



Faculdades Adamantinenses Integradas (FAI)

[www.fai.com.br](http://www.fai.com.br)

CARDIM, Guilherme Pina; SILVA, Erivaldo Antônio. Análise da qualidade de processos automáticos de extração de feições cartográficas. *Omnia Exatas*, v.4, n.2, p.7-18, 2011.

# ANÁLISE DA QUALIDADE DE PROCESSOS AUTOMÁTICOS DE EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES CARTOGRÁFICAS.

*QUALITY ANALYSIS OF CARTOGRAPHIC FEATURES EXTRACTION AUTOMATIC PROCESSES.*

**Guilherme Pina Cardim**

Graduando em Ciência da Computação, FCT/Unesp – Presidente Prudente

**Erivaldo Antônio da Silva**

Professor Titular – Departamento de Cartografia, FCT/Unesp – Presidente Prudente

## RESUMO

Um dos assuntos estudados em Cartografia é a extração de feições cartográficas que proporciona uma atualização dos dados cartográficos com maior facilidade. Dessa forma, várias rotinas automáticas são desenvolvidas com o intuito de obter, a partir de uma imagem digital, somente a feição cartográfica de interesse presente na imagem proposta. Para realizar a extração são utilizados métodos de processamento digital de imagens. Uma das técnicas que podem ser utilizada é a Teoria da Morfologia Matemática. Contudo o processo de extração automático pode não realizar sua função com uma boa qualidade. Nesse sentido o presente trabalho apresenta resultados obtidos com o desenvolvimento de um programa computacional capaz de quantificar estatisticamente a qualidade dos processos automáticos de extração de feições cartográficas.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto, qualidade da extração, feições cartográficas.

## ABSTRACT

A topic studied in Cartography is the extraction of cartographic features that provide the update of the cartographic data more easily. For this reason many routines are developed with the intent to obtain just the interested cartographic feature existing in a digital image. Methods of digital image processing are used to do the cartographic features extraction. A technic that can be used is the Mathematical Morphology Theory. However some automatic extraction process doesn't perform the extraction with high quality. In this sense, the current article wants to show the results obtained with the development of software able to quantify statistically the quality of the processes extraction of cartography features.

**Key-words:** Remote Sensing, quality of extraction, cartography features.

## INTRODUÇÃO

A Computação Gráfica é utilizada em várias áreas de conhecimento que necessitam de métodos de Processamento Digital de Imagens (PDI) para realizar operações sobre imagens digitais. Na Medicina, por exemplo, utiliza-se de técnicas de PDI para a análise de imagens digitais como, por exemplo, as radiografias. É possível citar também a Matemática, a qual utiliza de métodos e PDI para plotar gráficos de funções, sejam estas simples ou complexas. Já na Cartografia, diversas técnicas de PDI podem ser utilizadas nos processos de extração de feições cartográficas visando à atualização das bases de dados cartográfica

Uma das técnicas de PDI utilizadas para a extração de feições cartográficas é a morfologia matemática. Esta realiza cálculos sobre a estrutura morfológica da feição de interesse visando a extração da feição. Após a extração é importante que seja realizada a análise da qualidade do processo visando à validação do processo de extração executado.

Nesse sentido, esse trabalho apresenta resultados relativos ao desenvolvimento inicial de um programa para quantificar estatisticamente a qualidade do processo de extração de feições de imagens digitais. O algoritmo computacional desenvolvido tem por premissa, apresentar o resultado da análise da qualidade do processo a partir de estatísticas. O valor estatístico da qualidade do processo de extração foi denominado de correspondência e o mesmo representa a porcentagem de *pixels* extraídos corretamente pelo processo de extração automático. Pretende-se assim, fazer com que o valor de correspondência possa ser utilizado como parâmetro para indicar a qualidade do processo de extração de vários métodos.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Gomes e Velho (1994), uma imagem digital é utilizada como elo entre o usuário e os processos da computação gráfica. Os mesmos autores ainda afirmam que a imagem digital está presente em todos os processos da computação gráfica, seja como parte do processo, ou como resultado final do mesmo.

Contudo, para se discutir sobre imagens digitais, é necessário ter o conceito da imagem digital bem definido. Para Baxes (1994), uma imagem digital pode ser conceituada como uma matriz. Para ele, cada casa desta matriz é chamada de *pixel*, sendo que cada um destes possui uma coordenada (x,y) e um valor correspondente ao valor de brilho.

Neste artigo foi utilizada a técnica de comparação de imagens *pixel a pixel* com o intuito de encontrar e comparar todos os detalhes possíveis para a análise estatística. Desta forma, o método de comparação de imagens digitais está inserido dentro do contexto das técnicas de processamento digital de imagens. As diversas técnicas de PDI existentes podem ser definidas como métodos de manipulação dos valores de brilho contidos nas posições da imagem de forma a atingir o resultado esperado. Lillesand et al (2004) afirma que o processamento digital de imagens envolve a interpretação e manipulação das informações contidas nos *pixels* da imagem digital com o auxílio de um computador.

