

Aplicação de Morfologia matemática para Extração em Drenagens

Fabrizio Leonardi¹
Erivaldo Antônio da Silva²

Faculdade de Ciências e Tecnologia
FCT/UNESP – Depto de Cartografia
Rua Roberto Simonsen, 305
Campus Universitário
19060-900 Presidente Prudente SP
leonardibr@gmail.com¹
silva.erivaldo@gmail.com²

Resumo: O Brasil apresenta grande deficiência em relação à atualização de produtos cartográficos, no entanto, as imagens de sensoriamento remoto têm contribuído de forma decisiva para minimizar estes problemas. Dentre as muitas ferramentas de Processamento Digital de Imagens - PDI, utilizou-se para este trabalho a teoria da Morfologia Matemática – MM, que consiste em descrever quantitativamente estruturas geométricas presentes na imagem, e que dispõem de ferramentas como detectores de borda e filtros morfológicos. Sobre a área teste foram aplicados operadores morfológicos, sendo os principais, os operadores de erosão e dilatação com o objetivo de extrair a drenagem presente na imagem original. Os resultados obtidos foram promissores e evidenciaram que técnicas de morfologia matemática podem ser empregadas na área de cartografia com vista à extração de feições, incluindo pré-processamento e processamento das imagens. As feições extraídas podem ser utilizadas em processos convencionais de atualização de produtos cartográficos.

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

Abstract: The Brazil presents deficiency in cartographic products updating the Remote Sensing Images are contributing to minimize this problem. Amongst many tools of Digital Processing Images – DPI, was used in this paper the mathematical morphology theory with the objective extracted the interest features. The principals operators used in this paper were dilation and erosion. The extracted features can be used in conventional processes of updating cartographic products. The obtained results are positives and showed the use potential of mathematical morphology theory in Cartography.

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

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 drenagens visando o cálculo de áreas. 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 indicar a rotina morfológica mais apropriada para extrair as drenagens em imagens digitais para o cálculo de áreas inundada e reservatório.

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 a simplicidade de implementação. Neste trabalho foi utilizado o elemento estruturante na forma de máscara em cruz (*secross*). A figura 1 apresenta o elemento estruturante utilizado.

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Figura 1 : Máscara em forma de cruz

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:

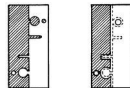


Figura 2 : Resultado da aplicação do operador erosão binária

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:

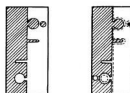


Figura 3 : Resultado da aplicação do operador dilatação binária.

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

4. ÁREA TESTE

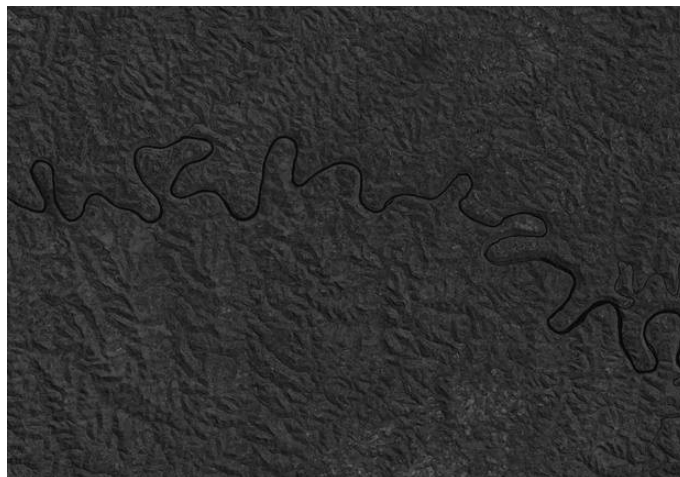


Figura 4 : Imagem original – 1996

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas duas sub-imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, órbita 222/079, banda 5, datadas de 26/11/1996 e 21/10/2006, respectivamente correspondendo a imagem sem o reservatório e com o reservatório da usina hidrelétrica Itá, no rio Uruguai. A barragem está localizada entre as cidades de Itá, SC e Aratiba, RS. As figuras 4 e 5 ilustram as sub-imagens das áreas teste.



