

## Programação dinâmica para segmentação em imagens CBERS

Wendeson da Silva Oliveira<sup>1</sup>  
Ângela Vilhena Dias<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará - UFPA  
CEP 68040-070 – Santarém - PA, Brasil  
{wendeson.wso, angela.vilhena}@gmail.com

**Abstract.** A framework for segmentation of structures in remote sensing images has been developed. The method can aid in the analysis of land cover and road location. The proposed solution is framed as an optimization and a graph problem. The method applies the dynamic programming technique to find the contours. Promising experimental results are shown on CBERS images.

**Palavras-chave:** programação dinâmica, transformada de distância, sensoriamento remoto, segmentação, imagens CBERS.

### 1. Introdução

A segmentação de imagens tem sido um problema amplamente discutido no campo de processamento de imagens digitais e visão computacional. Sua importância para a análise de imagens de sensoriamento remoto advém da necessidade de informações sobre a superfície terrestre (Stoica *et al.* (2004)).

O objetivo deste trabalho é apresentar um método semi-automático de segmentação baseado em programação dinâmica (Cormen *et al.* (1996)) e transformadas de distância (Costa e Cesar Jr (2001)). O problema de encontrar o contorno de um objeto é tratado como um problema de detecção do caminho de menor custo. O método é uma extensão da segmentação *Live-Wire* proposta por Falcão (1997). O trabalho traz duas contribuições: a primeira refere-se a um novo atributo baseado em transformadas de distância para compor a função custo, e a segunda trata-se da redução do espaço de busca determinado igualmente por uma transformada de distância.

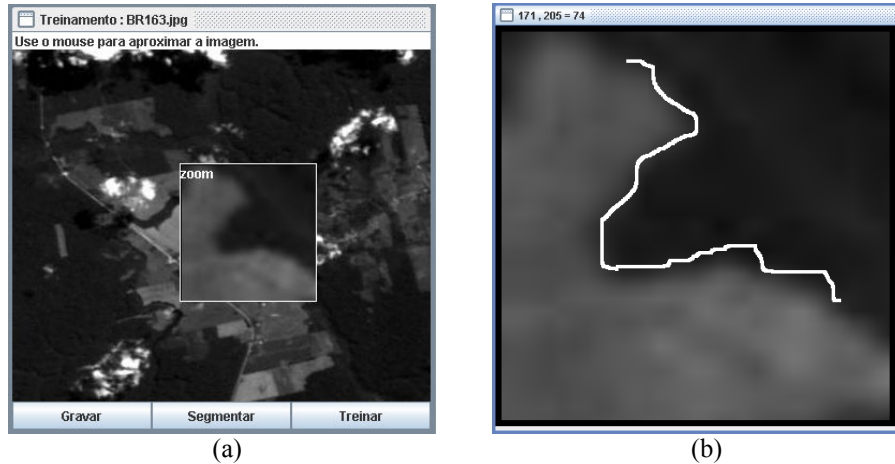
A Seção 2 apresenta o método baseado em programação dinâmica e na transformada de distância. A Seção 3 traz resultados preliminares da aplicação do método em imagens obtidas pelo satélite CBERS (INPE). Finalmente, as conclusões são apresentadas na Seção 4.

### 2. Segmentação por Programação Dinâmica

Um objeto a ser segmentado possui certos atributos que o discriminam de outros. Desta forma, a segmentação pode ser vista como um problema de reconhecimento de padrões, onde é fundamental determinar que atributos devem ser empregados para obter os melhores resultados. Diversas funções podem ser empregadas como atributos para a classificação das arestas dos pixels em uma imagem. A classificação tem por objetivo associar valores no intervalo entre 0 e 1 para cada aresta de pixels adjacentes, sendo que uma boa classificação associa valores de custo baixo para as arestas pertencentes à borda desejada e valores altos para as demais.

A seleção de atributos ótimos para segmentar um determinado objeto é feita através do treinamento. Treinar significa determinar valores estatísticos aos atributos relacionados à borda, como por exemplo, intensidade máxima e mínima, os valores das transformadas de distância, que representem o intervalo no qual as arestas pertencentes à borda devem se encontrar. O treinamento é feito pelo usuário aproximando o objeto de interesse na imagem de modo que a borda fique em destaque. As transformadas de distância (Costa (2001)) são uma maneira simples, robusta, rica e eficiente para a representação de formas. Uma transformada

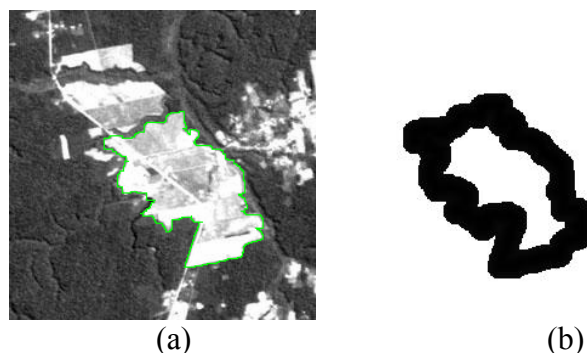
de distância  $TD$  é uma função que atribui a cada ponto  $p$  em um dado domínio, um número d igual à distância do menor caminho até o objeto. A **Figura 1** mostra a etapa do treinamento de uma imagem da rodovia BR-163.



**Figura 1:** (a) Imagem do satélite CBERS da rodovia BR-163 mostrando a região de interesse para treinamento. (b) Segmento da borda de interesse desenhado pelo usuário.

O objeto é delineado automaticamente e o usuário interage apenas quando o processo requer uma ação de reconhecimento deste objeto na imagem.

