

Detecção de zonas de baixa cobertura vegetal em imagens de satélites através do uso de operadores da Morfologia Matemática

Carlos Eduardo Guerra¹

¹Doutor em Geofísica pela UFRJ e Docente
Colegiado de Matemática
Universidade Federal do Pará - Campus Santarém
guerra@ufpa.br

Abstract: The goal of this work is to detect some majors patterns related to forest absence. This detection is performed by means of morphological operators; using MATLAB Imaging processing toolbox (Gonzales, 2003). First at all, a color common “.tif” TM image is read and, each channel is separated and transformed into a binary one. Since the third channel is more sensitive to urban areas and deforested zones, the result binary image will be fulfilled by continues high pixels (value 1). Then, erosion and dilatation operators are applied to the third channel binary image. Finally, a boundary tracing operator is applied to the eroded image and the boundaries are moved to the “.tif” image in order to show the located zones. The methodology woks very well but there are some patterns which are not recognized correctly, like clouds; for instance. Another Critical point is the type and size of structuring element. In this case, small deforested areas simply can be taken out if we set up a structuring element with to many neighborhoods. In others cases, some structuring elements tested performed erosions on interested areas. In general the methodology is good for a quick deforest evaluation, since the procedures applied are completely automatic and they are vary fast.

Palavras-chave: Morfologia Matemática, imagem TM, cobertura vegetal.

1. Introdução

Em trabalhos e estudos ambientais é muito comum o uso de imagens de sensoriamento remoto, particularmente a fotogrametria e as imagens de satélites (Florenzano, 2002). Na Amazônia em particular, estes estudos tem se direcionado na caracterização da ocupação humana, no uso do solo e nas mudanças de cobertura vegetal. Para um pesquisador interessado em avaliar a extensão de zonas com baixa ou nenhuma cobertura vegetal (cidades, áreas desmatadas, savanas,...) as imagens de satélites são fontes valiosas de informações, pois possibilitam uma visão sinóptica do ambiente considerado, além de permitir o cálculo aproximado de extensões de áreas de interesse.

Para facilitar o estudo das imagens existe uma coleção de programas e pacotes de software, desde simples aplicativos de processamento de imagens até os complexos sistemas de geoprocessamento e os SIG's (sistema de informações geográficas). No caso do processamento de imagens digitais, a idéia principal é construir uma série de procedimentos (computacionais) para análise de dados obtidos por sensores orbitais, agilizando as tarefas manuais realizadas durante o processo de interpretação. Tais processos incluem a delimitação de áreas, confecção de mapas, dentre outros (Gonzalez,1987 e Silva, 1999).

Uma das técnicas de processamento de imagens que podem ser aplicadas trata-se dos operadores morfológicos obtidos da Morfologia Matemática. A origem da

Morfologia Matemática teve início em 1964, com trabalhos de Matheron e Serra na Escola Superior de Minas de Paris (Serra, 1986 e Banon & Barrera, 1988). O objetivo da Morfologia Matemática é descrever quantitativamente as estruturas geométricas e funcionar como uma técnica de processamento de imagens, dispondo de ferramentas básicas como os detectores de borda e os filtros morfológicos.

Atualmente, a Morfologia Matemática é amplamente estudada e, aplicada em universidades e centros de pesquisas e o principal objetivo é o estudo topológico de sinais, permitindo identificar e quantificar forma e tamanho de estruturas (Ishikawa at all, 2004 e Lucia at all, 2004), daí a sua vasta aplicabilidade na medicina, engenharia e estudos ambientais.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é a delimitação de zonas de baixa ou nenhuma cobertura vegetal em imagens de satélites, valendo-se do uso de operadores morfológicos, i. é; utilizando a morfologia matemática como técnica de processamento de imagens.

