

DETECÇÃO DE FEIÇÕES PRESENTES EM IMAGEM ORBITAL DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL UTILIZANDO MORFOLOGIA MATEMÁTICA

Aline Zanardini¹

Claudinei Rodrigues de Aguiar²

Thiago Statella³

RESUMO: O objetivo deste trabalho é detectar as feições referentes às edificações (blocos) do *campus* Pato Branco, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, através do uso de imagem de satélite e de técnicas computacionais baseadas em Morfologia Matemática (MM). Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada imagem orbital de alta resolução proveniente do satélite IKONOS, sendo empregado como plataforma de trabalho o *software* ENVI na detecção das feições, bem como na etapa de pré-processamento das imagens.

PALAVRAS-CHAVE: processamento digital de imagens, morfologia matemática, detecção de feições.

ABSTRACT: This study aims at detecting some features of the buildings constructions at the Federal Technological University of Paraná – UTFPR, *campus* Pato Branco. The method counted on the use of the satellite imagery and computational techniques based on Mathematical Morphology (MM). The development of this study used the orbital high resolution image taken from IKONOS satellite. The ENVI software was used as a working platform for detecting the features, as well as, the preprocessing phase of the images.

KEYWORDS: digital Image processing, mathematical morphology, feature detection.

1 Graduanda da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba. *E-mail:* alinezanardini@yahoo.com.br.

2 Prof. Dr. da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco. *E-mail:* rodrigues.aguiar@gmail.com.

3 Prof. Dr. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – *Campus* Cuiabá. *E-mail:* thiago.statella@cba.ifmt.edu.br.

INTRODUÇÃO

Este trabalho é um exemplo de aplicação prática de técnicas de processamento digital de imagens, e descreve a detecção dos contornos de alguns edifícios, localizados no *campus* Pato Branco, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), através do uso de imagens orbitais de alta resolução e de técnicas computacionais baseadas em Morfologia Matemática (MM). Existem muitas possíveis abordagens no Processamento Digital de Imagens (PDI) para a detecção de feições, no entanto a MM destaca-se quando as feições a serem detectadas possuem características geométricas bem definidas. Alguns exemplos de detecção de feições utilizando esta técnica podem ser encontrados em Statella e Silva (2003), Candeias e Silva (2004), Silva, Leonardi e Alberti (2008).

A imagem usada neste trabalho é proveniente da banda pancromática (526nm - 929 nm) do satélite IKONOS, cuja resolução espacial é de 1 (um) metro. A imagem original foi recortada a fim de definir uma região de interesse, conforme mostrado na Fig. 1. Os tons mais claros na imagem, como os das superfícies construídas, são originados pela maior reflectância dos alvos, enquanto tons mais escuros, como os das vias e vegetação, são causados pela baixa reflectância de tais alvos.

Figura 1. *Campus* da UTFPR, localizado no município de Pato Branco, estado do Paraná (26°13'44" S, 52°40'15" O)



MORFOLOGIA MATEMÁTICA

A MM consiste em estudar objetos da imagem com base em seus atributos de brilho e geometria através de transformações que levam em conta a conectividade estabelecida por um conjunto completamente definido e conhecido (forma, tamanho), chamado de elemento estruturante (EE). O EE é comparado aos alvos da imagem em cada transformação, e o resultado desta comparação permite avaliar e obter informações geométricas e topológicas sobre tais alvos, como área, convexidade, orientação, etc.

A seguir, duas formas básicas de elementos são apresentadas.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & \mathbf{1} & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} : \text{Elemento estruturante } \textit{cruz}. \text{ A posição em negrito marca a origem do EE.}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \mathbf{1} & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} : \text{Elemento estruturante } \textit{caixa}.$$

As transformações elementares da MM são a erosão e dilatação. A combinação dessas transformações elementares permite a criação de outros operadores, como a abertura morfológica. A seguir são dadas as definições dessas transformações.

