

# UTILIZAÇÃO DE MORFOLOGIA MATEMÁTICA PARA EXTRAÇÃO DE MALHA VIÁRIA EM IMAGENS ORBITAIS

## Road Network Extraction from Satellite Images Using Mathematical Morphology

Natalie Geny Silva Braz<sup>1</sup>  
Adalberto Koiti Miura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas  
Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento  
natalie.braz@gmail.com

<sup>2</sup>Embrapa Clima Temperado  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.  
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado  
adalberto.miura@embrapa.br

### RESUMO

A atualização de bases cartográficas (muitas com mais de 30 anos) são de interesse de muitas prefeituras municipais, em especial para aquelas cuja economia está baseada no setor primário e são dependentes de uma boa estrutura viária, principalmente no meio rural, para escoamento de safra. Frente a este cenário, a Embrapa Clima Temperado tem sido solicitada a colaborar na atualização de malhas viárias rurais dos municípios da região extremo sul do Rio Grande do Sul. Normalmente este trabalho é realizado por meio de vetorização das estradas diretamente sobre imagens orbitais registradas, com apoio de levantamentos a campo com tecnologia GNSS, significando em morosidade neste processo. Com o propósito de acelerar este procedimento e reduzir custos, o presente estudo objetivou testar uma metodologia baseada em Morfologia Matemática para a extração semi-automática de malhas viárias municipais. Foi utilizado um conjunto de imagens do sensor *Rapideye* (tiles 2224509 e 2224609), de dezembro de 2012, com resolução espacial de 5 m, do município de Arroio do Padre – RS. Através de um software de processamento digital de imagens foi aplicado um filtro morfológico, do tipo dilatação, no mosaico previamente contrastado, resultando em um realce morfológico que propiciou a detecção das estradas. Posteriormente procedeu-se a “esqueletização” e vetorização das feições lineares em ambiente SIG. Como resultado final, detectou-se 163,2 km de vias que foram comparadas com a malha extraída da base cartográfica existente (Cartas do Exército) para o município de Arroio do Padre, apresentando uma concordância global de 92,5 %, com coeficiente *Kappa* de 0,85 o que indicou excelente conformidade entre os produtos. Contudo, a conferência direta sobre a imagem permitiu verificar que uma pequena porção de vias não foi detectada pelo presente método em virtude do sombreamento/ocultação causado pela vegetação e topografia. A aplicação do presente método de detecção de vias que incluiu a Morfologia Matemática, permitiu detectar de forma rápida e eficaz as estradas rurais do município de Arroio do Padre, garantindo uma otimização de tempo e mão de obra quando analisado em relação à vetorização tradicional, o que a recomenda para a atualização de estruturas viárias em outros municípios.

**Palavras chaves:** Morfologia Matemática, Rapideye, Malha Viária, Atualização Cartográfica.

### ABSTRACT

The cartographic updating of road data bases (some of them over 30 years old) are of interest to many municipalities, mainly for the primary sector based economies that are dependent of a road infrastructure, particularly in rural areas, for the harvest transportation. Against this background, Embrapa Temperate Climate occasionally has been requested, to assist some municipalities of the Southern region of Rio Grande do Sul State to update the rural road networks. Usually this work is done through vectorization of the roads, directly on registered orbital images, with support of surveys on the field with GNSS technology, resulting in lengthy process. In order to accelerate this process and reduce costs, this study aimed to test a methodology based on Mathematical Morphology for semi-automatic extraction of municipal road networks. For the accomplishment of this work, a set of images of the RapidEye sensor (tiles 2224509 and 2224609) of