Uma das grandes vantagens do PDI sobre as imagens digitais é o fato de possuir habilidade para executar operações aritméticas com as informações da imagem. Essas operações são essenciais para a realização de ajustes, como suavização e eliminação de ruídos, na imagem original. Todas as operações aritméticas que podem ser feitas em imagens digitais são realizadas com métodos *pixel a pixel*. [Müller e Daronco 2000]

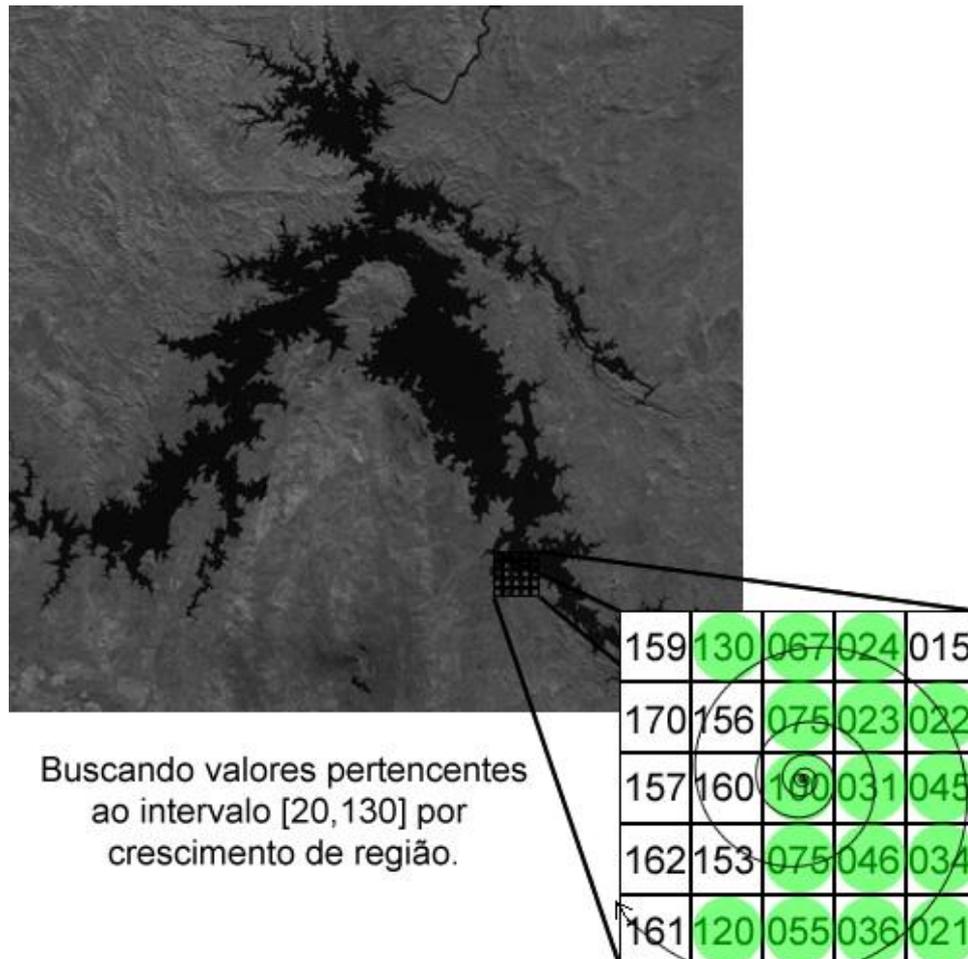
O presente trabalho utilizou a comparação de imagens para realizar o cálculo do valor de correspondência. Para realizar essa comparação um algoritmo foi desenvolvido percorrendo *pixel a pixel* a imagem e, analisando o valor correspondente ao nível de brilho presente em cada *pixel* nas imagens, tanto na imagem de referência para os cálculos, como na imagem resultante do processo de extração de feições cartográficas. Ao fim desta comparação o algoritmo possui todos os valores necessários para realizar os cálculos estatísticos sobre o valor da correspondência obtido pelo método de extração de feições cartográficas de interesse automático.

## METODOLOGIA

O sistema desenvolvido trabalha com duas imagens, com as quais realiza uma comparação *pixel a pixel* para encontrar os erros cometidos pelo processo de extração. A primeira imagem corresponde à imagem de referência, considerada como verdade absoluta para a realização dos cálculos, enquanto que a segunda imagem corresponde à imagem resultante do processo de extração de feições cartográficas a ser avaliado.

