

## Extração de Estradas de uma imagem ETM<sup>+</sup> Landsat usando Morfologia Matemática

Profa. Dra. Ana Lúcia  
Bezerra Candeias <sup>1</sup>

Prof. Dr. Erivaldo Antônio da Silva <sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFPE - Depto. de Engenharia Cartográfica  
CEP 50740-530 Recife PE  
analucia@ufpe.br

<sup>2</sup> UNESP - Depto. de Cartografia  
CEP 19060900 Presidente Prudente SP  
erivaldo@prudente.unesp.br

**Resumo:** Este trabalho aborda uma aplicação da Morfologia Matemática para extração de estradas de uma imagem ETM do Landsat. Utiliza-se para isto um novo conceito de mínimos locais que é automaticamente obtido a partir das ferramentas da Morfologia Matemática. Supõe-se nesta metodologia que a estrada é representada por níveis de cinza próximos a zero. Isto é facilmente observado na assinatura espectral da estrada, que na imagem é mostrada com níveis de cinza próximos a zero. Utiliza-se, portanto, uma banda onde a estrada possui resposta espectral baixa. Utiliza-se também a componente S da transformação HSV sobre a imagem para validar a metodologia.

**Palavras chaves:** Cartografia, Sensoriamento Remoto, Morfologia Matemática, Processamento Digital de Imagens.

**Abstract:** This work purposes an application of Mathematical Morphology to extract roads with Landsat ETM image. A new concept of local minimum is used extract automatically the roads. The methodology is defined in sense that theses roads represent low-level gray tones. Based on spectral signature, it would be possible to find these roads with low reflectance. Component S of HSV transformation over the image is used to validate this methodology.

**Keywords:** Cartography, Remote Sensing, Matematical Morphology, Digital Image Processing

### 1 Introdução

O Brasil possui vários problemas cartográficos, por falta de uma política efetiva voltada para o mapeamento do território nacional em grandes escalas.

A maior parte das regiões brasileiras é desprovida de mapeamentos em escalas maiores que 1:100000. De acordo com Sierra e Huarajo (2001), na escala 1:100000, 75,29% do território é mapeada, enquanto que na escala 1:50000, esse percentual cai para 13,9%.

Objetivando diminuir essa falta de mapeamento em grandes escalas, a comunidade cartográfica vem direcionando esforços na busca de metodologias alternativas para que os produtos cartográficos possam ser atualizados com maior rapidez, eficiência e menor custo.

Sabe-se que o uso integrado de imagens de sensoriamento remoto, com boas resoluções espaciais, técnicas de geoprocessamento, cartas topográficas convencionais e processamento digital de imagens tem auxiliado, sobremaneira, a atualização cartográfica.

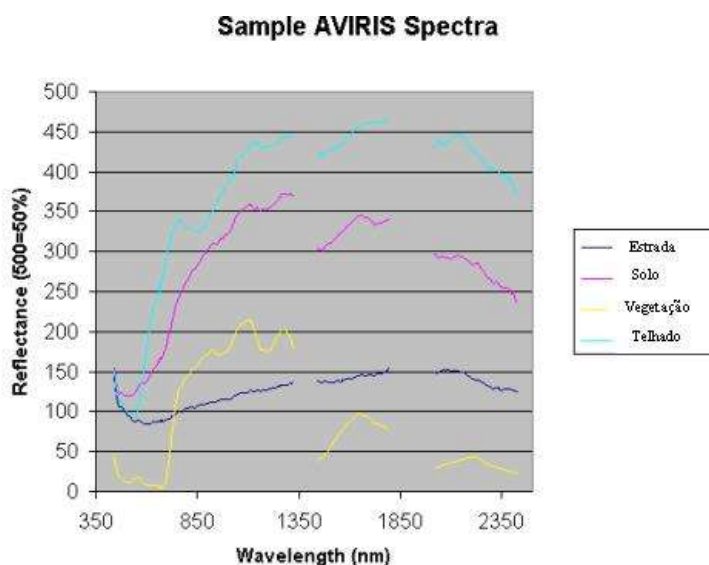
As imagens auxiliam na extração de feições cartográficas de interesse que podem ser usadas na identificação das alterações ocorridas ao longo do tempo e, posteriormente em processos convencionais de atualização cartográfica através do uso de SIG e técnicas de geoprocessamento.

