

# Aplicação de rotinas morfológicas para detecção de redes de drenagem

Fernando Leonardi <sup>1</sup>  
Erivaldo Antônio da Silva <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Caixa Postal 19060 – 900 – Presidente Prudente - SP, Brasil  
{fernandoleonardi, silva.erivaldo}@gmail.com

**Abstract.** Brazil presents great deficiency in cartographic updating area. Many products are outdated around in 30 years in the several scales. A country that has the continental dimensions as Brazil needs have a solid cartographic base to take important decisions about urban planning and consequent to administration of the territory. One way of updating the cartographic products is the combined use of remote sensing products and techniques of Digital Processing Images (DPI). Among many DPI tools, the Mathematical Morphology allied to the remote sensing data, is one alternative method used to minimize this problem. For the development of this work three images taken with the Landsat sensor was used, having draining net, as the interest features. In this paper was applied the mathematical morphology theory with the aim of detecting features of interests in the images. All the results obtained are presented and were analyzed. The results are positives and show the potential use of mathematical morphology theory in Cartography.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Morfologia Matemática, Detecção de Feições, PDI, Remote Sensing, Mathematical Morphology, Features of detection.

## 1. Introdução

A detecção de alterações de feições da superfície terrestre é uma importante tarefa na área de cartografia. O uso conjunto de produtos de Sensoriamento Remoto com técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) é uma das maneiras de efetuar tal tarefa. O Sensoriamento Remoto se utiliza do PDI que envolve a manipulação e a interpretação de imagens digitais. Dentre as diversas ferramentas de PDI, a utilizada foi a Morfologia Matemática, a qual foi usada para o tratamento digital da imagem e para a detecção da feição.

Desse modo, este trabalho visou contribuir para a automação da área de Cartografia por meio da utilização integrada de dados de Sensoriamento Remoto com dados cartográficos convencionais, efetuando a detecção de redes de drenagem como feições de interesse de forma semi-automática.

## 2. Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é apresentar uma rotina morfológica para detectar redes de drenagem por meio da utilização dos operadores morfológicos.

## 3. Fundamentação Teórica

Sensoriamento Remoto segundo Lillesand & Kiefer (1987), pode se definido como sendo a ciência e arte de obter informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise de dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato físico direto com este objeto, esta área ou este fenômeno.

A Morfologia Matemática – MM teve seu desenvolvimento com as primeiras pesquisas de MATHERON (1975) e SERRA (1982) e seus colaboradores a partir de 1964, na escola Superior de Minas de Paris.

A Morfologia Matemática compreende a área que estuda propriedades topológicas e estruturais dos objetos a partir de suas imagens tendo como objetivo descrever quantitativamente as estruturas geométricas e funciona como uma técnica na concepção de

algoritmos na área de PDI, contendo ferramentas básicas, como detectores de bordas e filtros morfológicos.

### 3.1. Morfologia Matemática

A Morfologia Matemática teve origem na França. 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).

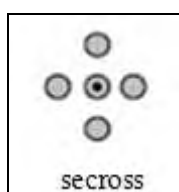
Segundo Soille (1999), a Morfologia Matemática (MM) pode ser definida como uma teoria para a análise de estruturas espaciais. É chamada de Morfologia porque visa analisar a forma dos objetos. É Matemática no sentido que a análise está baseada em teoria ajustada, na geometria e na álgebra. Porém, a MM não é apenas uma teoria, mas é também uma poderosa técnica de análise de imagens.

O método de análise de imagens pela Morfologia Matemática é fundamentado na teoria de conjuntos e tem como objetivo principal analisar a estrutura geométrica das imagens a partir de uma malha retangular perfeitamente definida e conhecida chamada de elemento estruturante. Sendo assim, a Morfologia Matemática age sobre as imagens digitais a partir desses elementos.

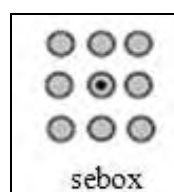
### 3.2. Elemento Estruturante

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 conhecido.