Primeiramente o usuário deve obter uma imagem de referência para os cálculos. Com este intuito, são propostos dois métodos de obtenção da imagem de referência. O primeiro consiste em selecionar todos os *pixels* presentes na feição cartográfica de interesse na imagem digital manualmente utilizando um *software* de tratamento de imagens, como o Corel Draw, Fireworks e o Gimp. Contudo este método é braçal e demorado. Pensando em facilitar esta etapa, de obtenção da imagem de referência, um método semiautomático foi desenvolvido para obter essa imagem rapidamente e com maior eficiência do que o método automático. Isso pode ser garantido, uma vez que no método semiautomático o usuário necessita interagir com o sistema, identificando amostras da feição cartográfica de interesse e escolhendo o método de busca pelo qual o algoritmo irá selecionar os *pixels* que fazem parte ou não da feição desejada.

O método semiautomático de obtenção da imagem de referência realiza a busca dos *pixels* da feição cartográfica de interesse por um método de busca denominado aqui de crescimento de região. Este método consiste em selecionar um ponto inicial em cada amostra cedida pelo usuário e percorrer os oitos *pixels* da vizinhança do *pixel* escolhido com o objetivo de verificar se o mesmo faz parte da feição cartográfica de interesse. O mesmo é realizado para cada um dos *pixels* da vizinhança que pertenciam à feição e assim, sucessivamente. Observe o funcionamento do método de crescimento de região pela Figura 01.



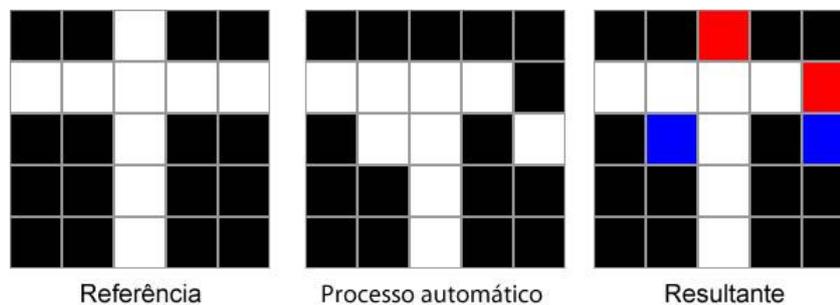
**Figura 01** – Método de crescimento de regiões.

Após obter a imagem de referência por um dos métodos propostos, o usuário deve entrar com a imagem resultante do processo de extração a ser avaliada pelo sistema. De posse de ambas as imagens o algoritmo de comparação *pixel a pixel* pode ser utilizado para determinar a correspondência obtida durante o processo automático de extração da feição cartográfica de interesse. Como mencionado anteriormente, a feição presente na imagem de referência é considerada como correta para a comparação e para a análise estatística da correspondência do processo de extração.

A partir da comparação entre as duas imagens é possível quantificar a qualidade do processo de extração das feições realizado.

A metodologia baseia-se no processo comparativo, onde as duas imagens são binárias, nelas estão presentes somente *pixels* de valor “0” e *pixels* de valor “1”. Assim sendo, os *pixels* de valor “zero” indicam o fundo da imagem e, os de valor “um” indicam a feição de interesse. Tal comparação é feita de modo iterativo percorrendo todos os *pixels* presentes em ambas as imagens e verificando a igualdade entre cada valor de brilho presente nos *pixels* das imagens. Se a igualdade entre os *pixels* for verificada é feita uma segunda comparação para verificar se o valor digital do *pixel* corresponde a “zero”, o que equivale, nas figuras a cor preta. Se isso ocorrer, a imagem resultante receberá um *pixel* de cor preta na posição investigada indicando que esse *pixel* corresponde ao fundo da imagem. Contudo, se o valor de brilho não for zero, significa que o *pixel* pertence à feição de interesse e foi extraído corretamente. Neste caso, na imagem resultante esse *pixel* receberá o valor “1” correspondente a um *pixel* de cor branca.

Caso os valores binários dos *pixels* forem diferentes, ou seja, em uma imagem seja igual a “0” e na outra seja igual a “1”, há a necessidade da realização de outra comparação para verificar se o *pixel* não foi extraído corretamente, ou se houve a extração de *pixels* não pertencentes à feição real. Se o primeiro caso ocorrer, a imagem resultante receberá nessa posição um *pixel* correspondente à cor vermelha. Caso contrário, receberá valor correspondente na cor azul. Esse processo pode ser visualizado no exemplo apresentado pela Figura 02.



