

Utilização de técnicas de processamento de imagens digitais para definição de contorno de reservatórios

Luciano Macedo Guimarães
Ana Lúcia Bezerra Candeias

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - 2º andar – DECart – Cidade Universitária
CEP: 50740-530 – Recife – PE, Brasil
lmguiaraes2@hotmail.com; analucia@ufpe.br

Abstract. This article introduces a methodology of reservoir border definition, thereby digital image processing techniques, aiming to give support to limnology studies. The methodology is based on a comparison of results obtained from supervised classifications methods for maximum likelihood, minimum distance, parallelepiped, using 2D scatter plots to get samples, and segmentation method, through histogram analyses to find threshold, to extract the reservoir border. A reservoir border defined is important to determine others geometric characteristics, called morphometric parameters, which gives supports for studies about waters influence on environment. Analyzing the results, it's realized that segmentation method provided the best result and the minimum distance the worst one. In conclusion, the supervised classification method of orbital image, using 2D scatter plots to get samples, don't provide good results, because the reservoir border, in some regions, is presented with discontinuity, that is, pixels isn't classified in the right class, generating discontinuous border. The histogram analyses aiming get threshold to image segmentation show be effective to detect reservoir border, it allows to generate a continuous margin, with better results than others methods.

Palavras-chave: morphometric parameters, segmentation, classification, parâmetros morfométricos, segmentação, classificação.

1. Introdução

Grandes reservatórios de água são construídos no mundo inteiro com a finalidade de geração de energia elétrica, no Brasil esta prática também é comum, sendo 90% da energia elétrica disponível no país proveniente dessas fontes hidráulicas (Chesf, 2007). Mesmo sendo construídos com uma finalidade específica, os reservatórios passam a atender a outros propósitos, como abastecimento das populações ribeirinhas, dessedentação de animais e irrigação.

Desde muito tempo, sentiu-se a necessidade de se conhecer as características geométricas desses reservatórios para outras finalidades. A determinação destas características é importante, porque a forma do corpo d'água exerce influências sobre o ambiente.

A partir de imagem orbital, por meio de técnicas de processamento de imagens digitais, é possível se obter informações sobre a geometria do reservatório, no que diz respeito a sua lâmina d'água, tais como: a área, o perímetro e a largura máxima. Além disso, integrando produtos obtidos pelo processamento da imagem orbital com o Modelo Digital do Terreno (MDT) do reservatório, pode-se determinar a cota de enchimento (nível da água), que é uma informação útil para o cálculo de outros elementos da morfologia do reservatório, como: a profundidade máxima e o volume do mesmo.

A área da lâmina d'água, o perímetro, a largura máxima, a profundidade máxima e o volume, são denominados parâmetros morfométricos primários e seus valores variam devido às oscilações do nível da água, gerando impactos diretos no entorno do ambiente aquático. A análise dessas variações, ao longo dos anos, fornece aos órgãos responsáveis, subsídios para a tomada de decisão no que se refere à proteção do ambiente, no sentido preventivo ou corretivo.

Este trabalho propõe uma metodologia para a definição do contorno de reservatórios, por meio da utilização de técnicas de processamento de imagens digitais, visando auxiliar em estudos limnológicos.

1.1 Processamento de imagens digitais

1.1.1 Espaço de atributos

No espaço de atributos cada pixel está localizado como um ponto cujas coordenadas são dadas pelos seus valores de intensidade em cada uma das bandas espectrais analisadas. Na Figura 1 tem-se um exemplo para o espaço tridimensional de inteiros positivos ($[0,255], Z^{3+}$). Para uma quantidade N de bandas a representação estará em Z^{N+} . No caso do artigo, a representação será bidimensional ($[0,255], Z^{2+}$).