A morfologia age sobre imagens digitais a partir de elementos estruturantes geralmente definidos em uma malha retangular. As **figuras 3.1** e **3.2** apresentam dois exemplos de elementos estruturantes (3x3), com origem no centro do elemento.



**Figura 3.1 – Elemento *secross***



**Figura 3.2 – Elemento *sebox***

A **figura 3.1** apresenta o elemento *cruz* e a **figura 3.2** apresenta o elemento 3 x 3 cheio.

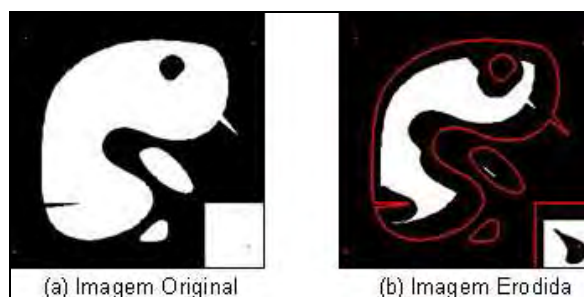
### 3.3. Erosão

Erosão binária – A erosão binária de um conjunto  $X$  por um elemento estruturante  $B$  é denotada por  $\mathcal{E}_B(X)$  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):

$$\mathcal{E}_B(X) = \{x \mid B_x \subseteq X\} \quad (1)$$

O elemento estruturante  $Bx$  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 a mesma posição na vizinhança de  $x$  preserva-se os pixels onde as vizinhanças coincidem.

A **figura 3.3** apresenta um exemplo da aplicação do operador erosão binária.



**Figura 3.3 - Resultado da aplicação do operador erosão binária**  
 Fonte: SDC Information Systems.

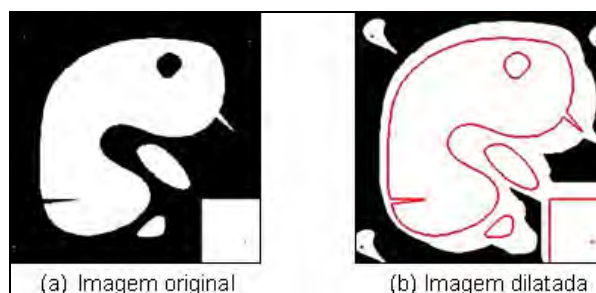
### 3.4. Dilatação

Dilatação binária - A dilatação binária de um conjunto  $X$  pelo elemento estruturante  $B$  é denotada por  $\delta_B(X)$  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 **figura 3.4** apresenta o resultado obtido com a aplicação do operador dilatação binária.



**Figura 3.4 - Resultado da aplicação do operador dilatação binária**  
 Fonte: SDC Information Systems.

### 3.5. Toolbox

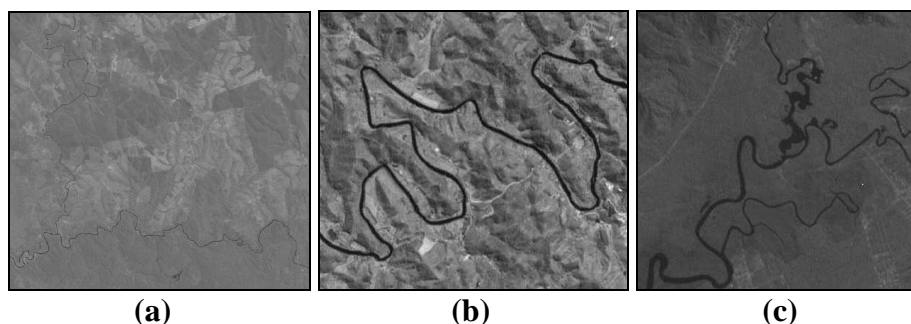
A “*toolbox*” (caixa de ferramentas) de Morfologia Matemática foi desenvolvida pela SDC Information Systems. Ela é um conjunto específico de arquivos que têm como plataforma o *software* Matlab. Nela estão contidos os operadores morfológicos que foram utilizados neste trabalho.

De modo geral é possível entender a “*toolbox*” como sendo um conjunto especializado de arquivos para trabalhar em classes particulares de problemas.