Neste trabalho mostra-se a extração da malha viária de imagem da região de Presidente Prudente – SP, com o uso de operadores morfológicos básicos. Para esta extração, a escolha do limiar a ser empregado é feita de forma automática, o que facilita o processo. Técnicas convencionais de extração, necessitam de informações adicionais da imagem para definir o melhor limiar a ser utilizado, como por exemplo, o uso de histogramas. No caso aqui estudado utiliza-se o recurso de extrair os objetos mais escuros e que tenham largura de estrada. Esta forma de extração é bastante comum quando fazemos uma análise visual.

É sabido que uso de imagens de sensoriamento remoto em processos de atualização cartográfica esbarra na escala máxima em que tais produtos podem ser empregados. Vergara (1994) estudou a questão e indica que imagens podem ser utilizadas para atualizar produtos cartográficos na escala 1:50000 e menores, sendo sempre necessário, que um rigoroso estudo da qualidade geométrica das feições extraídas e do conteúdo informacional das imagens seja feito. Sensores com alta resolução podem gerar um mapeamento na escala 1:10000 ou menores.

## 2 SENSORIAMENTO REMOTO E O ALVO ESTRADA DE ASFALTO

Neste trabalho, imagens Landsat ETM foram utilizadas no processo de extração da malha viária. Para tanto, um estudo do comportamento espectral, da malha viária, foi fundamental para a definição das melhores bandas a serem utilizadas no processo. A **Figura 1** mostra o comportamento espectral de alguns alvos a partir do AVIRIS. Observa-se que a estrada asfaltada possui baixa resposta espectral.



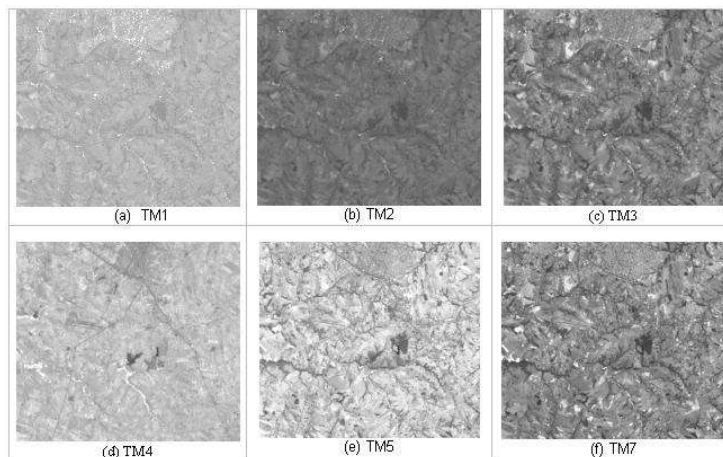
**Figura 1** : Comportamento Espectral de alguns alvos urbanos

(Fonte: <http://www.ncgia.ucsb.edu/ncrst/resources/easyread/HyperCenterlines/first.html>)

A **Figura 2** mostra as bandas da imagem do sensor ETM7<sup>+</sup> para a região de Presidente Prudente, Brasil, órbita/ponto: 276/75. Observa-se que as bandas 4 e 5 apresentam uma resposta espectral baixa para as estradas. Estas imagens serão então as selecionadas para a metodologia.

De acordo com Lillesand e Kiefer (1999), o nível de cinza de alvos do tipo estradas, em imagens orbitais, apresenta-se com menor resposta espectral na região do infravermelho próximo, entre 0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$ . Essa região corresponde ao intervalo espectral da banda 4 do Landsat 7 – ETM<sup>+</sup>. Isto significa que nessa região, a resposta espectral de alvos estrada é mais baixa, causando como efeito visual que na imagem tais feições aparecem com tons de cinza escuros.

Sabe-se que o uso da banda 4 do ETM<sup>+</sup> é indicado para o delineamento de corpos d'água que tendem a aparecerem muito escuro, quanto menos sedimentos tais corpos possuem. No entanto, as estradas de asfalto podem ser visualmente observadas por serem consideradas feições de tendência mais linear em relação a drenagem. Quando se diz que o valor do nível de cinza do alvo estrada é mais baixo na banda 4 do ETM<sup>+</sup> do que nas outras bandas, considera-se que tal feição aparece, visualmente, na imagem em tons de cinza mais escuros, não necessariamente próximos de zero, como é o caso de corpos d'água. A **Figura 2** apresenta a área teste nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do ETM<sup>+</sup>. A banda pancromática não foi utilizada neste trabalho.