**Figura 02** – Processo de Comparação *pixel a pixel*.

Completando a comparação *pixel a pixel*, realiza-se a contagem de todos os *pixels* de cada cor na imagem resultante, ou seja, contasse a quantidade de *pixels* de cada tipo de erro ou acerto da rotina de extração utilizada. Após contar esses erros e acertos, o algoritmo realiza cálculos estatísticos para determinar a correspondência obtida pelo processo de extração. A correspondência (C) é aqui definida pela Equação 01 apresentada a seguir.

$$C = \left( \frac{TB}{TB + TA + TV} \right) * 100$$

**Equação 01** - Correspondência.

Onde:

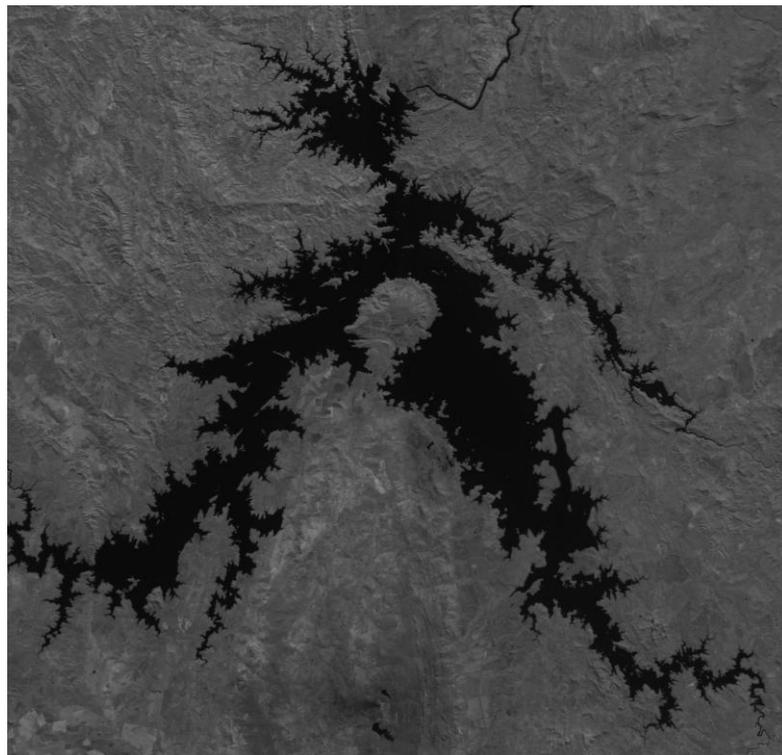
- C – Correspondência, ou seja, porcentagem de *pixels* extraídos devidamente.
- TB – Total de *pixels* brancos, ou seja, a quantidade de *pixels* extraídos corretamente;
- TA – Total de *pixels* azuis, ou seja, a quantidade de *pixels* extraídos indevidamente;
- TV – Total de *pixels* vermelhos, ou seja, a quantidade de *pixels* não extraídos, mas que fazem parte da feição cartográfica de interesse.

## RESULTADOS

As imagens originais utilizadas nos testes foram obtidas a partir do satélite CBERS e têm como feição principal rede de drenagem do tipo reservatório de usina hidrelétrica. Ambas foram escolhidas no banco de imagens da Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP - campus de Presidente Prudente. A imagem presente na Figura 03 tem como feição de interesse uma represa de uma usina hidroelétrica, localizada no estado de São Paulo. Enquanto que a feição de interesse presente na imagem apresentada pela Figura 04 é uma represa de uma usina hidroelétrica, localizada no estado de Goiás.