the municipality of Arroio do Padre, with a spatial resolution of 5m, acquired in December 2012, was used. Through a digital image processing software, a morphological filter, dilatation type was applied on a mosaic, previously contrasted (linear) and filtered (Sobel), resulting in a new image with a morphological enhancement that enabled the detection of roads. Subsequently, in a GIS environment, the "skeletonization" and vectorization of linear features were proceeded. As final result, 163,2 km of roads were detected, when compared with the roads extracted of existing basemap (topographic maps of the Brazilian Army Geographical Service), on 1:50,000 scale, for the municipality of Arroio do Padre, which showing an overall agreement of 92.5 % and a *Kappa* coefficient of 0.85, what indicated an excellent compliance between the products. However, the direct comparison over on the image has shown that a small portion of roads was not detected by this method due to the shadowing/masking caused by vegetation and relief. The method which a Mathematical Morphology approach to detecting roads, allowed delineate quickly and efficiently the rural roads in the municipality of Arroio do Padre, with a suitable spent of time and labor compared with traditional vectorization way, which recommended to use this methodology for road infrastructure updating in other similar municipalities with high spatial resolution imagery.

**Keywords:** Mathematical Morphology, RapidEye, Road Network, Cartographic Updating.

## 1. INTRODUÇÃO

Ocasionalmente, a Embrapa Clima Temperado é consultada a fim de auxiliar processos de atualização cartográfica em pequenos municípios da região, em especial no que se refere a correção de mapas viários. Apesar deste tipo de atividade não representar a derradeira missão institucional da Empresa, por vezes e outras este tipo de apoio é prestado principalmente para os pequenos municípios da região, sob forma de orientação aos técnicos municipais e extensionistas rurais, devido à importância das estradas municipais para o escoamento de safras e de meio de comunicação para população rural.

A identificação e extração de objetos a partir de dados de sensoriamento remoto correspondem a uma operação de grande importância para a atualização cartográfica. Esta tarefa tem se tornado menos árdua à medida em que ampliam-se as possibilidades tecnológicas e metodológicas e os dados de sensoriamento remoto apresentam-se em resoluções mais elevadas.

No caso da atualização de infraestrutura viária, as abordagens são variadas e implicam em diferentes custos, precisões, tempo despendido, recursos, humanos, etc. Uma abordagem com grande potencial refere-se a aquelas que utilizam a Morfologia Matemática como principal recurso na extração de feições lineares em imagens digitais.

A Morfologia Matemática apresenta como característica a simplicidade de implementação e é constituída por operadores morfológicos elementares. Pode ser entendida como uma importante vertente do Processamento Digital de Imagens que se preocupa com as estruturas espaciais (propriedades topológicas e estruturais) dos objetos contidos em imagens (Soille, 1999). Conceitos e fundamentos sobre a Morfologia Matemática estão bem descritos em Serra (1982), Facon (1996) e (Soille, 1999).

Neste contexto, o presente estudo apresenta uma aplicação da Morfologia Matemática na extração de infraestrutura viária em imagens orbitais *RapidEye*, utilizando-se da dilatação morfológica binária, como alternativa de baixo custo e rápida implementação para a atualização cartográfica.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Arroio do Padre, RS, localiza-se no extremo sul do estado entre as coordenadas 31° 36' S, 52° 33' W e 31° 50' S, 52° 49' W (Fig. 1), abrangendo uma área territorial de 124,32 km<sup>2</sup>, com uma população de 2.730 habitantes, sendo 83% na área rural (IBGE, 2014). A sua economia baseia-se principalmente no setor primário, destacando a agricultura de base familiar, com PID per capita de R\$11.447,96.