3. Fundamentos Teóricos

Segundo Facon (1996), defini-se os operadores de Minkowski (Minkowski, 1903) como:

$$\begin{aligned} A \oplus B &= \{x \in \mathcal{E} / \exists a \in A \text{ e } \exists b \in B / x = a + b\} = \bigcup_{b \in B} A_b \\ A \odot B &= \{x \in \mathcal{E} / \forall b \in B, \exists a \in A / x = a - b\} = \bigcap_{b \in B} A_b \end{aligned} \quad (1)$$

onde A e B são dois subconjuntos de um conjunto \mathcal{E} , com a e b sendo elementos de A e B respectivamente. Seguindo esta notação, podemos definir os operadores morfológicos erosão e dilatação da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{ero}^B(A) &= A \odot \tilde{B} = \bigcap_{b \in \tilde{B}} A_b \\ \text{dil}^B(A) &= A \oplus \tilde{B} = \bigcup_{b \in \tilde{B}} A_b \end{aligned} \quad (2)$$

Onde \tilde{B} é o transposto do conjunto B . Na notação, lê-se A erodido por B e A dilatado por B . Em processamento de imagem, o conjunto A é uma imagem binária qualquer e B é um conjunto conhecido como elemento estruturante, que nada mais é do que um conjunto de pixels totalmente conhecido em sua forma geométrica. Ainda segundo Falcon (1996), os efeitos obtidos pela erosão são: a diminuição de partículas, a eliminação de feições de tamanho inferior ao tamanho do elemento estruturante, a separação de feições próximas e o aumento de buracos. Já para a dilatação os efeitos são opostos, i.é, as partículas crescem em tamanho, buracos são preenchidos e feições próximas são conectadas.

Uma aplicação interessante da erosão é a detecção de bordas. Esta operação é uma das mais importantes em processamento de imagens, pois nos remete a um conceito fundamental, i.é, “o conceito de contorno”. Neste caso, a detecção de borda funciona como um processo de segmentação de imagens binárias. Podemos definir a operação de detecção de bordas como:

$$\text{borda}(A) = A - \bigcap_{\tilde{B}2_{\text{borda}}} A. \quad (3)$$

Na equação (3) $\tilde{B}2_{\text{borda}}$ é o elemento estruturante utilizado na detecção de borda. Um detector simples e comumente utilizado é o elemento “diamon” com cinco vizinhanças, também chamado de elemento cruz,

$$B2_{\text{borda}} = \begin{Bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{Bmatrix}. \quad (4)$$

4. Metodologia

A metodologia proposta consiste de três etapas: a primeira, as imagens TM, geralmente uma composição colorida das bandas 3, 4 e 5, são transportadas para o ambiente MATLAB, separadas e convertidas para a forma binária. Observando a (Figura 1) nota-se que as áreas mais claras estão associadas a zonas de baixa ou nenhuma cobertura vegetal. Isto se deve ao fato de estas áreas refletem mais energia no canal 3 (região espectral do vermelho). No detalhe podemos ver a pista do aeroporto, as regiões de savanas, a região metropolitana e a vila de Alter do Chão com praias e descampados locais.