## 4. Áreas testes

Para os processamentos morfológicos foram utilizados três recortes de imagens de satélite, contendo redes de drenagem como feições de interesse. O primeiro recorte de imagem foi obtido a partir do satélite TM-Landsat 226/75D, com resolução espacial de 30 metros, na banda 3, e contém a região próxima da cidade de Bela Vista no Estado do Mato Grosso do Sul. O segundo e o terceiro recorte de imagem foram obtidos a partir do satélite Landsat

ETM+ 219/76, com resolução espacial de 30 metros, na banda 3, localizado nas proximidades da cidade de São Paulo-SP. Na **Figura 4.1(a), (b) e (c)** são mostradas as áreas testes.



**Figura 4.1(a), (b) e (c) – Recortes originais das áreas testes**

## 5. Materiais e Métodos

Os materiais utilizados para o desenvolvimento foram três recortes de imagens, micro computador e os *softwares* Matlab e *Adobe PhotoShop*.

Com o propósito de validar a rotina elaborada, a mesma foi aplicada para a detecção das três drenagens, porém com os valores dos limiares alterados em função dos níveis de cinza presentes nas imagens. Vale destacar que para cada imagem os valores de brilho dos alvos contidos variam, o que leva a necessidade da alteração dos limiares. A escolha deles, na maioria das vezes, foi feita com base na análise do histograma da imagem.

Para o desenvolvimento da metodologia a manipulação das imagens foi realizada na caixa de ferramentas “*Toolbox*” de Morfologia Matemática (MM).

Após as detecções, os resultados obtidos foram sobrepostos aos recortes de imagens originais.

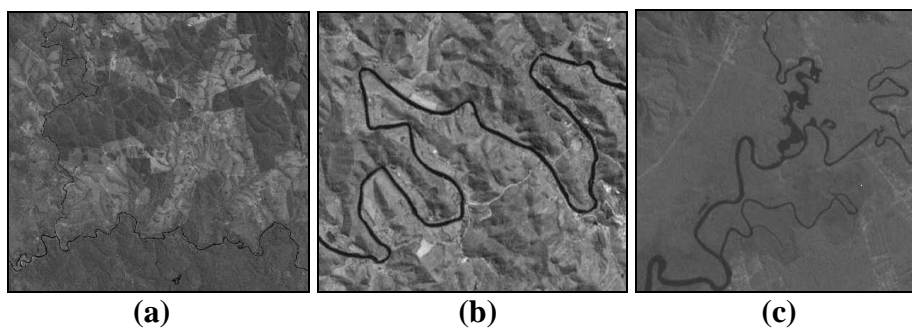
Foram aplicados os filtros convencionais Sobel e Gradiente sobre os recortes das imagens originais com o propósito de realizar a comparação visual dos resultados obtidos com o uso das ferramentas morfológicas com os obtidos por meio de métodos convencionais.

Para a realização deste trabalho, as etapas desenvolvidas foram:

- 1 Definição das áreas teste;
- 2 Desenvolvimento e aplicação de rotinas para a melhoria visual das feições cartográficas detectadas;
- 3 Detecções das feições de interesse;
- 4 Sobreposições das feições detectadas sobre os recortes das imagens originais;
- 5 Apresentações dos resultados morfológicos;
- 6 Apresentações das comparações dos resultados morfológicos com métodos convencionais;
- 7 Análises dos resultados obtidos;
- 8 Conclusão;

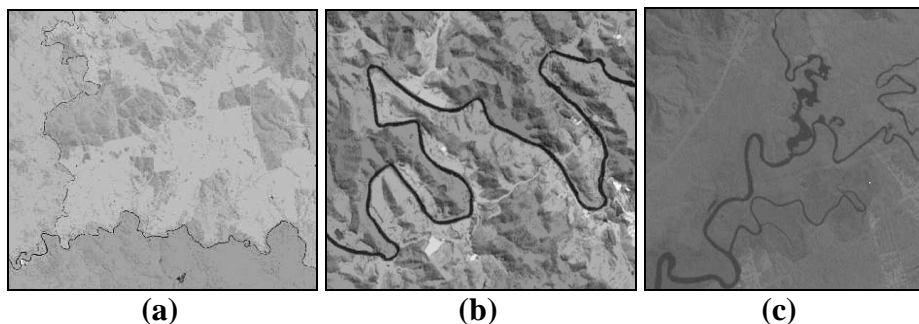
## 6. Apresentação e análise dos resultados