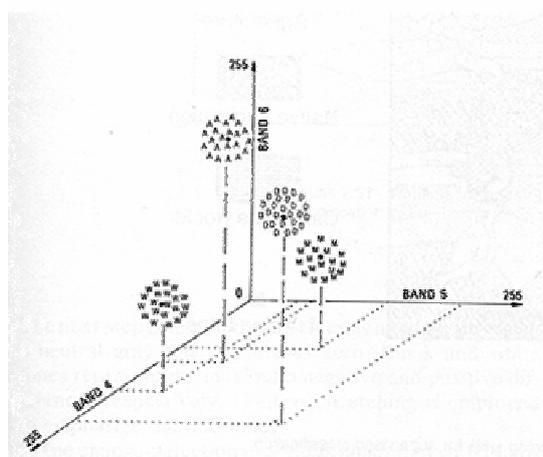


Figura 1. Espaço de Atributos. Fonte: Sabins, 1987.

1.1.2 Método de classificação: dos paralelepípedos, da distância mínima e da máxima verossimilhança

O método dos paralelepípedos consiste em definir cada classe pelo intervalo de variação em cada banda, ou seja, um pixel pertencerá a uma determinada classe se o valor do seu nível de cinza estiver dentro do intervalo daquela classe. Os valores que definem o intervalo de cada classe em cada banda pode ser definido pelo valor máximo e mínimo das amostras ou, por exemplo, em função da média e do desvio padrão em cada banda. É um método simples e resulta numa boa classificação quando as classes se encontram espectralmente bem separadas (Lillessand e Kiefer, 2000; Centeno, 2004).

O método da distância mínima considera um pixel pertencer a uma classe mais provável pela análise da distância espectral entre as leituras do pixel e o valor de médias da classe. Quanto maior for a diferença entre o pixel e a média da classe, maior será a distância. O grau de semelhança entre um pixel x e uma classe C pode ser expresso, matematicamente, usando o conceito de distância euclidiana (Lillessand e Kiefer, 2000; Centeno, 2004).

No caso da máxima verossimilhança tem-se a classificação do ponto de vista estatístico, atribuindo a cada pixel a sua classe mais provável. O teorema de Bayes se baseia no conhecimento a priori e é utilizado neste método para gerar a função discriminante que irá auxiliar na regra de decisão da classificação (Lillessand e Kiefer, 2000; Centeno, 2004).

A Figura 2 mostra graficamente a distribuição de níveis de cinza nas bandas 3 e 4 e a representação para a classificação usando o método de paralelepípedo, distância mínima e

máxima verossimilhança e a decisão das classes dos pixels 1 e 2 (círculo em vermelho) para cada um dos métodos. No caso do paralelepípedo o pixel 1 ficou na classe H e o pixel 2 na classe U. Já para a distância mínima tem-se para o pixel 1 a decisão da classe C e pixel 2 para a classe U. Esta mesma decisão é tomada no caso da máxima verossimilhança.

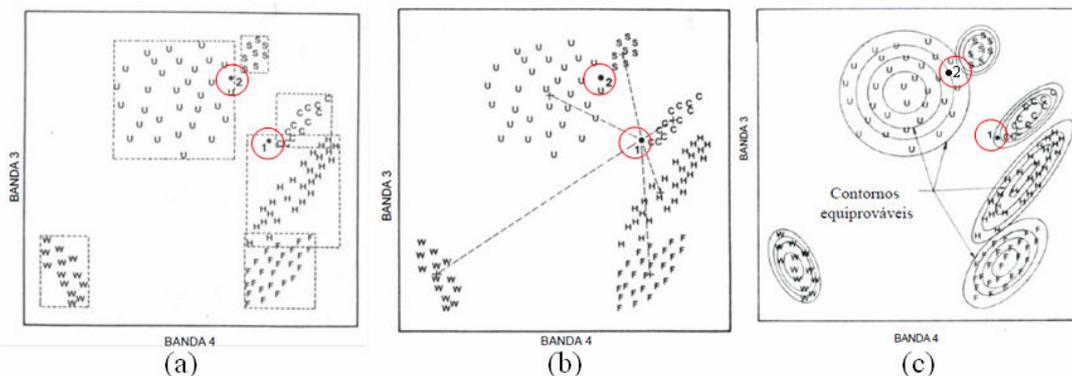


Figura 2. Classificador Supervisionado. (a) Método dos paralelepípedos (b) Mínima distância. (c) Máxima verossimilhança. Fonte: Centeno, 2004.