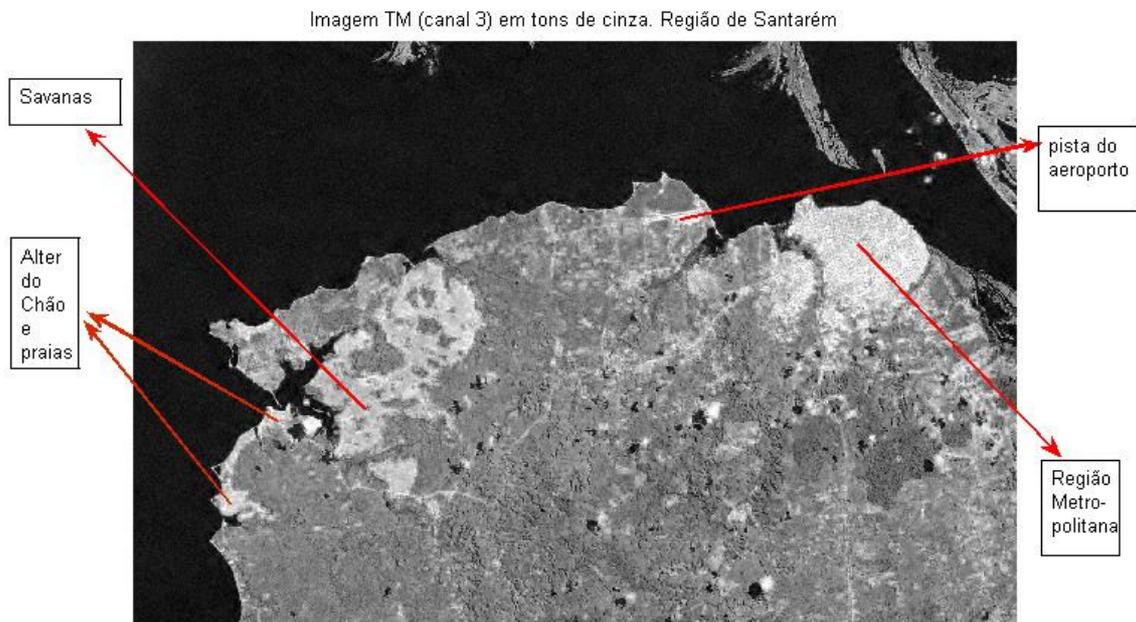


Figura 1: Imagem TM (canal 3) da região de Santarém. Como se pode observar, a imagem está em tons de cinza. Nesta imagem, as áreas com ou nenhuma cobertura vegetal refletem mais energia neste canal, apresentando assim uma tonalidade mais clara.

Na (Figura 2) temos a imagem TM (canal 3) da (Figura 1) na forma binária, obtida através do pacote MATLAB “*Image Processing Toolbox*” (Gonzalez, 2003).

Nesta imagem observa-se que as regiões mais brilhantes da **(Figura 1)** aparecem agora em formas de regiões contíguas, preenchidas pela cor branca.

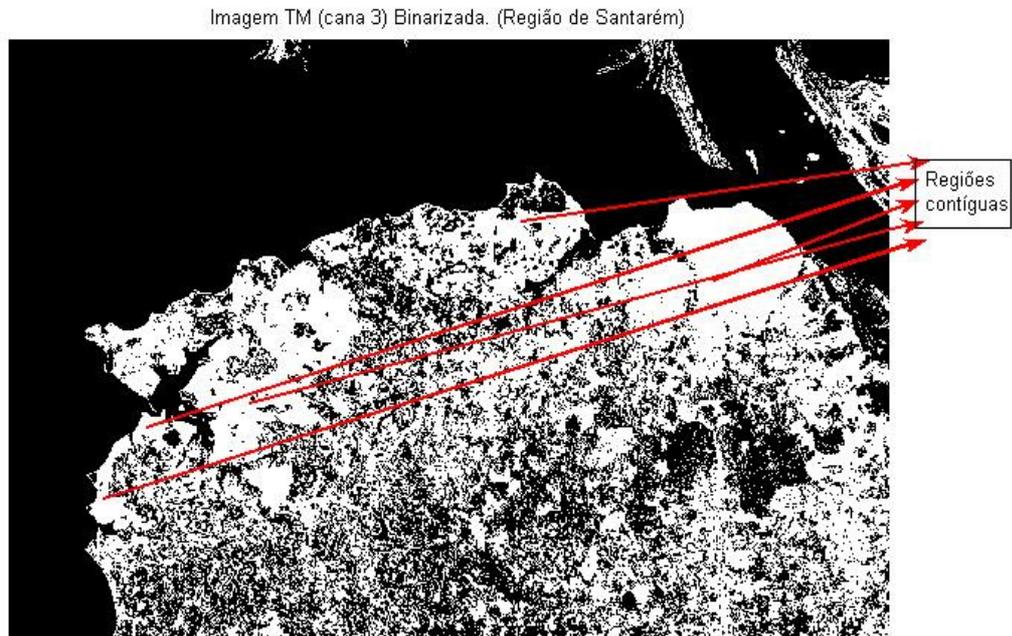


Figura 2: Nesta figura, mostra-se a imagem TM binarizada (canal3) da região de Santarém. No detalhe, as regiões com baixa ou nenhuma cobertura vegetal aparecem como zonas contíguas em cor branca.