Erosão: Seja o elemento estruturante B um subconjunto de $\mathbf{Z}^2$. A erosão ε de uma imagem f , binária ou em tons de cinza, por B (denotada por ε_B), é o valor mínimo (ínfimo) entre as translações de f pelos vetores $-b$ de B .

$$\varepsilon_B(f) = \bigwedge_{b \in D(B)} f_{-b}. \quad (1)$$

Em outras palavras, o valor da erosão para um dado pixel x de f é o valor mínimo da imagem na janela definida pelo elemento estruturante quando sua origem está em x :

$$[\varepsilon_B(f)](x) = \min_{b \in D(B)} f(x+b) . \quad (2)$$

Os efeitos da erosão, ao se considerar uma imagem binária ou em tons de cinza com fundo escuro, são:

- Escurecer a imagem;
- Alargar os vales (padrões escuros);
- Conectar vales próximos;
- Reduzir e, às vezes, eliminar picos (padrões claros); e
- Separar picos próximos.

Dilatação: A dilatação δ de uma imagem f , binária ou em tons de cinza, por B (denotada por δ_B), é o valor máximo (supremo) entre as translações de f pelos vetores b de B .

$$\delta_B(f) = \bigvee_{b \in D(B)} f_b . \quad (3)$$

Em que $D(B)$ indica o domínio de B .

Oposto da erosão, o valor da dilatação para um dado pixel x é o valor máximo da imagem na janela definida pelo elemento estruturante quando sua origem está em x :

$$[\delta_B(f)](x) = \max_{b \in D(B)} f(x+b) . \quad (4)$$

Os efeitos da dilatação, ao se considerar uma imagem binária ou em tons de cinza com fundo escuro, são:

- Clarear a imagem;
- Alargar os picos (padrões claros);
- Conectar picos próximos;
- Reduzir e, às vezes, eliminar vales (padrões escuros); e
- Separar vales próximos.

Nas definições de dilatação e erosão, $\vee$ e $\wedge$ são as operações de supremo e ínfimo, respectivamente.

Abertura: A abertura γ de uma imagem f por um EE B é denotada por $\gamma_B(f)$ e é definida como a erosão de f por B , seguida da dilatação por B :

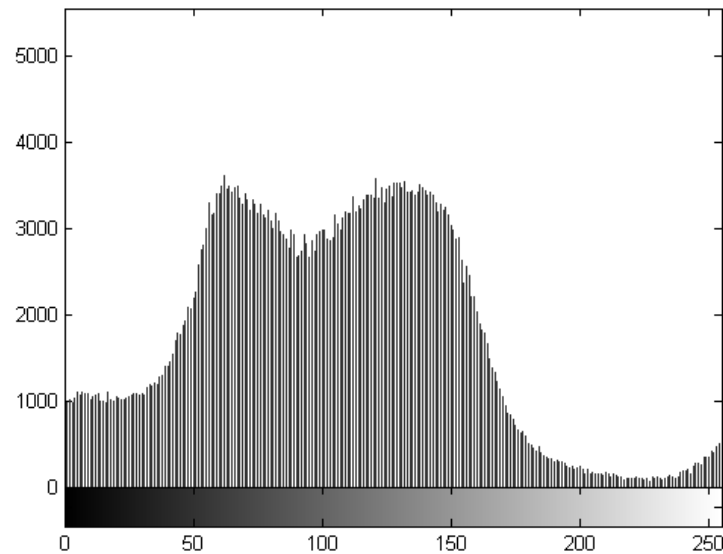
$$\gamma_B(f) = \delta_B[\varepsilon_B(f)] \quad . \quad (5)$$

Mais informações sobre MM podem ser encontradas em Serra (1982) e Soille (2004).

MÉTODO

A MM pode ser aplicada tanto em imagens em tons de cinza quanto em imagens binárias. Com o intuito de fazer uma segmentação inicial dos alvos de interesse, a imagem original (Fig. 1) foi binarizada adotando-se o limiar 215, escolhido através de análise do histograma da imagem (mostrado na Fig. 2).