1.1.3 Análise de histograma

O histograma é uma ferramenta importante no processamento de imagens e é obtida pelo gráfico de frequência de pixels versus o nível de cinza. Com o histograma é possível visualizar se uma imagem está bem contrastada, se está escura ou muito clara. Pode-se também classificar (binarizar) objetos na cena quando estes possuem resposta espectral distinta de outros objetos.

1.1.4 Segmentação de Imagens

O processo de segmentação consiste em subdividir uma imagem em regiões homogêneas, considerando algumas características intrínsecas, como por exemplo, o nível de cinza dos pixels e a textura, que melhor representam os objetos presentes na cena. (Oliveira e Silva, 2005)

Segundo Gonzales e Woods (2000), a segmentação de imagem é o primeiro passo em análise de imagens, cujo objetivo é isolar objetos relevantes para a aplicação desejada. Sendo os algoritmos de segmentação baseados em uma das seguintes propriedades básicas de valores de cinza: descontinuidade e similaridade. A primeira categoria baseia-se nas mudanças bruscas nos níveis de cinza da imagem, enquanto que a segunda categoria baseia-se em limiarização, crescimento de regiões e, divisão e fusão de regiões.

Neste trabalho empregou-se a segmentação por limiarização, a qual segundo Gonzales e Woods (2000), é uma das mais importantes abordagens para a segmentação de imagens. A limiarização pode ser vista como uma função T da forma:

$$T = T [x, y, p(x,y), f(x,y)]$$

Onde: $f(x,y)$ é o nível de cinza do ponto (x,y) e $p(x,y)$ denota alguma propriedade local desse ponto.

Uma imagem limiarizada $g(x,y)$ é definida como:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{se } f(x,y) > T \\ 0 & \text{se } f(x,y) \leq T \end{cases}$$

Como resultado tem-se uma imagem binarizada. Quando os pixels forem rotulados de 1 corresponderá ao objeto, enquanto que aqueles rotulados de 0 corresponderão ao fundo.

2. Metodologia de Trabalho

A metodologia se baseia comparação dos resultados da extração do contorno do reservatório utilizando os métodos de classificação supervisionada por máxima verossimilhança, distância mínima e paralelepípedo, adquirindo amostras a partir do espaço de atributos, além de segmentação, com limiares determinados por meio da análise do histograma.

Neste trabalho foi utilizada a imagem orbital do Landsat 5 sensor TM, órbita/ponto 216/066 de 26/09/1989 e os programas computacionais ENVI e ArcGis.

2.1 Classificação da imagem orbital

2.1.1 Aquisição das amostras

Para aquisição das amostras do alvo água se utilizou o espaço de atributos, conforme os seguintes passos:

- Escolheu-se as bandas 4 e 5 da imagem TM para compor os eixos X e Y do espaço de atributos, respectivamente. Estas bandas foram escolhidas por porque os corpos d'água absorvem muita energia nas mesmas e ficam escuros, apresentando boa separação da água com relação aos outros alvos;

- Como no espaço de atributos o alvo água fica separado dos outros alvos então, selecionou-se o grupo de pixels com os níveis de cinza mais baixos de cada banda e que se apresentavam separados do restante, conforme pode ser observado na figura 3.