**Figura 2** : Bandas da imagem ETM7 mostrando a região de Presidente Prudente

### 3 Morfologia Matemática

De forma literal, morfologia vem do grego e significa estudo (logia) das formas (morphos). Esta área de estudo auxilia na análise de formas e de objetos baseando-se em teoria de conjuntos, topologia, reticulados, função randômicas, etc.

Conceitos Básicos da MM podem ser vistos em Serra (1982), Barrera (1987), Haralick et al. (1987), Haralick e Shapiro (1991) e Banon e Barrera (1994). Os utilizados neste trabalho são apresentados a seguir.

Seja  $Z$  o conjunto dos inteiros. Sejam  $E$  um retângulo de  $Z^2$  e  $K$  um intervalo  $[0, k]$  de  $Z$ , com  $k > 0$ . A coleção das funções de  $E$  em  $K$  representa as imagens em níveis de cinza (as imagens binárias são vistas como caso particular de imagens em níveis de cinza). Denota-se esta coleção por  $K^E$  e por  $f$ ,  $g$ ,  $f_1$  e  $f_2$  os elementos genéricos de  $K^E$ .

A igualdade entre  $f_1$  e  $f_2$ , denotada  $f_1 \equiv f_2$ , é a função em  $K^E$  dada por, para todo  $x$  em  $E$ ,

A interseção de  $f_1$  e  $f_2$ , denotada  $f_1 \wedge f_2$ , é a função em  $K^E$  dada por, para todo  $x$  em  $E$ ,

$$(f_1 \wedge f_2)_2 = \min\{f_1(x), f_2(x)\},$$

a união de  $f_1$  e  $f_2$ , denotada  $f_1 \vee f_2$ , é a função em  $K^E$  dada por, para todo  $x$  em  $E$ ,

$$(f_1 \vee f)_2 = \max\{f_1(x), f_2(x)\}$$

As definições seguintes baseiam-se na estrutura de grupo Abeliano de  $(Z^2, +)$ . Seja  $B$  um subconjunto de  $Z^2$ . Denota-se por  $B_h$  *translado de  $B$  por um vetor  $h$*  em  $Z^2$ , isto é,

$$B_h = \{x + h : x \in B\}$$

Denota-se por  $B^t$  o *transposto de  $B$*  isto é,

$$B^t = \{-x, x \in B\}$$

A erosão  $B$  é a função em  $K^E$  dada por, para todo  $x$  em  $E$ ,

$$(\varepsilon_B(f))(x) = \min\{f(y) : y \in B_x \cap E\}$$

#### 4 Atualização Cartográfica

No Brasil, por falta de uma política cartográfica nacional, os produtos cartográficos existentes estão, na sua maioria, desatualizados. Esta desatualização gera dificuldades para a utilização desses produtos, visto que as informações não são atuais. O custo de um mapeamento ou remapeamento tradicionais é alto e demanda um tempo de execução relativamente longo.

Com o avanço tecnológico, imagens digitais da superfície terrestre passaram a ser uma fonte de dados para auxiliarem a tarefa de extração de feições cartográficas, sendo que depois de extraídas, essas feições podem ser utilizadas em processos convencionais de atualização cartográfica.

Estudos e trabalhos desenvolvidos com a finalidade de propor métodos alternativos para que produtos cartográficos possam ser atualizados com maior rapidez e menor custo, vêm sendo desenvolvidos e possuem uma grande importância na área de cartografia, pois objetivam diminuir o volume de produtos cartográficos desatualizados devido a falta de uma política cartográfica para o País. Neste sentido, as imagens de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizadas. Métodos de processamento digital de imagens para a extração de feições são empregados. Extraídas as feições é possível, realizar a tarefa de identificação das alterações ocorridas, através do uso de técnicas de geoprocessamento que fazem a sobreposição da imagem, contendo as feições extraídas e, o produto digital desatualizado da área de interesse. De posse das alterações, processos convencionais de atualização podem ser utilizados no intuito de gerar um produto cartográfico atualizado. Nesta etapa Sistema de Informações Geográficas podem ser utilizados.

Neste trabalho, apenas a fase de extração de feições é abordada e, a técnica utilizada é a Morfologia Matemática.

Segundo d'Alge (1997), o advento dos satélites orbitais de sensoriamento remoto disponibilizou imagens com boas resoluções espacial e espectral a custos relativamente mais baixos que os produtos fotogramétricos convencionais.