**Figura 03** – Imagem Original da Usina Hidroelétrica no estado de SP.

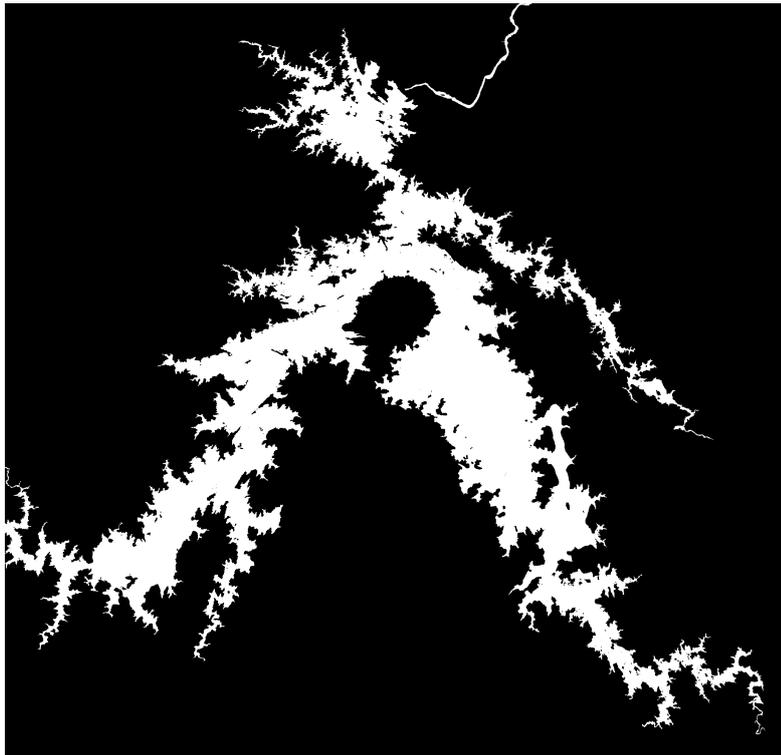


**Figura 04** – Imagem Original da Usina Hidroelétrica no estado de GO.

A partir das imagens originais escolhidas, obtiveram-se as imagens de referência. Na imagem presente na Figura 03 foi utilizado o método manual para obtenção da imagem de referência e o resultado está apresentado pela Figura 05. Enquanto que na imagem apresentada pela Figura 04 foi utilizado o método semiautomático de obtenção da feição cartográfica de interesse sendo que o resultado está apresentado pela Figura 06.