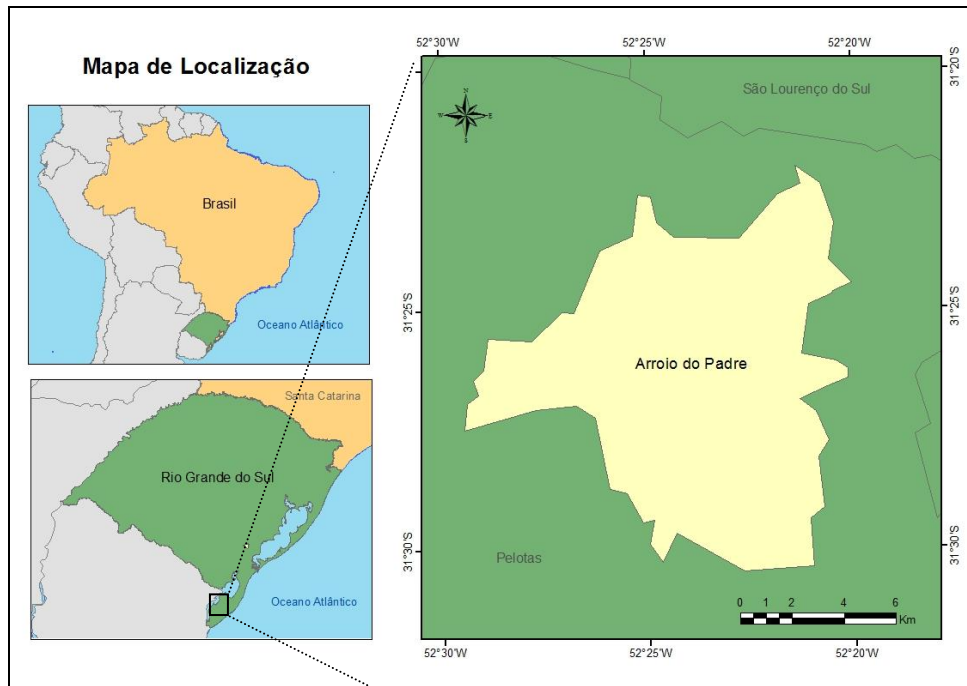


Figura 1- Situação Geográfica do Município de Arroio do Padre

Foi elaborado um mosaico a partir de um conjunto de imagens do sensor *Rapideye* (tiles 2224509 e 2224609), de 23 de dezembro de 2012. Estes dados orbitais foram adquiridos junto ao Acervo do Geocatálogo<sup>1</sup>, do Ministério do Meio Ambiente – MMA, que o disponibiliza às instituições públicas do país. O *Rapideye* é uma constelação composta por cinco satélites que contém sensores imageadores idênticos, com a mesma calibração e se encontram no mesmo plano orbital (Blackbrigde, 2014). Estes sensores adquirem imagem em cinco faixas do espectro eletromagnético (azul, verde, vermelho, vermelho limítrofe e infravermelho próximo), com altitude de 630km, podendo revisitar uma área a cada 5 dias e meio. São disponibilizados três tipos de produtos conforme o nível de processamento, neste trabalho foi utilizado o produto 3A que apresenta correções geométrica e radiométrica, tamanho do pixel de 5 metros e resolução radiométrica de 16 bits.

Os procedimentos utilizados no presente estudo estão condensados na Figura 2. Salienta-se que o método empregado apresentou como premissas mínimas a redução da subjetividade do analista humano, a maximização da automação computacional e a agilidade na obtenção do produto final

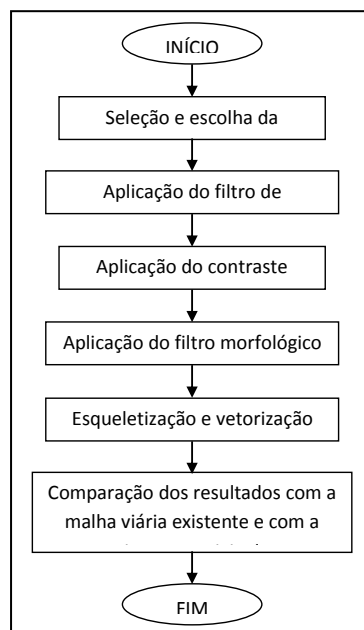


Figura 2 – Fluxograma dos procedimentos para extração da malha viária

Dentre as cinco faixas que compõem a imagem, foi necessário selecionar qual banda apresentaria melhor resultado quando aplicado o filtro, para isso foram realizados testes através de contrastes em cada faixa e foi observado que a banda 3 (vermelho – 630 a 685 nm) apresentou melhor resultado.

