

Extração de Redes de Drenagem em Imagens Orbitais Utilizando a Teoria da Morfologia Matemática

Aline Sayuri Ishikawa

Paulo Henrique Amorim da Silva

Erivaldo Antônio da Silva

UNESP- Depto. de Cartografia
19060-900 Presidente Prudente SP
alinesayuri@estudante.prudente.unesp.br
amorim.cart@estudante.prudente.unesp.br
erivaldo@prudente.unesp.br

Resumo: A Cartografia brasileira apresenta uma grande deficiência em relação à atualização de produtos cartográficos. Desse modo, as técnicas de Sensoriamento Remoto aliadas às ferramentas de Processamento Digital de Imagens – PDI vêm contribuindo para tal atualização. A ferramenta de PDI utilizada neste trabalho foi a Morfologia Matemática, que consiste em descrever quantitativamente estruturas geométricas presentes na imagem, e que dispõe de ferramentas como detectores de bordas e filtros morfológicos. Aplicou-se sobre a área teste a função de pruning. Através desta função foi possível extrair as feições cartográficas de interesse, que podem ser utilizadas em processos de atualização cartográfica da área teste. Os resultados obtidos foram promissores e puderam comprovar positivamente a contribuição do uso da teoria morfológica na extração e tratamento de feições cartográficas de imagens orbitais com vistas à atualização de produtos cartográficos.

Palavras chaves: Morfologia Matemática, feições cartográficas, atualização, Processamento Digital de Imagens, Sensoriamento Remoto.

Abstract: The Brazilian Cartography presents great deficiency in cartographic products updating. This form, Remote Sensing techniques together Digital Processing Images – DPI, are contributing to improve this problem. The Mathematical Morphology theory was used in this work. The principal function was the pruning operator. With its were extracted the interest features that can be used in cartographic process updating. The obtained results are positives and showed the use potential of mathematical morphology theory in cartography, mainly in updating.

Keywords: Mathematical Morphology, cartographics feature, updating, Digital Image Processing, Remote Sensing

1. Introdução

Existem muitos problemas na cartografia brasileira a serem resolvidos ligados ao mapeamento e à sua atualização. Para isto, as imagens de sensoriamento remoto têm contribuído de forma decisiva para minimizá-los.

Afirma-se, ao estudar as civilizações, que o mapa é de todas as modalidades de comunicação a mais antiga da humanidade. Desde cedo o homem preocupa-se em demarcar e representar os seus limites espaciais de ocupação.

Devido aos avanços tecnológicos nas áreas envolvidas com a produção de mapas, o homem pôde aprimorar a forma de fazê-los, chegando aos dias atuais com a produção de mapas digitais.

Aos poucos, surgiu a área atualmente conhecida por Cartografia, que pode ser definida como sendo a ciência e a arte de expressar graficamente, por meio de mapas e cartas, os alvos presentes na superfície.

Um dos pontos críticos da Cartografia brasileira é a falta de atualização dos mapas existentes, que chegam a estar obsoletos em 20 ou 30 anos, conforme a escala e a região. Uma forma muito utilizada para resolver o problema da atualização é o uso de produtos e técnicas de Sensoriamento Remoto, o qual tem por objetivo a identificação dos alvos presentes no ambiente terrestre, através do estudo entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas diversas manifestações sem que haja o contato físico direto. O Sensoriamento Remoto utiliza-se do processamento digital de imagens (PDI) que envolve a manipulação e a interpretação de imagens digitais. Dentre as diversas ferramentas de PDI, a utilizada foi a Morfologia Matemática que teve seu início na Escola Superior de Minas de Paris.

Atualmente, a Morfologia Matemática é uma ferramenta muito utilizada e pesquisada em Universidades e Centros de Pesquisa de todo o mundo. Ela tem como base estudar a geometria do sinal, permitindo assim, quantificar forma e tamanho.

2. Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é apresentar os resultados obtidos com aplicação de rotinas morfológicas em imagens de sensoriamento remoto com o intuito de extrair feições cartográficas de interesse (redes de drenagem), visando a futura atualização de produtos cartográficos.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Morfologia Matemática

A origem da Morfologia Matemática remonta a 1964, com trabalhos de Matheron e Serra na Escola Superior de Minas de Paris, sendo que no Brasil, seu uso na Cartografia não é ainda totalmente difundido.