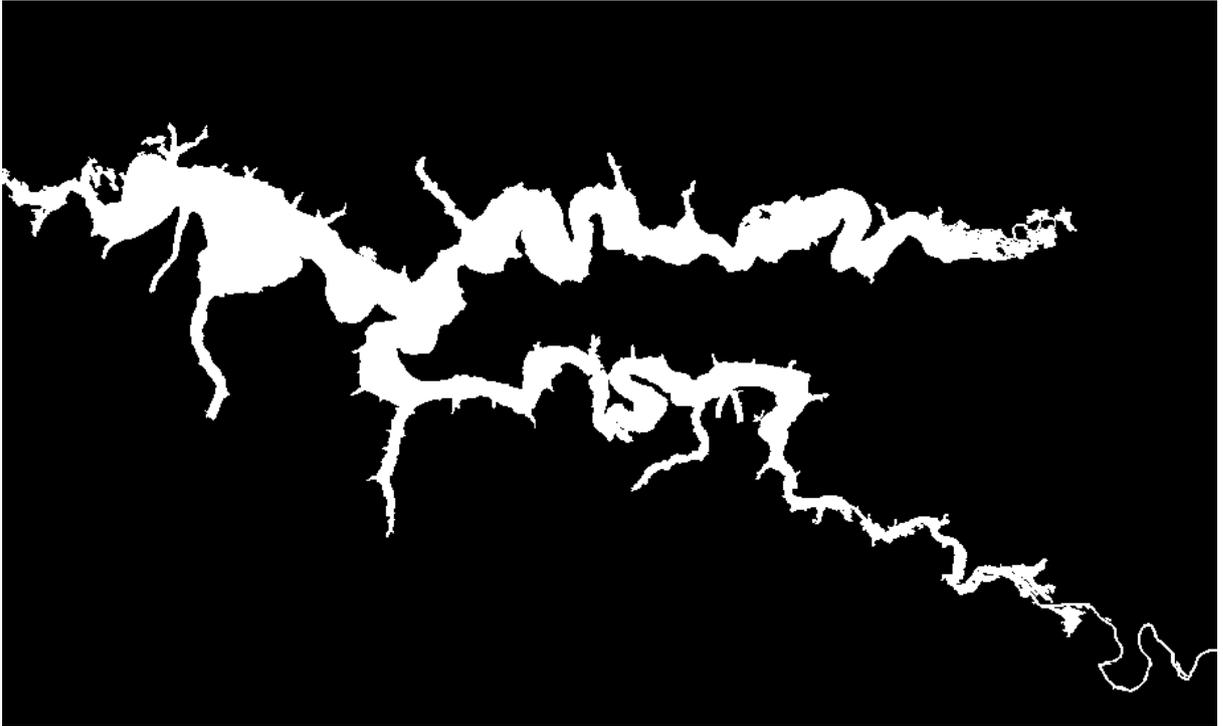


**Figura 05** – Imagem de referência obtida manualmente sobre a Figura 03.

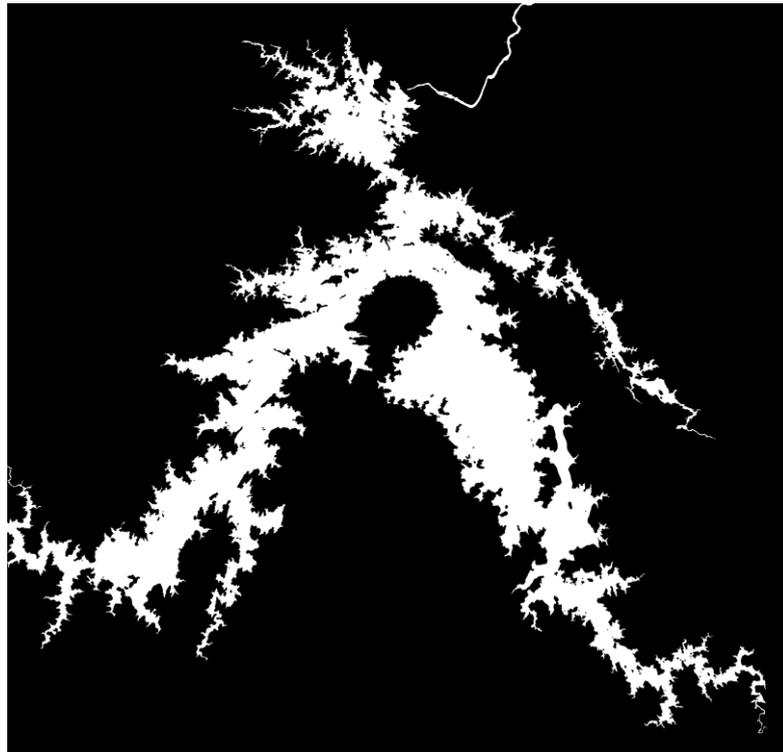


**Figura 06** – Imagem de referência obtida pelo método semiautomático sobre a Figura 04.

Realizando um método automático para a extração de feições cartográficas de interesse em ambas as imagens originais apresentadas pelas Figuras 03 e 04, as imagens resultantes desse processo estão apresentadas respectivamente pela Figura 07 e 08.