Figura 2. Histograma da Imagem Original



O processo de binarização consiste em tornar binária uma imagem em tons de cinza ao

se escolher um limiar acima do qual todos os pixels passam a ter valor "1" e abaixo do qual os pixels são assinalados como fundo, recebendo o valor "0". Pixels com o mesmo valor do limiar podem receber o valor 0 ou 1, de acordo com o algoritmo empregado.

Como resultado da binarização inicial, foram segmentadas na imagem algumas das feições de interesse, uma vez que o limiar foi escolhido com base nos níveis de cinza das feições que se desejava extrair.

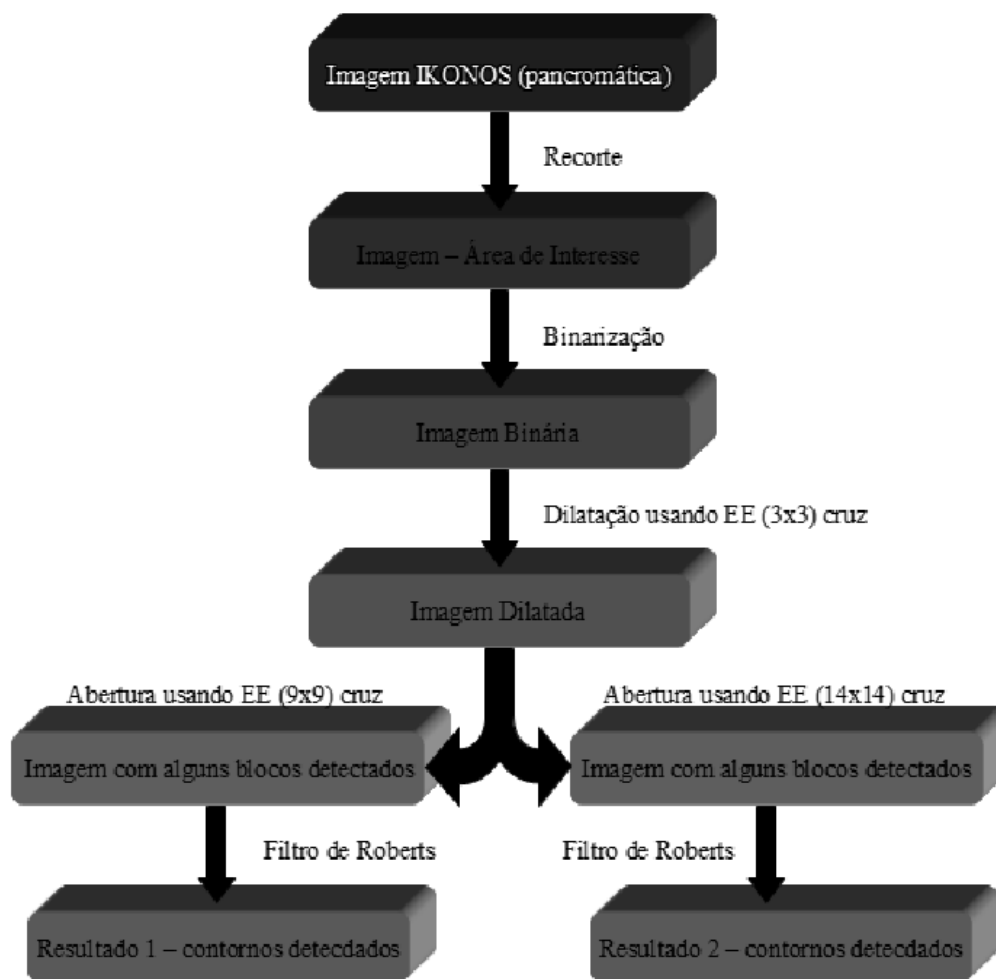
Na Fig. 3 pode-se observar a imagem obtida do processo de binarização e sobre a qual foram, posteriormente, aplicados os operadores morfológicos.

Figura 3. Imagem obtida do processo de binarização



A sequência da aplicação dos operadores morfológicos sobre a imagem binária é apresentada na Fig. 4.