Figura 5 : Imagem original – 2006

5. MÉTODO

O presente trabalho consistiu na proposição de uma rotina morfológica para a extração de drenagem em imagens orbitais, e para calcular as áreas do reservatório e área inundada. 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:

- a. *mmvdome*;
- b. *mmbinary*;
- c. *mmareaopen*;
- d. *mmareaaclose*;
- e. *mmero*;
- f. *mmsecross*;
- g. *mmdil* e
- h. *mmneg*.

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 serão utilizados posteriormente no cálculo da área inundada e no cálculo do reservatório. Para este cálculo usou-se a diferença de pixels entre as duas imagens pós processamento, visando à atualização de produtos cartográficos. 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

6.1 Extração da Drenagem na imagem sem reservatório e com reservatório

Aplicou-se na etapa de pré-processamento morfológico sobre as imagens originais (Figuras. 4 e 5) o operador *mmvdome*. Este operador tem a função de realçar os valores de brilho e contraste, realçando a drenagem a ser detectada. Os limiares utilizados foram 150 e 600, respectivamente. Os resultados obtidos estão ilustrados nas figuras 6 e 7:



Figura 6 : Resultado do operador mmvdome

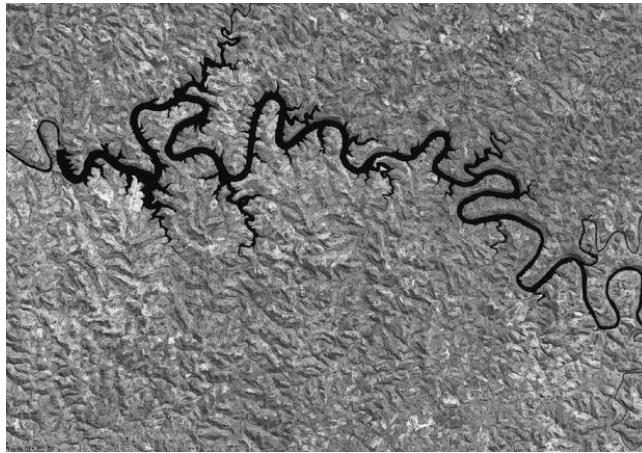


Figura 7 : Resultado do operador mmvdome

Após a etapa de pré-processamento, as imagens foram binarizadas utilizando o operador mmbinary. Este operador converteu as imagens em tons de cinza para binárias, usando os limiares 25 e 28. Os resultados obtidos constam das figuras 8 e 9:

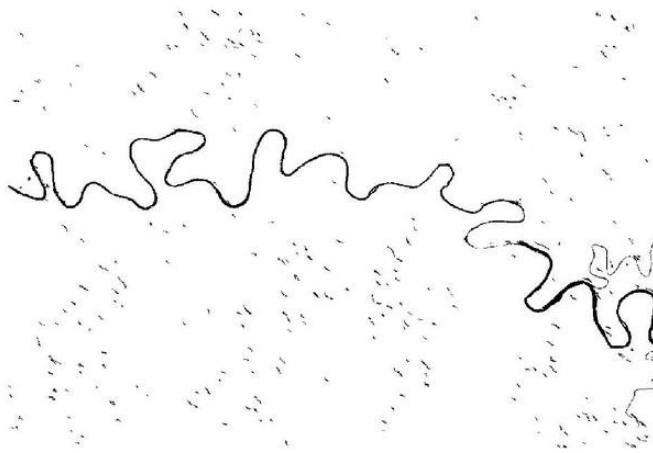


Figura 8 : Resultado do operador mmbinary



Figura 9 : Resultado do operador mbinary

Em seqüência aplicou-se o operador mmneg com o objetivo de inverter os tons das imagens de modo a serem aplicados os operadores morfológicos. Como pode ser observado nas figuras 10 e 11.

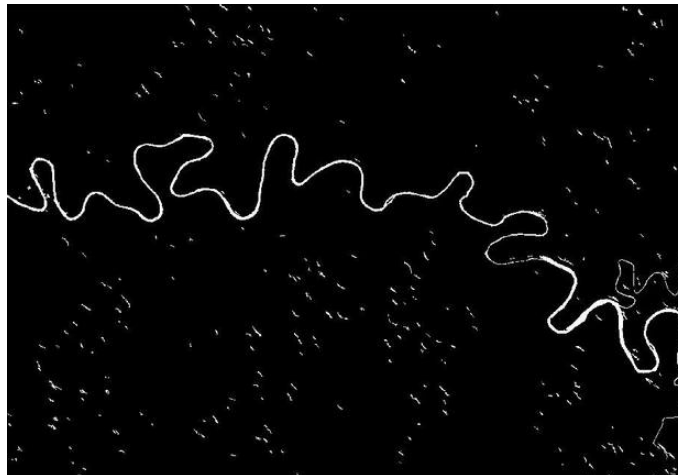


Figura 10 : Resultado do operador mmneg.