O objetivo da Morfologia Matemática é descrever quantitativamente as estruturas geométricas e funcionar como uma técnica na concepção de algoritmos na área de PDI, dispondo de ferramentas básicas como os detectores de borda e os filtros morfológicos.

A Morfologia Matemática age sobre imagens digitais a partir de elementos estruturantes geralmente definidos em uma malha retangular. Os pilares dessa ferramenta apóiam-se na noção teórica da análise da estrutura geométrica das imagens, através de um conjunto conhecido e bem definido denominado elemento estruturante. Este elemento é a chave para o sucesso das operações, desde que seja escolhido de forma adequada.

3.2 Elemento estruturante

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 (Facon 1996).

3.3 Erosão

Pode – se definir, segundo Lee et al. (1987), a erosão de A por B, denotada por $A \ominus B$, por:

$$A \ominus B = \{x \mid x + b \in A, \text{ para } \forall b \in B\} \quad (1)$$

A interpretação geométrica da erosão pode ser dada em termos do conjunto de pontos, de modo que o elemento estruturante centralizado nestes pontos esteja inteiramente contido no conjunto original.

Pensando em termos de uma imagem em tom de cinza, a erosão de uma imagem em tom de cinza 'g' por um elemento estruturante 'b' denotado por 'e' e definida por:

$$e(r,c) = (i,j) \min(g(r+i, c+j) - b(i,j)) \quad (2)$$

Onde o mínimo é tomado sobre todos os (i,j) no domínio de 'b'. O domínio da erosão será o domínio de 'g' erodida pelo o domínio de 'b' (elemento estruturante).

O resultado visual da erosão em tom de cinza é a redução dos picos e a ampliação dos vales dentro da imagem original, dependendo do elemento estruturante utilizado.

3.4 Dilatação

Segundo Lee et al. (1987), pode – se definir a dilatação de A por B, denotada por $A \oplus B$, por:

$$A \oplus B = \{c / c = a + b, \text{ para algum } a \in A \text{ e } b \in B\} \quad (3)$$

A interpretação geométrica da dilatação pode ser dada em termos do conjunto de pontos, de modo que a reflexão do elemento estruturante em relação à origem toque o conjunto original, ou seja, quando elemento estruturante toque o objeto.

No caso de imagens em tom de cinza, a dilatação de uma imagem 'g' por um elemento estruturante 'b' é denotada por 'd' e definida Por Lee et al. (1987) como:

$$d(r,c) = (i,j) \max(g(r-i, c-j) + b(i,j)) \quad (4)$$

Onde o máximo é tomado sobre todos os (i, j) no domínio de 'b', de forma que $(r-i, c-j)$ esteja no domínio de 'g'. O domínio da dilatação é igual a dilatação do domínio de 'g' com o domínio de 'b'.

O resultado visual da dilatação é o alongamento dos picos e redução dos vales dentro da imagem original, dependendo do elemento estruturante utilizado.

3.5 Pruning

O operador pruning tem por definição a propriedade de eliminar feições indesejáveis sem modificar o tamanho das outras entidades. Ele realiza isso, através de uma erosão e de uma subsequente dilatação da área teste, a partir de um elemento estruturante adequado do tipo quadrado 3x3, ou seja, retira-se de uma imagem já afinada os pontos extremos que configuram feições que não são de interesse. Caso a feição seja fina, um processo de abertura não pode ser utilizado sob pena de destruição das feições de interesse. Deste modo, utiliza-se uma variante do afinamento que é o pruning.

Ao contrário do afinamento, o pruning não mantém a homotopia e a continuidade do processo pode resultar em uma redução ou em uma destruição parcial da imagem afinada.

3.6 Afinamento

De acordo com Facon (1996), uma operação de afinamento (afi) de um conjunto X consiste em retirar dele pontos que correspondem a uma dada configuração.

Afinar um conjunto X a partir da transformação Hit–miss consiste em:

$$\begin{aligned} \text{afi}^v(X) &= X \text{ afi}^v = X / (\text{hom}^v(X) \\ &= X / (\text{ero}^{B^i}(X) \cap \text{ero}^{B^e}(X^c)) \end{aligned} \quad (5)$$

3.7 Toolbox

A toolbox (caixa de ferramentas) de Morfologia Matemática é um conjunto específico de arquivos contendo operadores morfológicos que tem como plataforma o Matlab.