Na segunda etapa, aplica-se um operador de erosão sobre a imagem TM (canal 3) binarizada. O operador escolhido foi o elemento estruturante octagonal com 26 vizinhanças. Este elemento se mostrou eficiente para eliminar as zonas brancas não contíguas e preservar a maior parte das zonas contíguas em branco. Como podemos observar na **(Figura 3)**, as zonas indicadas nas figuras anteriores aparecem agora praticamente isoladas e parcialmente erodidas após a aplicação do processo de erosão pelo elemento octagonal.

Finalmente, o processo se completa aplicando-se o operador de detecção de borda sobre a imagem erodida. Na **(Figura 4)** observa-se que os contornos obtidos fecham as zonas contíguas isoladas no processo de erosão binária **(Figura 3)**. Observa-se também que na zona metropolitana, aparecem alguns buracos durante o processo de erosão. Tais buracos não foram contornados, pois o algoritmo de detecção só toma como borda as regiões contíguas preenchidas com pixels com valores unitários. Como alternativa para correção de efeitos indesejáveis tais como a erosão e desconexão de áreas de interesse, pode-se aplicar ao final do processo, o operador de dilatação, utilizando o mesmo elemento estruturante aplicado no processo de erosão. Como o operador de dilatação será aplicado sobre a imagem binária erodida, em teoria, teremos um aumento das áreas contíguas e conseqüentemente um aumento do contorno obtido pelo detector de bordas. Esta é uma forma simples de corrigir o excesso de erosão.

Imagem TM (canal 3) erodida pelo elemento octagonal

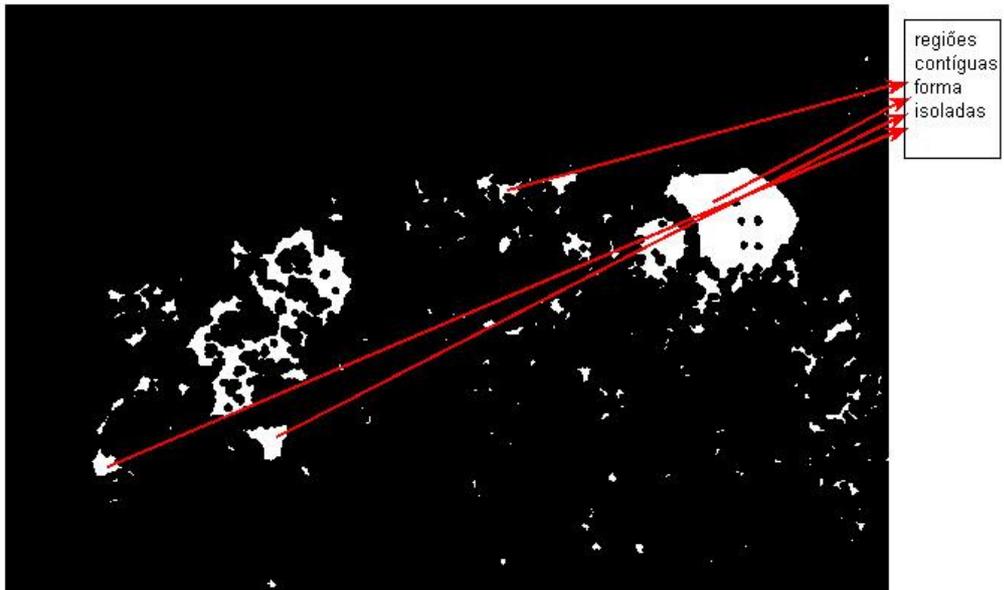


Figura 3: Imagem TM (canal 3) erodida pelo elemento octagonal. No detalhe, as regiões contíguas mostradas nas imagens anteriores foram praticamente isoladas pelo processo de erosão.

