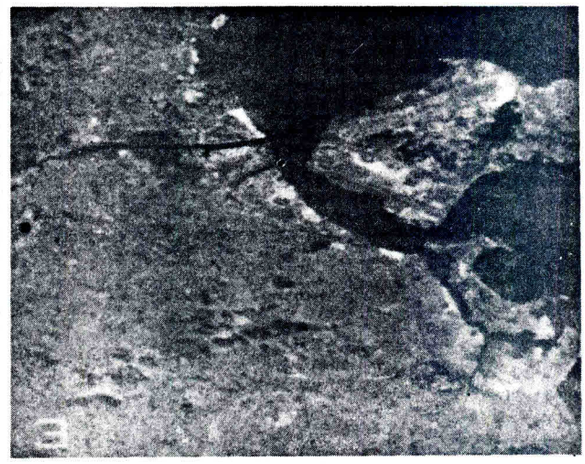

Figura 2 - Erosão da imagem original

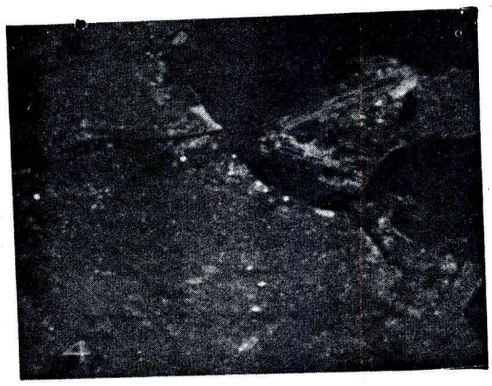

Figura 3 - Dilatação da imagem original

As figuras (4) e (5) representam as imagens binárias resultantes da aplicação dos detetores de borda "resíduo da dilatação" e "combinado máximo" respectivamente.

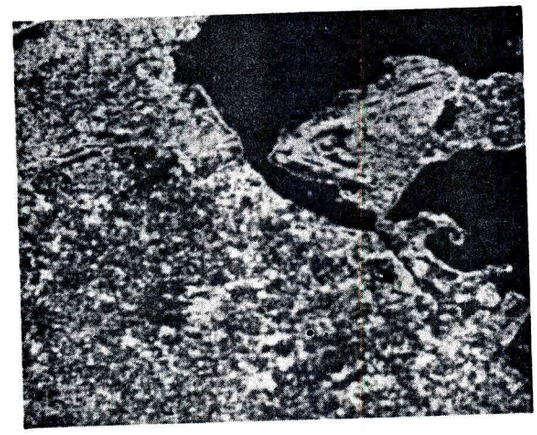

Figura 4 - Borda morfológica binária "resíduo da dilatação"

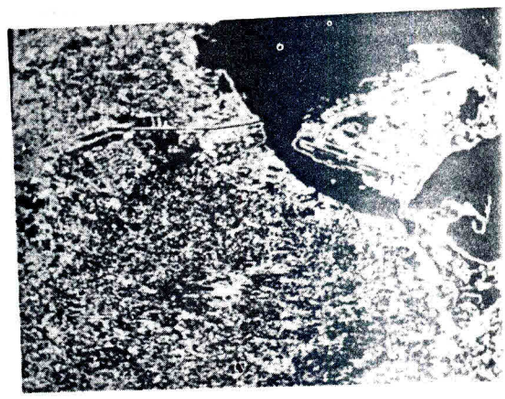

Figura 5 - Borda morfológica binária "combinado máximo"

Em seguida a imagem original borrada por uma máscara de convol do tipo

$$\frac{1}{9}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}$$

e o resultado está mostrado na fi (6).

Figura 6 - imagem original borra

Em seguida foram obtida imagens resultantes de (figura(7)) e dilatação (figura utilizando o mesmo el estruturante.

Por último é mostrado a imagem binária resultante da aplicação do detetor de borda morfológico "operador de borramento e mínimo" (figura (9)).

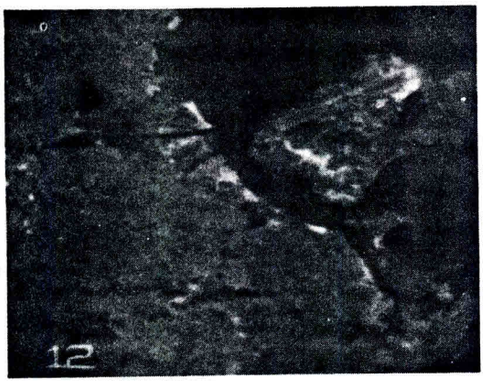

Figura 7 - Erosão da imagem original borrada

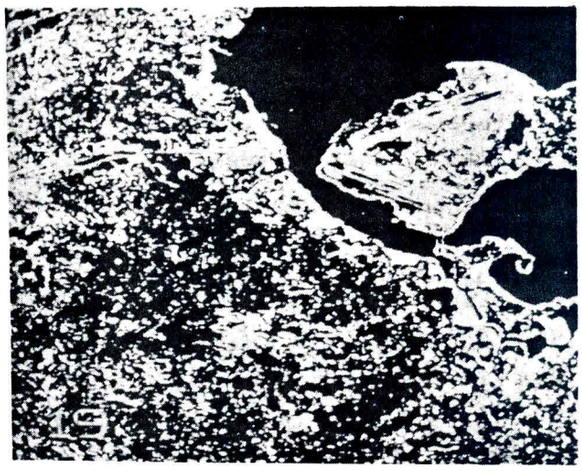

Figura 9 - Borda morfológica binária "operador de borramento e mínimo"