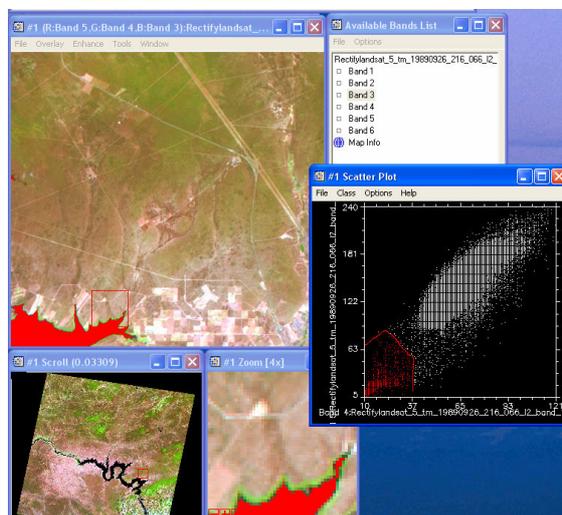


Figura 3. Seleção das amostras

- Após a seleção do grupo de pixels, exportou-se como ROI (*Region of interest* - Regiões de interesse), que são as amostras necessárias para uma classificação supervisionada.

2.1.2 Classificação da imagem orbital

O primeiro método de classificação escolhido foi o método dos paralelepípedos, utilizando o valor 5 como o desvio padrão máximo a partir da média. O segundo método foi o da distância mínima, escolhendo-se o valor 5 como desvio padrão e 10 como erro da distância máxima. O último método escolhido foi o da máxima verossimilhança, utilizando-se 0,1 como limiar de aceitação.

2.2 Segmentação da imagem

Para executar a segmentação, inicialmente era necessário saber o intervalo em níveis de cinza que correspondia ao alvo água. Essa informação foi obtida por meio da análise do histograma da banda 4 da imagem orbital. A análise foi feita da seguinte forma: selecionaram-se algumas regiões da cena onde não havia presença de corpo d'água e foram observados os níveis de cinza presentes no histograma de cada região, depois selecionaram-se outras regiões com presença de água e observaram-se os níveis de cinza.

Verificou-se que os níveis de cinza das regiões com ausência de corpo d'água iniciava em média com valor igual a 36, conforme pode ser observado na figura 4. As regiões com presença de água, como era de se esperar, apresentavam os níveis de cinza abaixo deste valor, ver figura 5. Daí estabeleceu-se o intervalo de níveis de cinza variando de 0 a 35, para o alvo água.