Contornos da imagem TM (canal 3) erodida obtidos pela detecção de borda (elemento octagonal)

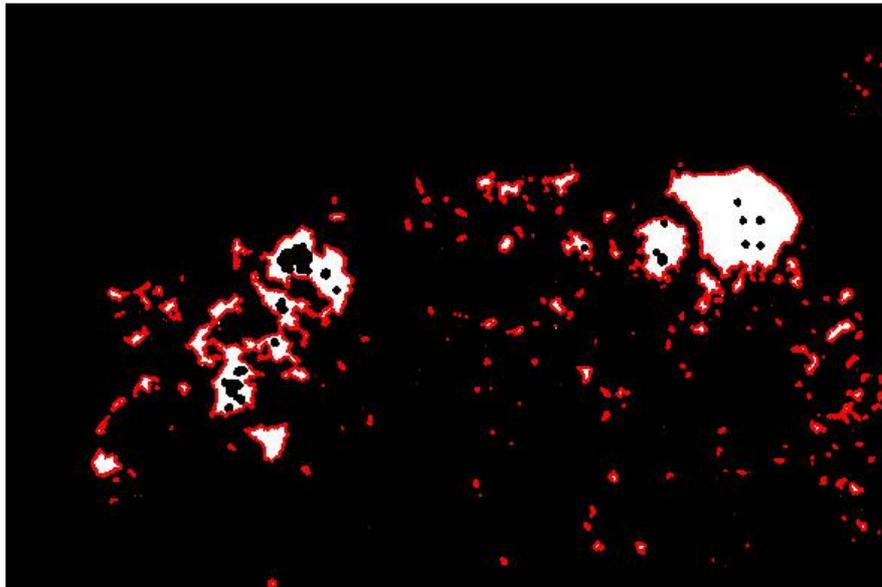


Figura 4: Contornos obtidos pela aplicação do detector de borda à imagem TM (canal 3) erodida.

5. Análise dos Resultados

Na **(Figura 5)**, podemos observar uma composição colorida de imagens TM (canais 3,4 e 5) da região de Santarém. Observa-se que a metodologia conseguiu separar com sucesso as regiões metropolitanas, savanas e a vila de Alter do Chão. Particularmente notamos que a região metropolitana (tonalidade vermelho magenta) aparece destacada pelo contorno em vermelho.

Composição colorida de imagens TM (canais 3,4 e 5) juntamente com os contornos obtidos

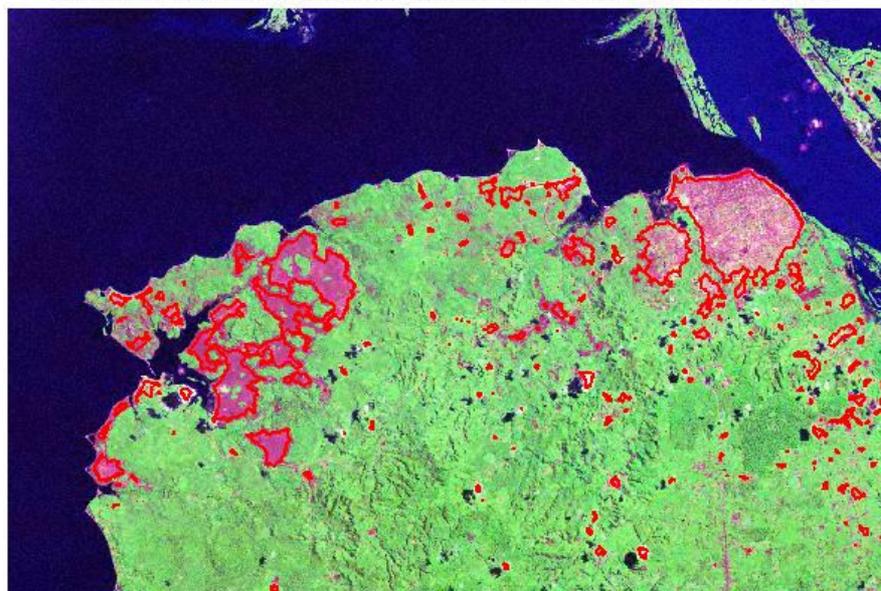


Figura 5: Composição colorida de imagens TM (canais 3,4 e 5) Juntamente com os contornos obtidos pela aplicação da metodologia proposta.