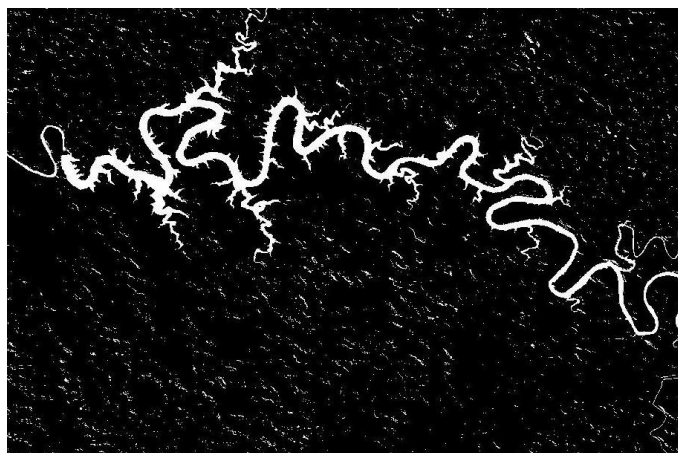


Figura 11 : Resultado do operador mmneg.

Nas Figuras 10 e 11, percebe-se uma quantidade de ruídos indesejáveis ao redor das drenagens e as descontinuidades das mesmas. Com o objetivo de conectar os pontos ou regiões da feição de interesse e poder posteriormente, retirar os ruídos sem alterar a feição de interesse, aplicou-se o operador *mmdil* com o elemento estruturante *secross*. As Figuras 12 e 13 apresentam os resultados obtidos com a aplicação do operador.

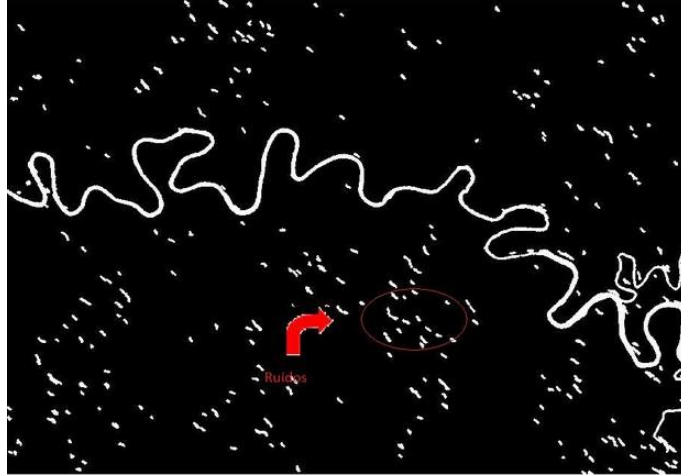


Figura 12 : mmdil (mmsecross)

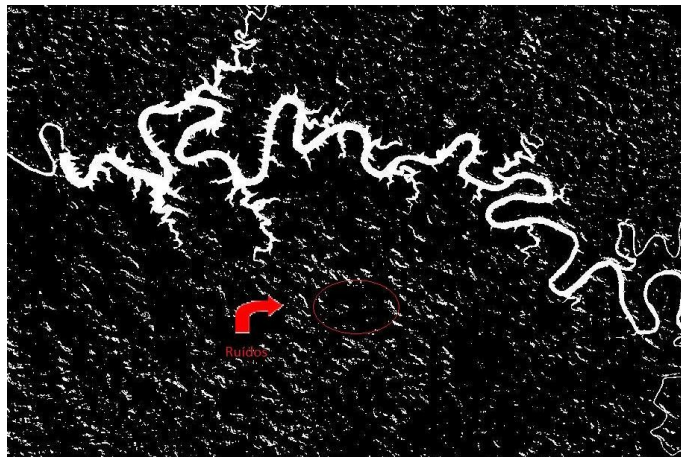


Figura 13 : mmdil (mmsecross)

De modo a diminuir os ruídos, aplicou-se o operador *mmareaopen*, com os respectivos limiares 1000 e 1000. Os resultados obtidos estão ilustrados nas figuras 14 e 15.