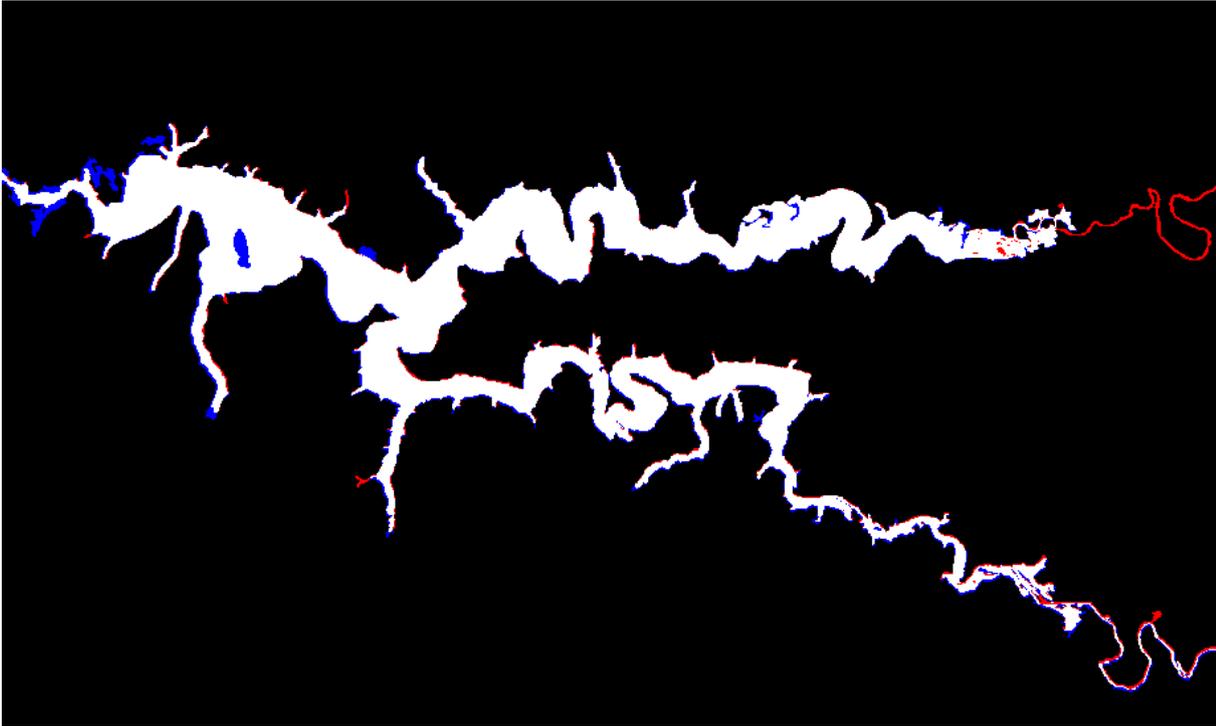


**Figura 07** – Imagem extraída automaticamente a partir da Figura 03.

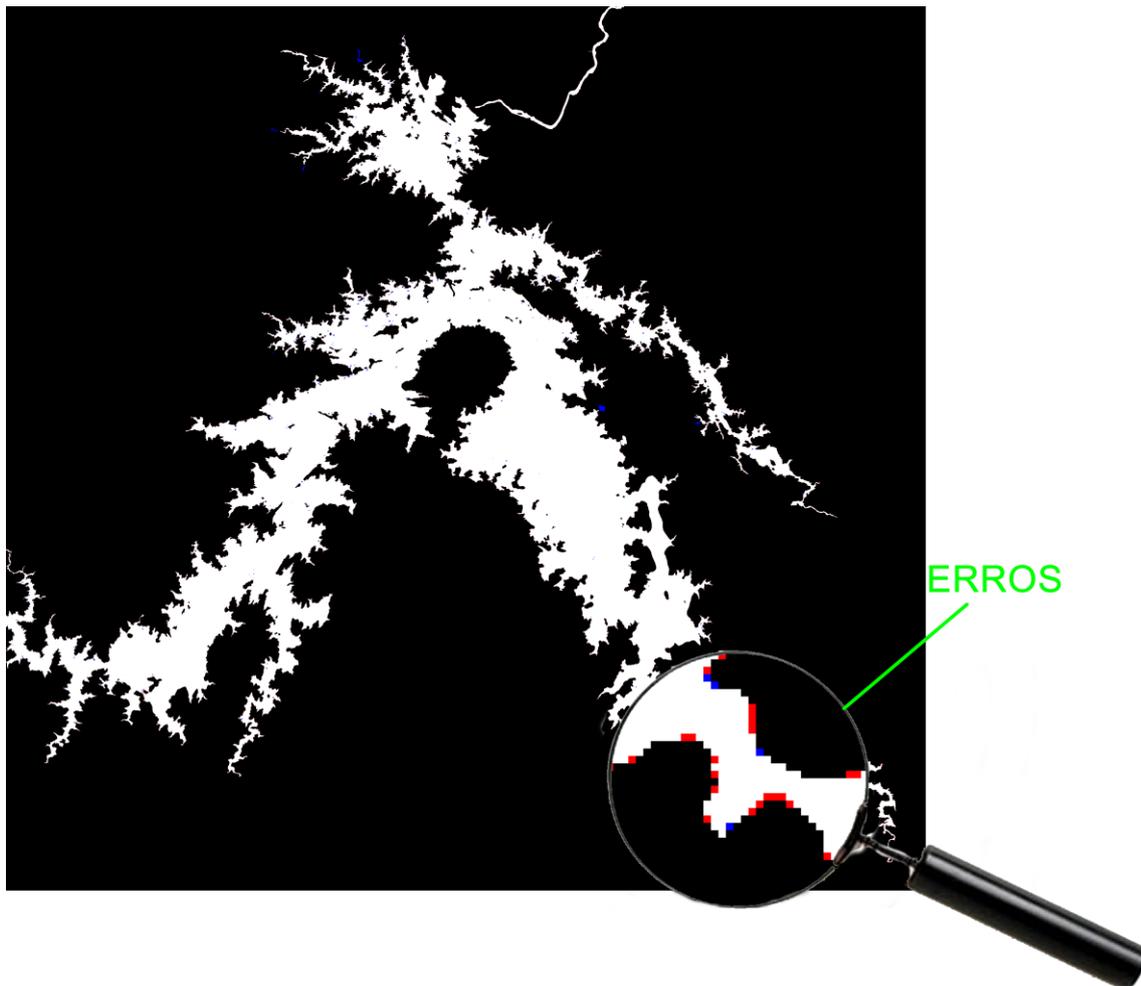


**Figura 08** – Imagem extraída automaticamente a partir da Figura 04.

De posse das duas imagens, de referência e final do processo automático, o algoritmo de comparação foi utilizado e uma nova imagem foi criada para a comparação. A imagem resultante da comparação entre as Figuras 05 e 07 está apresentada pela Figura 09. Enquanto que o resultado da comparação entre as Figuras 06 e 08 está apresentado pela Figura 10.



**Figura 09** – Imagem resultante da comparação entre a Figura 05 e 07.



**Figura 10** – Imagem resultante da comparação entre a Figura 06 e 08.

Pode-se observar nas Figuras 09 e 10 a presença de *pixels* nas cores azul e vermelho. Sendo os *pixels* de cor vermelha aqueles presentes na feição de interesse na imagem de referência e ausentes na imagem da feição extraída automaticamente. Enquanto que os *pixels* de cor azul correspondem a aqueles presentes na feição extraída automaticamente, mas que não estão presentes na feição cartográfica na imagem de referência.

Realizada a criação da imagem resultante do processo de comparação, pode-se efetuar o cálculo estatístico para encontrar a correspondência (C). A equação da correspondência foi definida e está apresentada pela Equação 01.

Da aplicação da fórmula de C para as Figuras 09 e 10, foram encontrados os resultados indicados na tela do programa e apresentados respectivamente pela Figura 11 e 12.