O processamento digital de imagens foi realizado no Software *Erdas 8.3* (LEICA, 2003), onde foi aplicado o filtro de convolução *Sobel* (tipo de filtro passa alta direcional), que detecta a descontinuidade dos pixels criando uma borda, no qual o valor de brilho dos pixels de maior número digital é aumentado e diminuído o valor dos menores (SEARA, 1998). Com o objetivo de preservar o contexto espacial, retornou-se (*add-back*) 50% dos pixels da imagem.

Realizou-se posteriormente um realce linear, onde os limites mínimo e máximo foram alterados para se obter maior discriminação visual da malha viária (Schowengerdt, 2007). Os valores da imagem se limitaram em um pequeno intervalo de tons de cinza, contudo para aplicação do filtro de dilatação é necessário que a imagem contenha apenas dois valores, assim precisou deixá-la binária.

A Morfologia Matemática tem a finalidade de estudar as estruturas geométricas dos elementos de uma imagem utilizando como linguagem a Teoria dos Conjuntos. É possível transformar, a partir de um elemento estruturante, um conjunto não definido da imagem e obter informações que podem ser apresentadas através do realce, da segmentação, da detecção de bordas, esqueletização, etc (Facon, 1996).

A operação morfológica Dilatação transforma dois conjuntos através de uma soma lógica, conforme a equação:

$$A \oplus B = \{ z | (A \cap B)_z \cap A \neq \emptyset \},$$

onde A refere-se a imagem a ser dilatada e B é o elemento estruturante (Gonzalez e Woods, 2008). Para este trabalho, aplicou o filtro morfológico de Dilatação sendo elemento estruturante um quadrado de matriz de tamanho 3x3

$$\begin{pmatrix} 1,0 & 1,0 & 1,0 \\ 1,0 & 1,0 & 1,0 \\ 1,0 & 1,0 & 1,0 \end{pmatrix},$$

com 2 ciclos, que expandiu os pixels de maior valor, definindo as estradas.

Após a aplicação do filtro morfológico a imagem resultante foi processada em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG, ArcGis 9.3 (Esri, 2008), onde a imagem foi submetida ao processo de esqueletização, vetorização e avaliação dos resultados.

O processo de esqueletização pode ser entendido como a identificação de segmentos de mesmas características que se unem formando a base principal do elemento a ser detectado, sendo essa base chamada de esqueleto (SOUZA, 2002). Em ambiente SIG ArcGis 9.3 (Esri, 2008), a imagem resultante da filtragem morfológica foi submetida a um filtro de moda com janela de convolução de tamanho 3x3 pixels. Desta forma, a maioria dos elementos que não correspondiam a malha viária puderam ser eliminados de forma automática e o ruído restante foi limpo manualmente. Isto se deveu ao filtro de convolução Sobel ser mais sensível a ruídos, e quando aplicado o filtro morfológico esses ruídos se destacam tal qual a malha viária (FISCHER et al, 2003).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Arroio do Padre contém uma pequena área urbana, sendo facilmente observada na imagem pela grande quantidade de vegetação nativa, agricultura e relevo. Assim, o filtro de convolução Sobel realçou as estradas rurais com clareza como pode-se observar na Figura 3, porém realçou também outras feições de comportamento espectral parecidos.

A vegetação nativa foi primeiro alvo a ser “retirado” da imagem, o relevo e algumas áreas de agricultura continuaram visíveis. Com a aplicação do contraste Linear foi possível retirar grande parte dessas feições, ficando apenas alguns ruídos devido a sensibilidade do filtro Sobel (Figura 4). Já é possível observar, perfeitamente, todas as feições das estradas.