Figura 4. Sequência dos Procedimentos



A etapa de processamento morfológico foi inicializada com a aplicação, sobre a imagem binária (Fig. 3), do operador dilatação usando um EE de tamanho 3x3 em cruz. O tamanho do EE foi escolhido empiricamente. Em seguida aplicou-se, sobre a imagem dilatada, o operador abertura usando um EE de tamanho 9x9 em cruz. O tamanho do EE justifica-se pelo refinamento desejado. Devido à presença de certo ruído (elementos na imagem, maiores que o elemento estruturante, cuja detecção era indesejada) na imagem obtida após esta abertura decidiu-se aplicar sobre a imagem dilatada uma abertura usando um EE de tamanho 14x14 em cruz. Então, cada abertura foi seguida da aplicação do filtro de Roberts, uma vez que sua função é detectar as bordas de determinada feição a partir da análise da variação de seu gradiente através da aplicação de duas máscaras de convolução direcionais de 45° e 135° (MAGALHÃES e OLIVEIRA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens obtidas a partir da sequência dos procedimentos descritos na Fig. 4 são mostradas nas Fig. 5 e Fig. 6. A Fig. 5 mostra o resultado da aplicação de abertura com EE tamanho 9x9 e a Fig. 6 mostra o resultado da abertura com o EE tamanho 14x14. Nos dois casos o EE usado foi o cruz.