Os primeiros processamentos, sobre os recortes de imagens apresentados na **Figura 4.1(a), (b) e (c)**, são os resultados da aplicação do operador *subm*, com o objetivo de gerar novas imagens a partir da operação de subtração de imagens. Os resultados obtidos encontram-se na **Figura 6.1(a), (b) e (c)**.



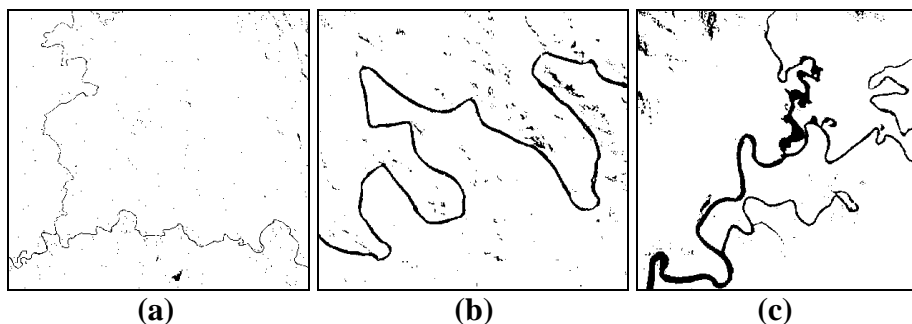
**Figura 6.1(a), (b) e (c) – Imagens Subtraídas**

Sobre os resultados obtidos na **Figura 6.1(a), (b) e (c)**, aplicou-se o operador *infrec*, cuja função foi reconstruir imagens resultantes das aplicações de outros operadores por infinitas iterações nas dilatações das imagens contrastadas, através dos elementos estruturantes condicionados às imagens de entrada sem tratamento. A **Figura 6.2(a), (b) e (c)** ilustra os resultados da aplicação do operador *infrec*.



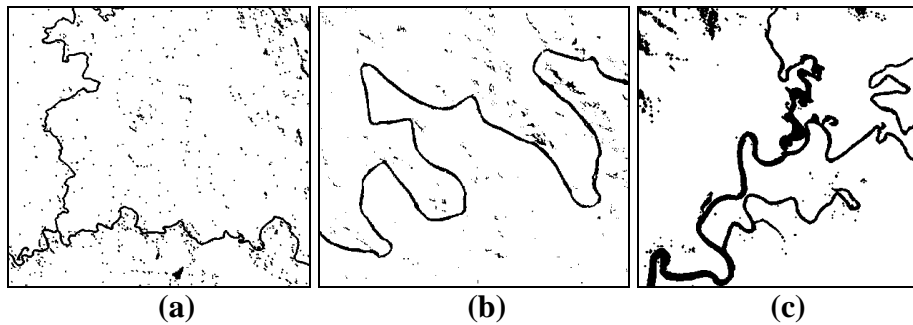
**Figura 6.2(a), (b) e (c) – Imagens reconstruída**

Na seqüência, aplicou-se o operador *threshad* com limiares 100, 34 e 39 sobre as imagens com o objetivo de converter-las de tons de cinza para binárias. Este operador transforma todos os pixels que estão acima do limiar estipulado para o valor “1” (branco) e os que estão abaixo, em “0” (preto). Os limiares foram adotados com base nas análises dos histogramas das imagens. Os resultados da aplicação deste operador estão representados na **Figura 6.3(a), (b) e (c)**.