Necessariamente, as imagens de sensoriamento remoto precisam estar georeferenciadas antes do uso das feições extraídas em processos de atualização. Mas esse não é o único requisito, o conteúdo informativo também deve ser observado.

Uma questão importantíssima para o uso de imagens de sensoriamento remoto em processos de atualização cartográfica, é o cuidado em até que escala de produtos cartográficos, as feições extraídas

podem ser utilizadas. Reiterando, segundo Vergara (1994), as imagens podem ser utilizadas em escala 1:50000 e menores, desde que a qualidade geométrica e o conteúdo informacional das imagens tenham sido observados. O mesmo autor, conclui ainda que, os resultados obtidos em processos de atualização cartográfica, via uso de imagens de sensoriamento remoto, ficam muito próximos dos requisitos imposto pelas normas cartográficas para cartas Classe A.

## 5 Transformação HSV

A cor é um atributo muito rico de informação. Várias áreas do conhecimento utilizam o espaço de cores para efetuar realce, fusão, classificação e compressão de imagens.

Existem vários modelos de representação do espaço de cores, o mais conhecido é o modelo RGB que é utilizado nos monitores CRT e que está definido em um sistema cartesiano de coordenadas e representado por um cubo (Figura 3).

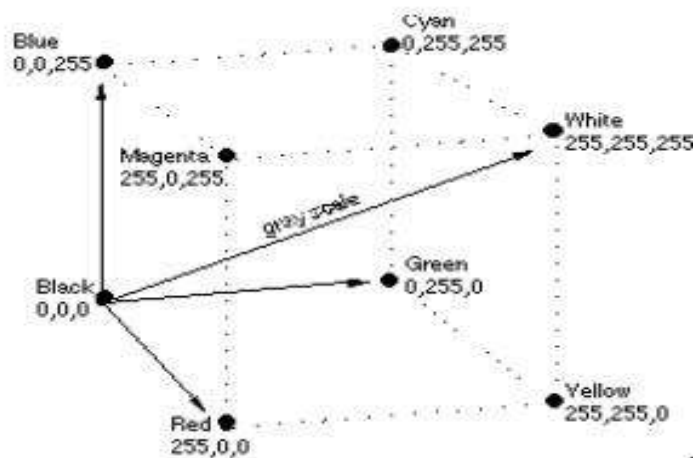


Figura 3 : Cubo RGB. Fonte: Don Desnoyers, 1995a.  
(<http://pf.emr.ca/~don/jwz/pages/hsv/hsvdoc.html>)

O modelo HSV desenvolvido por Smith (1978) é um modelo baseado na geometria de um cone (Figura 4). Neste modelo, pinturas artísticas podem ser intuitivamente incorporadas, já que é uma abordagem mais natural de como o ser humano percebe a cor. Neste modelo, a cor é então definida pelo Matiz, Saturação e Valor (Hue, Saturation and Value). Existe um mapeamento que leva o modelo RGB para HSV e vice-versa (Foley et al., 1990).

O **matiz** (H) distingue as cores, exemplo: verde do vermelho. A **saturação** (S) refere-se o quão longe está uma cor de seu nível de cinza. Cores pastéis são relativamente menos saturadas e com mais branco que as cores mais vivas e saturadas. Exemplo: rosa, cor menos saturada e o vermelho, cor mais saturada. O **valor** (V) refere-se como a intensidade da luminosidade do objeto e é percebida.

Este modelo também pode ser definido por um cone de seis lados onde seu topo corresponde a  $V = 1$ , e as cores se encontram com seu valor, ou intensidade, máximo. A matiz é definida como o ângulo ao redor do eixo vertical, com vermelho em  $0^\circ$ . A saturação  $S$  é medida como uma proporção, com valor 0 no eixo vertical e 1 na borda do hexágono. O ponto  $S = 0, V = 1$  é branco e o ponto  $V = 0$  é preto. Os tons de cinza estão no eixo  $S = 0$ . Qualquer valor pode estar associado a  $S$  se  $V = 0$ . Se  $S = 0$ , o valor de  $H$  não tem significado e é chamado indefinido. Adicionar pigmento branco a uma cor equivale a diminuir  $S$  sem mudar  $V$ .