Figura 8 - Dilatação da imagem original borrada

## 5 - Conclusões

A aplicação de detetores de borda morfológicos foi testada numa imagem orbital e seu desempenho visual foi observado.

Pela comparação podemos classificar os detetores implementados em ordem crescente de desempenho como se segue.

- "resíduo da dilatação"
- "combinado máximo"
- "operador de borramento e mínimo"

Tal classificação pode ser comprovada quando da análise visual das imagens resultantes (figuras (4), (5) e (9)). Através desta análise percebemos que as pistas do aeroporto contidas na imagem original (figura(1)), podem ser agrupadas em pistas maiores e pistas menores. No caso do "resíduo da dilatação", vemos que as mesmas não são perceptíveis em termos de separabilidade, pois só conseguimos distinguir os dois grupos e não as bordas de cada grupo. Tal análise nos leva a concluir que este detetor teve o pior desempenho entre os escolhidos. Já no caso do detetor "combinado máximo", as pistas maiores foram detectadas, mas as menores, ficaram um pouco misturadas. Analisando-se o último detetor implementado, "o operador de borramento e mínimo", tanto as pistas maiores quanto as menores foram detectadas, nos levando a concluir que este detetor teve o melhor desempenho. Estas conclusões eram esperadas segundo trabalhos feitos por Lee at alii (1987).

Cabe ressaltar que as pistas do aeroporto foram escolhidas como base na comparação por representarem o melhor conjunto de bordas presentes na imagem.

Para finalizar podemos comentar que a teoria da morfologia matemática tem se mostrado uma boa alternativa ao processamento digital de imagens no caso da deteção de bordas.

## 6 - BIBLIOGRAFIA


DUDA, R. O.; HART, P. E. *Patte Classification and Scene Analysi* New York, Willey, 1973.

HARALICK, R. M. Edge and Regi Analysis for Digital Dat *Computer Graphics and Ima Processing*, 12(1):60-73, 1980.

HERSKOVITS, A. and BINFORD, R. O. " boundary Detection", MIT Proje MAC, *Artificial Intelligence Me 183*, July 1970.

HUECKEL, M. An operator which Locat Edges in Digitized Picture *Journal of Association Comput Machine*, 18(1):113-125, 1971.

KIRSCH, R. Computer Determination the Constituint Structure Biological Images. *Computers Biological Images*, *Computers Biomedical Research*, 4(3):315-3 1971.

LEE, J. S.; HARALICK, R. M.; SHAPI L. G. Morphologic Edge Detecti *IEEE Journal of Robotics Automation*, RA-3(2):142-156, 19

MARR, D.; HILDRETH, E. Theory of E Detection. *Proceedings of Royal Society of Lond* B207:187-217, 1980.

MASCARENHAS, N. D. A.; PRADO, L. C. A Bayesian Approach to e Detection in Images. *I Transactions on Automation Cont* AC-26(1):36-43, 1980.

MARAGOS, P. A. *A unified theory translation-invariant systems w applications to morphologi analysis and coding of imag* Doctoral Thesis in Digi Processing. Georgia IS, 1985.

MATHERON, G. Random Sets Integral Geometry. New York, N John Wiley, 1975.

MODESTINO, J. W.; FRIES, R. W. Edge Detection in Noisy Images Using Recursive Digital Filtering. *Computer Graphics Image Processing*, 6(5):409-433, 1977.

PRATT, W. K. *Digital Image Processing*. New York, N. Y., John Wiley, 1978.

ROBERTS, L. G. Machine Perception of Three-Dimensional Solids. In: *Optical and Electro-Optical Information Processing*, Cambridge, MIT, Press, 159-197, 1965.

ROSENFELD, A. and KAK, A. C. Digital Picture Processing, Academic Press, New York, N. Y., 1976.

SERRA, J. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. London, Academic Press, 1982.

STERNBERG, S. R. Cellular Computers and Biomedical Image Processing. In: *Lectures Notes in Medical Informations*, vol 17: *Biomedical Images and Computers*, Proceedings, 1980, J. Sklansky and J. C. Bisconte Eds., Berlim, Springer Verlag, 294-319, 1980.

STERNBERG, S. R. Gray-scale Morphology Computer Vision, *Graphics and Image Processing*, 35:333-355, 1986.