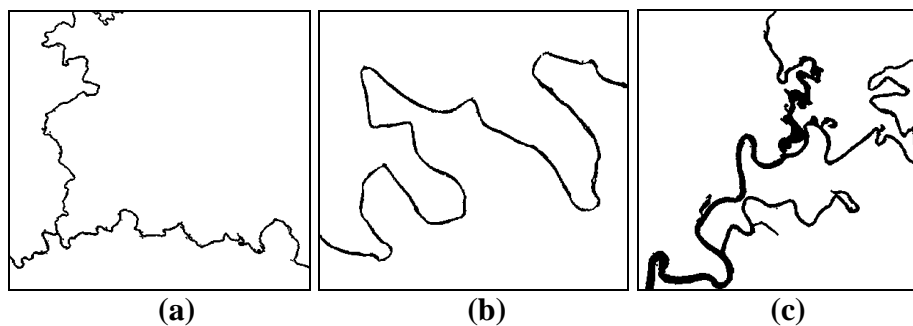
**Figura 6.3(a), (b) e (c) – Imagens binarizadas**

Na **Figura 6.3(a), (b) e (c)**, percebe-se grande quantidade de ruídos indesejáveis aos arredores das drenagens e a descontinuidade das mesmas nas ilustrações **6.3(a) e (b)**. Com o objetivo de conectar os pontos ou regiões das feições de interesse, aplicou-se o operador *ero*. A **Figura 6.4(a), (b) e (c)** apresenta os resultados obtidos com as aplicações do operador *ero*.



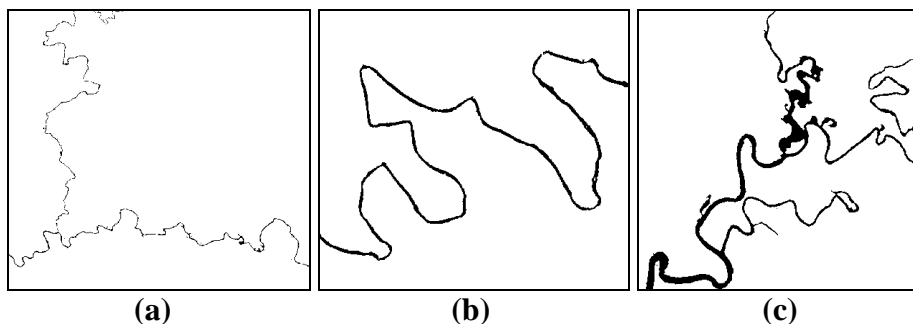
**Figura 6.4(a), (b) e (c) – Imagens erodidas**

Pode-se notar, a partir da análise da **Figura 6.4(a), (b) e (c)** que as feições de interesse encontram-se totalmente conectada, porém, aumentaram a quantidade de ruídos. Aplicou-se o operador *areaclose* com limiares 500, 300 e 700 com o objetivo de remover os ruídos contidos nas imagens. Os resultados da aplicação deste operador estão na **Figura 6.5(a), (b) e (c)**.



**Figura 6.5(a), (b) e (c) – Remoção de ruídos**

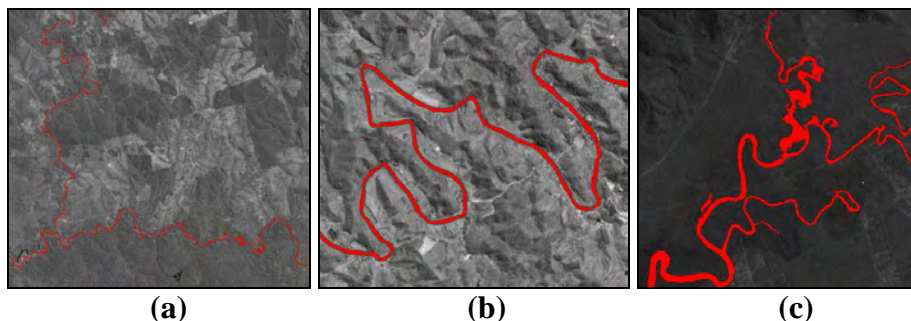
Na **Figura 6.5(a), (b) e (c)**, nota-se claramente que os ruídos foram removidos, porém, as feições drenagem encontram-se com espessura maior do que nas imagens originais. Para resolver este problema foi necessário dilatar o fundo das imagens em relação às feições drenagens. Os resultados obtidos após a aplicação do operador *dil* estão apresentados na **Figura 6.6(a), (b) e (c)**.