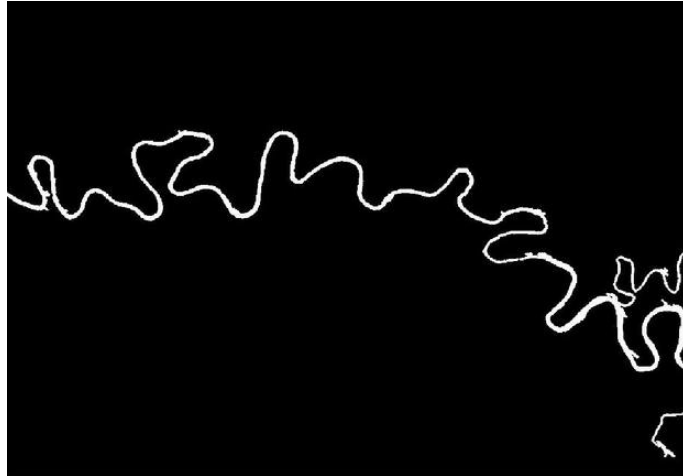


Figura 14 : Resultado do operador mmareaopen

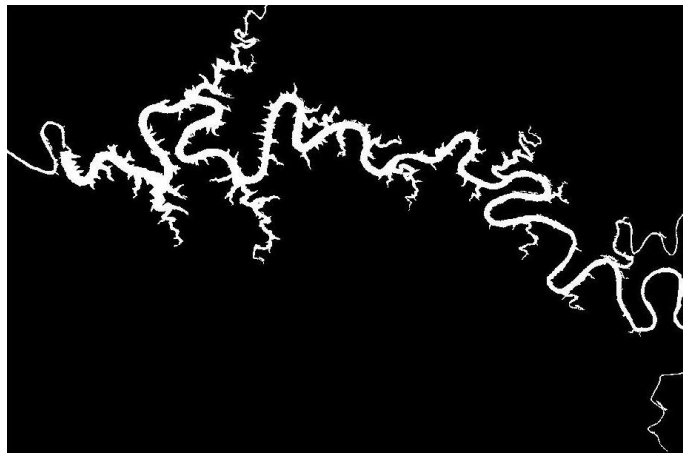


Figura 15 : Resultado do operador mmareaopen

Nas Figuras 14 e 15, nota-se claramente que os ruídos foram removidos, porém, a feição drenagem encontra-se com espessura maior do que na imagem original. Para resolver este problema foi necessário erodir a feição. Os resultados obtidos, após a aplicação do operador *mmero*, com elemento estruturante *secross* estão apresentadas nas figuras 16 e 17.

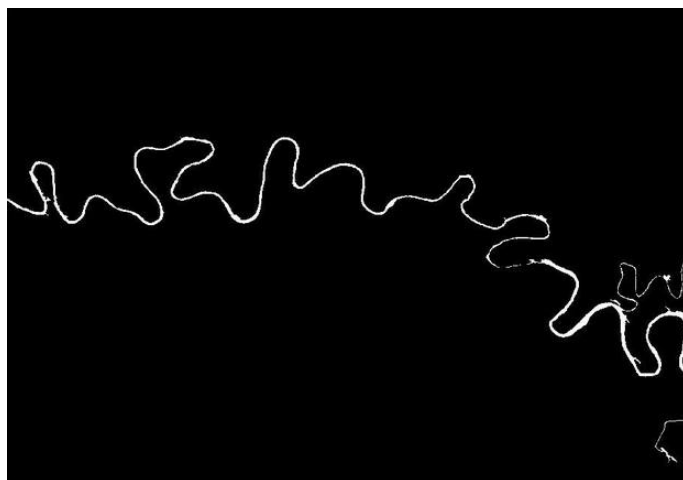


Figura 16 : Resultado do operador mmero(mmsecross)