Entretanto, certas regiões que apontam uma baixa cobertura vegetal foram separadas, enquanto que parte das zonas de interesse forma erodidas **(Figura 6)**. Ainda nesta figura, observa-se a inclusão de contornos inconsistentes. Estes contornos são obtidos em zonas de nuvens, devido ao fato de que as nuvens possuem altos valores de reflectância no canal 3, aparecendo como regiões contíguas na imagem binária equivalente, como podemos observar nas **(Figuras 1 e 2)**. Tais efeitos foram obtidos devido à aplicação do elemento estruturante no processo de erosão. Conforme mostra Facon (1996) e Banon (1988), a aplicação da erosão binária ocasiona a separação de estruturas se a conexão entre elas for menor que o elemento estruturante. Por outro lado as zonas de interesses também sofrem erosão, ocasionando um contorno menor, i.é, interno à zona de interesse. Para tentar minimizar estes efeitos, aplicou-se um operador de dilatação com o mesmo elemento estruturante, i.é, o octagonal. O resultado obtido foi a expansão do contorno nas regiões em vermelho (zonas com baixa ou nenhuma cobertura vegetal), como podemos observar na **(Figura 7)**. Por outro lado nota-se também um aumento dos contornos inconsistentes e a inclusão de áreas verdes (com cobertura vegetal relevante). Estas inclusões devem-se particularmente ao fato de que a dilatação aplicada no final do processo resultou na conexão de zonas antes separadas **(Figura 6)**.

Zoom da Composição colorida de imagens TM (canais 3,4 e 5) juntamente com os contornos obtidos

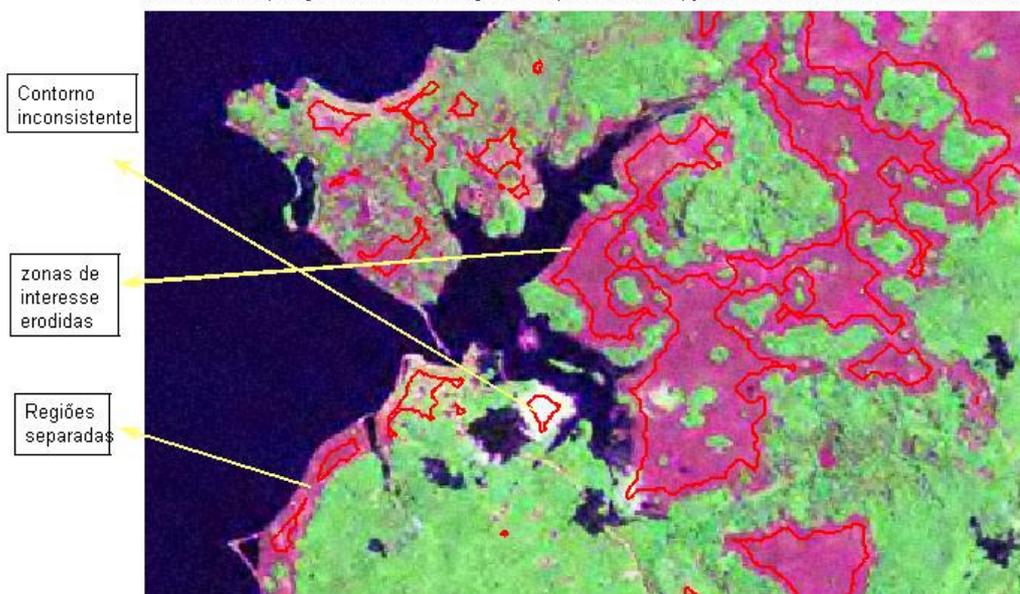


Figura 6: Zoom da Composição colorida de imagens TM (canais 3 4 e 5) juntamente com os contornos obtidos pela aplicação da Metodologia. No detalhe o aparecimento de contornos inconsistentes, estruturas particionadas e zonas de interesses erodidas.