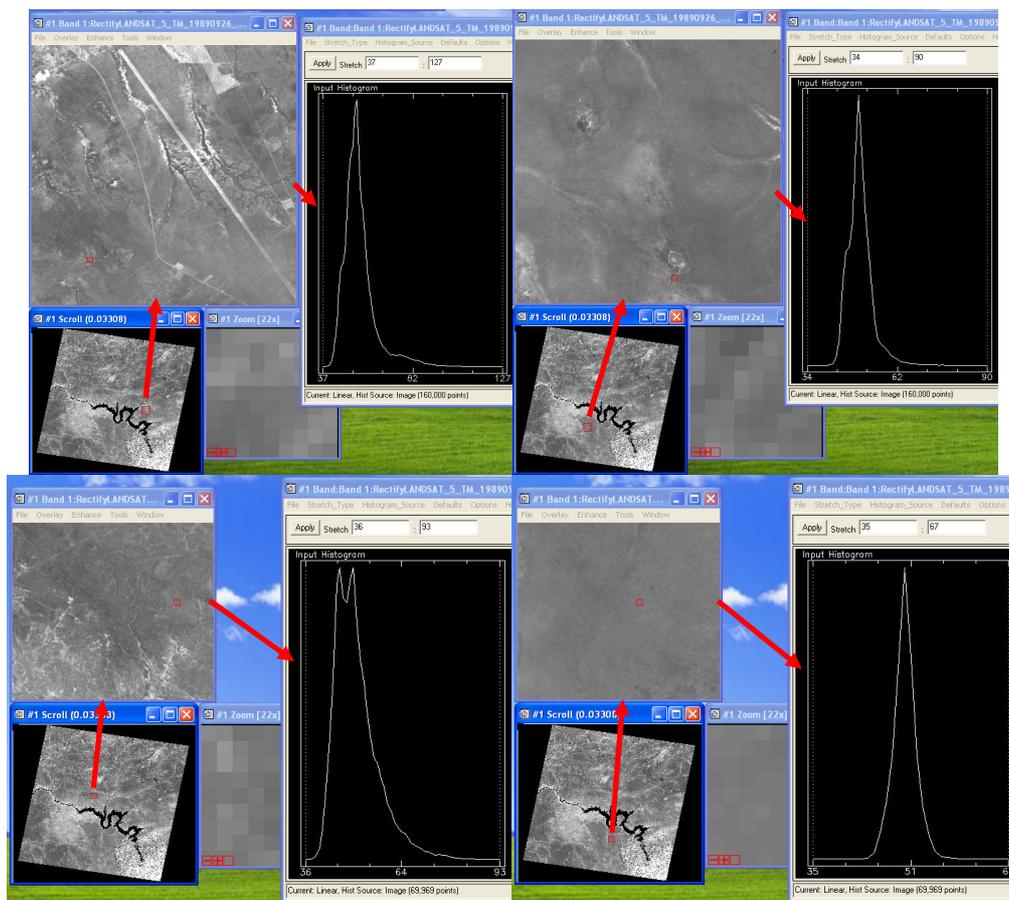


Figura 4. Regiões selecionadas com ausência de corpo d'água.

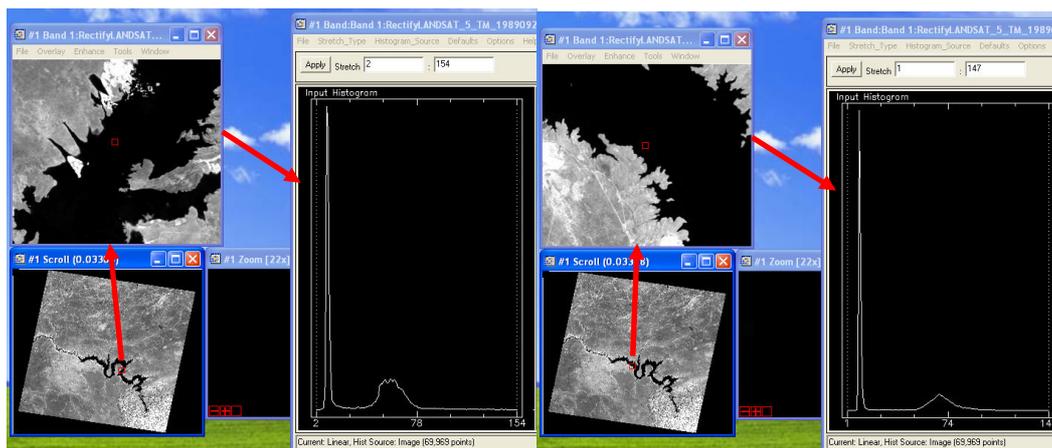


Figura 5. Regiões selecionadas com presença de corpo d'água

A segmentação foi feita, introduzindo-se no programa o limiar em valores de níveis de cinza de 0 a 35 e uma amostra para agrupamento mínima de 50 pixels. O número de pixels vizinhos para a conectividade de áreas foi 08 (oito). Obteve-se como resultado uma imagem em níveis de cinza.

2.3 Geração do contorno do reservatório

Após verificar o método que gerou o melhor resultado, fez-se a conversão do arquivo matricial para vetorial, inserindo no programa ENVI o valor de nível de cinza correspondente ao contorno do reservatório e depois se exportou para o formato shapefile. Com o arquivo na estrutura vetorial, utilizando-se o programa ArcGIS, fez-se uma edição excluindo feições que não eram de interesse, preservando apenas o contorno do reservatório.