**Figura 6.6(a), (b) e (c) – Imagens dilatadas**

Nota-se pela **Figura 6.6(a), (b) e (c)**, que as feições de interesse foram detectadas mantendo suas propriedades e características originais. A seguir, nas as feições detectadas foram sobrepostas as imagens originais com intuito de evidenciar que os resultados obtidos nos processos de detecções foram realizados de forma correta, preservando a integridade das

feições drenagem que eram de interesse para serem detectadas. A **Figura 6.7(a), (b) e (c)** ilustram os resultados obtidos nas sobreposições das feições detectadas sobre as imagens originais com o intuito de verificar se houve deslocamento das mesmas.



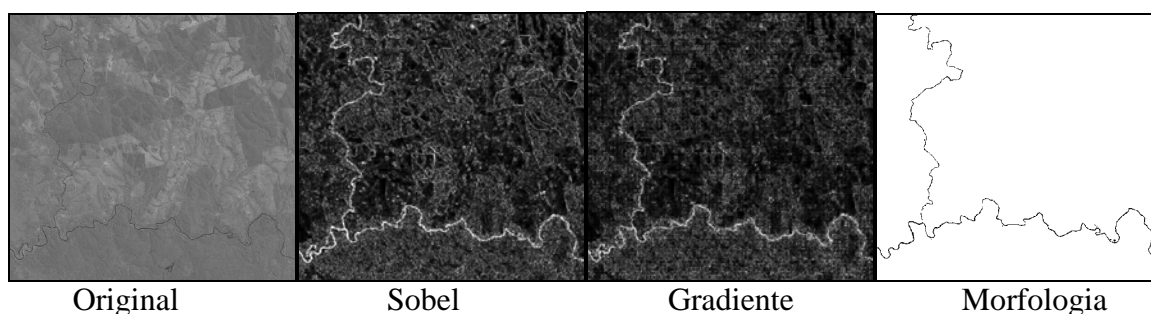
**Figura 6.7(a), (b) e (c) – Imagens sobrepostas**

Os resultados obtidos na **Figura 6.7(a), (b) e (c)** indicam que os processamentos morfológicos empregados foram adequados para que as feições de interesse fossem detectadas e comprovam que aplicação de rotinas morfológicas não altera a posição locacional das feições em relação à original.

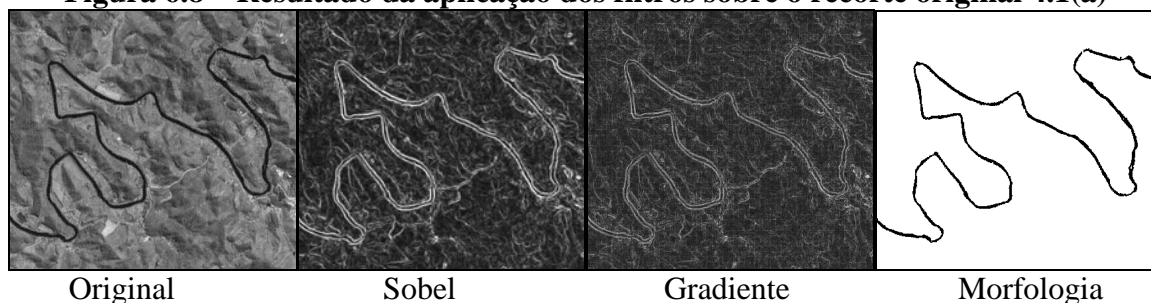
A detecção de redes de drenagem é importante na área de Cartografia, pois estas feições podem ser utilizadas em processos convencionais de atualização de produtos cartográficos que visem, por exemplo, a atualização de cursos desviados de rios, delimitação da extensão de reservatórios de usinas hidrelétricas etc.