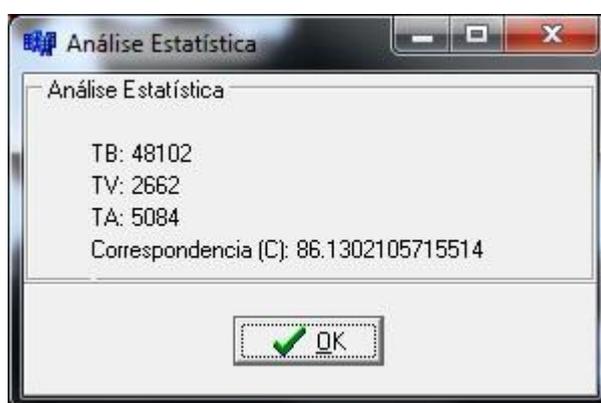


Figura 11 – Tela com o resultado da correspondência da Figura 09.

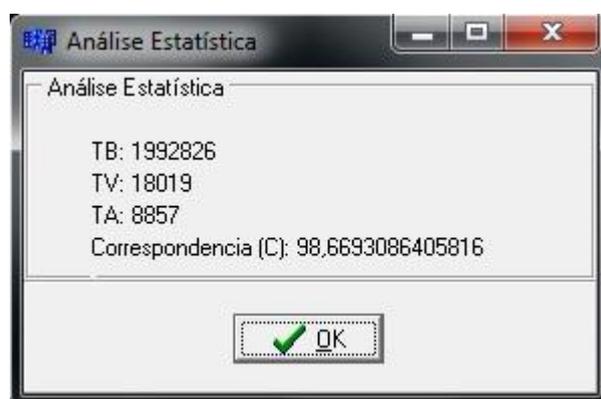


Figura 12 – Tela com o resultados da correspondência da Figura 10.

Analisando os resultados apresentados pelas Figuras 11 e 12, foram obtidos, respectivamente 86,13% e 98,67% como valores de correspondência. De acordo com Nóbrega (2007), é possível considerar que os valores de correspondência obtidos nos dois processos de extração são altamente significativos e adequados.

## CONCLUSÕES

Da análise dos resultados obtidos no trabalho, conclui-se que nos dois processos de extração das feições cartográficas ocorreu a presença de *pixels* nas cores vermelha e azul, significando que houve os dois tipos de erros na detecção, fazendo com que alguns *pixels* não fossem

extraídos como deveriam, enquanto que outros fossem extraídos sem necessidade por não fazerem parte da feição cartográfica de interesse. No primeiro exemplo apresentado neste artigo, imagem da represa da hidroelétrica do estado de São Paulo, o valor da correspondência encontrado foi de 86,13%, enquanto que no segundo exemplo, represa da hidroelétrica do estado de Goiás, a correspondência obtida foi de 98,67%. Ambos os resultados podem ser considerados como de bons para um processo automático de extração de feições cartográficas segundo a literatura.

Além disso, o algoritmo desenvolvido para realizar a comparação *pixel a pixel* obteve bons resultados com todas as imagens testadas como exemplificado pelos dois casos apresentados neste trabalho. Quanto ao algoritmo de cálculo da correspondência, este obteve o resultado esperado para a análise estatística em todos os testes realizados no sistema.

Desta Forma, pode-se considerar que o sistema obteve sucesso em sua implementação, podendo ser utilizado por estudantes e pesquisadores que desejam verificar a correspondência obtida por processos de extração de feições cartográficas.

Contudo, o usuário ainda necessita esperar alguns instantes para visualizar o resultado que está sendo obtido pelo sistema, uma vez que a comparação e o cálculo da correspondência não conseguem obter o resultado esperado imediatamente. Desta forma, o sistema está sendo refinado, analisando a complexidade de cada algoritmo, com o objetivo de aumentar o desempenho e diminuir o tempo de espera do usuário.

Na continuidade da pesquisa, além do refinamento, pretende-se incluir novos parâmetros estatísticos para a avaliação da qualidade do processo de extração, bem como a implementação de uma análise que detecte erros semânticos, a partir da geometria e de padrões de feições.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAXES, GREGORY A. **Digital image processing: principles and applications**. New York: J. Wiley, 1994. 452p.

GOMES, JONAS; VELHO, LUIZ. **Computação Gráfica: Imagem**. Rio de Janeiro: IMPA, 1994. 424p.

LILLESAND, THOMAS M.; KIEFER, RALPH W.; CHIPMAN, JONATHAN W. **Remote sensing and image interpretation**. 5ª ed. New Jersey: John Wiley & Soncs, 2004. 763p.

MÜLLER, DANIEL N.; DARONCO, EVERALDO L. **Operações Aritméticas em Imagens**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~danielnm/docs/OperacoesAritmeticasImagens.pdf>> Acessado em 24 de março de 2010.

NÓBREGA, RODRIGO A. A. **Detecção de malha viária na periferia urbana de São Paulo utilizando imagens orbitais de alta resolução espacial e classificação orientada a objetos**. 2007. 166p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.