O problema de encontrar o segmento ótimo da borda do objeto na imagem, que vai de um vértice  $v_s$  a um vértice  $v_e$  marcado sobre a borda transforma-se no problema de encontrar o caminho mais curto em um grafo partindo de  $v_s$  e chegando a  $v_e$ . A essa fase dá-se o nome de conectividade. Na classificação, cada aresta de pixels possui um valor que representa sua proximidade em relação a borda. Cada aresta possui associado a ela um valor que corresponde ao custo conjunto no intervalo de 0 e 1. Um caminho de um vértice  $v$  a um vértice  $u$  é formado pela soma dos pesos de cada aresta partindo de  $v_s$  até  $v_e$ . O espaço de busca no grafo é determinado pela região da transformada de distância (**Figura 2**).

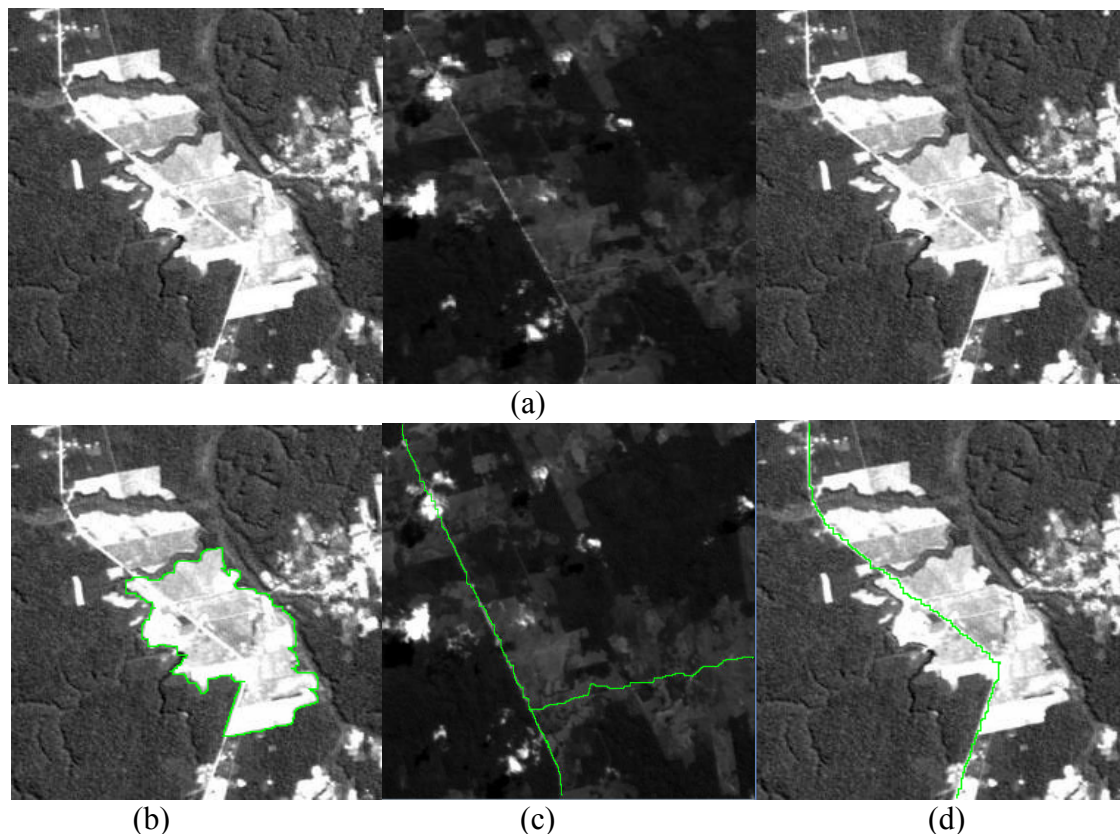


**Figura 2:** (a) Imagem do satélite CBERS de região em torno da rodovia BR-163. (b) região de busca definida pela transformada de distância.

Para segmentar um objeto em uma imagem 2D, o usuário inicialmente clica em um determinado ponto da imagem que descreva a borda de interesse. Em seguida, os possíveis caminhos de custo mínimo para todos os outros pontos da imagem são calculados partindo do ponto clicado. O traçado do ponto inicial para qualquer outro ponto clicado é mostrado na tela do computador em tempo real. No final, com poucos pontos selecionados pelo usuário, é obtido o contorno fechado do objeto.

### 3. Resultados Preliminares

A **Figura 3** ilustra os resultados preliminares obtidos com a aplicação do método. As imagens da superfície terrestre foram adquiridas por meio do satélite CBERS.



**Figura 3:** (a) Imagens originais obtidas pelo satélite CBERS. (b) Segmentação de uma região ao redor da rodovia BR-163. (c) e (d) Segmentação da Rodovia BR-163.

### 4. Conclusão

O método de segmentação semi-automático foi apresentado como alternativa para a segmentação de imagens da superfície terrestre. O método utiliza o treinamento para selecionar o subconjunto de características ótimas e os parâmetros adequados para a obtenção do custo conjunto utilizado na etapa de conectividade para encontrar o segmento ótimo para o a borda de interesse. Através do cálculo do caminho ótimo de um ponto para outro na cena, o método encontra o segmento ótimo para a borda de interesse e o mostra em tempo real ao usuário.

### Referências

- Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L. **Introduction to Algorithms**. Massachusetts: The MIT Press, 1996, 1028 p.
- Costa, L.F., Cesar Jr, R.M. **Shape analysis and classification: theory and practice**. Boca Raton: CRC Press, 2001, 346 p.
- Stoica, R., Descombes, X., Zerubia, J. A Gibbs point process for road extraction from remotely sensed images. **International Journal of Computational Vision**, v. 37, n. 2, p. 121-136, 2004.
- Xavier Falcão, A. **Paradigmas de segmentação de imagens guiada pelo usuário**. 1997. 111 p. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1997.