3. Resultados e Discussão

Analisando-se os resultados obtidos pelos métodos de classificação e pelo método de segmentação, com limiar definido a partir da análise do histograma, observou-se que o da segmentação apresentou o melhor resultado com relação aos demais, no que diz respeito ao contorno do reservatório, conforme pode ser observado na Figura 6 e na Figura 7. O método da distância mínima apresentou resultado inferior aos demais, este fato pode ter ocorrido devido à dificuldade encontrada para se determinar os parâmetros de entrada (desvio padrão máximo a partir da média e/ou erro da distância máxima).

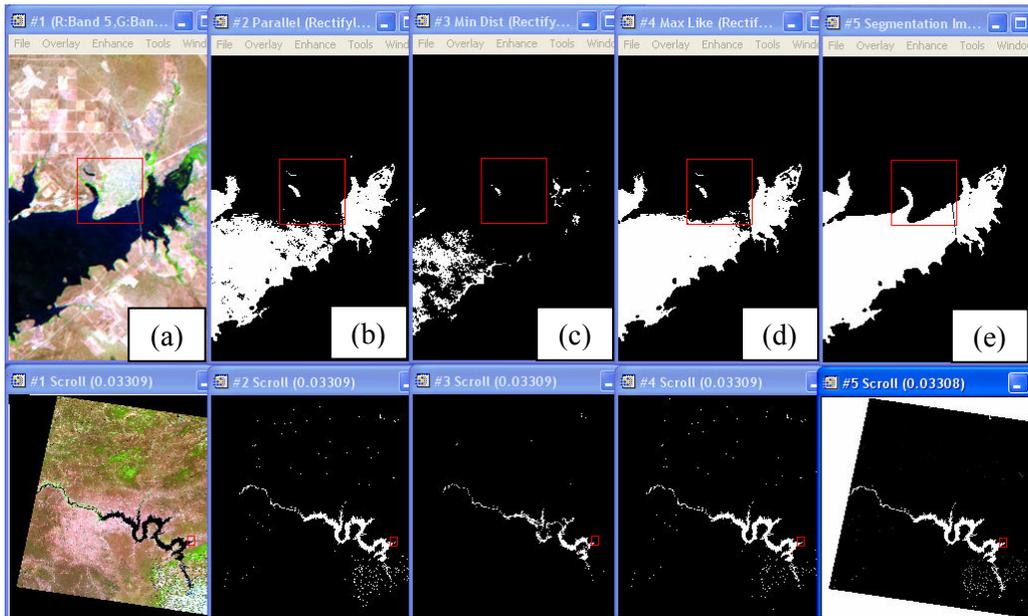


Figura 6. Detalhes do contorno do reservatório (a) Imagem TM composição colorida RGB 543. Métodos - (b) paralelepípedos, (c) distância mínima, (d) máxima verossimilhança e (e) Segmentação