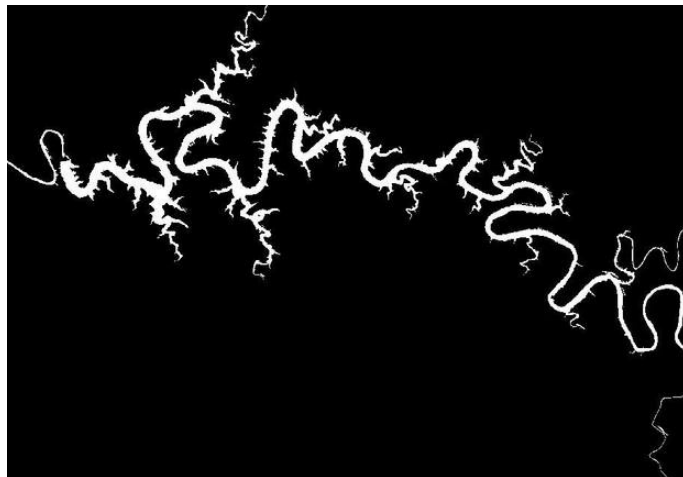


Figura 17 : Resultado do operador mmero(mmsecross)

Com intuito de verificar a qualidade dos resultados obtidos, fez-se uma análise visual por meio da sobreposição das imagens contendo as drenagens detectadas sobre suas imagens originais. As figuras 18 e 19 apresentam as sobreposições.

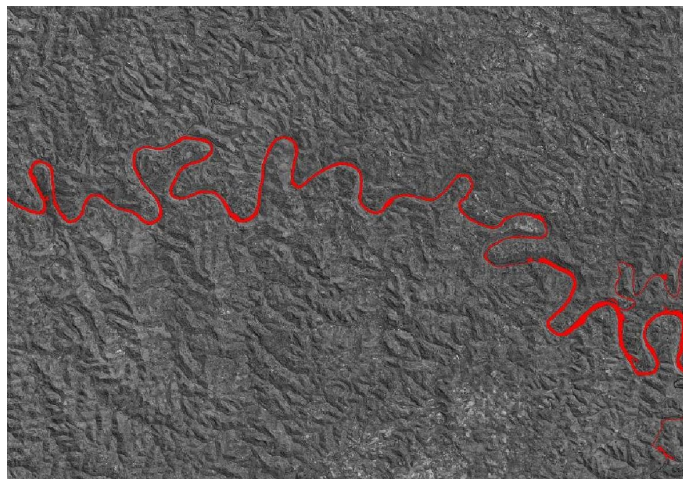


Figura 18 : Resultado da sobreposição

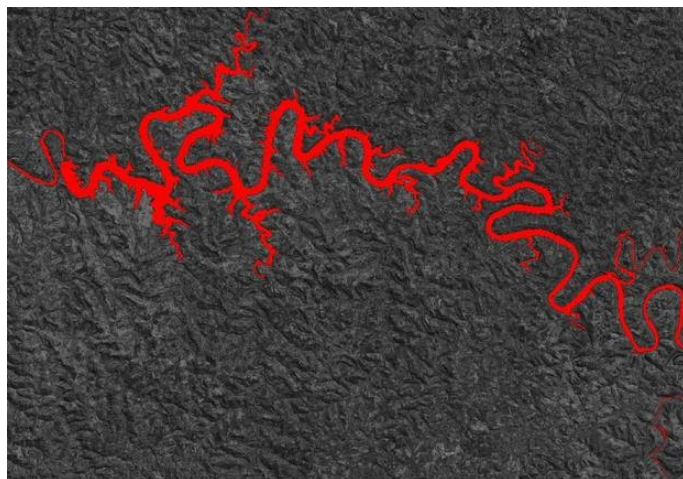


Figura 19 : Resultado da sobreposição

Da análise das figuras 18 e 19, depreende-se que não houve deslocamento posicional entre as feições das duas imagens, este fato comprova a eficiência do uso da MM na cartografia.

6.2 Cálculo das áreas

Sabendo que a resolução espacial de cada pixel das imagens do satélite Landsat-5, é de 30mx30m (900 m²) foi possível determinar a área inundada e a área do reservatório.

6.2.1 Cálculo do reservatório

Utilizou-se a imagem demonstrada pela figura 17, aplicando nesta o operador mmareaopen, obtendo assim a quantidade de pixels da drenagem.