Resultado da aplicação do operador dilatação



Figura 7: Composição colorida de imagens TM (canais 3,4 e 5) Juntamente com os contornos obtidos pela aplicação do operador de dilatação no final do processo. Observa-se um aumento na área contornada. Porém este resultado vem acompanhado por novos efeitos, dentre os quais mostra-se o aumento dos contornos inconsistentes e a inclusão de zonas verdes dentro dos contornos.

6. Conclusões

A metodologia mostrou-se altamente funcional, mesmo tendo em vista os indesejáveis efeitos de erosão em áreas de interesse e a quebra de zonas contíguas. As zonas de interesses foram apontadas (zona metropolitana, savanas,...) corretamente, e desde que as imagens processadas não tenham cobertura de nuvens significativas, a metodologia proposta pode servir de base para obtenção de estimativas razoáveis para o cálculo de áreas com baixa e/ou nenhuma cobertura vegetal. Por outro lado, podemos aplicar o operador de dilatação para corrigir o efeito da erosão sobre as zonas de interesse. O resultado revela um contorno mais fiel destas zonas. Juntamente com a melhoria dos contornos, nota-se o aparecimento de novos efeitos indesejados, dentre os quais podemos citar o aumento dos contornos inconsistentes e a inclusão de áreas verdes no interior dos contornos desenhados. Assim, um analista que utilize como base as imagens obtidas deve tomar cuidados para não subestimar ou sobreestimar o cálculo de áreas com baixa ou nenhuma cobertura vegetal. Devemos ressaltar ainda, que o algoritmo empregado é totalmente automático, sendo que o Toolbox “*Image Processing*” do Pacote MATLAB possui uma total flexibilidade na escolha do elemento estruturante. Desta forma, pode-se concluir que os objetivos deste trabalho foram alcançados.

7. Referências

- Ishikawa, Aline Sayuri, Paulo Henrique Amorim da Silva e Erivaldo Antônio da Silva. **Extração de Redes de Drenagem em Imagens Orbitais Utilizando a Teoria da Morfologia Matemática**. COBRAC 2004 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis.
- Lucia, Ana; Candeias, Bezerra e Silva, Erivaldo Antônio da. **Extração de Estradas de uma imagem ETM+ Landsat usando Morfologia Matemática**. COBRAC 2004 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis.
- Silva, Ardemirio de Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas, conceitos e fundamentos**. Universidade Estadual de Campinas, 1999.
- Banon, G. J. F. e J. Barrera: “**Bases da Morfologia Matemática para Análise de Imagens Binárias**”; segunda edição. INPE, São José dos Campos 1988.
- Facon, Jaques. **Morfologia Matemática, Teoria e Exemplos**. Editora Universitária Champagnat, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 1996.
- Florenzano, Tereza Galloti. **Imagens de Satélites para Estudos Ambientais**. Oficina de Textos, São Paulo, 2002.
- Gonzalez, R. C. e Wintz, P. **Digital image processing**. 2ed., Massachusetts, Addison Wesley, 1987.
- Gonzalez, Rafael C.; Woods, Richard E. e Eddins, Steven L. **Digital Image Processing Using MATLAB**. Prentice Hall, 2003.
- Serra, J. **Introduction to mathematical morphology. Computer Vision**. Graphics and Image Processing, vol. 35, no. 3, pp. 283–305, 1986.
- Minkowski, H. **Volumen und oberfläche**. *Math. Annalen*, 57:447-495, 1903.