Figura 5. Resultado 1: contornos detectados após abertura com EE 9x9

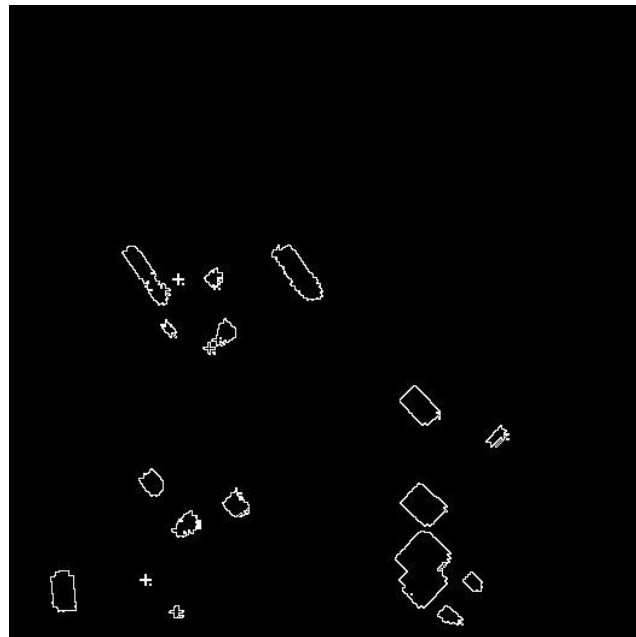
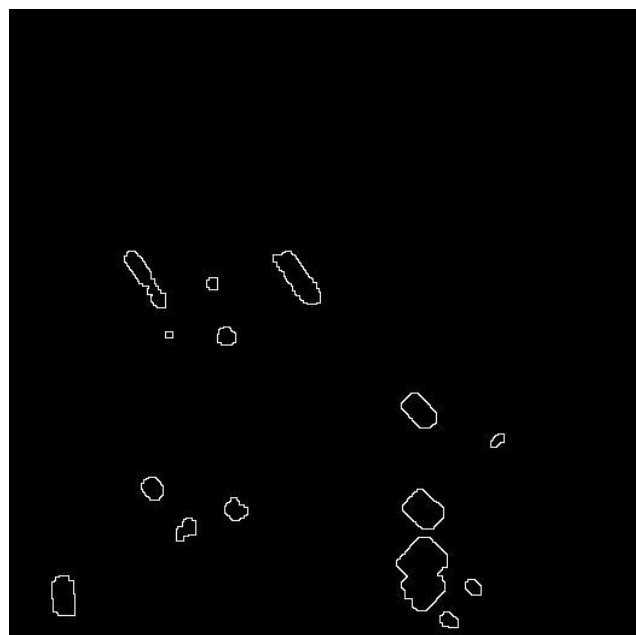
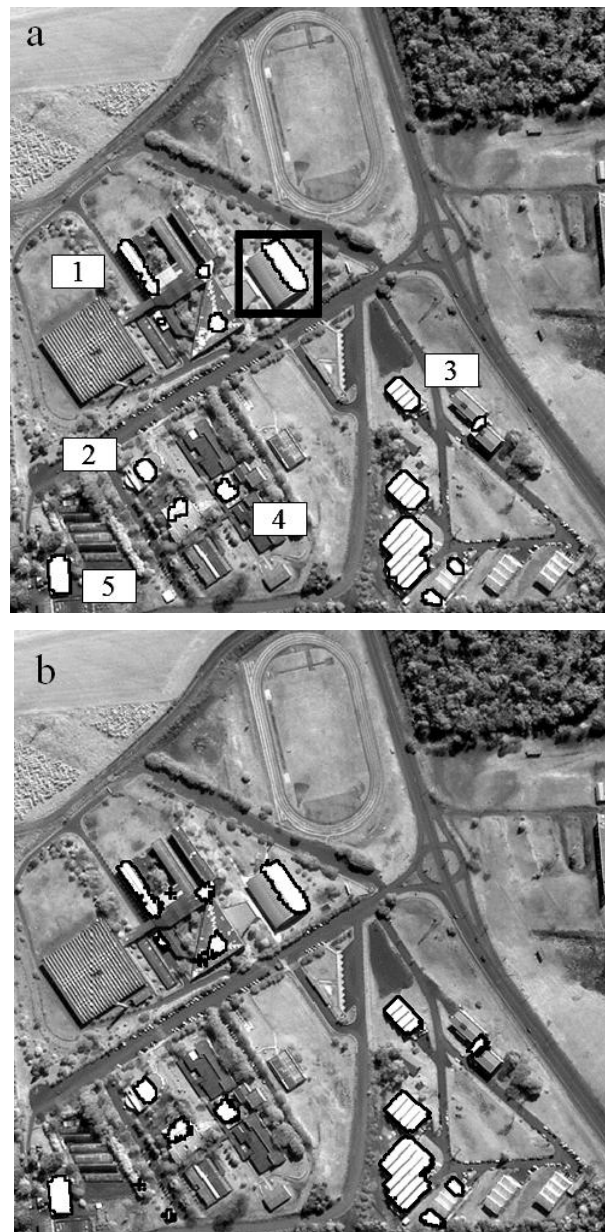


Figura 6. Resultado 2: contornos detectados após abertura com EE 14x14



A análise dos resultados foi feita baseando-se na quantidade de edifícios detectados e na linearidade de seus contornos. Esta última análise foi visual. As imagens contendo as feições detectadas foram sobrepostas à original, como mostra a Fig. 7, onde as linhas em (a) mostram o resultado da abertura com EE tamanho 9x9 e as linhas em (b) mostram o resultado da abertura com EE tamanho 14x14.

Figura 5. Análise dos Resultados



Na Fig. 7, são exibidos o Bloco N (Coordenação do Curso Técnico em Agrimensura da UTFPR) (1), o Anfiteatro (2), o CETIS (Centro Tecnológico Industrial do Sudoeste do

Paraná) (3), o Restaurante Universitário (4) e o Alojamento (5).

No resultado mostrado na Fig. 6, algumas feições que haviam sido detectadas, pela abertura de tamanho 9x9, desnecessariamente, foram removidas, visto que não cumpriam o objetivo da realização deste trabalho. Em ambos os resultados, entretanto, observa-se que devido à presença de diferentes orientações e tamanhos dos edifícios, bem como a diversidade de respostas espectrais dos mesmos, a aplicação dos operadores morfológicos, como realizada neste estudo, foi insuficiente para a detecção dos edifícios em sua totalidade. Nota-se também que a extração da feição do edifício correspondente ao ginásio, marcado por um quadrado em vermelho, foi parcial. Apenas a parte iluminada do telhado foi detectada, devido a sua elevada resposta espectral.