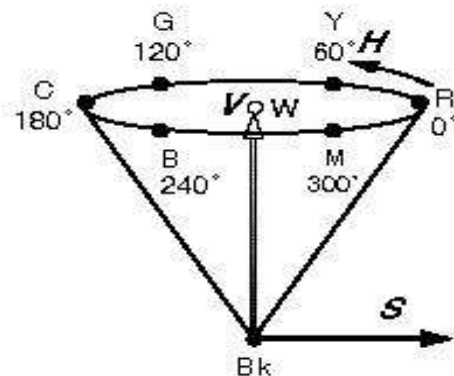


Figura 4 : Modelo HSV.  
Fonte: Don Desnoyers, 1995b.  
(<http://pf.emr.ca/~don/jwz/pages/hsv/hsvcone.html>)

Adicionar pigmento preto equivale a diminuir V sem alterar S. Mudar S e V ao mesmo tempo corresponde a uma mudança de tonalidade.

O modelo HSV é mais atrativo ao nosso problema, pois na análise visual é assim que separamos os objetos pela cor.

O MATLAB possui uma conversão direta de do modelo RGB para o HSV e vice versa. Utilizamos no trabalho apenas a componente S por apresentar as estradas como regiões de mínimos locais.

## 6 Metodologia

Na **Figura 1 (d)** a estrada está representada por níveis de cinza próximos a zero. Portanto, encontrando-se áreas de mínimo estaremos encontrando a localização das estradas. Isto é feito selecionando os pixels de  $f$  que são iguais aos pixels de  $\varepsilon_B(f)$ . Classifica-se as áreas de mínimo e por consequência obtém-se a extração de feições com baixa resposta espectral e de largura de uma estrada. A Equação segue esta idéia, supondo que os mínimos estão localizados ao longo de quatro perfis distintos mostrados pelos elementos estruturantes B1, B2, B3 e B4.

$$f_1 = (\varepsilon_{B1^*}(f) \equiv f) \vee (\varepsilon_{B2^*}(f) \equiv f) \vee (\varepsilon_{B3^*}(f) \equiv f) \vee (\varepsilon_{B4^*}(f) \equiv f)$$

Onde:

$B1^* = nB1$ ,  $B2^* = nB2$ ,  $B3^* = nB3$ ,  $B4^* = nB4$  e  $n$  número de iterações.  $n$  fornece o comprimento do perfil onde deve ser avaliado o mínimo local.

$$B1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

## 7 RESULTADOS

A **Figura 5** mostra o resultado com  $n = 3$ ,  $n = 13$  e  $n = 21$ . Observa-se que para uma mesma imagem, quando  $n$  aumenta, a imagem de saída torna-se com menos textura (ruído). Porém, detalhes das rodovias são perdidos. Utilizando a mesma metodologia que anteriormente apresentada para banda original ETM4, utiliza-se a seguir a componente S da imagem RGB ETM543 (**Figura 6**).

Observa-se que a imagem binária gerada a partir de S mostra mais detalhes sobre as estradas que a banda original ETM4 com  $n=21$  (**Figura 7**).

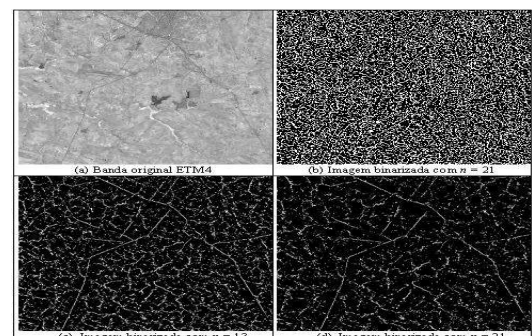
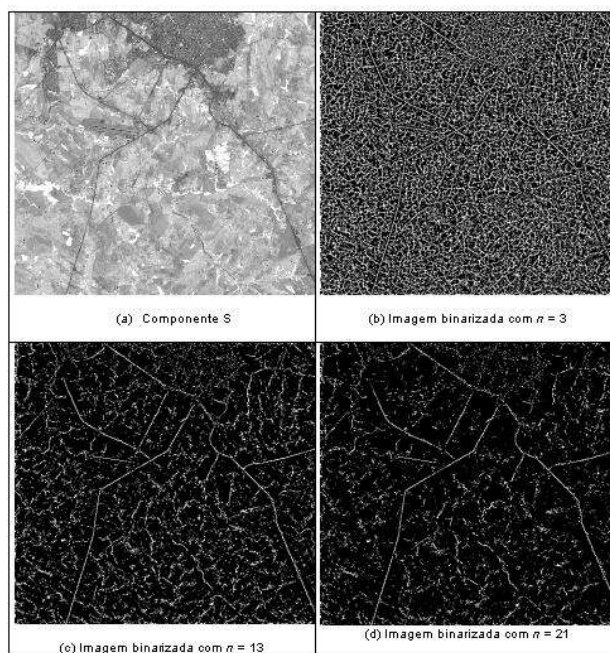
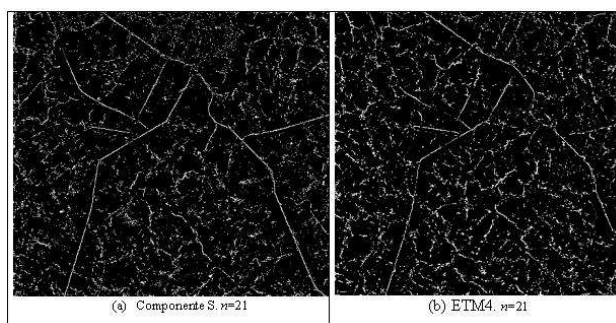