A toolbox de Morfologia Matemática utilizada neste trabalho foi desenvolvida pela SDC Information Systems.

4. Área Teste

A área teste escolhida corresponde a uma porção da imagem contendo redes de drenagem da região de Londrina, PR.



Figura 1: Imagem original da área teste

5. Metodologia

O trabalho consistiu-se na utilização de operadores morfológicos para a melhoria da qualidade visual de feições cartográficas extraídas de imagens orbitais, visando a atualização cartográfica. Foi utilizada a "toolbox" de Morfologia Matemática acoplada ao software MATLAB 5.6 para a aplicação dos operadores utilizados. Os operadores foram aplicados sobre a imagem com a finalidade de testar a eficiência dos mesmos na obtenção de resultados que podem ser aproveitados em atualização cartográfica.

Para a melhoria visual das feições cartográficas extraídas, foram utilizados no pré-processamento, os operadores `mmcloserecth` (fecha áreas através de uma reconstrução) e `mmareaopen` (remove elementos com área menor que um determinado valor). Na seqüência, a imagem foi binarizada utilizando o operador `mmbinary`, eliminando boa parte dos ruídos. Para a aplicação do operador `pruning`, é necessário que a imagem além de estar binarizada, esteja também afinada. Utilizou-se para o afinamento o operador `mmthin`. Após a aplicação do `pruning`, a imagem foi reconstruída em tons de cinza através do operador `mminfrec`. Em seguida aplicou-se o operador `mmbinary`, obtendo o resultado pretendido.

6. Apresentação e Análise dos Resultados

Aplicou-se inicialmente sobre a imagem da área teste (figura 1) os operadores `mmcloserecth` e `mmareaopen`. Estes operadores alteraram os valores de brilho e contraste da imagem, destacando a rede de drenagem. O resultado encontra-se na figura2.



Figura 2: Imagem com valores de brilho e contraste alterados

Como o operador pruning não trabalha com imagens em tons de cinza, aplicou-se sobre a figura 2 o operador mmbinary, binarizando-a com limiar 10. Este operador transforma todos os pixels que estiverem acima deste limiar no valor "1" (branco), e os que estiverem abaixo em "0" (preto), ocasionando uma diminuição dos ruídos em torno da rede de drenagem. O resultado consta na figura3.



Figura 3: Imagem binarizada

Para a aplicação do operador pruning, além da imagem estar binarizada, é necessário que ela esteja também afinada. Utilizou-se o operador mmthin para afinar a imagem. A figura 4 apresenta o resultado.

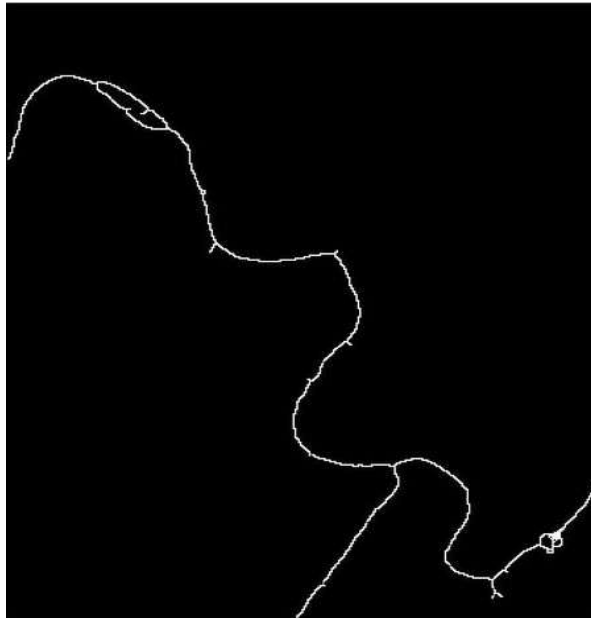


Figura 4: Imagem afinada

Estando a figura 4 afinada e binarizada, aplicou-se o operador pruning com 10 iterações. O resultado está ilustrado na figura 5.