Foram obtidos 148168 pixels, multiplicados pela área do pixel, resultando em 134 km² de reservatório.

6.2.2 Cálculo da área inundada

O mesmo foi feito para a imagem demonstrada pela figura 16. Obtendo o valor de 25838 pixels. Para calcular a área inundada foi realizada a subtração do total de pixels do reservatório pelos do rio sem a barragem, resultando em 122330 pixels que multiplicados por 900m² nos fornece uma área inundada de 110 km².

A figura 20 nos permite visualizar a área inundada, contendo a sobreposição do rio em relação a área do reservatório.

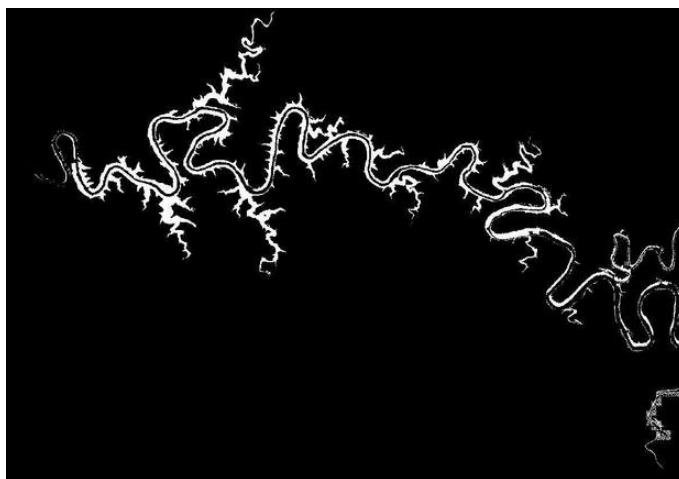


Figura 20 : resultado da sobreposição.

Para maior comprovação da viabilidade da MM na extração de drenagens visando o cálculo de áreas, foram consultados dados da usina hidrelétrica Itá para adquirir a área real do reservatório, que possui 141 km². Nota-se que o valor adquirido neste trabalho foi diferente devido à ausência de parte do reservatório.

7. CONCLUSÃO

Conclui-se que o trabalho atendeu aos objetivos iniciais de extrações das drenagens e cálculo das áreas do reservatório e inundada, como vista nas figuras 18, 19 e 20 de imagens orbitais processadas por meio de operadores morfológicos. Desta forma, verifica-se que a utilização da ferramenta morfológica na área de Cartografia como meio alternativo para a extração de feições é totalmente viável, visto que a rotina desenvolvida apresentou boa combinação entre os operadores morfológicos e elementos estruturantes, o que permitiu que as detecções das drenagens fossem realizadas com êxito.

Deve-se ressaltar que os limiares adotados basearam-se na análise dos histogramas das imagens envolvidas. A escolha adequada destes limiares é uma das chaves para que os resultados obtidos sejam os melhores possíveis. Ao analisar os resultados obtidos (Figuras 18 e 19) nota-se que não houve deslocamento posicional entre as feições. A extração de redes de drenagem é importante na área de Cartografia, pois estas feições podem ser utilizadas em processos convencionais de atualização de produtos cartográficos que visem, por exemplo, a atualização de cursos de rios que foram desviados, delimitação da extensão e área de reservatório de usinas hidrelétricas e etc.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOILLE, P. *Morphological Image Analysis: Principles and applications*. Springer-Verlag, Berlin, 1999. 298p.

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.

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

SERRA, J. *Image analysis and mathematical morphology*. London: Academic Press, 1982. 610p.

SILVA, E. A. *Extração de feições cartográficas de imagens multiespectrais fundidas*. São Paulo:Unesp, 2002. 95p. Tese (livre docência) – faculdade de ciência e tecnologia-fct.

GOUTSIAS, J., HEIJMANS, H.J.A M. *Mathematical Morphology*. 2000. ISBN 1 58603 056 6.

BANON, G.J.F.; BARRERA, J. *Bases da Morfologia Matemática para a Análise de Imagens Binárias*. UFPe. Recife, 1994.

<http://wikimapia.org/677046/pt/> visitado em 25/04/2008.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq/PIBIC pelos apoios financeiros, e ao INPE pelo fornecimento das imagens sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.