Os edifícios cujos contornos foram detectados são: Bloco N (onde está localizada a Coordenação do Curso Técnico em Agrimensura da UTFPR), o Anfiteatro, o CETIS (localizado próximo ao *campus*), o Restaurante Universitário e o Alojamento. Como se percebe pela análise das Figs. 5-7, o resultado da detecção foi influenciado por sombras nas laterais dos prédios. No caso do Ginásio, marcado pelo *box* em vermelho na Fig. 7, seu teto abaulado provocou uma sensível diferença na reflectância, atrapalhando a detecção de seu contorno. Os resultados mostram as potenciais aplicações da MM no PDI e é necessário considerar a metodologia empregada.

Os resultados deste estudo mostraram-se satisfatórios considerando-se a resolução espacial da imagem utilizada, os tipos e quantidade de feições presentes na mesma, o *software* utilizado, que apesar da grande diversidade de funções não consiste num ambiente que permite a implementação de algoritmos, e ainda as várias dificuldades impostas pela atual configuração dos operadores morfológicos conhecidos. Isso porque não são capazes, muitas vezes, de atender a certas imposições da imagem como diferentes tipos de objetos na mesma imagem, diferentes respostas espectrais dos mesmos, diferentes tamanhos, diferentes orientações e diferentes formatos.

Nota-se também que a partir da escolha de um limiar no processo de binarização predefiniram-se quantos e quais edifícios seriam detectados, bem como a sequência de aplicação dos operadores morfológicos fez o mesmo. A escolha do limiar é crucial e se configura numa prévia segmentação da imagem. Geralmente, o limiar é escolhido com base no histograma da imagem. Entretanto, em alguns casos, a escolha não é tão simples. Variações na iluminação da cena podem requerer que o processo de escolha do limiar seja empírico. Portanto, para a detecção de outras feições deve-se analisar qual valor de limiar

deve ser adotado e, provavelmente, também deverá ser adotada uma sequência diferente para a aplicação dos operadores morfológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os resultados da detecção das feições dos edifícios não representem a totalidade existente no *campus* e tenha havido certas distorções, como na detecção do ginásio, estes demonstraram a potencial aplicabilidade do uso da MM na Cartografia, mostrando uma perspectiva positiva quanto à solução de problemas que envolvem a extração de informações de imagens de sensoriamento remoto. Alguns exemplos disso são a detecção e vetorização automáticas de rodovias, eixos de drenagens, detecção de áreas sombreadas, etc.

É importante salientar que a ferramenta computacional utilizada apresenta limitações em termos de aplicação de técnicas de MM, já que, como mencionado, não permite a criação e implementação de algoritmos que ajudariam a reduzir as dificuldades que as características dos objetos na imagem impuseram (formatos, tamanhos, orientações, respostas espectrais).

REFERÊNCIAS

CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, E. A. Extração de Estradas de uma imagem ETM + Landsat usando Morfologia Matemática. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2004. *Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário*. Florianópolis: UFSC, 2004. p. 1-8.

SERRA, J. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Londres: Academic Press, 1982. p. 610.

SILVA, E. A.; LEONARDI, F.; ALBERTI, G. A. Aplicação de técnicas de Morfologia Matemática e PDI na extração de drenagem em imagens digitais. In: 7th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Application, Presidente Prudente, 2008. *Anais do 7th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Application*. Presidente Prudente, 2009. p. 1-6.

SOILLE, P. *Morphological Image Analysis*. 2 ed. Berlin: Springer-Verlag, 2004. p. 391.
STATELLA, T.; SILVA, E. A. Morfologia matemática: extração de feições a partir de imagens orbitais. In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, Belo Horizonte, 2003. In: *Anais do XXI Congresso Brasileiro de Cartografia*, Belo Horizonte, 2003.