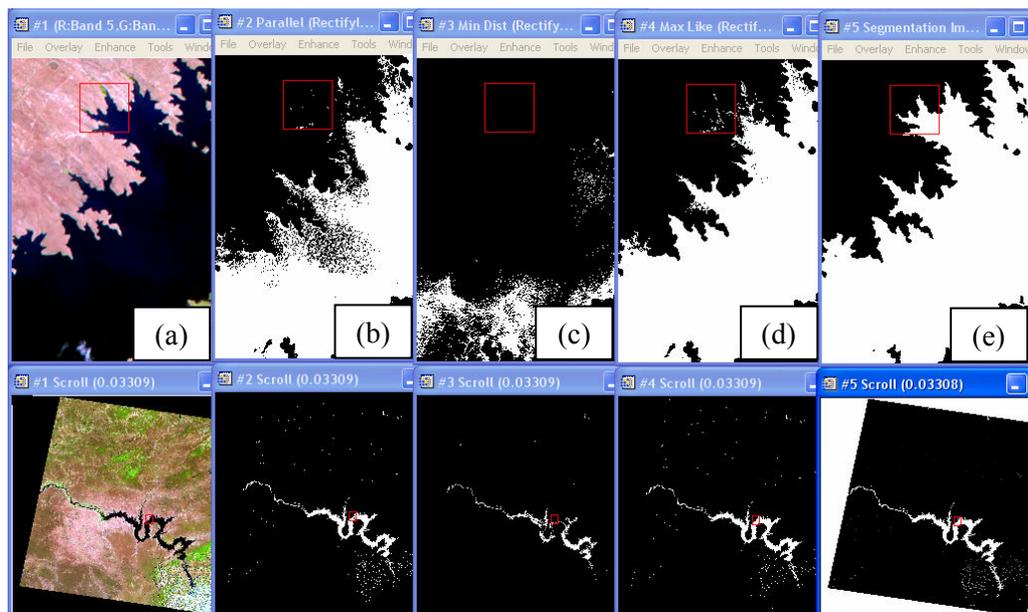


Figura 7. Detalhes do contorno do reservatório. (a) Imagem TM composição colorida RGB 543. Métodos - (b) paralelepípedos, (c) distância mínima, (d) máxima verossimilhança e (e) Segmentação.

Vale salientar que, não obter um bom resultado quando da utilização de alguns métodos de classificação com a metodologia empregada, pode ser devido à variação dos níveis de cinza em algumas regiões próximas da margem do reservatório, como pode ser visto nas figuras 6 e 7, não sendo os pixels destas regiões classificados como classe água.

Como resultado, apresenta-se o contorno do reservatório resultante do método de segmentação, na estrutura vetorial, conforme pode se observar na figura 8.

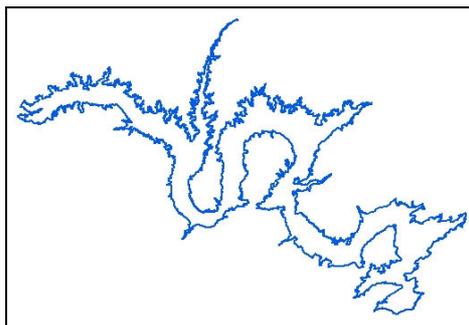


Figura 8. Contorno do reservatório gerado pelo método de segmentação.

4. Conclusões

A classificação supervisionada de imagens orbitais, utilizando-se o espaço de atributos para a aquisição das amostras, não forneceu resultados satisfatórios, o que pode ter ocorrido devido à variação dos níveis de cinza nas proximidades da margem do reservatório.

A determinação de limiares de aceitação para a segmentação, através da análise de histograma, se mostrou eficaz na detecção da borda do reservatório, inclusive nas regiões onde havia grande variação nos níveis de cinza.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES, ao Departamento de Engenharia Cartográfica e ao Prof. Gunter Gunkel da TU-Berlim.

Referências Bibliográficas

Centeno, J.A.S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. Ed. Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004

CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Proposta de Pesquisa e Desenvolvimento Ciclo 2005/2006. Disponível em: <<http://www5.chesf.gov.br/Aplic/pedweb2006.nsf/921c778a4af4ef1d03256fcb006e5c8f/c2e3eaa1e33ca986032571480060c684?OpenDocument>>. Acesso em: 06 mai 2007.

Gonzales, R.C. Woods, R.E. **Processamento de Imagens Digitais**. Tradução de Roberto Marcondes César Junior e Luciano da Fontoura Costa – São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2000.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**, John Wiley & Sons, inc., 2000.

Oliveira, J.C. e Silva, J.M.F. Influência da segmentação no processo de classificação por região. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia, GO, 2005.

Sabins, Jr., F.F. **Remote Sensing: Principles and Interpretation**. 2nd Ed., © 1987.