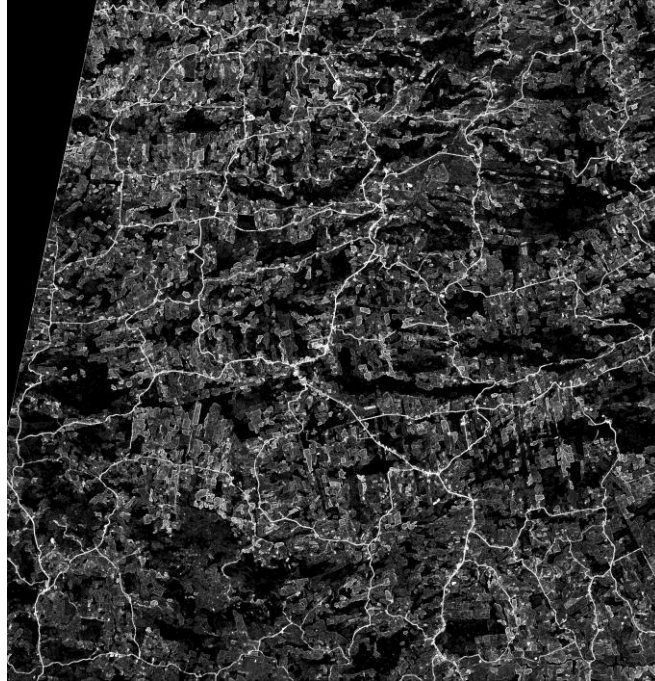


Figura 3 - Banda 3 com filtro de Convolução Sobel

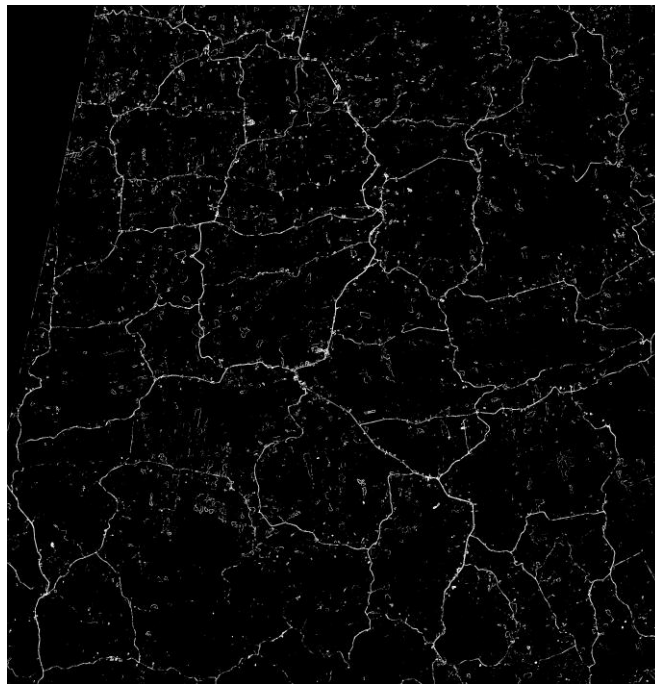


Figura 4- Aplicação do Contraste Linear

Para realizar a extração da malha viária com o filtro morfológico, se fez necessária a binarização da imagem, para que a Dilatação opere somente nesses dois valores. Desta forma, as vias tiveram seus pixels centrais expandidos através desta operação, melhorando a identificação como pode ser verificado na Figura 5, contudo também foram realçados os ruídos, fazendo a imagem parecer suja.