### 6.3. Aplicação dos filtros Sobel e Gradient

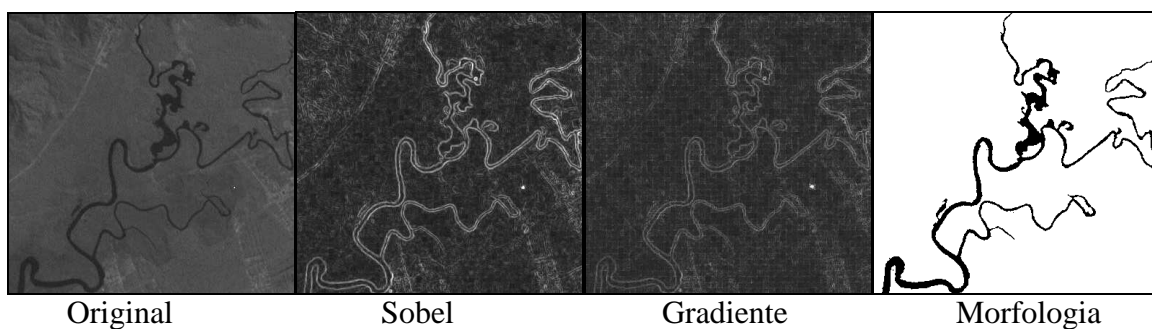
Realizou-se a aplicação dos filtros de Sobel e Gradiente, sobre os recortes de imagens originais contendo as redes de drenagem com o propósito de efetuar a comparação visual entre os resultados morfológicos obtidos com os métodos convencionais. Nas **figuras 6.8, 6.9 e 6.10** estão apresentados os resultados das aplicações dos filtros.



**Figura 6.8 – Resultado da aplicação dos filtros sobre o recorte original 4.1(a)**



**Figura 6.9 – Resultado da aplicação dos filtros sobre o recorte original 4.1(b)**



**Figura 6.10 – Resultado da aplicação dos filtros sobre o recorte original 4.1(c)**

Analisando os resultados apresentados nas **figuras 6.8, 6.9 e 6.10**, percebe-se que os obtidos por métodos convencionais apresentam maior segmentação ao redor da feição de interesse, o que dificulta o processo de atualização e confirma a potencialidade da morfologia matemática na detecção de feições cartográficas.

## 7. Conclusões

Os processamentos realizados com as ferramentas da Morfologia Matemática, com intuito de confirmar seu potencial de uso na área de Cartografia, foram bem sucedidos. Todos os testes e os produtos obtidos atenderam aos objetivos do trabalho.

Uma das chaves para a obtenção de bons resultados reside na escolha adequada dos valores dos limiares para as diversas etapas do processo de detecção. A escolha do limiar utilizado na binarização deve ser feita com bastante cautela, pois ela permite eliminar a maioria dos ruídos que não são objetos de atualização e que podem ocasionar a destruição da feição de interesse. Tal escolha está baseada na análise do histograma da imagem.

As feições detectadas podem ser utilizadas em processos convencionais de atualização de produtos cartográficos. O uso de produtos cartográficos atualizados auxilia, sobremaneira, estudos que requeiram decisões sobre, por exemplo, planejamento urbano e infra-estrutura.

A utilização de operadores morfológicos na detecção de feições de interesse indica o potencial de uso dessa ferramenta como método viável de aplicação na área de cartografia o que cientificamente comprova a sua potencialidade de uso.

## Referências Bibliográficas

- FACON, J. **Morfologia Matemática: Teorias e Exemplos**. Editora Universitária Champagnat da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba. 1996. xii. 320p: il.
- LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Canada, 1987.
- MATHERON, G. **Radom sets and integral geometry**. New York: John Wiley, 1975. 261p.
- SERRA, J. **Image analysis and mathematical morphology**. London: Academic Press, 1982. 610p.
- SILVA, E. A. **Extração de feições cartográficas de imagens multispectrais fundidas**. São Paulo:USP, 1995. 114p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da USP, 1995.
- SDC MORFHOLOGY “TOOLBOX” FOR MATLAB 5, *SDC “Information Systems”*, June 28, 1999
- SOILLE, P. 1999. Morphological image analysis: principles and applications. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 316p.