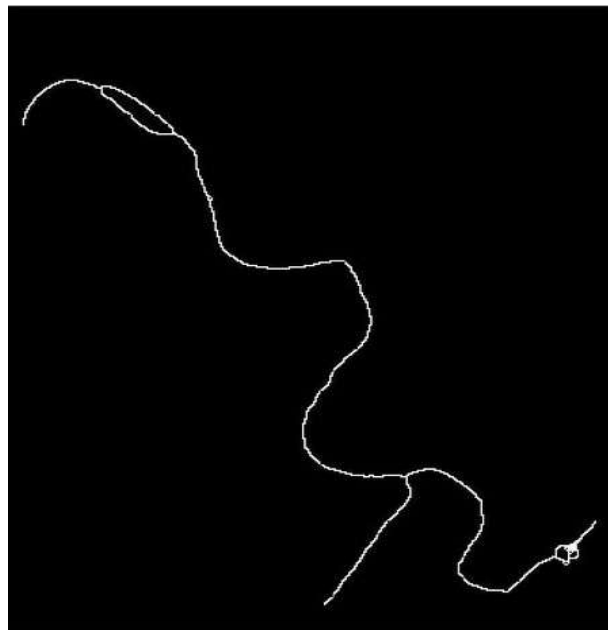


Figura 5: Imagem após aplicação do pruning

Analisando a figura 5 a partir da figura 4, percebe-se como age o operador pruning. Na figura 4, observa-se uma segmentação deixada pelo afinamento, com várias linhas genéricas. Após a aplicação do pruning (figura 5), a cada iteração, ao detectar pontos extremos das funções, o operador elimina-os da imagem, resultando em uma diminuição de segmentação.

Para realizar a atualização da rede de drenagem é necessário que a imagem resultante encaixe perfeitamente sobre a imagem original, isto é possível com a utilização do operador mbinary. Porém, antes da sua aplicação é preciso reconstruir a imagem em tons de cinza. Utilizou-se o operador mminfrec, o qual reconstruiu a figura 5 a partir da figura 2. O resultado está ilustrado na figura 6.



Figura 6: Imagem reconstruída em tons de cinza

Estando a imagem em tons de cinza pôde-se aplicar o operador mmbinary com limiar 30. A figura 7 apresenta o resultado obtido com a binarização sobre a imagem original da área teste (figura 1).



Figura 7: Resultado final

7. Conclusão

As experiências realizadas com as ferramentas da Morfologia Matemática com o intuito de reafirmar seu potencial de uso na área de Cartografia, úteis no Processamento Digital de Imagens (PDI), foram bem sucedidas. Embora o produto final obtido (figura 7) ainda necessite de tratamento posterior para que possa ser utilizado, é evidente a relevância da pesquisa, pois o aprimoramento deste trabalho tende a proporcionar uma automação no processo de atualização cartográfica.

Conclui-se que, até o presente momento, os resultados obtidos atendem aos objetivos iniciais de aprimorar o uso das ferramentas da Morfologia Matemática no processo de melhoria e da qualidade visual de feições extraídas de produtos obtidos de sensoriamento remoto com vistas à atualização de produtos cartográficos.

Pretende-se na continuidade, testar novas áreas testes e atingir resultados ainda melhores, que contribuirão para o desenvolvimento de metodologia para o processo de extração de feições..

8. Referências Bibliográficas

- Bakker, M. P. R.:** *Cartografia: Noções Básicas*, Rio de Janeiro: DHN. 242p,1965.
- Banon, G. J. F; Barrera, J.:** *Bases da Morfologia Matemática para análise de imagens binárias*, Recife, UFPE – DI, xii, 230p: il, 1994.
- Facon, J.:** *Morfologia Matemática: Teorias e Exemplos*, Editora Universitária Champagnat da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, xii, 320p: il, 1996.
- Joly, F. A.:** *Cartografia: Tradução Tânia Pellegni*, Campinas, SP: Papirus, 1990.
- Loch, C.:** *Noções básicas para a interpretação de imagens aéreas, bem como algumas de suas aplicações nos campos profissionais*, UFSC, Florianópolis, SC, 1989.
- SDC “Information Systems”:** *SDC MORPHOLOGY “TOOLBOX” FOR MATLAB 5*, January 20, 1999.
- SILVA, E. A.:** *Comparação de detectores de borda Morfológicos*, São José dos Campos: INPE. 86p, Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1989.
- SILVA, E. A.:** *Viabilidade de uso de operadores morfológicos na extração de feições cartográficas em imagens orbitais de sensoriamento remoto*, Tese de livre docência, Presidente Prudente: UNESP, 2002.
- VIADANA, M. I. C. F.:** *Algumas metodologias de Atualização Cartográfica*. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, Curitiba, *Anais...* Curitiba: UFPr, 1993.