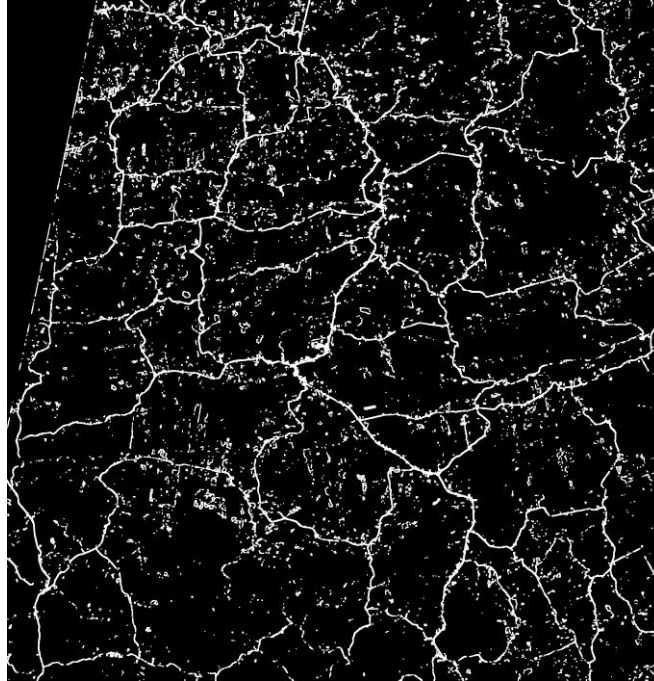


Figura 5- Aplicação do Filtro Morfológico de Dilatação

O elemento estruturante quadrado delimitou a espessura das estradas, item fundamental para a realização da esqueletização. O resultado final da filtragem foi levado para ambiente SIG e aplicado o filtro de moda, este filtro teve a função de encontrar todas as feições de mesmo valor (1) e conectá-las formando o esqueleto da imagem. Os ruídos ficaram como pontos “salpicados” nas áreas entre as estradas, não se conectando. Então transformou esse esqueleto raster em vetor e realizou a limpeza manual destes ruídos, deixando apenas as feições correspondentes com a malha viária como observa-se na Figura 6.

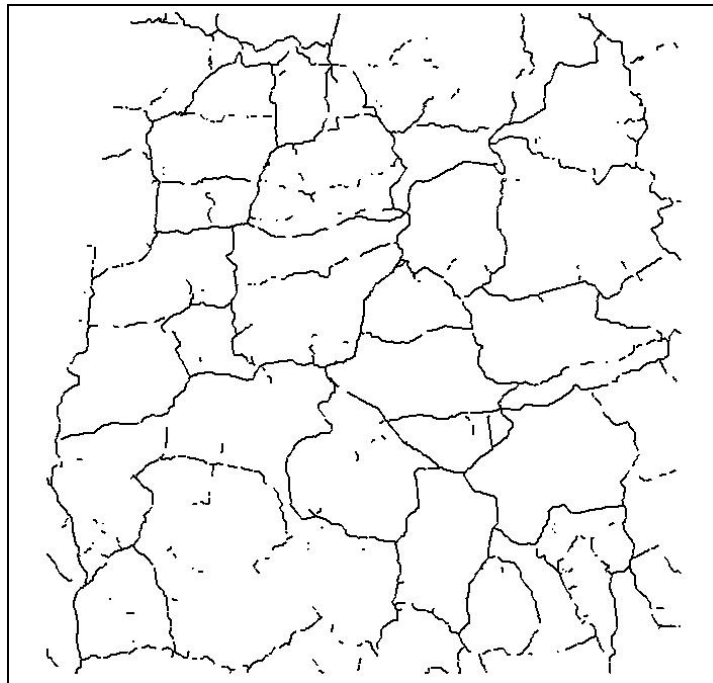


Figura 6 – Esqueletização

Feita a esqueletização, foram conectadas as vias, que devida a vegetação densa e a diferença de altitude do relevo, não foram detectadas pelo sensor, assim não foram extraídas no processo de filtragem morfológica. Retirou-se as estradas que não pertenciam ao município de Arroio do Padre e analisou-se o resultado obtido a partir da malha viária da carta do Exército e da imagem original (Figura7).