Figura 5A banda original ETM4 com metodologia aplicada para  $n$  diversos



**Figura 6 :** Imagem S e suas binarizações pela metodologia



**Figura 7 :** Comparação entre a Componente S e a ETM4

## 8 Conclusão

Estudos e trabalhos desenvolvidos com a finalidade de propor métodos alternativos para que produtos cartográficos vêm sendo desenvolvidos e possuem uma grande importância na área de cartografia. Neste sentido, as imagens de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizadas. Diversos métodos de processamento digital de imagens para a extração de feições são empregados.

Neste trabalho mostrou-se a extração de estradas a partir das ferramentas da morfologia. Esta metodologia fornece um novo enfoque não linear na extração de feições utilizando processamento de imagens. A questão do limiar automático supondo que as estradas são mínimos locais geram resultados interessantes mostrados neste trabalho. Observou-se utilizar a componente S da transformação HSV pode resultar em uma melhor representação das estradas.

De posse dos resultados obtidos, processos convencionais de atualização podem ser utilizados no intuito de gerar um produto cartográfico atualizado.

## 8 Referências Bibliográficas

**Ablameyko, S. Bereishik V.; Paramonova, N.** *Vectorization and Representation of Large-Size 2-D line-Drawing Images.* **Journal of Visual Communication and Image Representation**, **5(3)**:245-254, 1994.

Ansault, M. M. ; Soille, M. M. *Mathematical morphology: a tool for automated GIS data acquisition from*

*scanned thematic maps. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **56(9)**:1263 - 1271, sep. 1990.

**Banon, G. J. F., Barrera J.** *Bases da Morfologia Matemática para a análise de imagens binárias. IX Escola de Computação*, Recife, 24-31, julho, 1994.

**Barrera, J.; Banon, G. J. F. E Lotufo, R. A.** *A mathematical morphology toolbox for the KHOROS system: specifications for Version 1.2b. Workshop'95 de Morfologia matemática*, Campinas, mar., 1995.

**Candeias, A. L. B. ; Sousa, E. B.** Aplicação da Morfologia Matemática na extração automática de curva de nível de carta topográfica. In: **VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Salvador, BA, 14-19 de abril de 1996.

Candeias, A. L. B *Aplicação da Morfologia Matemática à Análise de Imagens de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos: INPE, 1997. 152p. **Tese (Doutorado em Computação Aplicada)** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

**Gonzalez, R. C. E Wints, P.** *Digital image processing*. 2ed., Massachusetts, Addison Wesley, 1987.

**Sierra F., C.; Huarajo, C.E.** 2001. *Situação atual da cartografia topográfica da América do Sul. (Relatório Final de Iniciação à Pesquisa do curso de graduação em Engenharia Cartográfica)*. Rio de Janeiro, IME, DE/6, 40p.

**Vergara, O. R.** *Avaliação de produtos de sensoriamento remoto para fins de atualização cartográfica. Dissertação de Mestrado*, São José dos Campos, INPE, 1994, 155 p.(INPE 5584-TBI/546).

**Vergara, O. R.; Kurkdjian, M.Ln.O.; D'alge, J.C.L. E Pereira, M.M.** 2000. *Geoprocessamento e sensoriamento remoto para atualização de cartas topográficas*. In: **Simpósio SELPER**, 9., Puerto Iguazú, Argentina. Memórias, Area B, Cartografia, p. 183-91.