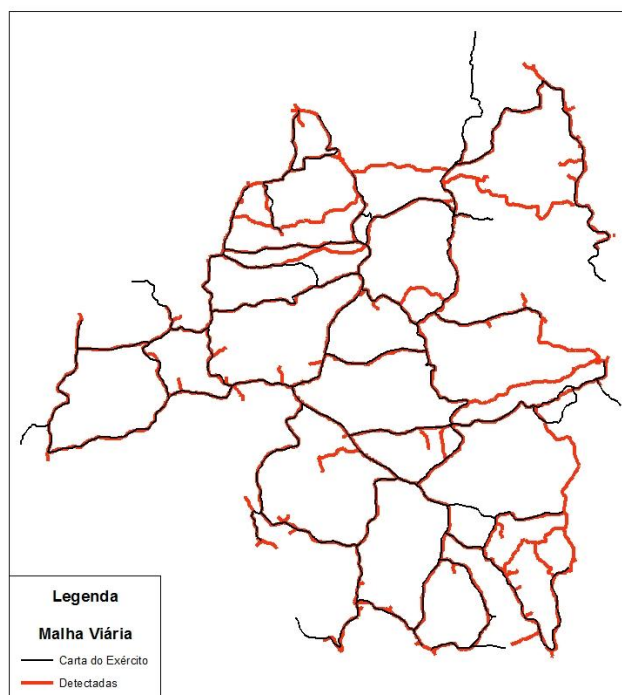


Figura 7 - Comparação com a Malha Viária da Carta do Exército

O processo de filtragem morfológica detectou 163,2 km de malha viária do município de Arroio do Padre, visto que a carta do Exército contém 140,78 km. Obteve-se, a partir deste estudo, uma atualização de 22,47 km das estradas do município, ou seja, concordância global de 92,5 %, apresentando coeficiente *Kappa* de 0,85, o que indicou excelente conformidade entre os produtos gerados. Entretanto, como pode ser observada na Figura 7, uma pequena parcela das vias não foram detectadas, devido também a vegetação e relevo.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da Morfologia Matemática se mostrou viável, conforme o resultado obtido provou-se que é possível a utilização para a atualização de feições cartográficas, analisando também os custos e o tempo despendido para o processamento e vetorização da imagem.

Deve-se analisar as resoluções, espectral e espacial, da imagem para a aplicação dos filtros. Conforme o tipo de imagem serão necessários outros parâmetros, limiares, ciclos e células para obter o melhor resultado. Para este trabalho os parâmetros foram definidos com base em testes previamente realizados.

Assim, recomenda-se para aprimoramento do método a aplicação em outros trabalhos, visando a importância de se obter métodos de fácil aplicação e com garantia de excelentes resultados para a utilização em larga escala em território nacional, pois muitos municípios não tem sua malha viária atualizada por diversos motivos, dentre eles custo e mão de obra para realizar o processo in loco.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço a EMBRAPA Clima Temperado pela estrutura física e computacional disponibilizados para a realização deste trabalho.

E agradeço também a Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e no qual viabilizou a realização e apresentação deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACKBRIDGE. **Satellite Imagery Product Specifications.** Disponível em: <[http://www.blackbridge.com/rapideye/upload/RE\\_Product\\_Specifications\\_ENG.pdf](http://www.blackbridge.com/rapideye/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2014.  
 Enviromental Systems Research Institute (ESRI). ArcGIS Desktop 9.3 Redlands (CA), 2008. 1 CD-ROM.

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). ArcGIS Desktop 9.3  
Redlands (CA), 2008. 1 CD-ROM.

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

FISCHER et. Al. **Sobel Edge Detection**. 2003. Disponível em: <<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/sobel.htm>>. Acesso em: 27 maio 2014.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. New Jersey, Pearson, 2008. 954p.

LEICA GEOSYSTEMS GIS & MAPPING. Erdas Imagine 8.7. Atlanta: Leica Geosystems GIS & Mapping, 2003. 1 CD-ROM.

SEARA, D. M. Algoritmos para Detecção de Bordas. UFSC, 1998. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~visao/1998/seara/index.html>>. Acesso em: 26 maio 2014.

Serra,J.P.F. **Image Analysis and Mathematical Morphology**. Volume 1. Academic Press, London, 610 p., 1982.

SOILLE, P. **Morphological image analysis: principles and applications**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999

SOUZA, A. F. **ESQUELETOS 8-ISOTRÓPICOS**. Dissertação. Mestrado em Computação Aplicada. INPE, São José dos Campos: 2002. Disponível em: <<http://mtc-m05.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2003/01.16.09.47/doc/>>. Acesso em: 30 maio 2014.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing**. New York, Elsevier, 2007. 515p.